

DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DEL AIRE Y MEDIDAS DE DESCONTAMINACIÓN EN TALCA Y MAULE- 2012-614797-7-LP12

INFORME FINAL

Abril de 2014

Tabla de Contenidos

RESUMEN EJECUTIVO	21
1. ANTECEDENTES PRELIMINARES.....	48
2. OBJETIVOS	52
2.1 OBJETIVO GENERAL	52
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	52
3. RESULTADOS	53
3.1 ACTIVIDAD 1. CARACTERIZAR DESDE EL PUNTO DE VISTA TÉCNICO LA CALIDAD TÉRMICA DE AL MENOS 40 MODELOS DE VIVIENDA QUE CONSUMAN LEÑA PARA LAS COMUNAS DE TALCA Y MAULE Y CUANTIFICAR SU DEMANDA ENERGÉTICA.	53
3.1.1 Estudios previos relacionados con el tema.....	53
3.1.2 Descripción de la actividad.....	56
3.1.3 Climatología de la zona.....	59
3.1.4 Determinación de los coeficientes de transmitancia térmica (U).....	61
3.1.5 Verificación el cumplimiento de las exigencias del artículo 4.1.10 de la OGUC	65
3.1.6 Análisis del consumo de energía de las viviendas y el efecto de la aislación térmica sobre este parámetro	70
3.1.7 Cálculo del consumo de energía mediante aplicación de encuestas a los usuarios.....	71
3.1.8 Cálculo del consumo de energía mediante sistema de calificación energética de viviendas	81
3.1.9 Cálculo del consumo de energía por el modelo TRNSYS.....	85
3.1.10 Análisis económico de las medidas.....	100
3.1.11 Conclusiones.....	109
3.2 ACTIVIDAD 2. IDENTIFICAR Y CUANTIFICAR EL CONSUMO DEL COMBUSTIBLE LEÑA EN LAS COMUNAS DE TALCA Y MAULE CONSIDERANDO LO SIGUIENTE	110
3.2.1 Introducción	110
3.2.2 Diseño del muestreo	110
3.2.3 Resultados de la Aplicación de la encuesta para caracterización de la demanda de leña.....	111
3.2.4 Artefactos de combustión de leña en el hogar.....	116
3.2.5 Abastecimiento de leña en el hogar.....	124
3.2.6 Gasto y utilización de energéticos en el hogar.....	127
3.2.7 Situación social y económica del hogar	128
3.2.8 Características de la vivienda y estado de conservación	131
3.2.9 Preguntas situacionales.....	131
3.2.10 Conclusiones.....	132
3.3 ACTIVIDAD 2 - CONSUMO DE LEÑA EN EL SECTOR INDUSTRIAL Y COMERCIAL DE TALCA Y MAULE.....	135
3.3.1 Fuentes estacionarias (Fijas).....	135
3.3.2 Fuentes industriales y comerciales.....	135
3.3.3 Panaderías artesanales	136
3.3.4 Consumo de leña y biomasa en el sector industrial y comercial en las comunas de Talca y Maule..	138
3.4 ACTIVIDAD 2- CARACTERIZACIÓN DE LA OFERTA DE LEÑA EN TALCA Y MAULE	139
3.4.1 Aspectos legales de la leña.....	139
3.4.2 Aspectos legales básicos.....	140
3.4.3 Sistema de certificación de la leña	141
3.4.4 Productores y/o comerciantes de leña en la ciudad de Talca	143
3.4.5 Balances energéticos en la producción de leña.....	144
3.4.6 Equivalencias de unidades de medida para la comercialización de leña.....	145
3.4.7 Consumo de leña de la Región del Maule.	146
3.4.8 Oferta de leña en las comunas de Talca y Maule.....	148
3.4.9 Resultados y Análisis.....	152

3.4.10	<i>Situación legal de los oferentes de leña en Talca</i>	157
3.4.11	<i>Infraestructura básica y transporte de los oferentes de leña en Talca</i>	158
3.4.12	<i>Producción y comercialización de la leña en Talca</i>	160
3.4.13	<i>Características de precio de la leña ofertada en Talca</i>	162
3.4.14	<i>Resultados de la medición del contenido de humedad de la leña comercializada en Talca</i>	166
3.4.15	<i>Conclusiones</i>	169
3.5	ACTIVIDAD 2. INICIATIVAS DE PRODUCCIÓN DE COMBUSTIBLES SUSTITUTOS BIOMÁSICOS - PELLETS EN LA REGIÓN DEL MAULE	171
3.5.1	<i>Introducción</i>	171
3.5.2	<i>Definición del producto</i>	172
3.5.3	<i>Mercado Mundial del Pellets</i>	172
3.5.4	<i>Normas Europeas de calidad de Pellets</i>	173
3.5.5	<i>Mercado Nacional del Pellets</i>	173
3.5.6	<i>Mercado Objetivo</i>	175
3.5.7	<i>Localización de la planta de fabricación de pellets</i>	176
3.5.8	<i>Disponibilidad de Materia Prima</i>	178
3.5.9	<i>Estudio técnico</i>	180
3.5.10	<i>Estudio organizacional</i>	189
3.5.11	<i>Estudio de costos</i>	191
3.5.12	<i>Evaluación económica</i>	200
3.5.13	<i>Análisis de sensibilidad</i>	202
3.5.14	<i>Conclusiones</i>	204
3.6	ACTIVIDAD 4. EVALUAR LA DISPOSICIÓN DE LA POBLACIÓN DE TALCA A RECIBIR UN CALEFACTOR MÁS LIMPIO Y EFICIENTE A TRAVÉS DE DIVERSOS GRADOS DE SUBSIDIO POR PARTE DEL ESTADO.	205
3.7	ACTIVIDAD 5. EVALUAR LA FACTIBILIDAD TÉCNICA Y LOS COSTOS (ANUALIZADO) ASOCIADOS A UN RECAMBIO DEL SISTEMA DE CALEFACCIÓN A LEÑA POR UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN BASADO EN ENERGÍA RENOVABLE NO CONVENCIONAL (ERNC).	208
3.7.1	<i>Alternativas evaluadas</i>	208
3.7.2	<i>Evaluación Económica</i>	211
3.7.3	<i>Análisis de Subsidio de las alternativas propuestas de ERNC comparadas con los programas actuales de recambio</i>	217
3.8	ACTIVIDAD 6. IDENTIFICAR Y EVALUAR DESDE EL PUNTO DE VISTA TÉCNICO Y ECONÓMICO MEDIDAS TECNOLÓGICAS ORIENTADAS A LA VALORIZACIÓN ENERGÉTICA DE RESIDUOS AGRÍCOLAS ORIENTADOS A LA PREVENCIÓN DE LAS QUEMAS AGRÍCOLAS.....	219
3.8.1	<i>Métodos Alternativos a la Quema para el Control de Heladas</i>	219
3.8.2	<i>Métodos Alternativos a la Quema de Desechos Agrícolas</i>	231
3.9	OBJETIVO 2: IDENTIFICAR LAS MEDIDAS DE REDUCCIÓN DE EMISIONES INCLUIDAS EN LA ESTRATEGIA DE INDUSTRIAS Y QUE SE ADECUAN A LA REALIDAD DE LA ZONA.	253
3.9.1	<i>Fuentes estacionarias</i>	253
3.9.2	<i>Estimación de las emisiones atmosféricas de las fuentes industriales y comerciales de las comunas Talca y Maule</i>	256
3.10	OBJETIVO 3: IDENTIFICAR LAS MEDIDAS DE REDUCCIÓN DE EMISIONES INCLUIDAS EN LA ESTRATEGIA DE TRANSPORTE Y QUE SE ADECUAN A LA REALIDAD DE LA ZONA.....	261
3.11	OBJETIVO 4: EVALUAR LA FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA DE LA APLICACIÓN DE LAS MEDIDAS DE REDUCCIÓN DE EMISIONES DE MATERIAL PARTICULADO NECESARIAS PARA DAR CUMPLIMIENTO A LA NORMATIVA VIGENTE MP10 Y MP2,5, IDENTIFICADAS EN LOS OBJETIVOS ANTERIORES.	263
3.11.1	<i>Medidas con Potencial de Reducción de Emisiones de material particulado</i>	264
3.11.2	<i>Supuestos de Ordenamiento para la Aplicación de las Medidas Propuestas</i>	272
3.11.3	<i>Instrumentos Económicos Preliminares el Anteproyecto del PDA de Talca y Maule</i>	274
3.11.4	<i>Programas Complementarios para el Anteproyecto del PDA de Talca y Maule</i>	277
3.11.5	<i>Programas y/o subsidios existentes a considerar para el Anteproyecto del PDA de Talca y Maule</i> 287	
3.11.6	<i>Costos públicos asociados a los Programas Complementarios</i>	288

3.12	ACTIVIDAD 2 (OBJETIVO 4). POTENCIAL DE REDUCCIÓN DE CONSUMOS DE COMBUSTIBLE Y POTENCIAL DE REDUCCIÓN EMISIONES EN TÉRMINOS ABSOLUTOS Y RELATIVOS, PARA CADA UNA DE LAS MEDIDAS ESTUDIADAS.....	291
3.12.1	<i>Establecimiento de las Medidas a ser Evaluadas</i>	291
3.13	ACTIVIDAD 3.- IDENTIFICAR Y/O DISEÑAR INSTRUMENTOS LEGALES Y/O ECONÓMICOS ADECUADOS PARA FOMENTAR LA APLICACIÓN DE MEDIDAS DE REDUCCIÓN DE EMISIONES QUE RESULTEN MÁS COSTO EFECTIVAS, PARA CADA TIPO DE FUENTE.	339
3.14	ACTIVIDAD 4.- RECABAR Y ANALIZAR INFORMACIÓN SOBRE INSTITUCIONES RESPONSABLES DE IMPLEMENTAR Y FISCALIZAR LAS MEDIDAS IDENTIFICADAS. EN EL CASO DE QUE HAYAN IDENTIFICADO MEDIDAS QUE NO TIENEN RESPONSABLES, EL CONSULTOR DEBERÁ PROPONER LA INSTITUCIONALIDAD QUE CORRESPONDA, HACIENDO UN ANÁLISIS DEL MARCO NORMATIVO Y LEGAL.....	346
3.15	ACTIVIDAD 1 (OBJETIVO 5). IDENTIFICAR DIFERENTES ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS DE CALEFACCIÓN RESIDENCIAL A TRAVÉS DE ERNC.....	354
3.15.1	<i>Alternativas evaluadas</i>	354
3.15.2	<i>Evaluación Económica Preliminar</i>	360
3.16	ACTIVIDAD 2 Y 3 EVALUAR DESDE EL PUNTO DE VISTA TÉCNICO Y ECONÓMICO, LA VIABILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DE ALGUNAS DE LAS ALTERNATIVAS IDENTIFICADAS EN LA ACTIVIDAD ANTERIOR, PARA LA SUSTITUCIÓN DE LA CALEFACCIÓN DOMICILIARIA A PARTIR DE LA COMBUSTIÓN DE LEÑA	365
3.16.1	<i>Energía solar para calefacción</i>	367
3.16.2	<i>Bomba de calor geotérmica</i>	370
3.16.3	<i>Bomba de calor aerotérmica con flujo de refrigerante variable (FRV)</i>	374
3.16.4	<i>Conclusiones</i>	379
3.17	EVALUACIÓN DE LA FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA DE IMPLEMENTAR UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN DISTRITAL EN LA CIUDAD DE TALCA	380
3.17.1	<i>Disponibilidad de biomasa en la Región del Maule</i>	380
3.17.2	<i>Biomasa de origen agropecuario en la Región del Maule</i>	381
3.17.3	<i>Biomasa de origen forestal en la Región del Maule</i>	385
3.17.4	<i>Biomasa de origen industrial en la Región del Maule</i>	391
3.17.5	<i>Análisis de costos</i>	393
3.17.6	<i>Costos de operación</i>	401
3.17.7	<i>Conclusiones</i>	404
3.18	ACTIVIDAD 4.- EVALUAR EL POTENCIAL IMPACTO AMBIENTAL DE LAS DIFERENTES ALTERNATIVAS DE ERNC EN COMPARACIÓN CON EL ACTUAL SISTEMA DE CALEFACCIÓN EN TALCA Y MAULE.	405
3.19	ACTIVIDAD 5.- ANALIZAR EL MARCO LEGAL EXISTENTE QUE ASEGURE EL INCENTIVO DE LA APLICACIÓN DE LAS ERNC EN LAS COMUNAS DE TALCA Y MAULE, A NUEVOS PROYECTOS INMOBILIARIOS	408
3.20	ACTIVIDAD 1 (OBJETIVO 6).- REALIZAR UN ANÁLISIS DE ESCENARIOS DE LAS DISTINTAS MEDIDAS PROPUESTAS EN CONJUNTO, IDENTIFICANDO LAS QUE TIENEN MAYOR FACTIBILIDAD TÉCNICA DE REDUCIR LAS EMISIONES DE MP ₁₀ Y MP _{2,5} EN FORMA CONJUNTA Y CONSIDERANDO UNA APLICACIÓN GRADUAL.	413
3.20.1	<i>Determinación de metas de reducción de emisiones de material particulado</i>	413
3.20.2	<i>Factores de Emisión-Concentración (FEC)</i>	413
3.20.3	<i>Periodo de simulación</i>	416
3.20.4	<i>Receptores puntuales</i>	418
3.20.5	<i>Consideraciones de la aplicación del modelo</i>	420
3.20.6	<i>Estimación de los niveles basales (background) de MP₁₀ y MP_{2,5}</i>	421
3.20.7	<i>Distribución espacial de la emisión de contaminantes para las principales fuentes de Talca y Maule</i>	422
3.20.8	<i>Resultados de la modelación de los FEC</i>	430
3.20.9	<i>Factores de Emisión Concentración (FEC) para MP₁₀ y MP_{2,5}</i>	438
3.20.10	<i>Escenarios de cumplimiento normativo</i>	439
3.21	ACTIVIDAD 2.- EVALUAR Y SELECCIONAR MEDIDAS COSTO-EFECTIVAS, PARA SER INCORPORADAS EN EL FUTURO PLAN DE DESCONTAMINACIÓN, PARA ESTO EL CONSULTOR DEBERÁ EVALUAR LA FACTIBILIDAD DE APLICACIÓN DE ESTAS MEDIDAS.....	454
3.21.1	<i>Jerarquización de medidas considerando el impacto en el costo y reducción de emisiones</i>	454

3.22	ACTIVIDAD 1 (OBJETIVO 7).- REALIZAR UNA RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN EXISTENTE DE MORBILIDAD Y MORTALIDAD POR ENFERMEDADES RESPIRATORIAS Y CARDIOVASCULARES, EN LA CUAL AL MENOS INCLUYA LA INFORMACIÓN DISPONIBLE DE HOSPITALES, CLÍNICAS Y CENTROS CENTINELAS IRA DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	456
3.22.1	<i>Análisis De Población, Morbilidad y Mortalidad.....</i>	456
3.23	ACTIVIDAD 2.- REALIZAR UN DIAGNÓSTICO EPIDEMIOLÓGICO DE LOS ÚLTIMOS 10 AÑOS.....	475
3.23.1	<i>Daños en la salud de la población.....</i>	475
3.24	ACTIVIDAD 3 (OBJETIVO 7).- REALIZAR UN ANÁLISIS DE LOS ÚLTIMOS CINCO AÑOS DE MONITOREO, SOBRE LA INFLUENCIA DE LOS CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS MP ₁₀ Y MP _{2,5} EN LA SALUD DE LA POBLACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	489
3.24.1	<i>Análisis de la influencia de los contaminantes atmosféricos MP₁₀ y MP_{2,5} en la salud de población de la comuna de Talca durante el periodo 2004- 2008</i>	489
3.24.2	<i>Desarrollo de los Modelos de Mortalidad.....</i>	498
3.24.3	<i>Revisión de Estudios Epidemiológicos</i>	499
3.24.4	<i>Modelos de Mortalidad para la Comuna de Talca.....</i>	501
3.24.5	<i>Conclusiones.....</i>	503
3.25	ACTIVIDAD 4 Y 5.- (OBJETIVO 7) IDENTIFICAR Y ESTIMAR LOS BENEFICIOS SOCIALES DE LAS MEDIDAS DE REDUCCIÓN DE EMISIONES DE MP ₁₀ Y MP _{2,5} EN LAS COMUNAS DE TALCA Y MAULE. Y ANÁLISIS DE COSTO-BENEFICIO DE DISTINTOS ESCENARIOS DE REDUCCIÓN.....	504
3.25.1	<i>Cuantificación de Beneficios Directos en Salud.....</i>	504
3.25.2	<i>Beneficios Indirectos en Visibilidad del PDATM</i>	513
3.26	OBJETIVO 8. ELABORAR EL ANÁLISIS GENERAL DE IMPACTO ECONÓMICO Y SOCIAL (AGIES) Y UNA VERSIÓN EN BORRADOR DEL ANTEPROYECTO DE PLAN DE DESCONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICO (PDA) PARA LAS COMUNAS DE TALCA Y MAULE, CONSIDERANDO LOS ANTECEDENTES GENERADOS EN LAS ETAPAS ANTERIORES. 515	
3.26.1	<i>Descripción Socioeconómica Zona Saturada.....</i>	515
3.26.2	<i>Análisis Económico Región del Maule</i>	515
3.26.3	<i>Análisis Económico Zona Saturada de Talca y Maule</i>	520
3.26.4	<i>Estimación de Emisiones Atmosféricas en la Zona de Estudio.....</i>	523
3.26.5	<i>Descripción de Medidas Incorporadas en el PDATM.....</i>	529
3.26.6	<i>Instrumentos Económicos del Anteproyecto del PDATM.....</i>	539
3.26.7	<i>Programas Complementarios del PDATM.....</i>	544
3.26.8	<i>Metodología de Evaluación Económica del AGIES</i>	556
3.26.9	<i>Antecedentes para el Cálculo de Beneficios Directos en Salud.....</i>	573
3.26.10	<i>Beneficios Indirectos en Visibilidad del PDATM</i>	582
3.26.11	<i>Costos del PDATM</i>	583
3.26.12	<i>Costo-Efectividad y Evaluación Económica Social.....</i>	590
3.26.13	<i>Análisis de Sensibilidad.....</i>	594
3.26.14	<i>Simulación de Montecarlo</i>	597
3.27	PROCESO DE VALIDACIÓN Y DIFUSIÓN DEL BORRADOR DEL ANTEPROYECTO DE PDA EN LAS COMUNAS DE TALCA Y MAULE (OBJETIVO 9).....	600
3.27.1	<i>Seminario de difusión</i>	600
3.27.2	<i>Generación de material gráfico para difusión.....</i>	601
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	602
5.	BIBLIOGRAFÍA	604
	ANEXO A- FICHAS GRAFICAS DE LAS VIVIENDAS ESTUDIADAS.....	606
	ANEXO B- ENCUESTA CONSUMO ENERGIA HOGAR.....	650
	ANEXO C- TEMPERATURA VIVIENDAS.....	659
	ANEXO D- CALCULO VALORES DE U EN LAS VIVIENDAS.....	681
	ANEXO E-ENCUESTA RESIDENCIAL GENERAL.....	703

ANEXO F- INFORME APLICACIÓN ENCUESTA RESIDENCIAL.....	713
ANEXO G- MAPAS SECTORES URBANOS ENCUESTADOS.....	719
ANEXO H- MANUAL DEL ENCUESTADOR.....	742
ANEXO I- LISTADO FUENTES INDUSTRIALES.....	770
ANEXO J- ENCUESTA OFERENTES DE LEÑA.....	784
ANEXO K- FUJO DE CAJA EVALUACIÓN PROYECTO PELLETS.....	792
ANEXO L- AGRUPACION DE FUENTES RESIDENCIALES.....	795
ANEXO M- DISPONIBILIDAD DE BIOMASA.....	817
ANEXO N- FUNCIÓN DE COSTOS CALDERAS.....	825
ANEXO O- HISTOGRAMA DE CONSUMO DE CALEFACCIÓN.....	829
ANEXO P- COSTOS DE INVERSIÓN DE PLANTA.....	833
ANEXO Q- COSTOS OPERACIÓN DE PLANTA.....	837
ANEXO R- COSTOS RED DE DISTRIBICIÓN.....	841
ANEXO S- BORRADOR ANTEPROYECTO PDA DE TALCA Y MAULE.....	843

Índice de Tablas

TABLA 3.1-1. IDENTIFICACIÓN DE LAS VIVIENDAS Y SUS PARÁMETROS PRINCIPALES.....	57
TABLA 3.1-2. VALORES DE U [W/M ² K] PARA LOS DIFERENTES ELEMENTOS DE LAS VIVIENDAS CONSIDERADAS EN ESTE INFORME	63
TABLA 3.1-3. VALORES DE FV PARA LAS VIVIENDAS CONSIDERADAS.....	64
TABLA 3.1-4. EXIGENCIAS DEL ARTÍCULO 4.1.10 DE LA O.G.U.C.	65
TABLA 3.1-5. EXIGENCIA DE LA O.G.U.C. PARA LAS SUPERFICIES DE VENTANA.....	66
TABLA 3.1-6. NÚMERO DE VIVIENDAS POR AÑO DE CONSTRUCCIÓN.....	70
TABLA 3.1-7. HUMEDAD DE LA LEÑA Y PODER CALORÍFICO UTILIZADO POR VIVIENDA	72
TABLA 3.1-8. RESULTADOS DE LOS CONSUMOS DE ENERGÍA EN LAS VIVIENDAS CON BAJO NIVEL DE AISLACIÓN OBTENIDOS A PARTIR DE LA ENCUESTAS.....	73
TABLA 3.1-9. RESULTADOS DE LOS CONSUMOS DE ENERGÍA EN LAS VIVIENDAS CON AISLACIÓN MEJORADA A PARTIR DE LA ENCUESTAS	74
TABLA 3.1-10. TEMPERATURA PROMEDIO INTERIOR DE LA VIVIENDA.....	78
TABLA 3.1-11. VARIABLES RELACIONADAS CON EL USO DE LOS CALEFACTORES.....	80
TABLA 3.1-12. CONSUMO FINAL DE ENERGÍA EN CALEFACCIÓN OBTENIDO MEDIANTE LA HERRAMIENTA DE LA CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE VIVIENDAS	83
TABLA 3.1-13. RESUMEN DEL MODELO DE ENCENDIDO Y CONTROL DE LA CALEFACCIÓN.....	87
TABLA 3.1-14. EJEMPLO DE LA CARACTERIZACIÓN DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN	87
TABLA 3.1-15. RESULTADOS DEL MODELO DE CÁLCULO PARA LAS VIVIENDAS ESTUDIADAS.....	89
TABLA 3.1-16. COMPARACIÓN DE RESULTADOS MEDIDOS Y CALCULADOS.....	91
TABLA 3.1-17. RESULTADOS DE 2 ESCENARIOS DE MEJORAS DE LAS VIVIENDAS EXISTENTES.....	96
TABLA 3.1-18. PORCENTAJE DE AHORRO PARA VIVIENDAS NUEVAS.....	97
TABLA 3.1-19. COSTOS DE INVERSIÓN PARA VIVIENDAS EXISTENTES.....	98
TABLA 3.1-20. COSTOS DE INVERSIÓN PARA VIVIENDAS NUEVAS	99
TABLA 3.1-21. RESUMEN DE AHORROS Y COSTOS	100
TABLA 3.1-22. INDICADORES ECONÓMICOS PARA ESCENARIO 1	101
TABLA 3.1-23. INDICADORES ECONÓMICOS PARA ESCENARIO 2.....	102
TABLA 3.1-24. INDICADORES ECONÓMICOS PARA ESCENARIO 3.....	103
TABLA 3.1-25. INDICADORES ECONÓMICOS PARA ESCENARIO 4.....	104
TABLA 3.1-26. INDICADORES ECONÓMICOS PARA ESCENARIO 1 PERO CON GAS COMO COMBUSTIBLE	105
TABLA 3.1-27. INDICADORES ECONÓMICOS PARA ESCENARIO 2 PERO CON GAS COMO COMBUSTIBLE	106
TABLA 3.1-28. INDICADORES ECONÓMICOS PARA ESCENARIO 3 PERO CON GAS COMO COMBUSTIBLE	107
TABLA 3.1-29. INDICADORES ECONÓMICOS PARA ESCENARIO 4 PERO CON GAS COMO COMBUSTIBLE	108
TABLA 3.2-1. RAZONES PARA UTILIZAR LEÑA EN EL HOGAR.....	112
TABLA 3.2-2. PARTICIPACIÓN DE LAS ESPECIES DE LEÑA EN LOS HOGARES DE TALCA	113
TABLA 3.2-3. PARTICIPACIÓN DE LAS ESPECIES DE LEÑA EN LOS HOGARES DE MAULE.....	113
TABLA 3.2-4. ESTIMACIÓN DE ARTEFACTOS A LEÑA POR COMUNA.....	118
TABLA 3.2-5. PERCEPCIÓN DE HUMEDAD DE LA LEÑA POR FRECUENCIA DE COMPRA	125
TABLA 3.2-6. MEDICIÓN DE HUMEDAD DE LA LEÑA POR FRECUENCIA DE COMPRA.....	126
TABLA 3.2-7. MEDICIÓN DE HUMEDAD DE LA LEÑA POR QUINTIL DE INGRESO	127
TABLA 3.3-1. NÚMERO Y TIPO DE FUENTES DE COMBUSTIÓN COMERCIAL E INDUSTRIAL PARA TALCA Y MAULE....	135
TABLA 3.3-2. NÚMERO DE FUENTES DE COMBUSTIÓN INDUSTRIALES Y COMERCIALES POR TIPO DE COMBUSTIBLE PARA TALCA Y MAULE.	136
TABLA 3.3-3. PANADERÍAS ARTESANALES DE TALCA ENTREVISTADAS	137
TABLA 3.3-4. CONSUMO DE LEÑA Y BIOMASA VEGETAL EN EL SECTOR INDUSTRIAL Y COMERCIAL EN LAS COMUNAS DE TALCA Y MAULE.....	138
TABLA 3.4-1. COMERCIANTES QUE VENDEN LEÑA CERTIFICADA EN LA REGIÓN DEL MAULE	142
TABLA 3.4-2. CANTIDAD DE OFERENTES DE LEÑA SEGÚN DISTANCIA RECORRIDA ENTRE LAS ZONAS DE APROVISIONAMIENTO Y LOS PUNTOS DE VENTA.....	143
TABLA 3.4-3. LISTADO DE LEÑERÍAS EN TALCA IDENTIFICADAS EN ESTUDIOS PREVIOS	144
TABLA 3.4-4. EQUIVALENCIAS DE UNIDADES DE COMERCIALIZACIÓN DE LEÑA.	145

TABLA 3.4-5. LISTA DE COMERCIANTES DE LEÑA ENTREVISTADAS EN EL ESTUDIO SEGÚN PERIODO.....	151
TABLA 3.4-6. LISTADO DE OFERENTES DE LEÑA ENTREVISTADOS EN TALCA.....	154
TABLA 3.4-7. TIEMPO DE ALMACENAMIENTO DE LA LEÑA EN LOS DIFERENTES OFERENTES DE TALCA.....	162
TABLA 3.4-8. PRECIOS DE LOS OFERENTES DE LEÑA EN TALCA PARA EL PERIODO 2011-2012.....	163
TABLA 3.4-9. PRECIOS DE LOS OFERENTES LEÑA EN TALCA PARA EL PERIODO JULIO-AGOSTO DE 2013	164
TABLA 3.4-10. CONTENIDO DE HUMEDAD DE LAS PRINCIPALES ESPECIES DE LEÑA, ENCONTRADA EN OFERENTES DE LEÑA EN TALCA DURANTE EL MES DE ENERO DE 2013.....	167
TABLA 3.4-11. CONTENIDO DE HUMEDAD DE LAS PRINCIPALES ESPECIES DE LEÑA, ENCONTRADA EN OFERENTES DE LEÑA EN TALCA DURANTE LOS MESES DE JULIO-AGOSTO DE 2013	167
TABLA 3.4-12. IMAGEN AL MOMENTO DE LA MEDICIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD EN UN OFERENTE DE LEÑA EN TALCA.	168
TABLA 3.5-1. PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS DE LOS PELLETS DE MADERA	172
TABLA 3.5-2. DISPONIBILIDAD ANUAL DE ASERRÍN EN LA REGIÓN DEL MAULE	179
TABLA 3.5-3. DISPONIBILIDAD ANUAL DE VIRUTA EN LA REGIÓN DEL MAULE	179
TABLA 3.5-4. DISPONIBILIDAD ANUAL DE BIOMASA FORESTAL PROVENIENTE DE RALEOS Y PODAS.....	180
TABLA 3.5-5. EQUIPOS DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN	183
TABLA 3.5-6. PERSONAL ÁREA DE PRODUCCIÓN.....	184
TABLA 3.5-7. REQUERIMIENTO DE M ³ ESTÉREO PARA PRODUCIR PELLETS	185
TABLA 3.5-8. ASERRÍN Y VIRUTA NECESARIAS PARA LA PRODUCCIÓN DE PELLETS ANUALMENTE	185
TABLA 3.5-9. ASTILLAS NECESARIAS PARA LA PRODUCCIÓN DE PELLETS ANUALMENTE	185
TABLA 3.5-10. CANTIDAD DE SACOS NECESARIOS ANUALMENTE.....	186
TABLA 3.5-11. ELECTRICIDAD REQUERIDA PARA EL ÁREA DE PRODUCCIÓN.....	186
TABLA 3.5-12. CONSUMO ELÉCTRICO ANUAL DEL ÁREA DE PROCESOS.....	186
TABLA 3.5-13. CANTIDAD DE PALLETS NECESARIOS ANUALMENTE	187
TABLA 3.5-14. CONSUMO DE COMBUSTIBLE ANUAL.....	187
TABLA 3.5-15. ORDEN DE DISTRIBUCIÓN DE MÁQUINAS EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN.....	189
TABLA 3.5-16. PERSONAL ADMINISTRATIVO DE LA PLANTA.....	191
TABLA 3.5-17. INVERSIÓN EN EQUIPOS DE LA LÍNEA DE PROCESO.....	192
TABLA 3.5-18. INVERSIÓN EN EQUIPOS AUXILIARES	193
TABLA 3.5-19. INVERSIÓN EN INFRAESTRUCTURA.....	193
TABLA 3.5-20. REMUNERACIONES PERSONAL DE PLANTA	194
TABLA 3.5-21. DEPRECIACIÓN DE ACTIVOS FIJOS.....	195
TABLA 3.5-22. COSTO ANUAL MATERIA PRIMA.....	196
TABLA 3.5-23. COSTO ANUAL SACOS.....	197
TABLA 3.5-24. COSTO ANUAL ELECTRICIDAD.....	197
TABLA 3.5-25. COSTO ANUAL TRANSPORTE	197
TABLA 3.5-26. COSTO ANUAL DE PALLETS.....	197
TABLA 3.5-27. COSTOS ANUALES DE ADMINISTRACIÓN Y VENTAS.....	198
TABLA 3.5-28. COSTOS ANUALES DE OPERACIÓN	198
TABLA 3.5-29. COSTOS DE INTANGIBLES.....	199
TABLA 3.5-30. COSTOS DE MANTENCIÓN ANUAL	199
TABLA 3.5-31. FLUJO CONTABLE DEL PROYECTO PURO EN PESOS CHILENOS (CH\$)	202
TABLA 3.5-32. VAN Y TIR EN BASE AL PRECIO DEL PELLETS	203
TABLA 3.5-33. SENSIBILIDAD DEL VAN SEGÚN TASA DE DESCUENTO	203
TABLA 3.7-1. ALTERNATIVAS EVALUADAS PARA CALEFACCIÓN MEDIANTE ERNC.....	208
TABLA 3.7-2. COSTOS DE OPERACIÓN E INVERSIÓN DE DISTINTAS ALTERNATIVAS DE CALEFACCIÓN MEDIANTE ERNC. VALORES ACTUALES.....	215
TABLA 3.7-3. COSTOS DE OPERACIÓN E INVERSIÓN DE DISTINTAS ALTERNATIVAS DE CALEFACCIÓN MEDIANTE ERNC. VALORES ANUALIZADOS	216
TABLA 3.7-4. COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS DE ERNC CON EQUIPOS UTILIZADOS ACTUALMENTE EN PROGRAMAS DE RECAMBIO.....	218
TABLA 3.8-1. FLUJOS DE CAJA DE LOS COSTOS (CH\$) DE RIEGO POR ASPERSIÓN.....	222
TABLA 3.8-2. FLUJOS DE CAJA DE LOS COSTOS (CH\$) DE LA CALEFACCIÓN DE PREDIOS.....	227

TABLA 3.8-3. ESPECIFICACIONES DE MODELOS DE MÁQUINAS DE VIENTO MARCA AMARILLO.....	228
TABLA 3.8-4. ESPECIFICACIONES MÉTODOS ALTERNATIVOS PARA EL CONTROL DE HELADAS.....	231
TABLA 3.8-5. NÚMERO DE HECTÁREAS POR JORNADA DE TRABAJO	238
TABLA 3.8-6. COSTOS POR HECTÁREA BAJO EL MÉTODO CERO LABRANZA.....	239
TABLA 3.8-7. FLUJOS DE CAJA DE LOS COSTOS (CH\$) COMBUSTIÓN DE BIOMASA.....	244
TABLA 3.8-8. ESCENARIO DE HECTÁREAS CULTIVADAS Y RESIDUOS QUEMADOS.....	244
TABLA 3.8-9. INVERSIÓN PARA VERMICOMPOSTAJE.....	247
TABLA 3.8-10. FLUJO DE CAJA (CH\$) PARA EL VERMICOMPOSTAJE	248
TABLA 3.8-11. INVERSIONES DE COMPOSTAJE.....	250
TABLA 3.8-12. COSTOS OPERACIONALES DE COMPOSTAJE.....	251
TABLA 3.8-13. ESPECIFICACIONES MÉTODOS ALTERNATIVOS A LA QUEMA DE DESECHOS AGRÍCOLAS.....	252
TABLA 3.9-1. NÚMERO Y TIPO DE FUENTES DE COMBUSTIÓN COMERCIAL E INDUSTRIAL PARA TALCA Y MAULE....	253
TABLA 3.9-2. NÚMERO DE FUENTES DE COMBUSTIÓN INDUSTRIALES Y/O COMERCIALES POR TIPO DE COMBUSTIBLE PARA TALCA Y MAULE.....	256
TABLA 3.9-3. RESUMEN DE LAS EMISIONES ATMOSFÉRICAS DE LAS FUENTES INDUSTRIALES Y COMERCIALES PARA LAS COMUNAS TALCA Y MAULE	257
TABLA 3.9-4. RESUMEN INVENTARIO DE EMISIONES, FUENTES INDUSTRIALES DE TALCA, AÑO BASE 2006	257
TABLA 3.9-5. RESUMEN DE LAS EMISIONES ATMOSFÉRICAS DE MP10 SEGÚN TIPO DE COMBUSTIBLE PARA LAS FUENTES INDUSTRIALES Y COMERCIALES DE LAS COMUNAS TALCA Y MAULE	258
TABLA 3.9-6. RESUMEN DE LAS EMISIONES ATMOSFÉRICAS DE MP2,5 SEGÚN TIPO DE COMBUSTIBLE PARA LAS FUENTES INDUSTRIALES Y COMERCIALES DE LAS COMUNAS TALCA Y MAULE	258
TABLA 3.9-7. RESUMEN DE LAS EMISIONES ATMOSFÉRICAS DE MP10 Y MP2,5 PARA LAS 15 FUENTES INDUSTRIALES Y COMERCIALES CON MAYORES NIVELES DE EMISIÓN DE LAS COMUNAS TALCA Y MAULE	259
TABLA 3.10-1. EMISIONES ATMOSFÉRICAS ESCENARIO PARA EL 2012 DE FUENTES MÓVILES EN TALCA Y MAULE.	261
TABLA 3.11-1. RESUMEN DE MEDIDAS PROPUESTAS PARA EL ANTEPROYECTO DEL PDA DE TALCA Y MAULE....	265
TABLA 3.11-2. MEDIDAS A PRIORIZAR SEGÚN EN RELACIÓN A SU POTENCIAL DE REDUCCIÓN DE EMISIONES EN EL ESCENARIO MÁS AGRESIVO	271
TABLA 3.11-3. CLASIFICACIÓN DE MEDIDAS PROPUESTAS POR FUENTE PARA EL ANTEPROYECTO DEL PDA DE TALCA Y MAULE	272
TABLA 3.11-4. EXIGENCIAS DE MONITOREO DEL ANTEPROYECTO DEL PDA DE TALCA Y MAULE	277
TABLA 3.11-5. PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AIRE MEDIDOS POR LAS ESTACIONES DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE LAS COMUNAS DE TALCA Y MAULE	278
TABLA 3.11-6. COSTOS PÚBLICOS DE PROGRAMAS COMPLEMENTARIOS.....	290
TABLA 3.12-1. PENETRACIÓN DE ARTEFACTOS A LEÑA POR COMUNA.....	292
TABLA 3.12-2. REDUCCIÓN DE EMISIONES DE MP10 Y COSTOS CON MEDIDA NEQUIPOS AÑO 2015.....	293
TABLA 3.12-3. REDUCCIÓN DE EMISIONES DE MP2,5 Y COSTOS CON MEDIDA NEQUIPOS AÑO 2015.....	293
TABLA 3.12-4. REDUCCIÓN ACUMULADA DE EMISIONES DE MP10 Y COSTOS CON MEDIDA NEQUIPOS AÑO 2030	293
TABLA 3.12-5. REDUCCIÓN ACUMULADA DE EMISIONES DE MP2,5 Y COSTOS CON MEDIDA NEQUIPOS AÑO 2030	293
TABLA 3.12-6. REDUCCIÓN DE EMISIONES DE MP10 MEDIDA RLEÑA AÑO 2015 Y COSTOS CON 30% DE CUMPLIMIENTO	296
TABLA 3.12-7. REDUCCIÓN DE EMISIONES DE MP2,5 MEDIDA RLEÑA AÑO 2015 Y COSTOS CON 30% DE CUMPLIMIENTO	296
TABLA 3.12-8. REDUCCIÓN DE EMISIONES DE MP10 MEDIDA RLEÑA AÑO 2030 Y COSTOS CON 60% DE CUMPLIMIENTO	296
TABLA 3.12-9. REDUCCIÓN DE EMISIONES DE MP2,5 MEDIDA RLEÑA AÑO 2030 Y COSTOS CON 60% DE CUMPLIMIENTO	297
TABLA 3.12-10. REDUCCIÓN DE EMISIONES DE MP10 MEDIDA RLEÑA AÑO 2030 Y COSTOS CON 100% DE CUMPLIMIENTO	297
TABLA 3.12-11. REDUCCIÓN DE EMISIONES DE MP2,5 MEDIDA RLEÑA AÑO 2030 Y COSTOS CON 100% DE CUMPLIMIENTO	297

TABLA 3.12-12. EVOLUCIÓN DEL FACTOR DE EMISIÓN A PARTIR DE LOS CAMBIOS EN EL PARQUE DE EQUIPOS.....	300
TABLA 3.12-13. REDUCCIÓN DE EMISIONES ACUMULADA DE MP10 A 2030 Y COSTOS MEDIDA CEQUIPOS.....	301
TABLA 3.12-14. REDUCCIÓN DE EMISIONES ACUMULADA DE MP2,5 A 2030 Y COSTOS MEDIDA CEQUIPOS.....	301
TABLA 3.12-15. REDUCCIÓN DE EMISIONES DE MP10 Y COSTOS MEDIDA PCHIMENEAS	303
TABLA 3.12-16. REDUCCIÓN DE EMISIONES DE MP2,5 Y COSTOS MEDIDA PCHIMENEAS	303
TABLA 3.12-17. REDUCCIÓN DE EMISIONES DE MP10 Y COSTOS MEDIDA CONGEQUIPOS AÑO 2015.....	305
TABLA 3.12-18. REDUCCIÓN DE EMISIONES DE MP2,5 Y COSTOS MEDIDA CONGEQUIPOS AÑO 2015.....	305
TABLA 3.12-19. REDUCCIÓN DE EMISIONES DE MP10 Y COSTOS MEDIDA CONGEQUIPOS AÑO 2030.....	305
TABLA 3.12-20. REDUCCIÓN DE EMISIONES DE MP2,5 Y COSTOS MEDIDA CONGEQUIPOS AÑO 2030.....	305
TABLA 3.12-21. REDUCCIÓN DE EMISIONES DE MP10 Y COSTOS MEDIDA PROHIBLENA	308
TABLA 3.12-22. REDUCCIÓN DE EMISIONES DE MP2,5 Y COSTOS MEDIDA PROHIBLENA	308
TABLA 3.12-23. REDUCCIÓN DE EMISIONES MP10 Y COSTOS MEDIDA TERMICOVIV PARA VIVIENDAS ANTIGUAS	310
TABLA 3.12-24. REDUCCIÓN DE EMISIONES MP2,5 Y COSTOS MEDIDA TERMICOVIV PARA VIVIENDAS ANTIGUAS	310
TABLA 3.12-25. REDUCCIÓN DE EMISIONES MP10 Y COSTOS MEDIDA TERMICOVIV PARA VIVIENDAS NUEVAS	311
TABLA 3.12-26. REDUCCIÓN DE EMISIONES MP2,5 Y COSTOS MEDIDA TERMICOVIV PARA VIVIENDAS NUEVAS	311
TABLA 3.12-27. REDUCCIÓN DE EMISIONES MP10 Y COSTOS MEDIDA TERMICOPLUS PARA VIVIENDAS NUEVAS	313
TABLA 3.12-28. REDUCCIÓN DE EMISIONES MP2,5 Y COSTOS MEDIDA TERMICOPLUS PARA VIVIENDAS NUEVAS	314
TABLA 3.12-29. REDUCCIÓN DE EMISIONES MP10 Y COSTOS MEDIDA COMPEMIND	316
TABLA 3.12-30. REDUCCIÓN DE EMISIONES MP2,5 Y COSTOS MEDIDA COMPEMIND	317
TABLA 3.12-31. REDUCCIÓN DE EMISIONES MP10 Y COSTOS MEDIDA NORMAIND	319
TABLA 3.12-32. REDUCCIÓN DE EMISIONES MP2,5 Y COSTOS MEDIDA NORMAIND	319
TABLA 3.12-33. REDUCCIÓN DE EMISIONES MP10 Y COSTOS MEDIDA SUBSGAS.....	323
TABLA 3.12-34. REDUCCIÓN DE EMISIONES MP2,5 Y COSTOS MEDIDA SUBSGAS.....	323
TABLA 3.12-35. REDUCCIÓN DE EMISIONES Y COSTOS POR HOGAR DE TECNOLOGÍAS DE CALEFACCIÓN ALTERNATIVAS A LA LEÑA.....	325
TABLA 3.12-36. REDUCCIÓN DE EMISIONES MP10 Y COSTOS MEDIDA SUBCALALT.....	325
TABLA 3.12-37. REDUCCIÓN DE EMISIONES MP2,5 Y COSTOS MEDIDA SUBCALALT.....	325
TABLA 3.12-38. REDUCCIÓN DE EMISIONES MP10 Y MP2,5 MEDIDA TRANSPUB.....	327
TABLA 3.12-39. REDUCCIÓN DE EMISIONES MP10, MP2,5 Y COSTOS MEDIDA TRASCARGA.....	329
TABLA 3.12-40. REDUCCIÓN DE EMISIONES MP10 Y COSTOS PQUEMAS.....	332
TABLA 3.12-41. REDUCCIÓN DE EMISIONES MP2,5 Y COSTOS PQUEMAS.....	332
TABLA 3.12-42. REDUCCIÓN DE EMISIONES MP10 Y COSTOS MEDIDA AREASVERDES	334
TABLA 3.12-43. REDUCCIÓN DE EMISIONES MP2,5 Y COSTOS MEDIDA AREASVERDES	335
TABLA 3.12-44. REDUCCIÓN DE EMISIONES MP10 Y COSTOS MEDIDA PAVIMENFUG.....	337
TABLA 3.12-45. REDUCCIÓN DE EMISIONES MP2,5 Y COSTOS MEDIDA PAVIMENFUG.....	337
TABLA 3.15-1. ALTERNATIVAS EVALUADAS PARA CALEFACCIÓN MEDIANTE ERNC	354
TABLA 3.15-2. COSTOS DE OPERACIÓN E INVERSIÓN DE DISTINTAS ALTERNATIVAS DE CALEFACCIÓN MEDIANTE ERNC. VALORES ACTUALES.....	363
TABLA 3.15-3. COSTOS DE OPERACIÓN E INVERSIÓN DE DISTINTAS ALTERNATIVAS DE CALEFACCIÓN MEDIANTE ERNC. VALORES ANUALIZADOS	364
TABLA 3.16-1. AHORRO ANUAL PARA SISTEMA SOLAR	368
TABLA 3.16-2. INDICADORES ECONÓMICOS PARA SISTEMA SOLAR PARA CALEFACCIÓN.....	369
TABLA 3.16-3. INDICADORES ECONÓMICOS PARA LA BOMBA DE CALOR GEOTÉRMICA.....	372
TABLA 3.16-4. INDICADORES ECONÓMICOS PARA BOMBA DE CALOR GEOTÉRMICA CON GAS COMO COMBUSTIBLE ALTERNATIVO.....	373
TABLA 3.16-5. OPERACIÓN DE LA BOMBA DE CALOR EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA DEL AIRE Y DEL PORCENTAJE DE CARGA.	375

TABLA 3.16-6. INDICADORES ECONÓMICOS PARA BOMBA DE CALOR VRF	377
TABLA 3.16-7. INDICADORES ECONÓMICOS PARA BOMBA DE CALOR VRF CON GAS COMO COMBUSTIBLE ALTERNATIVO	378
TABLA 3.16-8. COMPARACIÓN DE LOS PROYECTOS DE ENERGÍAS RENOVABLES NO CONVENCIONALES.	379
TABLA 3.17-1. CANTIDAD DE BIOMASA DE BOSQUE NATIVO EN LAS COMUNAS CERCANAS A TALCA	388
TABLA 3.17-2. REQUERIMIENTO DE POTENCIA DE CALEFACCIÓN CON BIOMASA	394
TABLA 3.17-3. CONSUMO DE ENERGÍA PARA CALEFACCIÓN EN LA VIVIENDA.....	394
TABLA 3.17-4. REQUERIMIENTO DE POTENCIA PARA CALEFACCIÓN	394
TABLA 3.17-5: CONSUMO DE AGUA CALIENTE SANITARIA POR VIVIENDA	396
TABLA 3.17-6. COSTOS DE INVERSIÓN (MM\$) CORRESPONDIENTES A LA CENTRAL TÉRMICA PARA VIVIENDAS DE 73 M ²	397
TABLA 3.17-7. COSTOS UNITARIOS (\$CLP) PARA LOS ELEMENTOS DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN PRIMARIA DE CALOR	398
TABLA 3.17-8. COSTOS TOTALES (MM\$) PARA LOS ELEMENTOS DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN PRIMARIA DE CALOR	398
TABLA 3.17-9. COSTOS UNITARIOS PARA LOS ELEMENTOS DE DISTRIBUCIÓN DE CALOR AL INTERIOR DE LAS VIVIENDAS	399
TABLA 3.17-10. COSTOS TOTALES (MM\$) PARA LOS ELEMENTOS DE DISTRIBUCIÓN DE CALOR AL INTERIOR DE LAS VIVIENDAS	399
TABLA 3.17-11. COSTOS TOTALES DE INVERSIÓN SEGÚN EL NÚMERO DE VIVIENDAS	400
TABLA 3.17-12. COSTOS VARIABLES DE OPERACIÓN POR VIVIENDA.....	401
TABLA 3.17-13. COSTOS TOTALES DE OPERACIÓN SEGÚN EL NÚMERO DE VIVIENDAS	402
TABLA 3.17-14. COMPARACIÓN ENTRE COSTOS DE INVERSIÓN Y OPERACIÓN.....	403
TABLA 3.17-15. COSTOS (MM\$) CORRESPONDIENTES A FINANCIAMIENTO PÚBLICO.....	404
TABLA 3.18-1. OPCIONES DE REEMPLAZOS DE CALEFACTORES A LEÑAS POR EQUIPOS MÁS LIMPIOS	406
TABLA 3.18-2. EMISIONES TOTALES DE MP10 Y MP2,5 PARA REEMPLAZO SALAMANDRAS A PELLETS Y ESTUFAS A LEÑA QUE CUMPLEN EL DS 39/2011.	407
TABLA 3.20-1. NIVELES DE ALTURA CONSIDERADOS PARA LA MODELACIÓN CON CALMET	416
TABLA 3.20-2. RECEPTORES PUNTUALES PARA LA MODELACIÓN CON CALMET	419
TABLA 3.20-3. FUENTES INDUSTRIALES DE TALCA Y MAULE CONSIDERADAS EN LA MODELACIÓN.....	423
TABLA 3.20-4. EMISIONES DISTRIBUIDAS POR COMBUSTIÓN RESIDENCIAL DE LEÑA EN LAS ZONAS URBANAS DE LA COMUNA DE TALCA Y ZONA NORTE DE LA COMUNA DE MAULE.....	425
TABLA 3.20-5. EMISIONES DISTRIBUIDAS Y FACTOR DE PONDERACIÓN PARA LAS FUENTES MÓVILES EN LAS ZONAS URBANAS DE LA COMUNA DE TALCA Y ZONA NORTE DE LA COMUNA DE MAULE	427
TABLA 3.20-6. APORTE DE MP10 Y MP2,5 POR COMBUSTIÓN RESIDENCIAL DE LEÑA A LOS RECEPTORES UBICADOS ZONAS URBANAS DE LA COMUNA DE TALCA Y ZONA NORTE DE LA COMUNA DE MAULE	430
TABLA 3.20-7. APORTE DE MP10 Y MP2,5 DE LAS FUENTES INDUSTRIALES A LOS RECEPTORES UBICADOS EN ZONAS URBANAS DE LA COMUNA DE TALCA Y ZONA NORTE DE LA COMUNA DE MAULE.....	433
TABLA 3.20-8. APORTE DE MP10 Y MP2,5 DEL TRÁNSITO DE VEHÍCULOS EN VÍAS PAVIMENTADAS Y NO PAVIMENTADAS A LOS RECEPTORES UBICADOS EN LAS ZONAS URBANAS DE LA COMUNA DE TALCA Y ZONA NORTE DE LA COMUNA DE MAULE	434
TABLA 3.20-9. APORTE DE MP10 DE LAS QUEMAS AGRÍCOLAS A LOS RECEPTORES UBICADOS EN LAS ZONAS URBANAS DE LA COMUNA DE TALCA Y ZONA NORTE DE LA COMUNA DE MAULE	436
TABLA 3.20-10. RELACIÓN EMISIÓN – CONCENTRACIÓN AMBIENTAL DE MP10 Y MP2,5 POR COMBUSTIÓN RESIDENCIAL DE LEÑA EN ZONAS URBANAS DE LA COMUNA DE TALCA Y ZONA NORTE DE LA COMUNA DE MAULE.....	438
TABLA 3.20-11. RELACIÓN EMISIÓN – CONCENTRACIÓN AMBIENTAL DE MP10 Y MP2,5 PARA EL APORTE DE LAS INDUSTRIAS EN ZONAS URBANAS DE LA COMUNA DE TALCA Y ZONA NORTE DE LA COMUNA DE MAULE	438
TABLA 3.20-12. RELACIÓN EMISIÓN – CONCENTRACIÓN AMBIENTAL DE MP10 Y MP2,5 PARA EL APORTE DE LAS FUENTES MÓVILES EN ZONAS URBANAS DE LA COMUNA DE TALCA Y ZONA NORTE DE LA COMUNA DE MAULE	439

TABLA 3.20-13. RELACIÓN EMISIÓN – CONCENTRACIÓN AMBIENTAL DE MP10 Y MP2,5 PARA EL APORTE DE LAS QUEMAS AGRÍCOLAS EN ZONAS URBANAS DE LA COMUNA DE TALCA Y ZONA NORTE DE LA COMUNA DE MAULE	439
TABLA 3.20-14. IMPACTO Y EFECTIVIDAD DE MEDIDAS AÑO FINAL DE EVALUACIÓN PARA MP10	452
TABLA 3.20-15. IMPACTO Y EFECTIVIDAD DE MEDIDAS AÑO FINAL DE EVALUACIÓN PARA MP2,5	453
TABLA 3.21-1. COSTO EFECTIVIDAD DE LAS MEDIDAS PROPUESTAS AL AÑO 2030 (\$ MILLONES/TON MP10)	454
TABLA 3.21-2. COSTO EFECTIVIDAD DE LAS MEDIDAS PROPUESTAS AL AÑO 2030 (\$ MILLONES/TON MP2,5)	455
TABLA 3.22-1. POBLACIÓN POR GRUPOS DE EDAD, COMUNA DE TALCA.....	456
TABLA 3.22-2. CÓDIGOS DE ENFERMEDADES INCLUIDAS EN EL ANÁLISIS DE MORBILIDAD	458
TABLA 3.22-3. EGRESOS HOSPITALARIOS POR ENFERMEDADES CARDIOVASCULARES, SEGÚN GRUPOS DE EDAD EN TALCA	459
TABLA 3.22-4. EGRESOS HOSPITALARIOS POR ENFERMEDAD ISQUÉMICA, SEGÚN GRUPOS DE EDAD EN TALCA..	460
TABLA 3.22-5. EGRESOS HOSPITALARIOS POR ENFERMEDAD CEREBROVASCULAR, SEGÚN GRUPOS DE EDAD EN TALCA.....	462
TABLA 3.22-6. ENFERMEDADES RESPIRATORIAS TOTALES SEGÚN GRUPOS DE EDAD EN TALCA	463
TABLA 3.22-7. ENFERMEDADES RESPIRATORIAS CRÓNICAS, SEGÚN GRUPOS DE EDAD EN TALCA.....	464
TABLA 3.22-8. ENFERMEDADES DIGESTIVAS TOTALES, SEGÚN GRUPOS DE EDAD EN TALCA	465
TABLA 3.22-9. TASAS* DE EGRESOS HOSPITALARIOS SEGÚN ENFERMEDAD EN TALCA, CONSIDERANDO EDADES Y AMBOS SEXOS.....	466
TABLA 3.22-10. MORTALIDAD ENFERMEDADES CARDIOVASCULARES POR EDADES EN TALCA.....	467
TABLA 3.22-11. MORTALIDAD ENFERMEDADES ISQUÉMICAS POR EDADES EN TALCA	468
TABLA 3.22-12. MORTALIDAD ENFERMEDADES CEREBROVASCULARES POR EDADES EN TALCA	469
TABLA 3.22-13. MORTALIDAD ENFERMEDADES RESPIRATORIAS TOTALES, SEGÚN GRUPOS DE EDAD EN TALCA, 2004-2008.	470
TABLA 3.22-14. MORTALIDAD ENFERMEDADES RESPIRATORIAS CRÓNICAS SEGÚN GRUPOS DE EDAD EN TALCA, 2004-2008.	471
TABLA 3.22-15. MORTALIDAD ENFERMEDADES DIGESTIVAS TOTALES POR EDADES EN TALCA.....	472
TABLA 3.22-16. NÚMERO DE MUERTES SEGÚN ENFERMEDAD EN TALCA	473
TABLA 3.22-17. TASAS* DE MORTALIDAD SEGÚN ENFERMEDAD EN LA COMUNA DE TALCA	474
TABLA 3.23-1. CARACTERÍSTICAS EPIDEMIA DE TABAQUISMO, REGIÓN MAULE Y CHILE, 2009.	475
TABLA 3.23-2. INDICADORES DE MALNUTRICIÓN EN POBLACIÓN DE 15 AÑOS Y MÁS, REGIÓN DEL MAULE Y CHILE 2009.	476
TABLA 3.23-3. PREVALENCIA DE MALNUTRICIÓN EN POBLACIÓN MENOR DE 6 AÑOS, COMUNA DE TALCA, REGIÓN DEL MAULE Y CHILE 2010.	476
TABLA 3.23-4. INDICADORES DE CONSUMO DEL ALCOHOL EN POBLACIÓN DE 15 AÑOS Y MÁS, REGIÓN DEL MAULE Y CHILE 2009.....	476
TABLA 3.23-5. PREVALENCIA DE HIPERTENSIÓN ARTERIAL (HTA) Y DIABETES MELLITUS (DM) EN POBLACIÓN DE 15 AÑOS Y MÁS, REGIÓN DEL MAULE Y CHILE 2009.	477
TABLA 3.23-6. PREVALENCIA DE DISLIPIDEMIAS EN POBLACIÓN DE 15 AÑOS Y MÁS, REGIÓN DEL MAULE Y CHILE 2009.	477
TABLA 3.23-7. EGRESOS HOSPITALARIOS SEGÚN GRUPOS DE CAUSAS Y SEXO. SERVICIO DE SALUD DEL MAULE, HOSPITAL CÉSAR GARAVAGNO BUROTTO, 2010.....	478
TABLA 3.23-8. TASA DE MORTALIDAD GENERAL 2010	479
TABLA 3.23-9. MORTALIDAD INFANTIL Y MATERNA, TALCA, REGIÓN DEL MAULE, CHILE. 2010	480
TABLA 3.23-10. MORTALIDAD SEGÚN GRUPOS DE CAUSAS CIE-10 Y SEXO COMUNA DE TALCA 2010	481
TABLA 3.23-11. MORTALIDAD POR CAUSAS ESPECÍFICAS POBLACIÓN GENERAL COMUNA DE TALCA EN EL AÑO 2010	482
TABLA 3.23-12. MORTALIDAD POR CAUSAS ESPECÍFICAS POBLACIÓN MASCULINA COMUNA DE TALCA AÑO 2010	482
TABLA 3.23-13. MORTALIDAD POR CAUSAS ESPECÍFICAS POBLACIÓN FEMENINA COMUNA DE TALCA AÑO 2010	483
TABLA 3.23-14. DISTRIBUCIÓN MORTALIDAD SEGÚN 5 PRINCIPALES GRUPOS DE CAUSAS CIE-10 COMUNAS TALCA, REGIÓN MAULE Y PAÍS 2010.	483
TABLA 3.24-1. ESTADÍSTICAS DE MONITOREO DE MP10 EN LA CIUDAD DE TALCA, ESTACIÓN FLORIDA	491

TABLA 3.24-2. ESTADÍSTICAS DE MONITOREO DE MP2,5 EN LA CIUDAD DE TALCA, ESTACIÓN FLORIDA	492
TABLA 3.24-3. ESTADÍSTICA DE MORTALIDAD PARA LA COMUNA DE TALCA.....	494
TABLA 3.24-4. DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL (%) DE LA MORTALIDAD EN LA COMUNA DE TALCA.....	494
TABLA 3.24-5. ESTADÍSTICA DE MORBILIDAD PARA LA COMUNA DE TALCA.....	495
TABLA 3.24-6. DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL (%) DE LA MORTALIDAD EN LA COMUNA DE TALCA	496
TABLA 3.24-7. PORCENTAJE DE DATOS VÁLIDOS MEDIDOS EN TALCA.....	498
TABLA 3.24-8. VARIABLES DE MORTALIDAD	498
TABLA 3.24-9. VARIABLES DE CALIDAD DEL AIRE.....	499
TABLA 3.24-10. VARIABLES DE METEOROLOGÍA.....	499
TABLA 3.24-11. VARIABLES DE TENDENCIA Y ESTACIONALIDAD	499
TABLA 3.24-12. MODELOS DE MORTALIDAD – TALCA.....	501
TABLA 3.24-13. RIESGO RELATIVO ASOCIADOS AL MP10 – TALCA	501
TABLA 3.24-14. RIESGO RELATIVO ASOCIADOS AL MP2,5 – TALCA	502
TABLA 3.24-15. MODELOS DE MORBILIDAD – TALCA	502
TABLA 3.24-16. RIESGO RELATIVO ASOCIADOS AL MP10 – TALCA	503
TABLA 3.24-17. RIESGO RELATIVO ASOCIADOS AL MP2,5 – TALCA	503
TABLA 3.25-1. VALORES UNITARIOS POR CASOS EVITADOS [UF/CASO].....	505
TABLA 3.25-2. COEFICIENTES DE FUNCIONES CONCENTRACIÓN-RESPUESTA CON DATOS LOCALES.....	506
TABLA 3.25-3. COEFICIENTES DE FUNCIONES CONCENTRACIÓN-RESPUESTA DE ESTUDIOS INTERNACIONALES.....	507
TABLA 3.25-4. TASA DE EFECTOS BASE ESTIMADOS PARA TALCA Y MAULE ESTIMADAS CON DATOS DEL DEIS/MINSAL	507
TABLA 3.25-5. CÁLCULO DE BENEFICIOS TOTALES PARA LA SALUD ESCENARIO CUMPLIMIENTO DE PLAN CON C-R LOCALES (MM\$ DE 2013).....	508
TABLA 3.25-6. CÁLCULO DE BENEFICIOS TOTALES PARA LA SALUD ESCENARIO PASIVO CON C-R LOCALES (MM\$ DE 2013).....	508
TABLA 3.25-7. CÁLCULO DE BENEFICIOS TOTALES PARA LA SALUD ESCENARIO AGRESIVO CON C-R LOCALES (MM\$ DE 2013).....	509
TABLA 3.25-8. TASA DE EFECTOS BASE ESTIMADOS PARA TALCA Y MAULE	509
TABLA 3.25-9. CÁLCULO DE BENEFICIOS TOTALES PARA LA SALUD ESCENARIO CUMPLIMIENTO DE PLAN CON C-R INTERNACIONALES (MM\$ DE 2013).....	510
TABLA 3.25-10. CÁLCULO DE BENEFICIOS TOTALES PARA LA SALUD ESCENARIO PASIVO CON C-R INTERNACIONALES (MM\$ DE 2013).....	511
TABLA 3.25-11. CÁLCULO DE BENEFICIOS TOTALES PARA LA SALUD ESCENARIO AGRESIVO CON C-R INTERNACIONALES (MM\$ DE 2013).....	512
TABLA 3.25-12. APORTE RELATIVO DE CADA MEDIDA A LOS BENEFICIOS EN SALUD	513
TABLA 3.25-13. CÁLCULO DE BENEFICIOS TOTALES POR MEJORAS EN VISIBILIDAD (MM\$ DE 2013).....	514
TABLA 3.26-1. INVENTARIO DE EMISIONES DE TALCA Y MAULE EN ESCENARIO BASE 2012.....	524
TABLA 3.26-2. EMISIONES COMBUSTIÓN DE LEÑA RESIDENCIAL AÑO BASE 2012 (TON/AÑO)	525
TABLA 3.26-3. EMISIONES ATMOSFÉRICAS ESCENARIO PARA EL 2012 DE FUENTES MÓVILES EN TALCA Y MAULE	525
TABLA 3.26-4. EMISIONES GENERADAS POR CAMINOS SIN PAVIMENTAR (TON/AÑO) AÑO 2012	526
TABLA 3.26-5. EMISIONES GENERADAS POR QUEMAS FORESTALES (TON/AÑO) AÑO 2006	526
TABLA 3.26-6. EMISIONES GENERADAS POR QUEMAS AGRÍCOLAS (TON/AÑO) AÑO 2012.....	526
TABLA 3.26-7. RESUMEN DE LAS EMISIONES ATMOSFÉRICAS DE LAS FUENTES INDUSTRIALES Y COMERCIALES PARA LAS COMUNAS TALCA Y MAULE, AÑO BASE 2012	527
TABLA 3.26-8. RESUMEN DE LAS EMISIONES ATMOSFÉRICAS DE MP10 SEGÚN TIPO DE COMBUSTIBLE PARA LAS FUENTES INDUSTRIALES Y COMERCIALES DE LAS COMUNAS TALCA Y MAULE	528
TABLA 3.26-9. RESUMEN DE LAS EMISIONES ATMOSFÉRICAS DE MP2,5 SEGÚN TIPO DE COMBUSTIBLE PARA LAS FUENTES INDUSTRIALES Y COMERCIALES DE LAS COMUNAS TALCA Y MAULE	528
TABLA 3.26-10. RESUMEN DE MEDIDAS PROPUESTAS PARA EL ANTEPROYECTO DEL PDA DE TALCA Y MAULE.....	529
TABLA 3.26-11. MEDIDAS A PRIORIZAR SEGÚN EN RELACIÓN A SU POTENCIAL DE REDUCCIÓN DE EMISIONES EN EL ESCENARIO MÁS AGRESIVO	535

TABLA 3.26-12. CLASIFICACIÓN DE MEDIDAS PROPUESTAS POR FUENTE PARA EL ANTEPROYECTO DEL PDA DE TALCA Y MAULE	536
TABLA 3.26-13. EXIGENCIAS DE MONITOREO DEL ANTEPROYECTO DEL PDA DE TALCA Y MAULE	545
TABLA 3.26-14. PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AIRE MEDIDOS POR LAS ESTACIONES DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE LAS COMUNAS DE TALCA Y MAULE	546
TABLA 3.26-15. IMPACTO Y EFECTIVIDAD DE MEDIDAS AÑO FINAL DE EVALUACIÓN PARA MP10	569
TABLA 3.26-16. IMPACTO Y EFECTIVIDAD DE MEDIDAS AÑO FINAL DE EVALUACIÓN PARA MP2,5	570
TABLA 3.26-17. PROYECCIONES DE POBLACIÓN DE LAS COMUNAS DE TALCA Y MAULE	571
TABLA 3.26-18. PREVISIÓN EN POBLACIÓN TOTAL DE TALCA Y MAULE	572
TABLA 3.26-19. VALORES UNITARIOS POR CASOS EVITADOS [UF/CASO]	573
TABLA 3.26-20. COEFICIENTES DE FUNCIONES CONCENTRACIÓN-RESPUESTA CON DATOS LOCALES.....	574
TABLA 3.26-21. COEFICIENTES DE FUNCIONES CONCENTRACIÓN-RESPUESTA DE ESTUDIOS INTERNACIONALES	575
TABLA 3.26-22. TASA DE EFECTOS BASE ESTIMADOS PARA TALCA Y MAULE ESTIMADAS CON DATOS DEL DEIS/MINSAL	576
TABLA 3.26-23. CÁLCULO DE BENEFICIOS TOTALES PARA LA SALUD ESCENARIO CUMPLIMIENTO DE PLAN CON C-R LOCALES (MM\$ DE 2013)	576
TABLA 3.26-24. CÁLCULO DE BENEFICIOS TOTALES PARA LA SALUD ESCENARIO PASIVO CON C-R LOCALES (MM\$ DE 2013)	577
TABLA 3.26-25. CÁLCULO DE BENEFICIOS TOTALES PARA LA SALUD ESCENARIO AGRESIVO CON C-R LOCALES (MM\$ DE 2013)	577
TABLA 3.26-26. TASA DE EFECTOS BASE ESTIMADOS PARA TALCA Y MAULE ESTIMADAS CON DATOS DEL DEIS	578
TABLA 3.26-27. CÁLCULO DE BENEFICIOS TOTALES PARA LA SALUD ESCENARIO CUMPLIMIENTO DE PLAN CON C-R INTERNACIONALES (MM\$ DE 2013)	579
TABLA 3.26-28. CÁLCULO DE BENEFICIOS TOTALES PARA LA SALUD ESCENARIO PASIVO CON C-R INTERNACIONALES (MM\$ DE 2013)	580
TABLA 3.26-29. CÁLCULO DE BENEFICIOS TOTALES PARA LA SALUD ESCENARIO AGRESIVO CON C-R INTERNACIONALES (MM\$ DE 2013)	581
TABLA 3.26-30. APORTE RELATIVO DE CADA MEDIDA A LOS BENEFICIOS EN SALUD	582
TABLA 3.26-31. CÁLCULO DE BENEFICIOS TOTALES POR MEJORAS EN VISIBILIDAD (MM\$ DE 2013)	583
TABLA 3.26-32. CÁLCULO DE COSTOS TOTALES POR MEDIDAS ESCENARIO CUMPLIMIENTO DE PLAN (\$MM 2013)	584
TABLA 3.26-33. CÁLCULO DE COSTOS TOTALES POR MEDIDAS ESCENARIO PASIVO (\$MM 2013)	585
TABLA 3.26-34. CÁLCULO DE COSTOS TOTALES POR MEDIDAS ESCENARIO AGRESIVO (\$MM 2013)	586
TABLA 3.26-35. COSTOS PÚBLICOS DE PROGRAMAS COMPLEMENTARIOS	588
TABLA 3.26-36. DETALLE DE COSTOS DE FISCALIZACIÓN Y CUMPLIMIENTO POR MEDIDA	589
TABLA 3.26-37. COSTO-EFECTIVIDAD DE LAS MEDIDAS PROPUESTAS AL AÑO 2030 (\$MM/TON MP10)	591
TABLA 3.26-38. COSTO-EFECTIVIDAD DE LAS MEDIDAS PROPUESTAS AL AÑO 2030 (\$MM/TON MP2,5)	592
TABLA 3.26-39. VAN SOCIAL DE MEDIDAS SEGÚN ESCENARIO (\$MM AÑO 2013)	593
TABLA 3.26-40. SIMULACIÓN DE MONTECARLO VAN SOCIAL DE MEDIDAS PARA EL ESCENARIO AGRESIVO (\$MM AÑO 2013)	598

Índice de Figuras

FIGURA 2.1-1. PERCENTIL 98 DE CONCENTRACIÓN DIARIA DE MP10 – TALCA.....	48
FIGURA 2.1-2. CONCENTRACIÓN PROMEDIO ANUAL DE MP10 – TALCA.....	49
FIGURA 2.1-3. PERCENTIL 98 CONCENTRACIÓN DIARIA DE MP2,5 – TALCA.....	49
FIGURA 2.1-4. CONCENTRACIÓN PROMEDIO ANUAL DE MP2,5 - TALCA.....	50
FIGURA 3.1-1. MATERIALIDAD DE LAS VIVIENDAS A NIVEL NACIONAL PARA EL AÑO 2009.	54
FIGURA 3.1-2. TEMPERATURA MEDIA MENSUAL PARA TALCA.	60
FIGURA 3.1-3. CAMPOS DE TEMPERATURAS PARA EL MES DE JUNIO.....	60
FIGURA 3.1-4. ZONAS TÉRMICAS DE LA REGIÓN DEL MAULE.....	61
FIGURA 3.1-5. EJEMPLO DE CÁLCULO DE LA RESISTENCIA TÉRMICA DEL MURO DE UNA VIVIENDA.	62
FIGURA 3.1-6. IMAGEN SATELITAL DE TALCA- MAULE AL 2 DE ENERO DE 2003.....	67
FIGURA 3.1-7. IMAGEN SATELITAL DE TALCA- MAULE AL 21 DE DICIEMBRE DE 2007.	68
FIGURA 3.1-8. IMAGEN SATELITAL DE TALCA- MAULE AL 17 DE SEPTIEMBRE DE 2003.	69
FIGURA 3.1-9. CALEFACTOR TIPO ESTUFA DE LATA.....	75
FIGURA 3.1-10. TEMPERATURAS INTERIORES MEDIDAS EN LA VIVIENDA 1 ENTRE EL 6/6/2013 AL 23/7/2013.....	76
FIGURA 3.1-11. TEMPERATURAS INTERIORES MEDIDAS EN LA VIVIENDA 11 ENTRE EL 7/6/2013 AL 28/6/2013.....	76
FIGURA 3.1-12. TEMPERATURA INTERIOR MEDIDA EN LA VIVIENDA 01. VALORES HORARIOS PROMEDIOS DEL PERÍODO.	77
FIGURA 3.1-13. CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS DE LA ENVOLVENTE DE LA VIVIENDA 1	82
FIGURA 3.1-14. RESULTADOS DEL CONSUMO DE ENERGÍA DE LA VIVIENDA 1.	82
FIGURA 3.1-15. DEMANDA DE ENERGÍA Y TEMPERATURAS EN EL INTERIOR DE LA VIVIENDA 1. MODELO IDEAL.....	86
FIGURA 3.1-16. DEMANDA DE ENERGÍA Y TEMPERATURAS EN EL INTERIOR DE LA VIVIENDA 1. MODELO INCLUIDO EL COMPORTAMIENTO HUMANO.	86
FIGURA 3.1-17. ESQUEMA DE SOLUCIÓN CONSTRUCTIVA TÍPICA PARA AISLACIÓN DEL CIELO	94
FIGURA 3.1-18. SOLUCIÓN CONSTRUCTIVA PARA MURO.....	95
FIGURA 3.2-1. PORCENTAJE DE HOGARES EN TALCA QUE UTILIZAN LEÑA SEGÚN MES DEL AÑO.....	114
FIGURA 3.2-2. PORCENTAJE DE HOGARES EN MAULE QUE UTILIZAN LEÑA SEGÚN MES DEL AÑO.....	115
FIGURA 3.2-3. CONSUMO PROMEDIO MENSUAL DE LEÑA EN KG/MES-HOGAR PARA TALCA.....	115
FIGURA 3.2-4. CONSUMO PROMEDIO MENSUAL DE LEÑA EN KG/MES-HOGAR PARA MAULE.....	116
FIGURA 3.2-5. PROPORCIÓN DE EQUIPOS A LEÑA UTILIZADOS PARA COCINA Y CALEFACCIÓN EN TALCA.....	117
FIGURA 3.2-6. PROPORCIÓN DE EQUIPOS A LEÑA UTILIZADOS PARA COCINA Y CALEFACCIÓN EN MAULE.....	117
FIGURA 3.2-7. PROPORCIÓN DE EQUIPOS A LEÑA UTILIZADOS PARA COCINA Y CALEFACCIÓN EN TALCA Y MAULE SEGÚN QUINTIL DE INGRESO.....	118
FIGURA 3.2-8. MARCA DE LOS CALEFACTORES A LEÑA EN LOS HOGARES DE TALCA Y MAULE	119
FIGURA 3.2-9. MARCA DE COCINAS A LEÑA ENCONTRADAS EN LOS HOGARES DE TALCA Y MAULE.....	120
FIGURA 3.2-10. HORARIO DE INICIO Y FIN DE UTILIZACIÓN DE EQUIPO DE CALEFACCIÓN A LEÑA BAJO CARGA COMPLETA.....	122
FIGURA 3.2-11. HORARIO DE INICIO Y FIN DE UTILIZACIÓN DE EQUIPO DE CALEFACCIÓN A LEÑA BAJO CARGA MEDIA	122
FIGURA 3.2-12. HORARIO DE INICIO Y FIN DE UTILIZACIÓN DE EQUIPO DE CALEFACCIÓN A LEÑA BAJO CARGA MÍNIMA	123
FIGURA 3.2-13. INTENSIDAD DE USO DE EQUIPOS A LEÑA POR HORARIO	124
FIGURA 3.2-14. GASTO MENSUAL PROMEDIO (\$) EN TEMPORADA DE FRIO POR QUINTIL DE INGRESO	128
FIGURA 3.2-15. NIVEL DE EDUCACIÓN DEL JEFE DE HOGAR EN LOS HOGARES ENCUESTADOS DE TALCA Y MAULE	129
FIGURA 3.2-16. INGRESOS PROMEDIO DECLARADOS POR EL HOGAR EN LA COMUNA DE TALCA	130
FIGURA 3.2-17. INGRESOS PROMEDIO DECLARADOS POR EL HOGAR EN LA COMUNA DE MAULE	130
FIGURA 3.2-18. DISPOSICIÓN A PAGAR POR LEÑA CERTIFICADA SEGÚN QUINTIL DE INGRESO	132
FIGURA 3.4-1. EQUIVALENCIAS DE UNIDADES DE COMERCIALIZACIÓN DE LA LEÑA.....	146
FIGURA 3.4-2. NÚMERO DE HOGARES QUE CONSUMEN LEÑA POR REGIÓN Y ZONA	147
FIGURA 3.4-3. DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DEL CONSUMO ANUAL DE LEÑA SEGÚN REGIÓN, 2006.....	147

FIGURA 3.4-4. PROPORCIÓN DE PRODUCTORES, COMERCIANTES Y DISTRIBUIDORES ENTRE LOS OFERENTES ENTREVISTADOS EN TALCA.....	153
FIGURA 3.4-5. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LAS ZONAS DONDE SE PRODUCE LA LEÑA DE EUCALIPTO Y AROMO QUE SE VENDE EN EL MERCADO DE LEÑA EN TALCA.....	156
FIGURA 3.4-6. PRINCIPALES COMUNAS ABASTECEDORAS DE LAÑA DE LA CIUDAD DE TALCA.....	157
FIGURA 3.4-7. CARTELES DE VENTA, COMERCIANTE Y DISTRIBUIDOR DE LEÑA ESTABLECIDO EN LA CIUDAD DE TALCA.....	159
FIGURA 3.4-8. DISTRIBUCIÓN DE LOS TIPOS DE TRANSPORTE DE LOS OFERENTES DE LEÑA EN TALCA.....	159
FIGURA 3.4-9. PORCENTAJE CON LOS MESES CON MAYOR DEMANDA PARA LOS OFERENTES DE TALCA.....	161
FIGURA 3.4-10. EJEMPLO DE ETIQUETA DEL PRODUCTO LEÑA EN SACO COMERCIALIZADO EN LA TIENDA EASY DE TALCA.....	165
FIGURA 3.4-11. EJEMPLO DE ETIQUETA DEL PRODUCTO LEÑA EN SACO COMERCIALIZADO EN LA TIENDA JUMBO DE TALCA.....	165
FIGURA 3.5-1. PODER CALORÍFICO DE LA MADERA V/S EL PELLETS.....	176
FIGURA 3.5-2. DISTRIBUCIÓN DE LOS DESECHOS FORESTALES EN LA REGIÓN DEL MAULE.....	178
FIGURA 3.5-3. CLASIFICACIÓN DE LAS FUENTES INDUSTRIALES A ANALIZAR.....	181
FIGURA 3.5-4. LAYOUT DE LA PLANTA.....	188
FIGURA 3.5-5- CONSUMO DE COMBUSTIBLES GENÉRICOS.....	190
FIGURA 3.6-1. PORCENTAJE DE SUBSIDIO PROPUESTO A LOS HOGARES DE TALCA.....	205
FIGURA 3.6-2. DISPOSICIÓN A PARTICIPAR EN UN PROGRAMA DE RECAMBIO DE EQUIPOS POR QUINTIL DE INGRESO.....	206
FIGURA 3.7-1. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE UNA BOMBA DE CALOR.....	209
FIGURA 3.7-2. ALTERNATIVAS DE CALEFACCIÓN MEDIANTE SISTEMAS AEROTÉRMICOS.....	210
FIGURA 3.7-3. SISTEMAS DE CALEFACCIÓN MEDIANTE BOMBA DE CALOR GEOTÉRMICA.....	211
FIGURA 3.8-1. FOGATAS PARA EL CONTROL DE HELADAS.....	219
FIGURA 3.8-2. MICRO-ASPERSORMARCA "ORBIT".....	221
FIGURA 3.8-3. CALEFACTORES DE PREDIOS.....	224
FIGURA 3.8-4. CALEFACTORES DE PREDIOS.....	225
FIGURA 3.8-5. VENTILADOR MECÁNICO FUNCIONANDO CON UN TANQUE DE GAS PROPANO.....	229
FIGURA 3.8-6. VAUE DE INCORPORACIÓN POR HECTÁREA SEGÚN TAMAÑO DEL PREDIO.....	235
FIGURA 3.8-7. CALDERA SV-VL 1500 EN FUNCIONAMIENTO.....	241
FIGURA 3.9-1. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS CALDERAS DENTRO DE LA COMUNA DE TALCA.....	254
FIGURA 3.9-2. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS PANADERÍAS INDUSTRIALES DENTRO DE LA COMUNA DE TALCA.....	255
FIGURA 3.15-1. ESQUEMA DE UN SISTEMA SOLAR TÉRMICO.....	355
FIGURA 3.15-2. CALDERA CONVENCIONAL A PELLET.....	356
FIGURA 3.15-3. ESTUFA CONVENCIONAL A PELLET.....	357
FIGURA 3.15-4. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE UNA BOMBA DE CALOR.....	358
FIGURA 3.15-5. ALTERNATIVAS DE CALEFACCIÓN MEDIANTE SISTEMAS AEROTÉRMICOS.....	359
FIGURA 3.15-6. SISTEMAS DE CALEFACCIÓN MEDIANTE BOMBA DE CALOR GEOTÉRMICA.....	360
FIGURA 3.16-1. FACHADA DE LA VIVIENDA PARA EL ANÁLISIS.....	365
FIGURA 3.16-2. PLANTA DE LA VIVIENDA CONSIDERADA EN EL ANÁLISIS.....	366
FIGURA 3.16-3. ESCANTILLÓN DE LA VIVIENDA CONSIDERADA EN EL ANÁLISIS.....	366
FIGURA 3.16-4. ESQUEMA DEL SISTEMA SOLAR PROPUESTO PARA CALEFACCIÓN DE LA VIVIENDA.....	367
FIGURA 3.16-5. RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN DE CALEFACCIÓN SOLAR DE LA VIVIENDA.....	368
FIGURA 3.16-6 BOMBA DE CALOR GEOTÉRMICA SIMILAR SISTEMA DE CALEFACCIÓN.....	370
FIGURA 3.16-7. FOTOGRAFÍA DE EQUIPO BOMBA DE CALOR AEROTÉRMICA.....	374
FIGURA 3.16-8. VALORES HORARIOS DEL COP PROMEDIO PARA CADA MES.....	375
FIGURA 3.16-9. VALORES HORARIOS DEL CONSUMO TÉRMICO PROMEDIO PARA CADA MES.....	376
FIGURA 3.16-10. VALORES HORARIOS DEL COSTO DE OPERACIÓN PROMEDIO PARA CADA MES.....	376
FIGURA 3.17-1. DISTRIBUCIÓN DEL SUELO DE USO AGROPECUARIO EN LA REGIÓN DEL MAULE.....	381
FIGURA 3.17-2. DISTRIBUCIÓN DEL SUELO DE USO AGROPECUARIO EN LA PROVINCIA DE TALCA.....	382
FIGURA 3.17-3. SUPERFICIE PLANTADA DE CEREALES EN LAS COMUNAS CERCANAS A TALCA.....	383
FIGURA 3.17-4. SUPERFICIE PLANTADA DE ÁRBOLES FRUTALES EN LAS COMUNAS CERCANAS A TALCA.....	384

FIGURA 3.17-5. SUPERFICIE PLANTADA DE VIÑAS Y PARRONALES VINÍFEROS EN LAS COMUNAS CERCANAS A TALCA	385
FIGURA 3.17-6. DISTRIBUCIÓN DEL SUELO DE USO FORESTAL EN LA REGIÓN DEL MAULE	386
FIGURA 3.17-7. DISTRIBUCIÓN DEL SUELO DE USO FORESTAL EN LA PROVINCIA DE TALCA.....	386
FIGURA 3.17-8. SUPERFICIE DE PLANTACIONES FORESTALES EN LAS COMUNAS CERCANAS A TALCA.....	387
FIGURA 3.17-9. SUPERFICIE DE BOSQUE NATIVO EN LAS COMUNAS CERCANAS A TALCA.....	389
FIGURA 3.17-10. SUPERFICIE POTENCIAL GLOBAL PARA PLANTACIONES DENDROENERGÉTICAS.....	390
FIGURA 3.17-11. SUPERFICIE POTENCIAL PARA PLANTACIONES DENDROENERGÉTICAS BAJO ESCENARIOS DE RESGUARDO HÍDRICO	390
FIGURA 3.17-12. SUPERFICIE POTENCIAL PARA PLANTACIONES DENDROENERGÉTICAS BAJO ESCENARIOS DE RESGUARDO AGRÍCOLA	391
FIGURA 3.17-13. PLANTAS AGROINDUSTRIALES UBICADAS EN LAS CERCANÍAS DE LA COMUNA DE TALCA	392
FIGURA 3.17-14. CONSUMO HORARIO EN CALEFACCIÓN, MÁXIMOS MENSUALES.....	393
FIGURA 3.17-15. POTENCIA NOMINAL Y ESPECÍFICA DE CALEFACCIÓN POR VIVIENDA.....	395
FIGURA 3.17-16. COSTO TOTAL DE INVERSIÓN POR VIVIENDA SEGÚN EL NÚMERO DE VIVIENDAS CONECTADAS...400	
FIGURA 3.17-17. COSTO ANUAL DE OPERACIÓN POR VIVIENDA SEGÚN EL NÚMERO DE VIVIENDAS CONECTADAS.402	
FIGURA 3.17-18. VALOR ACTUAL DE LOS COSTOS POR VIVIENDA SEGÚN EL NÚMERO DE VIVIENDAS CONECTADAS	403
FIGURA 3.18-1. ESQUEMA DE LA ÉTAPA 3 DE LA METODOLOGÍA.	405
FIGURA 3.20-1. ESQUEMA DE LOS DATOS REQUERIDOS POR EL MODELO CALMET Y LOS SUBPROGRAMAS DE PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN.....	414
FIGURA 3.20-2. ESQUEMA DE LOS DATOS REQUERIDOS POR EL MODELO CALPUFF	415
FIGURA 3.20-3. DOMINIO Y SUBDOMINIO PARA EL MODELO CALMET- CALPUFF	416
FIGURA 3.20-4. DETALLE DE LA TOPOGRAFÍA PARA EL ÁREA DE ESTUDIO EN LAS COMUNAS DE TALCA Y MAULE.417	
FIGURA 3.20-5. TOPOGRAFÍA TRIDIMENSIONAL PARA EL ÁREA DE ESTUDIO EN LAS COMUNAS DE TALCA Y MAULE	418
FIGURA 3.20-6. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LOS RECEPTORES PUNTALES EN LA ZONAS URBANAS DE LA COMUNA DE TALCA Y ZONA NORTE DE LA COMUNA DE MAULE.....	419
FIGURA 3.20-7. CONCENTRACIÓN PROMEDIO MENSUAL DE MP10 EN LA ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE COLICHEU PERIODO MARZO 2012 – MARZO 2013	421
FIGURA 3.20-8. LOCALIZACIÓN DE LAS FUENTES INDUSTRIALES DE TALCA Y MAULE INCLUIDAS EN LA MODELACIÓN	422
FIGURA 3.20-9. DISTRIBUCIÓN DE LAS FUENTES DE COMBUSTIÓN DE LEÑA RESIDENCIAL EN LAS ZONAS URBANAS DE LA COMUNA DE TALCA Y ZONA NORTE DE LA COMUNA DE MAULE.....	424
FIGURA 3.20-10. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL USO DE LA LEÑA PARA CALEFACCIÓN RESIDENCIAL EN LAS ZONAS URBANAS DE LA COMUNA DE TALCA Y ZONA NORTE DE LA COMUNA DE MAULE	426
FIGURA 3.20-11. INTENSIDAD HORARIO DE LAS EMISIONES ATMOSFÉRICAS PRODUCTO DEL FLUJO VEHICULAR ...428	
FIGURA 3.20-12. DISTRIBUCIÓN DE LAS QUEMAS AGRÍCOLAS EN LAS ZONAS CIRCUNDANTES A LA CIUDAD DE TALCA Y LA ZONA NORTE DE LA COMUNA DE MAULE.	429
FIGURA 3.20-13. INTENSIDAD ESTACIONAL (MESES) DE LAS QUEMAS AGRÍCOLAS EN LAS ZONA DE ESTUDIO.....	429
FIGURA 3.20-14. APORTE TEMPORAL DE LA COMBUSTIÓN RESIDENCIAL DE LEÑA A LAS CONCENTRACIONES AMBIENTALES DE MP10 EN LA ESTACIÓN DE MONITOREO LA FLORIDA	431
FIGURA 3.20-15. APORTE PROMEDIO ANUAL DE LA COMBUSTIÓN RESIDENCIAL DE LEÑA A LOS NIVELES AMBIENTALES DE MP10 EN LAS ZONAS URBANAS DE LA COMUNA DE TALCA Y ZONA NORTE DE LA COMUNA DE MAULE.....	432
FIGURA 3.20-16. APORTE TEMPORAL DE LAS FUENTES INDUSTRIALES A LAS CONCENTRACIONES AMBIENTALES DE MP10 EN LA ESTACIÓN DE MONITOREO LA FLORIDA.....	433
FIGURA 3.20-17. APORTE TEMPORAL DE LAS FUENTES MÓVILES EN RUTA A LAS CONCENTRACIONES AMBIENTALES DE MP10 EN LA ESTACIÓN DE MONITOREO LA FLORIDA	434
FIGURA 3.20-18. APORTE PROMEDIO ANUAL DE LAS FUENTES MÓVILES EN RURA A LOS NIVELES AMBIENTALES DE MP10 EN LAS ZONAS URBANAS DE LA COMUNA DE TALCA Y ZONA NORTE DE LA COMUNA DE MAULE	435
FIGURA 3.20-19. APORTE TEMPORAL DE LAS QUEMAS AGRÍCOLAS A LAS CONCENTRACIONES AMBIENTALES DE MP10 EN LA ESTACIÓN DE MONITOREO LA FLORIDA.....	436

FIGURA 3.20-20. APORTE PROMEDIO ANUAL DE QUEMAS AGRÍCOLAS A LOS NIVELES AMBIENTALES DE MP10 EN LAS ZONAS URBANAS DE LA COMUNA DE TALCA Y ZONA NORTE DE LA COMUNA DE MAULE.....	437
FIGURA 3.20-21. EMISIONES DE MP10 ESCENARIO BASE	441
FIGURA 3.20-22. EMISIONES DE MP10 ESCENARIO CUMPLIMIENTO DE PLAN	441
FIGURA 3.20-23. EMISIONES DE MP10 ESCENARIO PASIVO	442
FIGURA 3.20-24. EMISIONES DE MP10 ESCENARIO AGRESIVO	442
FIGURA 3.20-25. EMISIONES DE MP2,5 ESCENARIO BASE	443
FIGURA 3.20-26. EMISIONES DE MP2,5 ESCENARIO CUMPLIMIENTO DE PLAN	444
FIGURA 3.20-27. EMISIONES DE MP2,5 ESCENARIO PASIVO	444
FIGURA 3.20-28. EMISIONES DE MP2,5 ESCENARIO AGRESIVO	445
FIGURA 3.20-29. CONCENTRACIONES DE MP10 ESCENARIO BASE.....	446
FIGURA 3.20-30. REDUCCIÓN DE CONCENTRACIONES DE MP10 ESCENARIO CUMPLIMIENTO DE PLAN.....	446
FIGURA 3.20-31. REDUCCIÓN DE CONCENTRACIONES DE MP10 ESCENARIO PASIVO	447
FIGURA 3.20-32. REDUCCIÓN DE CONCENTRACIONES DE MP10 ESCENARIO AGRESIVO	447
FIGURA 3.20-33. CONCENTRACIONES DE MP2,5 ESCENARIO BASE	448
FIGURA 3.20-34. REDUCCIÓN DE CONCENTRACIONES DE MP2,5 ESCENARIO CUMPLIMIENTO DE PLAN.....	448
FIGURA 3.20-35. REDUCCIÓN DE CONCENTRACIONES DE MP2,5 ESCENARIO PASIVO	449
FIGURA 3.20-36. REDUCCIÓN DE CONCENTRACIONES DE MP2,5 ESCENARIO AGRESIVO	449
FIGURA 3.20-37. NIVEL DE CONCENTRACIONES ANUALES DE MP10 EN LOS TRES ESCENARIOS CONSIDERADOS	450
FIGURA 3.20-38. NIVEL DE CONCENTRACIONES ANUALES DE MP2,5 EN LOS TRES ESCENARIOS CONSIDERADOS	451
FIGURA 3.22-1. POBLACIÓN EN LA COMUNA DE TALCA, SEGÚN GRUPOS DE EDAD	457
FIGURA 3.22-2. PORCENTAJE DE CRECIMIENTO POBLACIONAL EN LA COMUNA DE TALCA, SEGÚN GRUPOS DE EDAD	457
FIGURA 3.22-3. EGRESOS HOSPITALARIOS POR ECV TOTALES POBLACIÓN COMUNA DE TALCA, 2004-2008.	459
FIGURA 3.22-4. PORCENTAJE DE EGRESOS HOSPITALARIOS POR ECV, SEGÚN GRUPO DE EDAD, PERIODO 2004-2008, EN LA COMUNA DE TALCA.	460
FIGURA 3.22-5. EGRESOS HOSPITALARIOS POR ENFERMEDAD ISQUÉMICA EN POBLACIÓN DE LA COMUNA DE TALCA, 2004-2008.	461
FIGURA 3.22-6. PORCENTAJE DE EGRESOS HOSPITALARIOS POR ENFERMEDAD ISQUÉMICAS SEGÚN GRUPO DE EDAD, PERIODO 2004- 2008, EN LA COMUNA DE TALCA.	461
FIGURA 3.22-7. EGRESOS HOSPITALARIOS POR ENFERMEDAD CEREBROVASCULAR EN POBLACIÓN DE LA COMUNA DE TALCA, 2004-2008	462
FIGURA 3.22-8. PORCENTAJE DE EGRESOS HOSPITALARIOS POR ENFERMEDAD CEREBROVASCULAR SEGÚN GRUPO DE EDAD, PERIODO 2004- 2008, EN LA COMUNA DE TALCA.	463
FIGURA 3.22-9. PORCENTAJE DE EGRESOS HOSPITALARIOS POR ENFERMEDADES RESPIRATORIAS TOTALES SEGÚN GRUPO DE EDAD, PERIODO 2004-2008, EN LA COMUNA DE TALCA.....	464
FIGURA 3.22-10. PORCENTAJE DE EGRESOS HOSPITALARIOS POR ENFERMEDADES RESPIRATORIAS CRÓNICAS SEGÚN GRUPO DE EDAD, PERIODO 2004-2008, EN LA COMUNA DE TALCA.....	465
FIGURA 3.22-11. PORCENTAJE DE EGRESOS HOSPITALARIOS POR ENFERMEDADES DIGESTIVAS SEGÚN GRUPO DE EDAD, PERIODO 2004-2008, EN LA COMUNA DE TALCA.....	466
FIGURA 3.22-12. PORCENTAJE DE DEFUNCIONES POR ENFERMEDADES CARDIOVASCULARES EN LA POBLACIÓN DE LA COMUNA DE TALCA, 2004-2008.	468
FIGURA 3.22-13. PORCENTAJE DE DEFUNCIONES POR ENFERMEDADES ISQUÉMICAS EN LA POBLACIÓN DE LA COMUNA DE TALCA, 2004-2008.	469
FIGURA 3.22-14. PORCENTAJE DE DEFUNCIONES POR ENFERMEDADES CEREBROVASCULARES EN LA POBLACIÓN DE LA COMUNA DE TALCA, 2004-2008.	470
FIGURA 3.22-15. PORCENTAJE DE DEFUNCIONES POR ENFERMEDADES RESPIRATORIAS TOTALES EN LA POBLACIÓN DE LA COMUNA DE TALCA, 2004-2008.....	471
FIGURA 3.22-16. PORCENTAJE DE DEFUNCIONES POR ENFERMEDAD RESPIRATORIA CRÓNICAS EN LA POBLACIÓN DE LA COMUNA DE TALCA, 2004-2008.	472

FIGURA 3.22-17. PORCENTAJE DE DEFUNCIONES POR ENFERMEDAD DIGESTIVA EN LA POBLACIÓN DE LA COMUNA DE TALCA, 2004-2008.	473
FIGURA 3.23-1. TENDENCIA TASAS DE MORTALIDAD GENERAL, TALCA, REGIÓN DEL MAULE, CHILE, 2000-2010.	479
FIGURA 3.23-2. TENDENCIA DE LA MORTALIDAD INFANTIL, TALCA, MAULE Y CHILE. 2000-2010.....	480
FIGURA 3.23-3. CAUSAS DE MUERTE SEGÚN GRUPO PARA LA COMUNA DE TALCA EN EL AÑO 2010.	481
FIGURA 3.23-4. TENDENCIA MORTALIDAD POR ENFERMEDADES CARDIOVASCULARES, TALCA, REGIÓN DEL MAULE Y CHILE, 2000-2010.	484
FIGURA 3.23-5. TENDENCIA DE LA MORTALIDAD POR ENFERMEDADES CARDIOVASCULARES, COMUNAS DE COQUIMBO, TEMUCO Y TALCA, 2000-2010.	485
FIGURA 3.23-6. TENDENCIA EN LA MORTALIDAD POR TUMORES MALIGNOS, TALCA, REGIÓN DEL MAULE Y CHILE, 2000-2010.	485
FIGURA 3.23-7. TENDENCIA DE LA MORTALIDAD POR TUMORES MALIGNOS, COMUNAS DE COQUIMBO, TEMUCO Y TALCA, 2000-2010.	486
FIGURA 3.23-8. TENDENCIA EN LA MORTALIDAD POR ENFERMEDADES RESPIRATORIAS, TALCA, REGIÓN DEL MAULE Y CHILE, 2000-2010.....	487
FIGURA 3.23-9. TENDENCIA DE LA MORTALIDAD POR ENFERMEDADES RESPIRATORIAS, COMUNAS DE COQUIMBO, TEMUCO Y TALCA, 2000-2010.	487
FIGURA 3.24-1. REGISTRO DE MP10 EN LA CIUDAD DE TALCA.....	491
FIGURA 3.24-2. REGISTRO DE MP2,5 EN LA CIUDAD DE TALCA.	492
FIGURA 3.24-3. SERIE TEMPORAL DE LA TEMPERATURA MEDIA DIARIA.....	493
FIGURA 3.24-4. SERIE TEMPORAL DE LA HUMEDAD RELATIVA MEDIA DIARIA.....	493
FIGURA 3.24-5. DISTRIBUCIÓN DE MUERTES POR CAUSAS CARDIOVASCULARES Y RESPIRATORIAS TOTALES EN LA COMUNA DE TALCA.	495
FIGURA 3.24-6. MORBILIDAD ANUAL POR CAUSAS CARDIOVASCULARES Y RESPIRATORIA EN LA COMUNA DE TALCA.	496
FIGURA 3.24-7. FRECUENCIA DEL NÚMERO DE MUERTES DIARIAS PARA LA COMUNA DE TALCA.....	497
FIGURA 3.24-8. SERIE TEMPORAL DEL NÚMERO DE MUERTES DIARIAS PARA LA COMUNA DE TALCA.	497
FIGURA 3.26-1. TASA DE CRECIMIENTO POR ACTIVIDAD ECONÓMICA REGIONAL 2009-2011.....	516
FIGURA 3.26-2. PARTICIPACIÓN DE VENTAS INDUSTRIALES REGIÓN DEL MAULE.....	517
FIGURA 3.26-3. CULTIVOS AGRÍCOLAS REGIÓN DEL MAULE SEGÚN SUPERFICIE.....	517
FIGURA 3.26-4. PARTICIPACIÓN EN VOLUMEN DE EXPORTACIONES REGIONALES.	518
FIGURA 3.26-5. PARTICIPACIÓN DEL EMPLEO REGIONAL POR RAMA DE ACTIVIDAD ECONÓMICA, AÑO 2013.....	519
FIGURA 3.26-6. PARTICIPACIÓN DEL EMPLEO PROVINCIA DE TALCA POR RAMA DE ACTIVIDAD ECONÓMICA, AÑO 2013.	519
FIGURA 3.26-7. SITUACIÓN DE POBREZA EN LAS COMUNAS DE TALCA Y MAULE.	520
FIGURA 3.26-8. UTILIZACIÓN DE LEÑA POR SITUACIÓN DE POBREZA EN LAS COMUNAS DE TALCA Y MAULE.	521
FIGURA 3.26-9. NÚMERO DE OCUPADOS POR RAMA DE ACTIVIDAD EN LAS COMUNAS DE TALCA Y MAULE.....	522
FIGURA 3.26-10. NIVEL DE INGRESOS PROMEDIO POR RAMA DE ACTIVIDAD (PESOS DE 2011).....	523
FIGURA 3.26-11. EMISIONES DE MP10 ESCENARIO BASE.	558
FIGURA 3.26-12. EMISIONES DE MP10 ESCENARIO CUMPLIMIENTO DE PLAN.	558
FIGURA 3.26-13. EMISIONES DE MP10 ESCENARIO PASIVO.....	559
FIGURA 3.26-14. EMISIONES DE MP10 ESCENARIO AGRESIVO.....	559
FIGURA 3.26-15. EMISIONES DE MP2,5 ESCENARIO BASE.....	560
FIGURA 3.26-16. EMISIONES DE MP2,5 ESCENARIO CUMPLIMIENTO DE PLAN.....	561
FIGURA 3.26-17. EMISIONES DE MP2,5 ESCENARIO PASIVO.....	561
FIGURA 3.26-18. EMISIONES DE MP2,5 ESCENARIO AGRESIVO.....	562
FIGURA 3.26-19. CONCENTRACIONES DE MP10 ESCENARIO BASE.....	563
FIGURA 3.26-20. REDUCCIÓN DE CONCENTRACIONES DE MP10 ESCENARIO CUMPLIMIENTO DE PLAN.....	563
FIGURA 3.26-21. REDUCCIÓN DE CONCENTRACIONES DE MP10 ESCENARIO PASIVO.....	564
FIGURA 3.26-22. REDUCCIÓN DE CONCENTRACIONES DE MP10 ESCENARIO AGRESIVO.....	564
FIGURA 3.26-23. CONCENTRACIONES DE MP2,5 ESCENARIO BASE.....	565
FIGURA 3.26-24. REDUCCIÓN DE CONCENTRACIONES DE MP2,5 ESCENARIO CUMPLIMIENTO DE PLAN.....	565

FIGURA 3.26-25. REDUCCIÓN DE CONCENTRACIONES DE MP2,5 ESCENARIO PASIVO	566
FIGURA 3.26-26. REDUCCIÓN DE CONCENTRACIONES DE MP2,5 ESCENARIO AGRESIVO	566
FIGURA 3.26-27. NIVEL DE CONCENTRACIONES ANUALES DE MP10 EN LOS TRES ESCENARIOS CONSIDERADOS	567
FIGURA 3.26-28. NIVEL DE CONCENTRACIONES ANUALES DE MP2,5 EN LOS TRES ESCENARIOS CONSIDERADOS	568
FIGURA 3.26-29. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE TASA DE DESCUENTO SOCIAL.....	595
FIGURA 3.26-30. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE VALOR DE LA VIDA ESTADÍSTICA.....	596
FIGURA 3.26-31. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE COEFICIENTE PARA MORTALIDAD PREMATURA	597
FIGURA 3.26-32. SIMULACIÓN DE MONTECARLO VAN SOCIAL ESCENARIO AGRESIVO	599

RESUMEN EJECUTIVO

Actualmente, las comunas de Talca y Maule presentan elevados niveles de MP10 (Material Particulado con diámetro aerodinámico $\leq 10 \mu\text{m}$) y MP2,5 (Material Particulado con diámetro aerodinámico $\leq 2,5 \mu\text{m}$). Las mediciones de MP10 y MP2,5 arrojan valores por sobre la norma diaria, y además, para la norma promedio anual se observa una condición de saturación. La Resolución N°12 del 4 de febrero 2010 declara zona saturada por material particulado respirable (MP10) a las comunas de Talca y Maule. Es por ello, que en el corto plazo las comunas de Talca y Maule contarán con un Plan de Descontaminación Atmosférico para el MP10 y MP2,5

El objetivo general del presente estudio es generar los antecedentes técnicos y económicos que sirvan de insumo para la elaboración del anteproyecto de Plan de Descontaminación de las comunas de Talca y Maule.

El estudio incluye una revisión de las actividades similares realizadas en el país relativas al comportamiento térmico de las viviendas, abarcando dos estudios relevantes para el presente proyecto, que son “Estudio de Usos Finales y Curva de Oferta de Conservación de la Energía en el Sector Residencial de Chile” y “Evaluación independiente del subsidio de reacondicionamiento térmico de viviendas”, como en ambos participaron parte del equipo de trabajo del presente proyecto, se transforman en la fuente principal de información, conocimientos y experiencia para el diseño del presente estudio. El estudio entrega el panorama nacional y regional en el uso de energía en la vivienda y aporta las medidas costos efectivas que se pueden aplicar en Chile. Estas medidas son: aislación del techo, uso de leña seca, aislación de muros, aislación de ventanas, usos de bombas de calor y otros. Estas y otras medidas de eficiencia energética son estudiadas considerando las características específicas de la zona bajo estudio.

El estudio del efecto de la aislación térmica de las viviendas en el consumo de calefacción trabaja en base a 40 viviendas a las cuales se les hace un análisis detallado. Se realiza una división entre viviendas con y sin aislación, tratando de que cada vivienda sin aislación tenga su símil en la mayor parte de las características pero con aislación. Al analizar los valores de U, se encontró que en general las viviendas sin aislación no cumplen con la reglamentación térmica en ninguno de sus elementos (techo y muro). Sin embargo, para las viviendas con aislación, no siempre se cumple con la reglamentación en todos sus elementos. Este aspecto no es significativo para el estudio, ya que la comparación es solo referencial para los resultados y en general las recomendaciones están orientadas a sobrepasar largamente los requerimientos mínimos de la reglamentación.

La metodología propuesta incluye estudios de encuestas en las viviendas, mediciones de temperaturas y modelación térmica. Los valores finales se basan en una combinación de todos estos elementos. No se pueden usar directamente los resultados de las encuestas levantadas en las viviendas estudiadas, principalmente por la variabilidad en el comportamiento de las personas, lo cual introduce una alta dispersión en los resultados, lo que hace que las diferencias no sean estadísticamente significativas. Por tanto, se propone utilizar uno de los mejores modelos de cálculo energético de edificios que existen a nivel mundial (TRNSYS), al cual se le ha agregado un modelo de comportamiento humano (de confección propia) que permite tener en cuenta el comportamiento muy particular que tienen los chilenos en relación al

consumo de energía de las viviendas. Los modelos internacionales, sin tener en cuenta el comportamiento humano tienen diferencias con la realidad del orden de 30 a 500%. El modelo de comportamiento humano se basa en el modelo existente generado para el proyecto de evaluación del reacondicionamiento térmico y se mejora respecto al anterior en base a la experiencia de aplicación del proyecto anterior. Además, el modelo se optimiza y replantea en base a toda la información específica de este estudio y a las mediciones realizadas.

Como resultados de las encuestas, se encuentra que el consumo medio para las viviendas sin aislación es de 140 (kWh/m² año) y para las viviendas con aislación es de 134 (kWh/m² año). Es decir, se tiene una reducción de 4,5%. Se puede observar también que la temperatura interior para las casas con aislación es de aproximadamente 0,6°C superior a las sin aislación. Se sabe, de la experiencia previa que 1,0°C de aumento de temperatura en una casa, equivale más o menos a un 15% extra de consumo de energía, por tanto, esta diferencia es significativa.

La clasificación de viviendas sin aislación y con aislación mejorada, tiene un sesgo muy importante en lo referente a la antigüedad de la vivienda. Esto es inevitable ya que en Chile, en general solo se comenzó a aislar las viviendas después de la reglamentación térmica del 2007. Esto es un problema importante, ya que se ha constatado en estudio previos¹ y también se verificó en éste que la tendencia es que el comportamiento de los usuarios de viviendas nuevas produce un comportamiento que involucra un aumento proporcional en el consumo de energía. Esto se sustenta además en el hecho que el potencial teórico de ahorro de energía entre una vivienda que cumple la reglamentación y otra que no, es del orden de 40%, y el cambio en el consumo que produce el comportamiento de las personas es del orden de 300%. Esta es una de las razones importantes por las cuales la diferencia en el consumo de energía fue mucho menor del que podría esperarse. Es por este motivo también que las mediciones solo sirven para validar el modelo a utilizar, pero los ahorros estimados se calculan en base a un modelo matemático. Esto no es una sorpresa para el equipo de trabajo, ya que por estudios previos se sabía que existía este comportamiento, por tanto, el estudio fue concebido y diseñado desde el principio para calcular los ahorros en base al modelo matemático.

Posteriormente, se analizan las mismas casas con el modelo de cálculo de la Calificación Térmica de Viviendas, acá se obtiene un ahorro del 43%. Este valor es mucho mayor que el obtenido a partir de las encuesta, por las razones indicadas anteriormente. Además, se debe tener en cuenta que el sistema de calificación considera iguales niveles de temperaturas para ambos casos (con y sin aislación).

Se genera el modelo en ambiente TRNSYS para las 40 viviendas y se genera el modelo de comportamiento humano que permite acercarse al consumo de energía real de las viviendas. Se realiza la simulación usando este modelo para las condiciones en que las viviendas fueron analizadas durante el invierno del 2013. Los resultados de las encuestas permiten además adaptar y “sintonizar” este modelo para las condiciones específicas de este estudio.

Para el modelo definitivo que se utiliza se tiene una diferencia para los valores promedio medidos y calculados de 3%. Para las temperaturas se tiene una diferencia promedio de 1,5 °C. Generalmente, la temperatura medida era más alta que la temperatura calculada y esto se debe a que la temperatura calculada da una idea precisa de la temperatura promedio de la

¹ Estudio de Usos Finales y Curva de Oferta de Conservación de la Energía en el Sector Residencial de Chile

casa, en cambio la medida, tiene un sesgo que no es menor al representar más bien una temperatura en los sectores cercanos al calefactor. Por tanto, en viviendas donde se tengan gradientes importantes de temperatura dentro de la casa esta diferencia puede ser significativa. De todas formas las diferencias entre los valores medidos y calculados son muy pequeñas por lo que se puede decir con propiedad que el modelo ha sido correctamente validado.

Para el análisis del impacto de medidas de eficiencia energética en las viviendas se toma el grupo de las 20 viviendas anteriores a la reglamentación térmica y se analiza el impacto de las diferentes medidas de eficiencia energética. Se toman estas viviendas debido a que se concluyó que es mucho más impactante intervenir las viviendas antiguas (previas a la reglamentación térmica del 2000 y 2007), y por tanto, se recomienda enfocar las medidas de eficiencia energética en este tipo de viviendas.

Para el cálculo se considera el modelo matemático que ha sido previamente validado. Se realizan las simulaciones en base a los mismos perfiles de los usuarios pero con y sin medidas de eficiencia energética. Esto es exactamente lo que pasaría en la práctica, es decir, determinar cuál sería el ahorro de un mismo usuario con y sin medidas de eficiencia energética. Lo cual evita la gran dispersión que se produce al comparar el consumo de diferentes casas y diferentes usuarios, lo cual como metodología se explicó que no era factible. Es muy difícil hacer esta medición en forma práctica en terreno (los mismos usuarios y casas con y sin aislación), por lo que para el contexto de este estudio la única posibilidad era el modelo teórico. Sin embargo, en el estudio “Evaluación independiente del subsidio de reacondicionamiento térmico de viviendas”, se hicieron las medidas en terreno de esa forma, obteniendo resultados similares a los que el presente estudio generó con los modelos de cálculo.

Para el análisis se consideraron 4 escenarios de paquetes de medidas de eficiencia energética, 2 para viviendas existentes y 2 para viviendas nuevas. Las medidas incluyen aislación de techos, muros y/o cambios de ventanas. Para la medida de mejorar la aislación del techo y muro se logran ahorros que van entre el 26% al 70% con un promedio de 42%. La diferencia se debe principalmente al estado inicial de la casa, ya que por ejemplo inicialmente algunas ya tenían aislación en el techo, y por tanto, el impacto al mejorar la aislación es menor que para el caso de las viviendas que no tenían aislación. Además, como se dijo hay un efecto más importante que es cómo se comporta el usuario respecto al uso de la energía, lo cual produce variaciones muy importantes.

Para las viviendas nuevas, la medida de exigir un nivel C de la reglamentación produce un ahorro de energía promedio real de 30%. Este valor es menor al anterior debido a que se parte de un caso base que ya posee aislación.

Los costos de las intervenciones varían en promedio entre \$1.400.000 a \$ 2.776.000 para las viviendas existentes, y varían entre \$950.000 a \$1.280.000 para viviendas nuevas. Los indicadores económicos no son muy buenos, las TIR de las inversiones van entre 6,7% a 0,8% para todos los casos estudiados. El problema principal es el bajo costo de operación de la leña que impide que las inversiones sean más rentables. Sin embargo, si se pone en el escenario de que no se puede usar leña y que el combustible por defecto es el gas, las rentabilidades de los diferentes paquetes de medidas varían entre 30% a un 15%.

Por otro lado, en el estudio se caracterizó el consumo de leña en las viviendas de las comunas de Talca y Maule. Se determinó un tamaño muestral de 755 encuestas, utilizando un

95% de confianza y un 7% de error. Luego del trabajo de campo, se llegó a un total de 834 encuestas válidas para hacer los análisis sobre la demanda de leña, equipos, tipo leña, humedad, precios de compra y características de los hogares, así como también enfrentar a los encuestados a preguntas situacionales, con el fin de evaluar la disposición de los hogares que actualmente utilizan un equipo de calefacción a leña al cambio por otro equipo menos contaminante.

Considerando solamente los hogares que consumen leña se estimó un consumo promedio por hogar de 1.615 kg/año en Talca y 1.588 kg/año en Maule. Combinando los datos de los hogares encuestados con datos observacionales de la cuadra en la cual se ubicaba el hogar, se puede estimar una penetración de 50% en Talca y 61% en Maule.

Los motivos por los cuales los hogares utilizan la leña como energético radica principalmente en que es un combustible más económico y porque existe una sensación de que la leña calienta más. En el estudio se detectó que la unidad de compra de leña predominante en Talca y Maule corresponde al m³ (ordenado, estéreo, tirado o a granel), siendo esta unidad de compra utilizada en el 92,8% de los hogares que consumían leña. La especie más consumida corresponde al eucaliptus, en menor medida se consume aramo y hualle. El periodo en el cual se utiliza más intensivamente la leña es entre mayo y agosto.

A partir de la información generada en la encuesta de consumo, combinada con la proyección de la población y penetración de equipos por comuna, es posible generar una extrapolación del número total de artefactos a leña para Talca y Maule que se presenta a continuación.

TABLA A. ESTIMACIÓN DE ARTEFACTOS A LEÑA POR COMUNA

Tipo de Equipo	Talca	Maule
Salamandra	1.416	100
Combustión lenta cámara simple con templador	20.374	3.862
Cocina de hierro	2.431	0
Estufa de cámara simple	4.801	306
Chimenea	5.85	0
Estufa de lata	1.139	100

Fuente: Elaboración propia

La proporción de tenencia de equipos de calefacción es relativamente homogénea por quintil de ingreso. Existe una alta participación de equipos de combustión lenta de cámara simple con templador en todos los quintiles de ingreso, pero los quintiles más pobres tienen una participación mayor de cocinas a leña.

A partir de la información sobre hora de inicio y fin de utilización de los equipos bajo ciertos supuestos se puede generar un factor de intensidad de uso por hora, determinándose que la mayor utilización se genera entre las 17 hrs. y 23 hrs. Un 4,9% de los hogares encuestados señala que una parte de la leña la recolecta o es de su propiedad, un 8,4% afirma que una parte de la leña es regalada, un 86,2% compra parte de la leña que utiliza y un 0,6% señala que una parte es obtenida de otra forma.

Un aspecto relevante de los resultados de la encuesta es la percepción sobre el contenido de humedad de la leña. El 94,0% de los hogares declara que la leña que adquiere se encuentra seca, un 5,1% semi-húmeda y un 0,9% argumenta que la leña se encuentra húmeda. La información de percepción de humedad de la leña en los hogares al momento de adquirirla se cruzó con el tiempo que el usuario deja secar la leña, para evaluar si aquellos compradores que la adquieren con mayor frecuencia utilizan leña más húmeda.

Para determinar si la percepción de las personas efectivamente tiene relación con las mediciones de humedad de la leña se calculó el promedio de humedad efectivo con xilohigrómetro en el 18,7% de los hogares encuestados, y luego se comparó con respecto a la percepción subjetiva de humedad que tenían estos mismos hogares clasificando su leña como seca, semi-húmeda y húmeda. Los resultados nos permiten afirmar que los hogares pueden identificar fácilmente la leña seca, semi-húmeda y húmeda. Además, las mediciones con el xilohigrómetro permiten afirmar que la leña tiene un contenido de humedad promedio de 17,3% en la comuna de Talca y de 16,1% en la comuna de Maule. Al consultar por la preferencia de humedad de la leña, el 99,1% de los hogares entrevistados declaró que prefiere la leña seca y un 0,9% prefiere la leña semi-húmeda.

Un 70,1% de los hogares se abastece de leña una vez al año, un 21,1% se abastece dos a cuatro veces al año, un 5,7% se abastece una vez al mes, un 1,9% se abastece semanalmente, y un 0,6% se abastece dos o tres veces por semana.

Con respecto a las características de las viviendas encuestadas el 8,8% corresponde a casas aisladas, 87,0% a casas pareadas, 4,1% a casas en filas, y 0,1% a mediaguas. El tamaño promedio de las viviendas en Talca es 68,4 m² y en Maule es 68,9 m², mientras los metros cuadrados a calefaccionar en cada vivienda son 43,7 m² en Talca y 54,1 m² en Maule.

El precio promedio pagado en la zona de estudio independiente de la unidad de comercialización es \$25.193. A los encuestados se les consultó por un escenario hipotético en el cual tuvieran la posibilidad de comprar leña certificada. Los encuestados estarían dispuestos a pagar en promedio \$26.604 por un m³ ordenado, y aquellos que compraban por sacos un precio de \$3.260. Los datos a nivel descriptivo reflejan una menor disposición a pagar por leña certificada en los quintiles de ingresos más bajos (quintil 1 y quintil 2).

Se consultó por la disposición de los hogares encuestados para cambiar su equipo de calefacción a través de un programa de recambio. Bajo distintos escenarios de subsidios se pudo determinar que un 75,3% de los hogares estaría dispuesto a participar en el programa, y que esta participación es similar según quintil de ingreso.

Los consumos de leña y biomasa vegetal en el sector industrial y comercial se estimaron utilizando las fuentes declaradas en el D.S. 138/05 del MINSAL para el año 2012, tanto para las comunas de Talca y Maule. Adicionalmente, también se incluyeron en el análisis las panaderías artesanales que utilizan leña en hornos panaderos. Esto se realizó mediante el levantamiento de información de panaderías artesanales en Talca para identificar el perfil de consumo de combustible según los niveles de producción, y las características de los hornos panaderos. El consumo total de leña en fuentes industriales y comerciales corresponde a 5.393 ton/año la cual es utilizada en calderas para calentar agua, mientras que el consumo de biomasa vegetal en forma de aserrín, viruta y/o restos de aserrío, existe un consumo declarado de 41.300 ton/año, principalmente en calderas para calentar agua y producir vapor. Por tanto, se tiene un consumo

total de biomasa vegetal de 46.693 ton/año. Por otro lado, el consumo estimado de leña en los hornos panaderos artesanales es 6.812 ton/año. El resumen de los consumos totales de leña y biomasa vegetal en los procesos industriales y comerciales de Talca y Maule se muestra en la siguiente Tabla:

TABLA B. CONSUMO DE LEÑA Y BIOMASA VEGETAL EN LOS EN EL SECTOR INDUSTRIAL Y COMERCIAL EN LAS COMUNAS DE TALCA Y MAULE

Equipo de combustión	Leña, ton/año	Biomasa vegetal, ton/año
Calderas industriales para calentar agua	5.393	23.249
Calderas industriales para generar vapor		18.050
Hornos panaderos artesanales	6.812	174
Total	12.205	41.474

Fuente: Elaboración propia

La región del Maule es la cuarta región que más consume leña, según la encuesta de caracterización socioeconómica nacional (CASEN, 2006), siendo solo superada por las regiones Los Lagos, La Araucanía y Biobío. Para caracterizar la oferta de leña en las comunas de Talca y Maule se recopilaron datos primarios a través de entrevistas con comerciantes de leña establecidos en la ciudad de Talca durante el mes de enero de 2013 y posteriormente en los meses de julio y agosto de 2013. En total se entrevistaron 21 oferentes de leña que participaban en las distintas etapas de la cadena de comercialización de la leña. Adicionalmente, se recopilaron datos secundarios correspondientes a resultados de informes de Organismos Gubernamentales y Organismos No Gubernamentales (ONG), entre ellos; el Instituto Nacional de Estadísticas (INE), Corporación Nacional Forestal (CONAF), Instituto Forestal (INFOR), Ministerio del Medio Ambiente (MMA), Seremi de Medio Ambiente de la Región del Maule, La Ex Comisión Nacional del Medio Ambiente (Ex CONAMA), Comisión Nacional de Energía (CNE). También, se utilizaron datos generados en estudios realizados por Universidades y Consultoras.

Los lugares donde los productores locales producen la leña que comercializan corresponden a los sectores de Duao, Curepto, Empedrado, Batuco y Pelarco. A esto se suman las localidades declaradas por los Comerciantes y/o distribuidores camino a Cumpeo en Río Claro y talas de bosques como parte de los árboles rematados por el Ministerio de Bienes Nacionales como consecuencia del despeje de las obras de construcción de un proyecto de embalse, ubicado en Duao.

La mayoría de los oferentes de leña establecidos en Talca, tienen en su actividad económica un multigiros, esto implica que tienen más de una actividad económica. Esto se explica debido a que el mercado de la leña es un mercado de temporada, y les sería muy riesgoso y poco rentable mantenerse solo en este rubro, a excepción de que fuera un gran productor y/o comerciante de leña. Sin embargo, en el periodo de invierno la gran mayoría (88,8%) de los oferentes de leña entrevistados no entregaban boleta. Esto se explica dado que en el invierno aparecen puntos de venta improvisados que vende leña en el periodo en el que se intensifica el consumo, mientras que el periodo estival, los oferentes de leña son negocios establecidos que operan en la actividad todo el año.

La principal especie que se comercializa corresponde al eucalipto², representando el 90% del total de leña ofertada como primera especie. Esta información es coincidente con la principal especie utilizada en los hogares de Talca y Maule. A esta especie le sigue el aramo³ con un 21% como segunda especie, después del eucalipto y el resto corresponde a especies arbóreas como el roble, álamo, sauce, pino y otras especies nativas.

Se detectó que en la época de invierno existe una mayor demanda de leña por parte de los consumidores, lo que se refleja en mayores niveles de venta por parte de los oferentes. Principalmente en los meses de mayo y julio, donde se vende un 90% de la leña dispuesta para la venta, incluso quedando sin stock algunos comerciantes.

Los comerciantes indicaban que estas compras las realizaban todo el año, ya que mantenían stock, sin embargo, los comerciantes y distribuidores debían abastecerse de este producto en los meses de enero y febrero. El 29% de los oferentes establecidos almacena la leña entre 4 a 6 meses, por tanto, es indispensable que el tiempo de almacenamiento de los oferentes deba ser de por lo menos 6 meses desde su producción. Sólo el 14% de los productores y comerciantes encuestados indicó que almacena la leña por lo menos 3 meses antes de su venta.

El promedio del contenido de humedad de la leña de eucalipto, fue de 17,7% y 16,1 (base seca) para la leña medida en el periodo de verano e invierno, respectivamente. Lo que demostraba que en su mayoría, se estaba comercializando leña seca. Se considera leña seca si este valor es menor al 25% (base seca), según la norma NCh 2907/2005.

Los precios de la leña varían según el tipo de especie, la temporada de venta y el formato en el cual se vende la leña. El precio promedio de la leña de eucalipto en el año 2011 en la época de otoño-invierno alcanzó los \$27.512 por metro cúbico, condición que no variaba significativamente en el periodo de verano si se considera el mismo formato de venta. El año 2012 se percibió un leve aumento (3,9%) en los precios de la leña de eucalipto en Talca, alcanzando en la temporada de invierno un valor promedio de \$28,528 por m³. Para el periodo de invierno del año 2013 se observó un nuevo alza (5,9%) en el precio de la leña de eucalipto, en comparación con el año anterior, alcanzando un valor promedio de \$30.294.

Por su parte, el aramo alcanzó en temporada alta demanda del año 2013 un valor promedio de \$27.000 por metro cúbico, mostrando también un alza significativa (33,2%) en función de los precios de la temporada de invierno del año 2012, situación que no se observa al comparar los precios de la temporada del año 2011 con la temporada del año 2011.

La mayoría de los oferentes entrevistados no tienen certificación de la leña y cuando se les consultó sobre el procedimiento de certificación y las implicancias en el precio del producto que ofrecían se observó que existe un desconocimiento por parte de los oferentes de la estimación en la variación del precio, ya que un 70,1% señala desconocer cuánto puede subir el precio de la leña, el 15% estimó que podría subir un 20% el precio y el 13,9% restante indicó que el consumidor no estaría dispuesto a pagar un precio más alto por una leña certificada.

² Principalmente la especie *Eucalyptus globulus*

³ La especie Áromo corresponde a la especie *Acacia dealbata*.

La biomasa forestal actualmente corresponde a un 16% del balance nacional de energía primaria⁴, y está representada principalmente por la leña cuyo consumo asciende a más de 15.561 Mil toneladas por año. Uno de los principales problemas en la actualidad es su uso poco eficiente. Además ésta produce impactos negativos a la salud y al ambiente principalmente las ciudades del centro-sur del país. Dentro de más formas más eficientes de utilizar la biomasa se considera la utilización del pellets de madera. Así, en este estudio se realizará una evaluación técnica y económica de instalar una planta de pellets de madera para cubrir las necesidades de calefacción para la ciudad de Talca y Maule, utilizando como materia prima desechos forestales.

Las materias primas disponibles a utilizar en el proyecto son, aserrín húmedo, viruta y los desechos provenientes de podas y raleos de la especie pino radiata. Por su mayor disponibilidad para proyectos nuevos, su cercanía a las materias primas y centros de distribución se identificó justamente en la Región del Maule, provincia de Cauquenes el emplazamiento para planta de producción de pellets.

La producción se calculó considerando una línea de producción de 1,2 ton/h y turnos de 8 horas diarias, 5 días laborales a la semana y un factor de eficiencia de las máquinas utilizadas en el proceso de elaboración de 0,9, obteniéndose una meta de producción de aproximadamente 2.070 toneladas anuales.

El monto total de inversión total del proyecto es de \$ 386.768.501, siendo la distribución mayor de este monto para los costos asociados a infraestructura y compra de maquinaria. Los costos anuales operacionales equivalen a \$ 157.780.383 en los primeros tres años y ascienden a \$ 193.601.187 en los siguientes 6 años. Siendo mayormente representado (54%) por los costos fijos.

La evaluación económica se realizó para un proyecto puro, con una tasa de descuento del 10,08% obteniéndose un Valor Actual Neto (VAN) de \$ 81.082.325 y una tasa Interna de Retorno (TIR) del 13,3% a un precio de venta del pellets de \$155 por kg. En base al análisis desarrollado, el proyecto es rentable y se recomienda su realización. Pero cabe destacar que según la demanda total estimada de pellets para Talca, suponiendo que toda la población (aproximadamente 30.000 hogares) se cambiase desde la leña hasta el pellets, se necesitarían al alrededor de 31.000 toneladas al año para suplir el cambio.

Para analizar el escenario de un eventual renovación de equipos a través de un programa de recambio subsidiado por el gobierno, a cada hogar encuestado que consumía leña se le preguntó por su disposición a cambiar su equipo actual por otro equipo certificado indicándoles que contaminaban menos y que existía un subsidio que correspondía a un porcentaje del valor comercial del equipo (aproximadamente \$500.000).

La disposición a participar en un programa de este tipo es bastante alta con un promedio de 75,3% de los hogares que consumen leña para calefacción residencial, pero además esta disposición es relativamente similar en todos los quintiles de ingreso. Se demuestran que el

⁴ BNE 2011, Ministerio de Energía – Septiembre de 2012

porcentaje de subsidio asignado está estadísticamente relacionado a la disposición a participar en un programa de recambio con un nivel de significancia del 1%.

También se concluye que el nivel de ingreso, el consumo de leña, y la tenencia de equipos para cocinar no afectan desde un punto de vista estadístico la decisión de participar en el programa de recambio. Además, al estimar el efecto marginal del subsidio sobre la decisión de participar en el programa es posible concluir que por cada 10% de subsidio la disposición a participar en el programa se eleva en 9,1%.

En el estudio se evaluaron distintas alternativas de implementación de energías renovables no convencionales para calefacción, factibles de implementar en una primera etapa destinada al reemplazo de artefactos que combustionan leña en el escenario actual (estufas y calderas para calefacción central). Las alternativas de remplazo de calefactores individuales y calderas de calefacción central a leña son las siguientes:

TABLA C. ALTERNATIVAS EVALUADAS PARA CALEFACCIÓN MEDIANTE ERNC

	Sistema de calefacción reemplazado	
	Calderas (Calefacción central)	Calefactor
Alternativa	Solar térmica	Calefactor a pellets
	Caldera a pellets	Calefactor a leña (Cumpliendo D.S N° 39/2011 MMA)
	Bomba de calor geotérmica	Bomba de calor aerotérmica

Fuente: Elaboración Propia

Para la evaluación preliminar de los costos de inversión y operación de los distintos sistemas propuestos se ha supuesto que se reemplazará energía útil actualmente obtenida a través de los dispositivos actuales de calefacción a leña por la misma cantidad de energía útil generada por distintas alternativas de calefacción a partir de fuentes renovables.

Para la definición de la situación actual se consideró los resultados de la encuesta aplicada en este proyecto (ver sección 4.2 del estudio), donde la mayoría de los artefactos corresponden a estufas de combustión lenta con sistemas de templador, estufas de cámara simple sin templador y salamandras. A pesar de corresponder a un porcentaje menor, también se consideran calderas a leña para calefacción central de viviendas unifamiliares. La superficie construida de viviendas corresponde a 70 m² y 140 m², mientras que el consumo de leña por vivienda asciende a 1.600 kg/año (viviendas de 70 m²), 3.000 kg/año (viviendas de 140 m²) para un período calefaccionado al año: 5 meses/año. El precio de la leña es de 70 \$/kg⁵ y su poder calorífico es de 3.500 kcal/kg (contenido de humedad máxima 25%).

Los costos correspondientes a la evaluación económica correspondiente al reemplazo de actuales artefactos de combustión por distintas alternativas basadas en ERNC. Se describen 3 casos: 1) reemplazo de estufas de cámara simple y doble, 2) reemplazo de salamandras y 3)

⁵ Considera un valor de \$25340/m³ estéreo desordenado

reemplazo de calderas a leña. Los costos de inversión y operación para el reemplazo de un calefactor a leña por una de las medidas propuestas se presenta en la tabla siguiente.

TABLA D. COSTOS DE OPERACIÓN E INVERSIÓN DE DISTINTAS ALTERNATIVAS DE CALEFACCIÓN MEDIANTE ERNC

Alternativa	Inversión Total (\$)	Costo consumo de combustible (\$/año)	Costo de Mantenión (\$/año)	Costo de Operación Total (\$/año)	Costo Marginal (\$/año)
Caso 1. Reemplazo de Estufas de combustión lenta					
Estufa pellets	1.410.000	176.000	98.700	274.700	64.000
Estufa leña (DS N° 39/2011)	640.000	89.600	44.800	134.400	-22.400
Bomba de calor aerotérmica	1.600.000	167.480 ¹	98.000	265.480	55.480
Caso 2. Reemplazo de Salamandras					
Estufa pellets	1.410.000	102.667	98.700	201.367	-9.333
Estufa leña (DS N° 39/2011)	640.000	52.267	44.800	97.067	-59.733
Bomba de calor aerotérmica	1.600.000	97.697	98.000	195.697	-14.303
Caso 3. Reemplazo de Calderas a leña					
Caldera a pellets	5.350.000	495.000	374.500	869.500	285.000
Sistema Térmico Solar	7.600.000	157.500	532.000	689.500	-52.500
Bomba de calor geotérmica	10.900.000	293.900 ¹	762.190	1.056.090	83.090

Notas: ¹ El consumo de una bomba de calor es eléctrico

Fuente: Elaboración propia

Los sistemas que reemplazan a las calderas de calefacción pueden tener su versión distrital, sin embargo esto no necesariamente implicaría una disminución de las emisiones respecto al sistema distribuido debido que los sistemas individuales de calefacción tienen mayores eficiencias.

Los métodos alternativos a las quemadas para el control de heladas ayudan a reducir considerablemente las emisiones contaminantes. Ya que evitan la realización de fogatas y quema de materiales altamente contaminantes como neumáticos, con el fin de compensar la pérdida de calor ocasionada por las heladas. En este informe se analizaron tres métodos alternativos para el control de heladas con el objetivo de determinar un indicador de costo-efectividad para la reducción de emisiones por material particulado. A partir de los antecedentes generados es posible construir una tabla que resume las características de costos y reducción de emisiones de las alternativas para el control de heladas. Las distintas alternativas propuestas pueden ser escalables a distintos tamaños de agricultores, sin embargo los costos anualizados que involucran pueden hacerlas prohibitivas para muchos agricultores.

TABLA E. ESPECIFICACIONES MÉTODOS ALTERNATIVOS PARA EL CONTROL DE HELADAS

Indicador/Técnica	Riego por Aspersión	Calefacción de Predios	Ventiladores Mecánicos
Costo Anualizado (VAUE \$)	3.940.528	19.091.799	7.192.701
Reducción Ton/año de MP10	1,7	1,7	10,7
Costo Anual \$/ton MP10	2.291.005	11.197.536	670.961

Fuente: Elaboración Propia

Las prácticas de manejo de cultivo tienden a promover un manejo más sustentable de las labores de sembradío. Prácticas como la incorporación de rastrojos, labranza cero, vermicompostaje u otras alternativas surgen como una buena opción a la quema de rastrojos evitando los problemas de contaminación al aire por material particulado.

A partir de los antecedentes generados es posible construir una tabla que resume las características de costos y reducción de emisiones de las alternativas para evitar las quemas de desechos agrícolas. Algunas alternativas propuestas pueden ser escalables a distintos tamaños de agricultores, lo que permitiría incluso construir un ranking de las menos costo-efectivas.

TABLA F. ESPECIFICACIONES MÉTODOS ALTERNATIVOS A LA QUEMA DE DESECHOS AGRÍCOLAS

Indicador/Técnica	Incorporación de Rastrojos Agricultor Pequeño	Incorporación de Rastrojos Agricultor Mediano	Cero Labranza Gran Agricultor	Combustión de Biomasa	Vermicompostaje	Compostaje en Pilas de Volteo
Costo Anualizado (VAUE \$)	1584920	14061200	443800	74166264	47248365	-4614000
Reducción, ton/año de MP10	0,240	2,400	0,024	10,640	0,017	6,600
Costo Anual \$/ton MP10	6.603.833	5.858.833	18.491.667	6.970.514	2.779.315.588	-699.091

Fuente: Elaboración Propia

Se actualizó el inventario de emisiones de fuentes industriales y comerciales al año 2012 para las comunas de Talca y Maule de la Región del Maule, considerando la información de tipos de fuentes, combustibles, tasas de actividad, junto con el uso de factores de emisión para estimar las emisiones atmosféricas de MP10, MP2,5, CO, NOx, SOx, COV y NH₃.

En la tabla siguiente se presenta el resumen de las emisiones atmosféricas estimadas para Talca y Maule por tipo de fuente para el año 2012. Como se puede apreciar, el total de las emisiones atmosféricas de MP10 y MP2,5 estimadas para las fuentes industriales y comerciales son 187,75 ton/año y 134,22 ton/año, respectivamente.

El aporte total de emisiones de las fuentes industriales y comerciales del año 2012, son comparables con las estimaciones realizadas en el inventario de emisiones desarrollado para Talca (AMBIOSIS, 2009) y con base año 2006.

TABLA G. RESUMEN DE LAS EMISIONES ATMOSFÉRICAS DE LAS FUENTES INDUSTRIALES Y COMERCIALES PARA LAS COMUNAS TALCA Y MAULE, AÑO BASE 2012

		Emisiones atmosféricas (ton/año)						
		MP10	MP2.5	NOx	CO	COV	NH ₃	SOx
Talca	CA	33,46	28,23	9,66	80,06	1,31	12,94	0,88
	EL	7,11	1,71	201,93	43,61	16,03	0,36	10,71
	IN	78,40	55,44	74,66	146,28	5,17	26,11	462,87
	PA	0,04	0,04	1,11	0,23	0,04	0,01	0,00
	PC	0,02	0,02	0,59	0,10	0,01	0,01	0,04
	Subtotal	119,03	85,45	287,94	270,29	22,56	39,43	474,51
Maule	CA	48,67	41,06	12,89	114,95	1,86	18,60	1,00
	EL	0,24	0,06	6,86	1,48	0,54	0,01	0,36
	IN	19,35	7,32	24,51	19,61	0,20	5,63	360,17
	PA	-	-	-	-	-	-	-
	PC	0,45	0,33	2,38	0,21	0,21	0,04	8,33
	Subtotal	68,72	48,77	46,65	136,25	2,82	24,28	369,86
Total		187,75	134,22	334,59	406,54	25,37	63,71	844,37

Fuente: Elaboración propia

TABLA H. RESUMEN INVENTARIO DE EMISIONES, FUENTES INDUSTRIALES DE TALCA, AÑO BASE 2006

Emisiones atmosféricas (ton/año)							
Categoría de Fuente	MP10	MP2,5	CO	NOx	COV	SOx	NH ₃
Fijas Combustión	68,97	26,72	439,07	147,37	8,06	398,37	71,52
Fijas Procesos+Evap	7,56	1,81	32,43	6,72	0,57	2,22	5,18
Total	76,56	28,53	471,50	154,42	8,63	400,59	76,7

Fuente: Adaptado de CONAMA VII Región-AMBIOSIS (2008)

Entre el año 2006 y 2012 se observa un crecimiento de un 4,9% y 89,2% para las emisiones de MP10 y MP2,5, respectivamente. Las emisiones atmosféricas de MP10 y MP2,5 de las fuentes industriales y comerciales provienen principalmente de 15 fuentes que emiten más de una tonelada de MP10 al año, entre ellas, empresas de alimentos, rubro forestal y agroindustrias. En total, estas 15 fuentes representan el 90,3% y 92,9% del total de las emisiones totales de MP10 y MP2,5 para el año 2012.

Considerando que la realidad de la zona de Talca y Maule refleja una pequeña participación de emisiones industriales y comerciales pero que se requiere que no aumente a través del tiempo se propone un sistema de compensación de emisiones que puede ser por un 100% de las nuevas fuentes de combustión o fugitivas. También se sugiere poner una norma de emisión industrial para las fuentes existentes que las obligue a instalar alternativas de reducción de emisiones atmosféricas mediante la implementación de tecnologías de fin de tubo, y/o el uso de combustibles limpios.

Las emisiones atmosféricas de material particulado generadas por los vehículos particulares y transporte público para Talca según el inventario de emisiones de la comuna de Talca, desarrollado por Ambiosis (2009) y con año base 2006 las fuentes móviles generan emisiones atmosféricas de material particulado de 23,4 ton/año de MP10 y 22,4 ton/año de MP2,5. A partir de estos datos se concluye que las emisiones de fuentes móviles de la comuna de Talca representan solo un 2,2% del total de emisiones atmosféricas de MP10 y un 1,8% del total de emisiones de MP2,5 y un 2,9% y 2,7% de las emisiones de MP10 y MP2,5 de las comunas del área de influencia.

La actualización de las emisiones atmosféricas de las fuentes móviles de las comunas de Talca y Maule al año 2012 considerando el número de vehículos según información INE 2012. Se observó una tasa de crecimiento anual del parque automotriz de Talca de un 10,3%. El resumen de las emisiones atmosféricas de las fuentes móviles de las comunas de Talca y Maule para el año 2012 se muestra en la tabla siguiente.

TABLA I. EMISIONES ATMOSFÉRICAS ESCENARIO PARA EL 2012 DE FUENTES MÓVILES EN TALCA Y MAULE

Comuna	MP10	MP2,5	CO	SO ₂	NO _x	HCT
Talca	27,4	21,6	245,4	0,9	472,6	97,4
Maule	5,4	4,3	40,8	0,2	96,2	17,5
Total	32,8	25,9	286,2	1,1	568,7	114,9

Fuente: Elaboración propia en base a AGIES RM (2008)

Las emisiones totales de material particulado (MP10) de las fuentes móviles de la comuna de Talca ha experimentado un crecimiento de un 17,1 %. Sin embargo, las emisiones de material particulado fino (MP2,5) experimentaron una reducción de 3,5% en igual periodo. Esto se puede explicar con la incorporación de vehículos nuevos al parque automotriz y la salida de vehículos más antiguos.

Considerando que la realidad de la zona de Talca y Maule refleja una pequeña participación de emisiones móviles pero que por el aumento del parque vehicular y congestión pudiera crecer en el futuro se sugieren las siguientes medidas que se complementan con diversas normativas a nivel nacional cuyo objetivo es la reducción de emisiones de fuentes móviles a través de estándares más exigentes para los nuevos vehículos que ingresan al país. Recientemente entró en vigencia la norma Euro V para los vehículos motorizados con motores que utilizan petróleo diesel. La disminución de emisiones de esta tecnología se debe a una combinación de bajo contenido de azufre (15 ppm) el combustible (petróleo) y la incorporación de filtro de partículas, que atrapa y quema las emisiones de hollín de los motores diesel.

Dentro de las medidas específicas para la zona de Talca y Maule podemos mencionar la introducción de indicadores ambientales en futuras licitaciones del transporte público que favorezca una renovación del parque de buses de transporte urbano, así como también la creación de programas de recambio voluntario de camiones antiguos a través de fondos FNDR.

A partir de los antecedentes recopilados en los estudios desarrollados para la zona saturada de Talca y Maule se generó una revisión y clasificación de potenciales medidas de reducción material particulado y sus precursores para ser consideradas en el Anteproyecto de

Plan de Descontaminación Atmosférico (PDA) de Talca y Maule. En consecuencia, según este análisis se diferencian medidas con potencial de reducción, instrumentos económicos y programas complementarios.

Específicamente, en el caso de las medidas con potencial de reducción se realiza una jerarquización de las medidas atribuibles al plan. A partir de los índices de costo-efectividad calculados para el MP2,5 se concluye que aquellas medidas asociadas a la combustión de leña en los hogares como RLEÑA, CEQUIPOS y PCHIMENEAS son las más atractivas en términos de costo-efectividad, les sigue la medida COMPEMIND asociada a las fuentes industriales, y después vuelven a aparecer como atractivas otras medidas enfocadas al consumo de leña residencial como TERMICOVIV NUE, TERMICOVIV ANT, TERMICOPLUS, SUBSGAS, SUBCALALT y PROHIBLEÑA. Las medidas menos atractivas en términos de costo-efectividad corresponden a PAVIMENFUG, AREASVERDES y PQUEMAS. El ordenamiento de las medidas basada en los indicadores de costo-efectividad se modifican levemente para el contaminante MP10, esto ocurre especialmente en el caso de las medidas AREASVERDES y PAVIMENFUG, las cuales se vuelven más atractivas en términos económicos.

Para sensibilizar los resultados en el horizonte de evaluación del Plan se generaron tres escenarios (Cumplimiento de Plan, Pasivo y Agresivo) con su correspondiente potencial reducción de emisiones producto de las medidas implementadas.

Las simulaciones arrojan que al año final de evaluación del plan las medidas CEQUIPOS, PAVIMENFUG, PQUEMAS, SUBSGAS y NEQUIPOS, son las que más aportan a la reducción de emisiones (respecto a las emisiones totales del escenario base al año 2030) y también a la reducción de concentraciones. Otras medidas que aportan son COMPEMIND, TERMICOANT, TERMICONUE, PROHIBLEÑA y RLEÑA. Las medidas enfocadas al sector industrial, quemas agrícolas y transporte aportan de forma marginal a la solución del problema en la zona de estudio. También se concluye que los escenarios cumplimiento de plan y agresivo permiten salir de la zona de saturación y latencia para el MP10.

Sin embargo, los resultados difieren para el contaminante MP2,5, ya que al año final de evaluación del plan la medida CEQUIPOS se transforma por lejos en la más relevante para reducir las emisiones y concentraciones del material particulado fino. La medida PAVIMENFUG es desplazada por otras medidas con mayor efectividad en la reducción de este contaminante, como por ejemplo SUBSGAS, SUBCALALT, NEQUIPOS, PROHIBLEÑA, TERMICOANT, TERMICONUE y RLEÑA. En el caso de este contaminante las medidas enfocadas al sector industrial, transporte y prohibición de quemas agrícolas también aportan de forma marginal a la solución del problema en la zona de estudio. Finalmente, se concluye que solo a través de la implementación de las medidas propuestas bajo el escenario agresivo se lograría cumplir la norma anual de concentraciones para el MP2,5.

Diversos estudios internacionales y nacionales han analizado los problemas en la salud generados por la concentración de contaminantes en el aire, específicamente el material particulado respirable MP10 y material particulado fino MP2,5. Así, surge la importancia de identificar y cuantificar los impactos particulares de estos contaminantes en la salud de la población que habita en las comunas de Talca y Maule a través de un estudio epidemiológico, cuya metodología y resultados se describen a continuación.

La metodología aplicada se basa en el desarrollo de modelos estadísticos que asocian efectos en salud (mortalidad y morbilidad) con distintos niveles de concentraciones de MP10 y MP2,5 registradas en las estaciones de monitoreo de la zona bajo estudio. El procesamiento de la información sobre los impactos en la salud, consiste en contabilizar los casos diarios de mortalidad y morbilidad asociados a causas respiratorias y cardiovasculares provenientes de las bases de datos del Ministerio de Salud para las comunas de Talca y Maule. Específicamente, la información corresponde a las muertes diarias durante el periodo comprometido entre 2004 y 2008. Dentro de las muertes por causa cardiovascular se incluyeron todas las codificadas con letra I del ICD-10, las muertes respiratorias (neumonías, EPOC) incluyen todas las codificadas en la letra J del IDC-10 y las digestivas (letra K del ICDF-10), utilizadas como control. Dentro de las causas de las enfermedades se consideran las cardiovasculares que incluye todas las codificadas con letra I del ICD-10, las enfermedades respiratorias (neumonías, EPOC) incluyen todas las codificadas en la letra J del IDC-10, y las digestivas (letra K del ICDF-10). Los ingresos hospitalarios fueron clasificados por grupo de edad (total, mayor y menor de 65 años). Finalmente, las bases de mortalidad y morbilidad se estructuraron contabilizando para cada día, el número de admisiones hospitalarias por causa y grupo de edad.

Además, de las mediciones de concentraciones de MP10 y MP2,5 se utilizan una serie de variables confundentes para tratar de aislar los efectos en la salud asociados solamente a la contaminación, por ejemplo se incluyen datos meteorológicos y variables que permiten condicionar por efectos estacionales.

Estas bases de datos son posteriormente depuradas y procesadas con tal de analizar datos faltantes y explorar la posibilidad de desarrollar algún algoritmo para rellenar las observaciones faltantes en algunas variables asociadas a la contaminación. Una vez terminado este proceso se obtiene una base de datos diaria de todas las variables que se utilizan posteriormente con los modelos de regresión estadística.

De todos los modelos estadísticos evaluados, se encontraron relaciones significativas para muertes por causa cardiovascular para MP10 y MP2,5, sin embargo, no se encontraron modelos estadísticamente significativos que relacionaran las muertes por causas respiratorias con estos contaminantes. Al igual que en el caso anterior, en los modelos de ingresos hospitalarios se observan resultados estadísticamente significativos para las enfermedades cardiovasculares, pero no para las enfermedades respiratorias.

El estudio también estima los potenciales beneficios sobre la salud ante la reducción en la contaminación por material particulado, en el caso de reducción en las enfermedades se utiliza el enfoque del costo evitado, al costear los días cama más la consulta médica para cada enfermedad, mientras para la valoración de la reducción en la probabilidad de muerte se utiliza el valor medio por vida estadística utilizado en el "AGIES de la norma de calidad del aire por MP2,5".

La población expuesta considerada corresponde a los habitantes de la comuna de Talca y Maule, pero el segmento más afectado por los efectos de la contaminación de material particulado fino y respirable corresponden a personas mayores de 65 años que alcanzan según proyecciones basadas en datos del INE a 39.158 personas para el año 2014.

Los coeficientes Concentración-Respuesta utilizados corresponden a los efectos del

MP2,5 sobre la mortalidad y morbilidad de las funciones estimadas para las personas mayores a 65 años en Talca y Maule entre los años 2004 y 2008. Mientras las tasas de efectos base en salud proyectadas en Talca y Maule son calculadas a partir de los datos de mortalidad y morbilidad asociados a enfermedades respiratorias y cardiovasculares a partir de las estadísticas del Ministerio de Salud.

Con todos estos antecedentes se utiliza el método de la función de daño, es decir, se evalúa cómo la reducción de las emisiones de MP2,5 a través de las distintas medidas presentadas en este informe, por medio de los FEC, se traducen en reducciones en concentraciones de MP2,5, las cuales a su vez, permiten cuantificar el número de enfermedades y muertes evitadas, para finalmente determinar el beneficio en términos económicos.

Los beneficios para la salud totales para cada uno de los escenarios planteados en el informe se presentan a continuación. Si se consideran los coeficientes C-R locales el VAN social asociado al escenario de cumplimiento de plan alcanza un valor de \$13.730 millones, mientras el VAN social asociado al escenario pasivo un valor de \$7.584 millones, finalmente en el escenario agresivo los beneficios totales en salud generan un VAN social de \$19.829 millones. Si se consideran los coeficientes C-R basados en estudios internacionales el VAN social de los beneficios en salud asociado al escenario de cumplimiento de plan alcanza un valor de \$767.856 millones, mientras el VAN social asociado al escenario pasivo un valor de \$425.702 millones, finalmente en el escenario agresivo los beneficios totales en salud generan un VAN social de \$1.115.060 millones. Cabe destacar que estos beneficios son directos en salud, y no se han considerado otros posibles beneficios indirectos para la población.

Los aportes específicos que tiene cada medida sobre los beneficios totales en salud varían de acuerdo al escenario propuesto, pero en términos generales se puede señalar que las medidas CEQUIPOS, PROHIBLENA, NEQUIPOS, RLEÑA, TERMICOANT y TERMICONUE son las más relevantes. En el escenario agresivo la medida SUBSGAS se torna muy importante y cambia el peso relativo de las medidas anteriormente mencionadas.

Específicamente, las medidas con potencial reducción evaluadas en el informe son las siguientes:

TABLA J. RESUMEN DE MEDIDAS PROPUESTAS PARA EL ANTEPROYECTO DEL PDA DE TALCA Y MAULE

N°	Nombre	Descripción	Actividad y Contaminantes Afectados
1	NEQUIPOS	Exigencia en el cumplimiento de norma de emisión (D.S. No 39/2011) para calefactores nuevos de combustión a leña.	<p>Actividad: residencial</p> <p>Contaminantes: MP10, MP2,5, SO₂, CO y COV</p> <p>Potencial máximo de reducción: 4,4% de total MP10 y 6,2% de total MP2,5</p> <p>Organismo responsable: <i>Implementación:</i> Seremi MMA <i>Coordinación:</i> Seremi MMA <i>Fiscalización:</i> - Municipalidades de Talca y Maule - Esta norma la fiscaliza la SEC Art. 5° DS 39/2011 y Ley 18.410 Art. 3°</p>
2	RLEÑA	Regular el mercado de la leña en las zonas circundantes a las comunas de Talca y Maule para dar cumplimiento a la NCh 2907 del INN (leña seca) y dar cumplimiento a la ordenanza de leña para la comuna de Talca.	<p>Actividad: residencial, comerciantes y productores de leña</p> <p>Contaminantes: MP10, MP2,5, CO y COV</p> <p>Potencial máximo de reducción: 2,5% de total MP10 y 5,6% de total MP2,5</p> <p>Organismo responsable: <i>Implementación:</i> Municipalidad de Talca y Maule <i>Coordinación:</i> Seremi de MMA <i>Fiscalización:</i> - Seremi de Salud - Carabineros, y SII - CONAF. - Se sugiere la SEC.</p>
3	CEQUIPOS	Recambio de calefactores a leña antiguos por nuevos equipos más limpios de parte del Estado. Se evaluarán equipos que cumplen con el D.S.N° 39/2011 vs equipos a pellets.	<p>Actividad: residencial</p> <p>Contaminantes: MP10, MP2,5, CO y COV</p> <p>Potencial máximo de reducción: 19,4% de total MP10 y 27,6% de total MP2,5</p> <p>Organismo responsable: <i>Implementación y coordinación:</i> Seremi MMA <i>Fiscalización:</i> Esta norma la fiscaliza la SEC Art. 5° DS 39/2011 y Ley 18.410 Art. 3 <i>Financiamiento:</i> FNDR</p>

CONTINUACIÓN TABLA J...

N°	Nombre	Descripción	Actividad y Contaminantes Afectados
4	PCHIMENEAS	Prohibición de uso de chimeneas abiertas en zona urbana.	<p>Actividad: residencial</p> <p>Contaminantes: MP10, MP2,5, SO₂, CO y COV</p> <p>Potencial máximo de reducción: 0,6% de total MP10 y 0,7% de total MP2,5</p> <p>Organismo responsable: <i>Implementación y coordinación:</i> Seremi MMA <i>Fiscalización:</i> Seremi Salud - Inspectores municipales - Superintendencia del Medio Ambiente (SMA) - Denuncias ciudadanas</p>
5	CONGEQUIPOS	Se prohíbe la comercialización e instalación de nuevos calefactores a biomasa a menos que sean equipos a pellets.	<p>Actividad: residencial</p> <p>Contaminantes: MP10, MP2,5, SO₂, CO y COV</p> <p>Potencial máximo de reducción: 0,7% de total MP10 y 1,0% de total MP2,5</p> <p>Organismo responsable: <i>Implementación y coordinación:</i> Seremi MMA <i>Fiscalización:</i> Seremi Salud - SMA</p>
6	PROHIBLEÑA	Restricción de uso para todo artefacto a leña en cualquier episodio crítico de contaminación por MP2,5. - Emergencia: Restricción total a partir del año inicial del PDA - Preemergencia: Restricción total a partir del 3er año del PDA	<p>Actividad: residencial</p> <p>Contaminantes: MP10, MP2,5, SO₂, CO y COV</p> <p>Potencial máximo de reducción: 3,0% de total MP10 y 4,2% de total MP2,5.</p> <p>Organismo responsable: <i>Implementación y coordinación:</i> Seremi MMA <i>Fiscalización:</i> Seremi Salud - SMA</p>

CONTINUACIÓN TABLA J...

N°	Nombre	Descripción	Actividad y Contaminantes Afectados
7	TERMICOVIV	Mejoramiento térmico de las viviendas nuevas y existentes.	<p>Actividad: residencial</p> <p>Contaminantes: MP10, MP2,5, SO₂, CO y COV</p> <p>Potencial máximo de reducción: 2,8% y 2,4% de total MP10 y 4,0% y 3,7% de total MP2,5, para existentes y nuevas, respectivamente.</p> <p>Organismo responsable: <i>Implementación y coordinación:</i> Seremi MINVU <i>Fiscalización:</i> - SMA</p>
8	TERMICOPLUS	Elevar el estándar de aislación térmica para nuevos proyectos inmobiliarios por sobre los requerimientos actuales como medida de compensación de los nuevos proyectos inmobiliarios.	<p>Actividad: construcción</p> <p>Contaminantes: MP10 y MP2,5</p> <p>Potencial máximo de reducción: 0,3% de total MP10 y 0,5% de total MP2,5.</p> <p>Organismo responsable: Seremi MINVU y Seremi MMA</p>
9	NORMAIND	Establecimiento de límites de emisión para calderas y hornos industriales que se encuentran operando dentro de la zona declarada saturada	<p>Actividad: Industrial</p> <p>Contaminantes: MP10, MP2,5, NOx y SOx</p> <p>Potencial máximo de reducción: 6,0% de total MP10 y 6,4% de total MP2,5.</p> <p>Organismo responsable: <i>Implementación:</i> Seremi MMA <i>Coordinación:</i> Seremi Salud <i>Fiscalización:</i> - SMA</p>
10	COMPEMIND	Las nuevas emisiones de MP deben ser compensadas en un 120%.	<p>Actividad: Industrial</p> <p>Contaminantes: MP10 y MP2,5</p> <p>Potencial máximo de reducción: 3,8% de total MP10 y 4,0% de total MP2,5.</p> <p>Organismo responsable: <i>Implementación y Coordinación:</i> Seremi MMA <i>Fiscalización:</i> - SMA</p>

CONTINUACIÓN TABLA J...

N°	Nombre	Descripción	Actividad y Contaminantes Afectados
11	EMINDFUG	Incorporación de medidas para reducir y minimizar emisiones fugitivas e implementar un programa de buenas prácticas de operación.	<p>Actividad: Industrial</p> <p>Contaminantes: MP10 y MP2,5</p> <p>Potencial máximo de reducción: ya incorporadas en COMPEMIND.</p> <p>Organismo responsable: <i>Implementación y Coordinación:</i> Seremi MMA <i>Fiscalización:</i> SMA</p>
12	SUBSGAS	Subsidio al precio del gas, con el objetivo de reducir la penetración de la leña elevando su precio relativo por kilocaloría.	<p>Actividad: residencial</p> <p>Contaminantes: MP10, MP2,5, SO₂, CO y COV</p> <p>Potencial máximo de reducción: 8,0% de total MP10 y 11,4% de total MP2,5.</p> <p>Organismo responsable: <i>Implementación:</i> Seremi MMA <i>Coordinación:</i> Seremi MMA y FNDR (financiamiento). <i>Fiscalización:</i> - SMA</p>
13	SUBCALALT	Subsidio a equipos con tecnologías de combustión alternativas del tipo ERNC. Esta medida apunta a un programa piloto que puede eventualmente sustituir a CEQUIPOS si los equipos comercializados no pueden cumplir factores de emisión establecidos en el D.S.N° 39/2011.	<p>Actividad: residencial</p> <p>Contaminantes: MP10, MP2,5, SO₂, CO y COV</p> <p>Potencial máximo de reducción: 1,6% de total MP10 y 2,3% de total MP2,5.</p> <p>Organismo responsable: Se sugiere y <i>Implementación y Coordinación:</i> Seremi MMA Financiamiento: FNDR <i>Fiscalización:</i> SMA (Se sugiere como organismo Subprogramado a la SEC)</p>

CONTINUACIÓN TABLA J...

N°	Nombre	Descripción	Actividad y Contaminantes Afectados
14	TRANSPUB	Establecimiento de condiciones mínimas para que buses presten servicio, incentivo para ingreso de buses con filtro de partículas-y/o norma Euro V.	<p>Actividad: transporte</p> <p>Contaminantes: MP10, MP2,5, SO₂, CO, NOX y NH₃</p> <p>Potencial máximo de reducción: 0,0% de total MP10 y 0,0% de total MP2,5.</p> <p>Organismo responsable: <i>Implementación y coordinación:</i> Seremi Transporte <i>Fiscalización:</i> La Municipalidad al controlar los permisos de circulación / SMA.</p>
15	TRANSCARGA	Programa voluntario de retiro de camiones antiguos que carecen de sistemas de certificación de emisiones, a través de la utilización de distintos fondos públicos. Fiscalizar el cumplimiento de normativa que impide circulación de camiones con más de 28 años. Establecimiento de norma para camiones nuevos que cumplan con estándar Euro V o filtros de partículas.	<p>Actividad: transporte</p> <p>Contaminantes: MP10, MP2,5, SO_x, CO, NOX y NH₃</p> <p>Potencial máximo de reducción: 0,0% de total MP10 y 0,0% de total MP2,5.</p> <p>Organismo responsable: <i>Implementación y coordinación:</i> Seremi Transporte <i>Fiscalización:</i> La Municipalidad al controlar los permisos de circulación /SMA</p>
16	PAVIMENFUG	Pavimentación de calles para evitar emisiones fugitivas de MP10	<p>Actividad: transporte</p> <p>Contaminantes: MP10 y MP2,5</p> <p>Potencial máximo de reducción: 20,9% de total MP10 y 3,1% de total MP2,5.</p> <p>Organismo responsable: <i>Implementación y Coordinación:</i> MOP y el MINVU <i>Financiamiento:</i> FNDR <i>Fiscalización:</i> SMA</p>

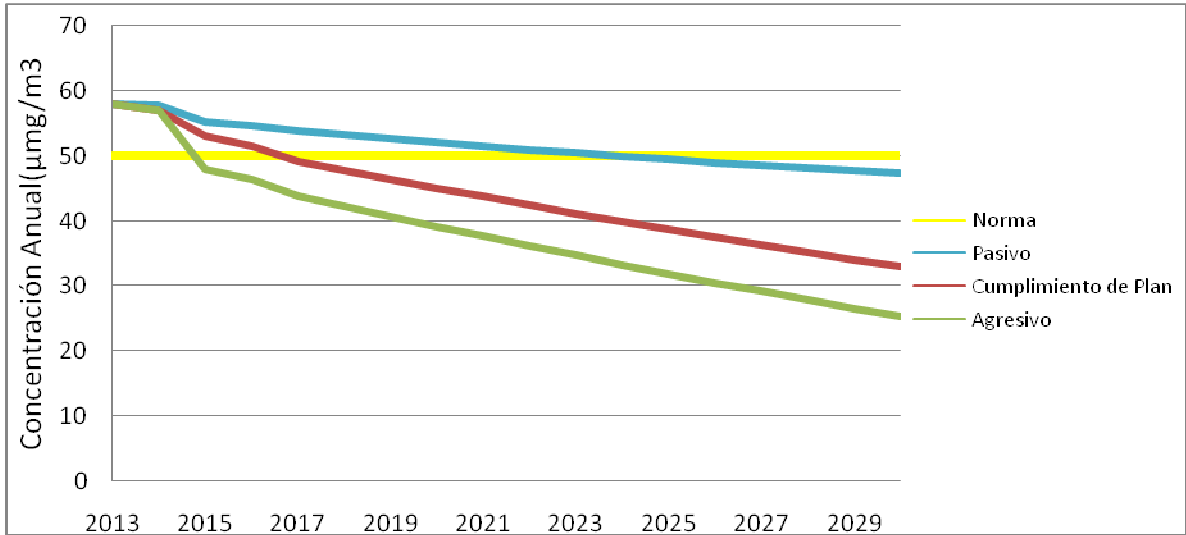
CONTINUACIÓN TABLA J...

N°	Nombre	Descripción	Actividad y Contaminantes Afectados
17	PQUEMAS	Prohibición de quemas agrícolas y forestales en toda la zona saturada	Actividad: productores agrícolas Contaminantes: MP10, MP2,5, SO ₂ , CO, NOx y COV Potencial máximo de reducción: 4,5% de total MP10 y 5,5% de total MP2,5. Organismo responsable: <i>Implementación:</i> SAG <i>Coordinación:</i> CONAF <i>Fiscalización:</i> CONAF y Carabineros de Chile/ SMA
18	AREASVERDES	Elevar estándar de m ² de áreas verdes por habitante para nuevos proyectos inmobiliarios. Aumento y mantenimiento de áreas verdes públicas.	Actividad: construcción y municipios Contaminantes: MP10 y MP2,5 Potencial máximo de reducción: 1,0% de total MP10 y 0,1% de total MP2,5. Organismo responsable: <i>Implementación:</i> MINVU <i>Coordinación:</i> Municipalidades Fiscalización: SMA <i>Financiamiento:</i> FNDR.

Fuente: Elaboración Propia

A partir de los antecedentes generados con la actualización del inventario de emisiones y algunos supuestos sobre su evolución temporal se establece un escenario base, el cual contempla la situación proyectada sin la existencia del Plan, y adicionalmente se generan tres escenarios (cumplimiento de plan, pasivo y agresivo) con su correspondiente potencial de reducción de emisiones producto de las medidas implementadas en el Plan. Así, es posible simular las emisiones totales bajo cada escenario para determinar a través de los FEC modelados por tipo de fuente el nivel final de las concentraciones de material particulado respirable y fino.

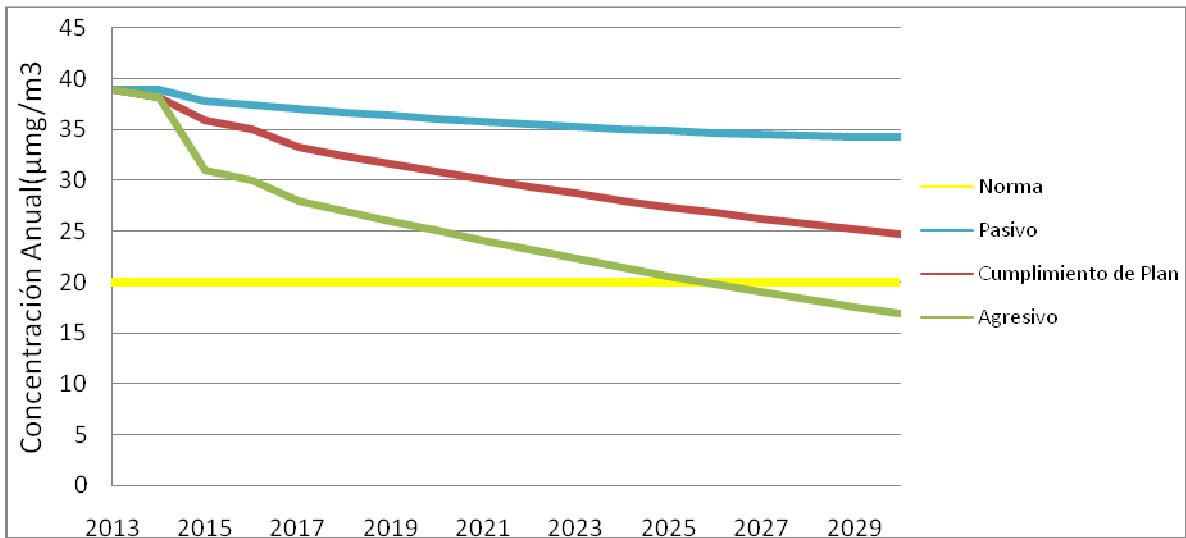
Los resultados para la contaminación por MP10 muestran que las medidas incluidas en los escenarios cumplimiento de plan y agresivo permitirían salir de la condición de saturación y latencia para este contaminante.



Fuente: Elaboración propia

FIGURA A. NIVEL DE CONCENTRACIONES ANUALES DE MP10 EN LOS TRES ESCENARIOS CONSIDERADOS

Sin embargo, para la contaminación por MP2,5 los resultados muestran que solo bajo un escenario agresivo se podría cumplir con la norma para este contaminante.



Fuente: Elaboración propia

FIGURA B. NIVEL DE CONCENTRACIONES ANUALES DE MP2,5 EN LOS TRES ESCENARIOS CONSIDERADOS

Independientemente del contaminante analizado las medidas enfocadas al consumo residencial de leña como el cambio de equipos y subsidio al gas, aportan significativamente a la

reducción de los niveles de concentración de MP10 y MP2,5 en la zona de Talca y Maule. La medida asociada a la pavimentación de calles es relevante para reducir el MP10 pero no en el caso del MP2,5. La prohibición del uso de leña en episodios de emergencia y preemergencia, el aislamiento térmico de viviendas nuevas y antiguas, así como también, la norma de equipos a nivel nacional tienen aportes relevantes para la reducción de concentraciones. El resto de las medidas evaluadas aportan de forma marginal a la reducción de concentraciones. En el caso de la medida SUBALTCAL su bajo aporte es simplemente porque el programa piloto en todo el horizonte de evaluación incluye un número de equipos con nuevas tecnologías de calefacción muy inferior al recambio propuesto en CEQUIPOS. Por lo anterior, los mayores esfuerzos de cumplimiento y fiscalización deberían concentrarse principalmente en las medidas CEQUIPOS, SUBSGAS, PAVIMENFUG, NEQUIPOS, TERMICONUE y TERMICOANT.

Una vez obtenido el impacto en la reducción de las concentraciones de MP10, se procede a evaluar la costo-efectividad de las medidas incorporadas en el análisis, es decir, \$MM por tonelada de MP₁₀ reducida y \$MM por tonelada de MP_{2,5}. Lo cual permite ayudar a establecer una priorización de las medidas basada en indicadores económicos. Los resultados para el año final de evaluación 2030 se presentan en las siguientes tablas.

TABLA K. COSTO EFECTIVIDAD DE LAS MEDIDAS DE REDUCCIÓN DE MP10 PROPUESTAS AL AÑO 2030

Indicador	Total Reducción toneladas de MP10	Costo MM\$/ton MP10
NEQUIPOS	120,9	0,00 (no atribuible al plan)
RLEÑA	41,7 (esc. cumplimiento de plan)	0,28
CEQUIPOS	450,0	3,48
PCHIMENEAS	16,3	3,18
CONGEQUIPOS	19,1	35,31
PROHIBLEÑA	82,1	35,05
TERMICOVIV ANT	77,0	6,22
TERMICOVIV NUE	67,5	4,77
TERMICOPLUS	9,0	25,02
NORMAIND	165,6	28,96
COMPEMIND	105,2	4,30
EMINDFUG	Incluidas en COMPEMIND	Incluido en COMPEMIND
TRANSPUB	0,7	0,00 (no atribuible al plan)
TRANSCARGA	0,7	0,00 (no atribuible al plan)
SUBSGAS	221,0 (esc. agresivo)	28,46
SUBCALALT	45,1	7,1
PQUEMAS	226,1	217,6
AREASVERDES	31,7	8,77
PAVIMENFUG	577,9	18,53

Fuente: Elaboración Propia

TABLA L. COSTO EFECTIVIDAD DE LAS MEDIDAS DE REDUCCIÓN DE MP2,5 PROPUESTAS AL AÑO 2030

Indicador	Total Reducción toneladas de MP2,5	Costo MM\$/ton MP2,5
NEQUIPOS	117,7	0,00 (no atribuible al plan)
RLEÑA	63,7 (esc. cumplimiento de plan)	0,18
CEQUIPOS	438,2	3,57
PCHIMENEAS	13,5	3,84
CONGEQUIPOS	18,6	36,28
PROHIBLEÑA	79,8	36,1
TERMICOVIV ANT	74,8	6,4
TERMICOVIV NUE	69,5	4,9
TERMICOPLUS	8,8	25,7
NORMAIND	121,3	39,55
COMPEMIND	75,2	4,49
EMINDFUG	Incluidas en COMPEMIND	Incluido en COMPEMIND
TRANSPUB	0,51	0,00 (no atribuible al plan)
TRANSCARGA	0,52	0,00 (no atribuible al plan)
SUBSGAS	214,8 (esc. agresivo)	29,28
SUBCALALT	43,8	7,3
PQUEMAS	191,5	256,83
AREASVERDES	1,4	194,8
PAVIMENFUG	57,8	185,31

Fuente: Elaboración Propia

Una vez jerarquizados los indicadores de costo efectividad, se establece que las medidas implementadas a nivel nacional (NEQUIPOS, TRANSPUB y TRANSCARGA) que tienen potencial de reducción pero cuyos costos no son atribuibles al plan en el momento de ejecutarse modifican el escenario base.

La jerarquización de las medidas atribuibles al plan basándose en el índice de costo efectividad del MP2,5 (se escoge este indicador porque como se vio anteriormente en los distintos escenarios generados es para este contaminante que es más difícil cumplir la normativa vigente) permite concluir que aquellas asociadas a la combustión de leña en los hogares como RLEÑA, CEQUIPOS y PCHIMENEAS son las más atractivas en términos de costo efectividad, les sigue la medida COMPEMIND asociada a las fuentes industriales, y después vuelven a aparecer como atractivas otras medidas enfocadas al consumo de leña residencial como TERMICOVIV NUE, TERMICOVIV ANT o SUBCALALT, sin embargo otras medidas enfocadas a hogares como TERMICOPLUS, SUBSGAS y PROHIBLEÑA presentan indicadores mucho mayores. Luego, de la medida NORMAIND el conjunto de medidas restantes PAVIMENFUG, AREASVERDES y PQUEMAS presentan un incremento muy significativo en los indicadores de costo efectividad para el MP2,5.

El ordenamiento de las medidas basada en los indicadores de costo-efectividad se modifican levemente para el contaminante MP10. Especialmente, en el caso de las medidas AREASVERDES y PAVIMENFUG, las cuales se vuelven más atractivas.

Los beneficios sociales de cada una de las medidas propuestas incluyen el menor riesgo por mortalidad y morbilidad. Estos beneficios en salud son estimados con la metodología de la función de daño. Los resultados arrojan que las medidas CEQUIPOS, PROHIBLENA, NEQUIPOS, RLEÑA, TERMICOANT y TERMICONUE son las que más aportan beneficios. En el escenario agresivo la medida SUBSGAS se torna muy importante y cambia el peso relativo de las medidas anteriormente mencionadas. Las medidas NORMAIND, PAVIMENFUG y PCHIMENEAS tienen un aporte menor respecto a las medidas previas, pero su aporte también es relevante. La medida SUBCALALT tiene un aporte menor pero esto es debido a que solo involucra un programa piloto.

TABLA M. APORTE RELATIVO DE CADA MEDIDA A LOS BENEFICIOS EN SALUD

Medidas	Escenarios		
	Cumpl. Plan	Pasivo	Agresivo
NEQUIPOS	10,7%	19,3%	7,4%
CEQUIPOS	40,7%	24,5%	33,2%
PCHIMENEAS	2,2%	4,0%	1,5%
RLEÑA	7,8%	10,4%	8,0%
TERMICOANT	7,0%	12,7%	4,8%
TERMICONUE	6,7%	12,1%	4,6%
PROHIBLEÑA	11,5%	0,0%	8,1%
CONGEQUIPOS	1,7%	0,0%	1,2%
TERMICOPUS	0,8%	1,5%	0,6%
SUBSGAS	0,0%	0,0%	23,0%
SUBCALALT	1,3%	2,4%	0,9%
NORMAIND	3,4%	6,3%	2,4%
COMPEMIND	1,1%	2,1%	0,8%
TRANSCARGA	0,0%	0,1%	0,0%
TRANSPUB	0,0%	0,1%	0,0%
PQUEMAS	0,9%	0,8%	0,6%
PAVIMENFUG	4,2%	3,9%	3,0%
AREAVERD	0,1%	0,1%	0,0%

Fuente: Elaboración Propia

Además de los beneficios en salud se pueden estimar mejoras en la visibilidad con un monto estimado de 5.792 millones en el escenario cumplimiento de plan, 3.232 millones en el escenario pasivo y 7.717 millones en el escenario agresivo.

Finalmente, al combinar los antecedentes de costos y beneficios anteriormente documentados es posible determinar el VAN social de cada una de las medidas propuestas en el PDATM. Los resultados se presentan en la siguiente tabla resumen.

TABLA N. VAN SOCIAL DE MEDIDAS ESCENARIO AÑO 2013

Escenario	Esc. Cumplimiento de Plan (\$MM año 2013)			Esc. Pasivo (\$MM año 2013)			Esc. Agresivo (\$MM año 2013)			
	VAN Social	Beneficios	Costos	Beneficios Netos	Beneficios	Costos	Beneficios Netos	Beneficios	Costos	Beneficios Netos
NEQUIPOS		82489	0	82489	82487	0	82487	82489	0	82489
RLEÑA		60307	70	60237	44560	46	44513	90014	92	89923
CEQUIPOS		313921	9052	304869	104637	3017	101620	372426	7046	365381
PCHIMENEAS		17338	495	16843	17337	495	16842	17338	495	16843
CONGEQUIPOS		12787	2846	9942	0	0	0	13040	2846	10195
PROHIBLEÑA		88986	22047	66939	0	0	0	90513	22047	68465
TERMICOVIVNUE		51946	1543	50403	51945	1543	50402	51946	1543	50403
TERMICOVIVANT		54261	2076	52186	54260	2076	52184	54261	2076	52186
TERMICOPLUS		6112	821	5291	6233	821	5412	6233	821	5412
COMPEMIND		8793	1351	7442	8969	1351	7618	8969	1351	7618
EMINDFUG		0	0	0	0	0	0	0	0	0
NORMAIND		26395	45728	-19333	26823	45728	-18905	26824	45728	-18903
SUBGAS		0	0	0	0	0	0	257613	51410	206203
SUBCALALT		10474	3039	7434	10471	3039	7432	10474	3039	7434
TRANSPUB		336	0	336	342	0	342	342	0	342
TRANSCARGA		339	0	339	346	0	346	346	0	346
PQUEMAS		7071	155762	-148692	3605	77881	-74277	7209	155762	-148553
AREASVERDES		599	625	-25	610	625	-15	610	625	-14
PAVIMENFUG		34297	6006	28290	17461	6006	11454	34931	6006	28925
Costos Regulador			11128	-11128		11128	-11128		11128	-11128
Total		776453	262589	513863	430084	153757	276327	1125580	312014	813567

Fuente: Elaboración Propia

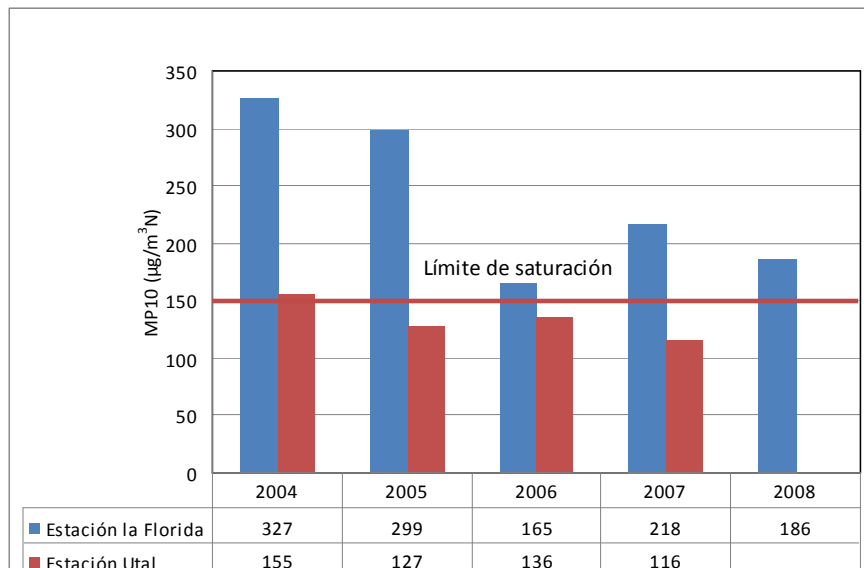
Al agregar todas las medidas se obtiene un VAN social de los beneficios netos para cada escenario. El escenario cumplimiento de plan arroja el VAN social de \$513,9 mil millones, el escenario pasivo entrega un VAN social de \$276,3 mil millones, y el escenario agresivo entrega un VAN social de \$813,6 mil millones.

Para evaluar la robustez de la evaluación económica se incluye un análisis de sensibilización y simulación de Montecarlo, demostrando la conveniencia económica de llevar a cabo el PDATM en su escenario agresivo.

1. ANTECEDENTES PRELIMINARES

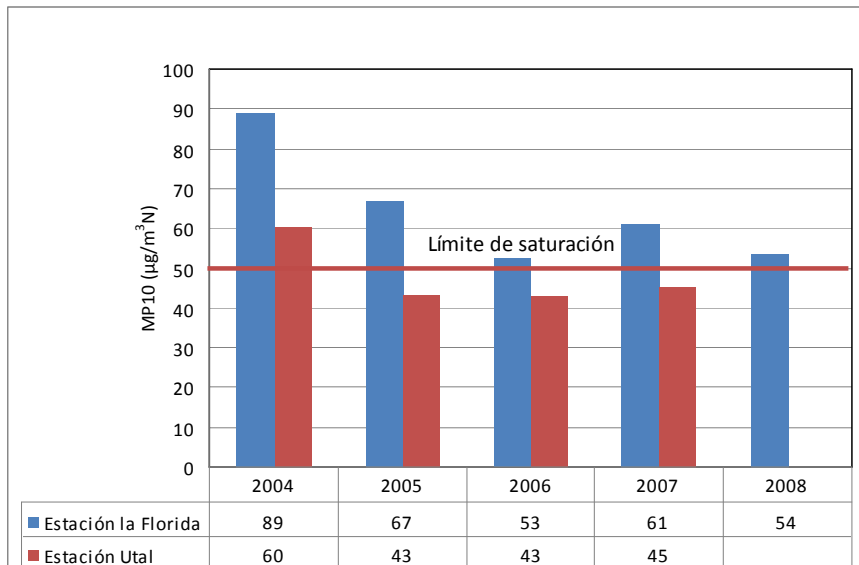
Las comunas de Talca y Maule de la región del Maule presentan elevados niveles de Material Particulado Respirable (MP10, Material Particulado con diámetro aerodinámico $\leq 10 \mu\text{m}$) y Material Particulado Fino (MP2,5, Material Particulado con diámetro aerodinámico $\leq 2,5 \mu\text{m}$). Desde el año 2004 la SEREMI de Salud del Maule está monitoreando estos contaminantes en la ciudad de Talca, para lo cual cuenta con tres estaciones de monitoreo.

Las mediciones de MP10 registradas entre los años 2004 y 2007 arrojan valores por sobre la norma diaria en las estaciones de monitoreo de La Florida y UTAL (Universidad de Talca), localizadas en la ciudad de Talca. Además, para la norma promedio anual en la estación La Florida se observa una condición de saturación para el periodo 2004-2006 y 2005-2007.



Fuente: Elaboración propia en base a datos del SINCA

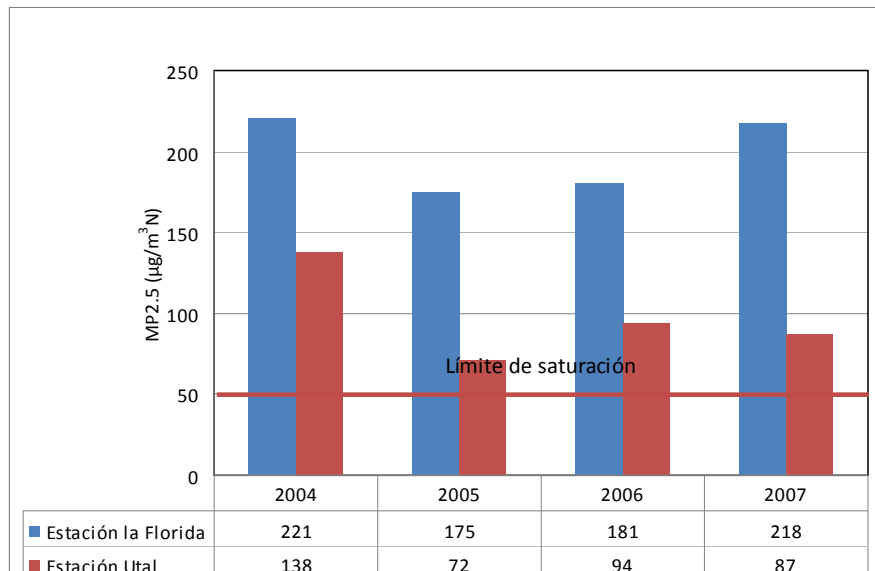
FIGURA 2.1-1. PERCENTIL 98 DE CONCENTRACIÓN DIARIA DE MP10 – TALCA



Fuente: Elaboración propia en base a datos del SINCA

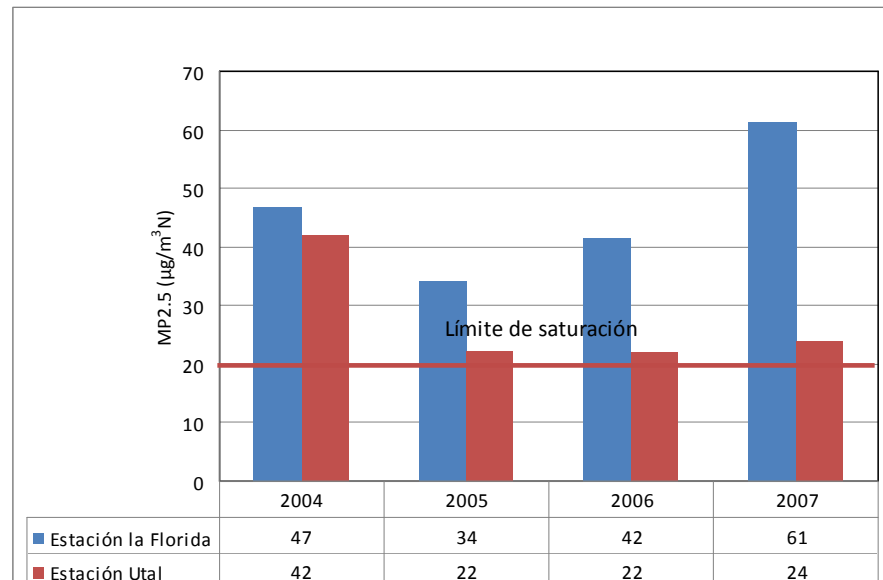
FIGURA 2.1-2. CONCENTRACIÓN PROMEDIO ANUAL DE MP10 – TALCA

Por otro lado, las mediciones presentan valores por sobre la actual norma de calidad primaria de MP2,5, tanto para el caso del promedio diario como para el promedio anual. Las estaciones La Florida y UTAL indican una condición de saturación para el periodo 2004-2008, superando el percentil 98 de los promedios diarios y el promedio anual, especialmente en la estación La Florida.



Fuente: Elaboración propia en base a datos del SINCA

FIGURA 2.1-3. PERCENTIL 98 CONCENTRACIÓN DIARIA DE MP2,5 – TALCA



Fuente: Elaboración propia en base a datos del SINCA

FIGURA 2.1-4. CONCENTRACIÓN PROMEDIO ANUAL DE MP2,5 - TALCA

En Chile la norma primaria de calidad del aire para material particulado respirable MP10 se establece en el D.S. N° 20/2013 del MMA que derogó al D.S. N° 59/98 modificado por el D.S. N° 45/2001, ambos del Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Esta normativa entró en vigencia el 1 de enero de 2014 y señala que el límite para el contaminante corresponde a un valor de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}^6$ como concentración de 24 horas, y agrega que se considerará sobrepasada esta norma cuando el percentil 98 de las concentraciones de 24 horas registradas durante un período anual en cualquier estación monitorea clasificada como Estación de Monitoreo con Representatividad Poblacional (EMRP) sea mayor o igual a $150 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, o bien si antes que concluyese un período anual de mediciones de las estaciones monitorea de material particulado respirable MP10, calificada como EMRP, se registrare un número de días con mediciones sobre el valor de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ mayor que siete.

Cabe notar, que a contar del 1° de Enero del año 2012, la norma primaria de calidad del aire para material particulado fino MP2,5 (D.S. N° 12/2012) entró en vigencia”, estableciendo un valor límite de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ como concentración de 24 horas y un límite promedio anual de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$. El Decreto Supremo establece que se considera sobrepasada la norma cuando el percentil 98 de las concentraciones de 24 horas registradas durante un período anual en cualquier estación monitorea clasificada como EMRP sea mayor o igual a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, mientras, que al igual que la norma anual para MP10, se considerará sobrepasada el límite anual de MP2,5, cuando la concentración anual calculada como promedio aritmético de 3 años calendarios consecutivos en cualquier estación monitorea clasificada como EMRP, sea igual o mayor que $20 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$.

En mayo 2007 la COREMA acordó solicitar la declaración de zona saturada para la ciudad de Talca debido a los altos niveles de MP10 reportados desde 2004 al 2006 por la

⁶ Microgramo por metro cúbico normal (condiciones Normales, Temperatura = 25 °C y Presión = 1 atm).

SEREMI de Salud del Maule. La Resolución N° 12 del 4 de febrero 2010 declara zona saturada por material particulado respirable (MP10) a las comunas de Talca y Maule. Reconociendo la existencia de un problema en desarrollo y con el fin de abordar adecuadamente su solución, la Seremi de Medio Ambiente de la Región Maule junto con el apoyo experto de la SEREMI de Salud de la Región del Maule y la SEREMI de Agricultura de la Región del Maule han contribuido de manera sustancial a la generación de antecedentes técnicos, tanto con el desarrollo de un inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos, como en la definición de área de influencia de las emisiones que causan el efecto de saturación por MP10 en la ciudad de Talca. (Inventario de Emisiones de Contaminantes Atmosféricos y Definición de Área de Influencia de las Emisiones que Causan el Efecto de Saturación por MP10 en la Ciudad de Talca estudio contratado por CONAMA y desarrollado por AMBIOSIS).

Algunos de los principales resultados del estudio y del análisis realizado por los profesionales de la SEREMI de Medio Ambiente de la Región del Maule y el Ministerio de Medio Ambiente en base a los datos del monitoreo realizado en la ciudad de Talca y al estudio antes mencionado indican que las mayores concentraciones de MP10 se observan principalmente a la zona urbana de Talca donde se superó el valor límite de concentración de MP10 que estipula la norma anual de MP10 (D.S. N° 59/1998). Así, se comprueba que las emisiones de MP10 por combustión residencial de leña se distribuyen por toda la zona urbana de Talca alcanzando actualmente la zona urbana norte de la comuna de Maule, adyacente a la comuna de Talca. Además, el crecimiento del área urbana de la comuna de Talca, se ha caracterizado en los últimos años por una expansión hacia las zonas periféricas de la ciudad, siendo este efecto más notorio al sur de la comuna, traspasando su límite comunal, estableciendo de este modo, asentamientos urbanos insertos en el radio urbano de la ciudad de Talca, pero que forman parte del territorio comprendido al norte de la comuna de Maule, según el Informe Técnico para Declarar Zona Saturada por Material Particulado Respirable MP10, a las Comunas de Talca y Maule.

De acuerdo a la Ley 19.300 de Bases Generales del Medio Ambiente, y al reglamento para la dictación de normas de calidad y emisión (D.S. N° 93/95 MINSEGPRES), se exige el requisito de evaluación económica y social de los anteproyectos de planes y normas ambientales. La Ley, en términos generales establece que dentro de la etapa de dictación de normas se debe realizar un "Análisis Técnico y Económico". El reglamento especifica que este análisis "deberá evaluar los costos y beneficios para la población, ecosistemas o especies directamente afectadas o protegidas; los costos y beneficios a él o los emisores que deberán cumplir con la norma; y los costos y beneficios para el Estado como responsable de la fiscalización del cumplimiento de la norma".

En este contexto, surge la necesidad de elaborar el estudio para el Análisis General del Impacto Económico y Social (AGIES) del Plan de Descontaminación Atmosférica de Talca y Maule (PDATM), el cual proporcionará antecedentes técnicos, económicos y sociales que permitan complementar y facilitar la óptima construcción del Plan señalado.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Contar con los antecedentes técnicos y económicos que sirvan de insumo para la elaboración del anteproyecto de Plan de Descontaminación de las comunas de Talca y Maule.

2.2 Objetivos específicos

- **Objetivo 1:** Identificar las medidas de reducción de emisiones incluidas en la estrategia de leña u otras como quemas agrícolas y que se adecuan a la realidad de la zona.
- **Objetivo 2:** Identificar las medidas de reducción de emisiones incluidas en la estrategia de industrias y que se adecuan a la realidad de la zona.
- **Objetivo 3:** Identificar las medidas de reducción de emisiones incluidas en la estrategia de transporte y que se adecuan a la realidad de la zona.
- **Objetivo 4:** Evaluar la factibilidad técnica y económica de la aplicación de las medidas de reducción de emisiones de material particulado necesarias para dar cumplimiento a la normativa vigente MP10 y MP2,5, identificadas en los objetivos anteriores.
- **Objetivo 5:** Proponer alternativas de calefacción residencial a través de energías renovables no convencionales (ERNC) para la zona a estudiar como calefacción distrital, sistemas térmicos solares, entre otras, entregando información económica, técnica y ambiental.
- **Objetivo 6:** Evaluar la costo-efectividad de las medidas identificadas en el objetivo anterior que permitan cumplir con la normativa vigente de MP10 y MP2,5.
- **Objetivo 7:** Evaluar el beneficio social en las comunas de Talca y Maule de aplicar las medidas de reducción de emisiones de MP10 y MP2,5, en la salud humana y recursos naturales de estas comunas.
- **Objetivo 8:** Elaborar una versión borrador del anteproyecto de Plan de Descontaminación Atmosférico (PDA) para las comunas de Talca y Maule, y elaborar el Análisis General de Impacto Económico y Social (AGIES) y considerando los antecedentes generados en las etapas anteriores.
- **Objetivo 9:** Proceso de validación y difusión del anteproyecto de PDA a las comunas de Talca y Maule.

3. RESULTADOS

A continuación se entregan los resultados de las actividades correspondientes a los objetivos específicos del estudio:

3.1 Actividad 1. Caracterizar desde el punto de vista técnico la calidad térmica de al menos 40 modelos de vivienda que consuman leña para las comunas de Talca y Maule y cuantificar su demanda energética.

El estudio contempla el análisis en 40 modelos de casas. En el informe 1 se presentó un resultado preliminar y parcial sobre 20 viviendas. En el presente informe se retoma el análisis del primer informe pero se realiza para la totalidad de las 40 viviendas, entregando ahora además los resultados definitivos.

3.1.1 Estudios previos relacionados con el tema

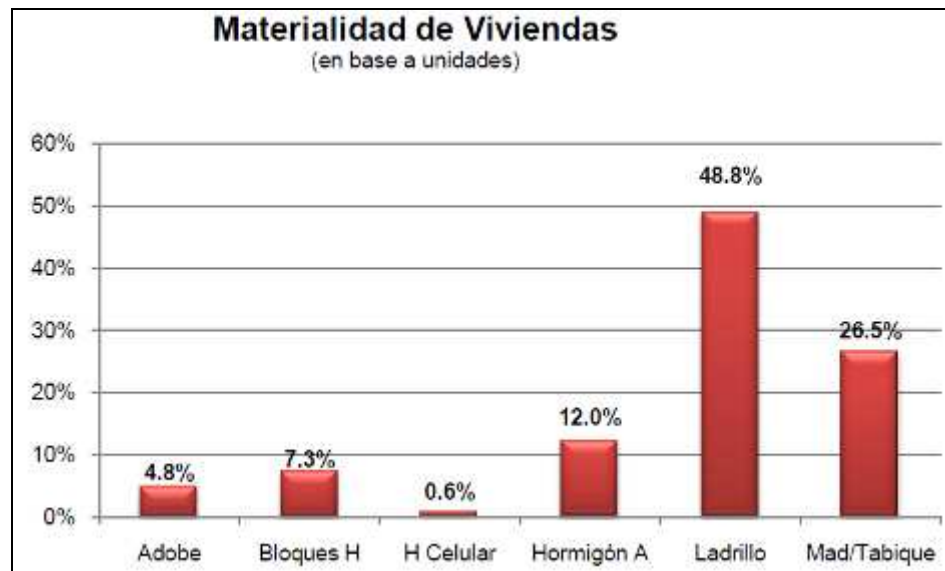
En los últimos años se han realizado al menos 2 estudios previos que están directamente relacionados con la temática del presente informe, éstos son el “Estudio de Usos Finales y Curva de Oferta de Conservación de la Energía en el Sector Residencial de Chile” y “Evaluación independiente del subsidio de reacondicionamiento térmico de viviendas”. El primer estudio corresponde al primer proyecto global que se realiza en Chile, tendiente a determinar los consumos energéticos en el sector residencial (reales y por tipo de consumo) así como determinar las medidas de eficiencia energética posibles de implementar. Es básicamente una auditoría energética realizada a todas las viviendas en Chile; y como tal, fue validado y corregido con el balance de energía nacional. El segundo estudio, tiene la particularidad de que es el primer estudio a nivel de todo el sur de Chile (de Rancagua a Coyhaique) en que se determinan los consumos reales de energía en las viviendas y se comparan los consumos antes y después de trabajos de reacondicionamiento térmico que involucran la incorporación de elementos de eficiencia energética en las viviendas. Es la primera vez en Chile que se aplican modelos teóricos que permiten calcular con precisión los consumos reales de las viviendas. Ambos proyectos se basan en encuestas y mediciones en terreno, así como en modelos teóricos.

El equipo de trabajo del presente proyecto participó en los dos proyectos antes mencionados; por tanto, el presente estudio recoge los resultados y experiencias de los dos estudios, de tal forma de utilizar la mejor metodología disponible en la actualidad para abordar el presente estudio. El diseño del análisis térmico de las viviendas se basa en ambas experiencias previas, las cuales se han mejorado, dadas las nuevas investigaciones y estudios que se han realizado en el tema. A continuación se presentan los principales resultados de los estudios.

Usos finales y curva de oferta de conservación de la energía

Respecto a las tipologías de viviendas se define que a nivel nacional el 37,8% corresponde a viviendas aisladas, el 38,7% a pareadas, el 9,4% a viviendas en fila y el 14,1% a departamentos. No se disponen de datos generales desagregados por zona, pero se sabe que la gran mayoría de los departamentos se concentran en la región metropolitana y en la quinta región, por tanto, se espera que en Talca el número de departamentos sea muy inferior.

Respecto a la materialidad, los valores se muestran en la figura siguiente.



Fuente: Usos finales y curva de oferta de conservación de la energía

FIGURA 3.1-1. MATERIALIDAD DE LAS VIVIENDAS A NIVEL NACIONAL PARA EL AÑO 2009.

No se disponen de datos desagregados por zona, por tanto se debe ser muy cuidadoso al aplicar estos datos a la zona de Talca, ya que se sabe que los bloques de hormigón son más usados en la zona norte y a medida que se va hacia el sur, aumenta el porcentaje de viviendas de madera. Por tanto, cuando se analicen en detalle los resultados para Talca, estos valores solo se tendrán como referencia comparativa, ya que no se espera que sean muy representativos.

Respecto al consumo de energía, las conclusiones principales indican que el consumo promedio nacional de energía de una vivienda son 10.232 kWh/año de energía final, lo que es incluso superior al consumo de energía promedio de las viviendas en España, que es del orden de 8.270 kWh/año. Sin embargo, este alto valor se encuentra fuertemente influenciado por el alto consumo de leña en la zona sur del país; de hecho, si se descuenta este valor, el consumo promedio anual de energía final es del orden de 4.470 kWh/año. Esto último se debe principalmente a la disponibilidad y bajos precios de la leña respecto a otros combustibles.

Para la zona térmica 4 se indica que el 58% de las viviendas usa leña para calefacción y sólo un 4,5% no usa calefacción. El 63% de las viviendas que usan leña, declaran usar leña seca o certificada. Notar que las ciudades principales de la zona térmica 4 van desde Curicó a Concepción, por tanto estos valores corresponden al promedio de todas estas localidades.

Para la zona térmica 4, el consumo promedio de energía en calefacción es de 9.236 kWh/año, de los cuales 8.116 kWh/año corresponden a leña y 1.120 kWh/año corresponden a otros combustibles. Si se considera que hay más de un 40% de hogares que no usan leña, se

puede concluir que los hogares que no usan leña consumen una cantidad de energía en calefacción mucho menor que los que si la usan.

Estos valores deben ser considerados solo como ordenes de magnitud. Se espera que los resultados recopilados en el presente estudio sean mucho más precisos, ya que por un lado se refieren específicamente a la zona de Talca y por otro lado la metodología aplicada para recopilar la información ha sido corregida y mejorada respecto al estudio anterior, en base a la experiencia adquirida.

Respecto a las medidas de eficiencia energética a aplicar, se debe considerar que el estudio previo se refiere a todas las medidas para todos los usos de la casa: calefacción, agua caliente sanitaria, electrodomésticos, cocina, etc. El presente estudio se centra en el análisis de la calefacción, ya que es el principal uso por el cual se consume leña.

La medida que aparece como más costo efectiva es la aislación de techos para viviendas que no tienen este tipo de aislación, la cual tiene un costo neto de aproximadamente -1,7 UF/MWh. El valor negativo implica que el Valor Actual Neto (VAN) es positivo. Es decir, aislar el techo permite un ahorro de 1,7 UF por cada MWh ahorrado. Esto implica que los dineros invertidos en esta medida no solo se recuperan con los ahorros en los gastos de operación, sino que además se gana dinero. Luego, viene el uso de leña seca o certificada, la aislación de muros, el uso de ventanas termopanel, uso de bombas de calor, entre otras. Los valores de ahorro varían en forma considerable dependiendo de si se tratan de viviendas nuevas o existentes, de la zona térmica y del tipo de combustible que están ahorrando. Por tanto, nuevamente, los resultados del estudio del año 2009 son solo referenciales. Los valores a usar en el presente estudio se mejorarán, ya que se hace con valores específicos de la zona de Talca, y se han mejorado los métodos de recopilación de información y los modelos matemáticos usados, respecto a los usados en el estudio anterior.

Evaluación del Reacondicionamiento Térmico de Viviendas

En este estudio se evaluaron 75 viviendas entre Talca y Coyhaique durante 2 años. A todas las viviendas se les aplicaron encuestas, mediciones y modelos teóricos, tendientes a obtener el consumo de energía en calefacción. En el año 1, esta metodología se aplicó a viviendas que no cumplían la reglamentación térmica y en el segundo año se aplicó la misma metodología a las mismas viviendas, pero después de un proceso de reacondicionamiento térmico en que se mejoró la aislación del techo, de los muros y de las ventanas. Los resultados muestran que a nivel general (todo el sur de Chile), se tiene un ahorro real de 27% y un aumento de 1 °C en la temperatura interior (mejor confort interior). Se estima que un aumento de temperatura interior de 1 °C, es equivalente a un 15% adicional de ahorro de energía. Para la región del Maule, los ahorros se estimaron en un 20%. La razón de los menores ahorros en Maule se debe principalmente a problemas que se tuvieron en el diseño y ejecución en las viviendas incluidas en la muestra. A nivel general, se estima que el ahorro hubiera podido ser significativamente mayor, el principal problema fueron las ampliaciones. Se estima que con algunas modificaciones al sistema, el ahorro puede aumentar a valores del orden de 50%.

3.1.2 Descripción de la actividad

En el presente informe se incluyen los resultados de un total de 40 viviendas estudiadas para las comunas de Talca y Maule. A estas viviendas se les realizó un análisis detallado y exhaustivo de todos los elementos relevantes para caracterizar, desde el punto de vista técnico, la calidad térmica de las viviendas que consumen leña y cuantificar la demanda energética de están dentro del radio urbano de las comuna de Talca y Maule.

Parte de los resultados del presente estudio están relacionados con determinar el comportamiento de las viviendas, según si cumplen o no con la reglamentación térmica. Este análisis se orienta a ver la diferenciación en el comportamiento de las viviendas con y sin aislación. Se consideró diferenciar las viviendas en relación al año de construcción, dado que la primera etapa de la reglamentación térmica entró en vigencia el año 2000. Esta reglamentación especifica los requerimientos de aislación térmica de los techos de la vivienda. La segunda etapa de la reglamentación especifica requerimientos de aislación para los muros, ventanas y pisos ventilados, y entró en vigencia el año 2007. Por tanto, se consideraron para el análisis viviendas anteriores al año 2000 que corresponden generalmente a viviendas sin aislación y viviendas posteriores al 2008, correspondientes a viviendas que cumplen con la nueva reglamentación térmica, y en consecuencia poseen aislación térmica. Sin embargo, en la práctica algunas viviendas previas al 2007 se encontraban con un cierto nivel de aislación térmica, principalmente en los techos.

Para la selección de las viviendas se procedió a hacer un levantamiento mediante Google Earth con el objetivo de determinar los barrios de Talca que fueron construidos antes del 2000 y después del 2007 mediante la galería de imágenes históricas de esta aplicación. Esto se hace con la función del Google Earth que permite visualizar imágenes satelitales tomadas en diferentes años. Para Talca, las primeras imágenes datan del 2002, por tanto, no se tenía certeza si las viviendas que aparecían ya existentes en 2002 eran de antes del año 2000. Para aclarar esta información para las viviendas de interés, se consultó la fecha de construcción de las viviendas directamente a la Municipalidad por las fechas de construcción. Luego, se realizó un análisis territorial tendiente a aparejar cada barrio post 2007 con un barrio pre 2000 similar, tanto en cercanía (barrios vecinos) como en agrupamiento, tamaño de las viviendas, tipo de construcción, etc. Como se explicó previamente, el consumo de energía depende mucho de una serie de factores; por tanto, para poder diferenciar el efecto de la aislación es necesario tratar de inhibir de la mejor forma posible el resto de los factores, lo que implica tomar casas de pares una aislada y otra sin aislación y el resto de los parámetros lo más similar posible. Como los barrios post 2007 no son muchos⁷, el número de posibilidades se reduce bastante. Posteriormente, por cada barrio se tomaron dos casas para tener también una medida de la dispersión del consumo de energía entre dos casas similares (incluida el nivel de aislación) teniendo como principal diferenciación solo la familia que la habita. Luego, se trató de tener la mayor diversidad de viviendas en la muestra, diferentes tamaños, materialidades, agrupamiento, número de pisos, etc. Finalmente, para el grupo de viviendas nuevas fue difícil realizar la selección, debido a que con todas las restricciones se había reducido en forma muy

⁷ Según la Cámara Chilena de la Construcción (CChC), en Chile se renueva el parque residencial a una tasa de entre 1,5 a 2,5% promedio anual. Esto implica que las viviendas post 2007, serán del orden de entre 7,5 a 12,5% del total de viviendas existentes. Eso se corroboró en forma cualitativa con el análisis de Google Earth donde se muestran las fotos por años y se determinan los paños construidos entre una foto y otra.

significativa el número de viviendas posibles. Sin embargo, de todas formas, al final se logró cumplir con las expectativas de la muestra.

Se debe aclarar también, que en la práctica no se puede hablar de casas con y sin aislación, ya que por ejemplo un muro de madera aunque no tenga aislación tiene menores pérdidas que un muro de ladrillo. Por tanto, para ser más precisos se identifican los grupos como “bajo nivel de aislación” y “aislación mejorada”, ya que estos conceptos representan mejor la realidad de nuestro país. El grupo “aislación mejorada” no es sinónimo de buena aislación, ya que se demuestra que para considerar una vivienda bien aislada, deberían tenerse estándares superiores a éstos.

La tabla siguiente muestra la identificación y los parámetros principales de cada una de estas viviendas, mientras que el *Anexo A* contiene las fichas con la información gráfica de cada una de las viviendas estudiadas.

TABLA 3.1-1. IDENTIFICACIÓN DE LAS VIVIENDAS Y SUS PARÁMETROS PRINCIPALES.

Identificación	Superficie construida	Tipología	Materialidad Muros	Año Construcción	Aislación Muro	Aislación Techo	Ventana Termopanel
Viviendas con bajo nivel de aislación (No cumple con reglamentación térmica)							
casa 01	49,6	1 piso - pareada	albañilería	antes del año 2000	no	no	no
casa 02	61,5	1 piso - pareada	albañilería	antes del año 2000	no	no	no
casa 03	78,1	1 piso - pareada	albañilería	antes del año 2000	no	no	no
casa 04	78,0	1 piso - pareada	albañilería	antes del año 2000	no	no	no
casa 05	79,0	1 piso - asilada	albañilería	antes del año 2000	no	si	no
casa 06	80,0	1 piso - asilada	albañilería	antes del año 2000	no	si	no
casa 07	82,0	1 piso - asilada	albañilería	antes del año 2000	no	si	no
casa 08	75,0	1 piso - asilada	albañilería	antes del año 2000	no	si	no
casa 09	67,0	2 pisos - pareada	mixta	antes del año 2000	no	si	no
casa 10	44,0	1 piso - pareada	albañilería	antes del año 2000	no	si	no
casa 11	89,0	2 pisos - aislada	mixta	antes del año 2000	no	si	no
casa 12	81,0	1 piso - pareada	albañilería	antes del año 2000	no	no	no
casa 13	86,0	1 piso pareada	albañilería	antes del año 2000	no	no	no
casa 14	88,9	1 piso aislada	mixta	antes del año 2000	no	si	no

CONTINUACIÓN TABLA 3.1-1....

Identificación	Superficie construida	Tipología	Materialidad Muros	Año Construcción	Aislación Muro	Aislación Techo	Ventana Termopanel
casa 15	88.9	1 piso aislada	mixta	antes del año 2000	no	si	no
Viviendas con bajo nivel de aislación (No cumple con reglamentación térmica)							
casa 16	58.1	1 piso pareada	albañilería	antes del año 2000	no	si	no
casa 17	72.0	1 piso aislada	albañilería	antes del año 2000	no	si	no
casa 18	66.0	1 piso pareada	albañilería	antes del año 2000	no	no	no
casa 19	83.3	1 piso pareada	albañilería	antes del año 2000	no	no	no
casa 20	108.0	2 pisos pareada	albañilería	antes del año 2000	no	no	no
Viviendas con aislación mejorada (cumplen con la reglamentación térmica)							
casa 21	68,1	2 pisos - aislada	mixta	después del año 2008	si	si	no
casa 22	68,0	2 pisos - aislada	mixta	después del año 2008	si	si	no
casa 23	46,2	1 piso - aislada	albañilería	entre los años 2000-2008	si	si	no
casa 24	89,0	2 pisos - aislada	mixta	entre los años 2000-2008	si	si	no
casa 25	140	1 piso - aislada	hormigón celular	entre los años 2000-2008	si	si	
casa 26	170	1 piso aislada	albañilería	antes del año 2000	no	si	no
casa 27	42,8	1 piso - pareada	albañilería	después del año 2008	si	si	no
casa 28	43,0	1 piso - pareada	albañilería	después del año 2008	si	si	no
casa 29	79,0	2 pisos - pareada	Mixta	antes del año 2000	no	si	si
casa 30	82,6	2 pisos - pareada	Mixta	antes del año 2000	no	si	si
casa 31	74.0	2 pisos - pareada	Mixta	después del año 2008	si	si	si
casa 32	74.0	2 pisos - pareada	Mixta	después del año 2008	si	si	si

CONTINUACIÓN TABLA 3.1-1....

Identificación	Superficie construida	Tipología	Materialidad Muros	Año Construcción	Aislación Muro	Aislación Techo	Ventana Termopanel
casa 33	85.0	2 pisos pareada	Mixta	año 2002	no	si	no
casa 34	107.5	2 pisos - pareada	Mixta	antes del año 2000	no	si	50%
casa 35	81.0	2 pisos - pareada	Mixta	después del 2008	si	si	no
casa 36	81.0	2 pisos pareada	Mixta	después del 2008	si	si	no
casa 37	83.5	2 pisos - pareada	Mixta	después del 2008	no	si	no
casa 38	107.0	2 pisos - pareada	Mixta	entre los años 2000-2008	no	si	no
casa 39	81.8	2 pisos - pareada	Mixta	después del 2008	no	si	si
casa 40	81.8	2 pisos - pareada	Mixta	después del 2008	si	si	si
casa 41	81.8	2 pisos pareada	Mixta	después del 2008	si	si	si

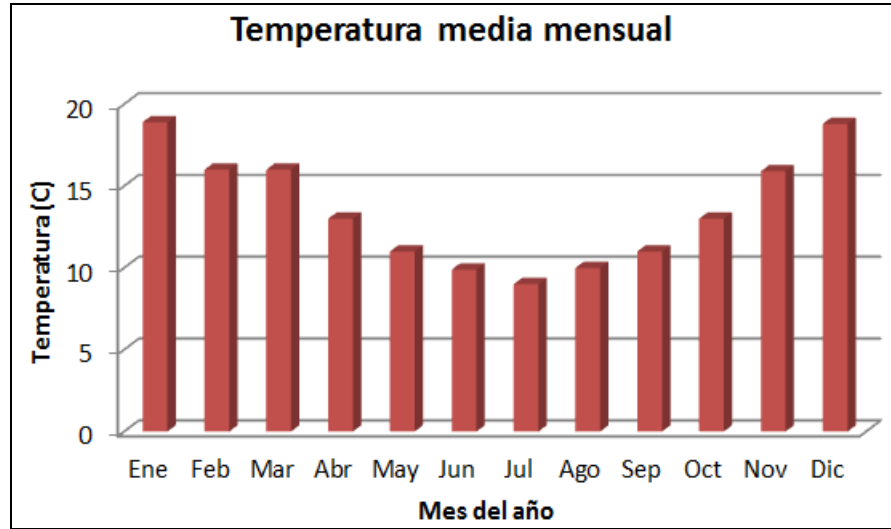
Fuente: Elaboración propia

Nota: La materialidad "Mixta" se refiere a viviendas con el primer piso de ladrillo y el segundo de tabiquería liviana (madera o Metalcon).

3.1.3 Climatología de la zona

Según la norma Chilena NCh N° 1079, la ciudad de Talca se clasifica en la zona Central Interior. Otras ciudades importantes de esta zona son: Los Andes, Santiago, Curicó, Linares y Chillán. Esta zona se define como de clima mediterráneo, temperaturas templadas, inviernos de 4 a 5 meses, vegetación normal, lluvias y heladas en aumento hacia el sur, insolación intensa en verano, oscilación diaria de temperatura moderada, aumentando hacia el este y viento del sur oeste (SW). Por tanto, esta zona se caracteriza por inviernos fríos, veranos calurosos, alta oscilación térmica diaria de la temperatura en verano y oscilación media en invierno.

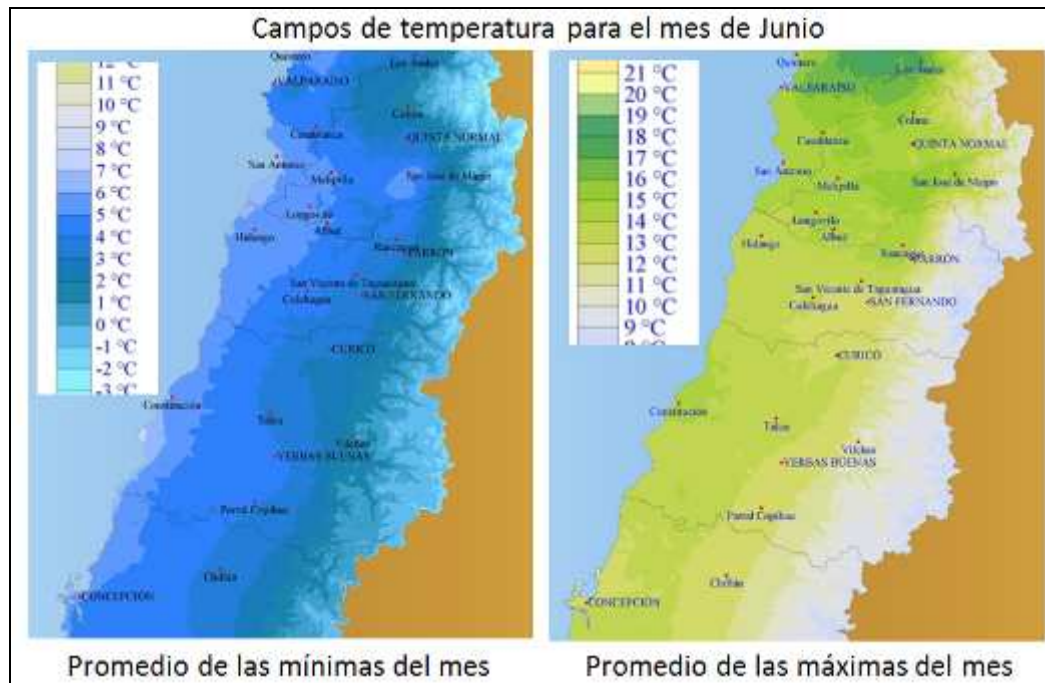
La figura siguiente muestra la temperatura media mensual para todos los meses del año, donde la temperatura media anual es de 13,6 °C.



Fuente: Confección propia a partir de anexos de temperaturas medias para la franquicia tributaria para colectores solares.

FIGURA 3.1-2. TEMPERATURA MEDIA MENSUAL PARA TALCA.

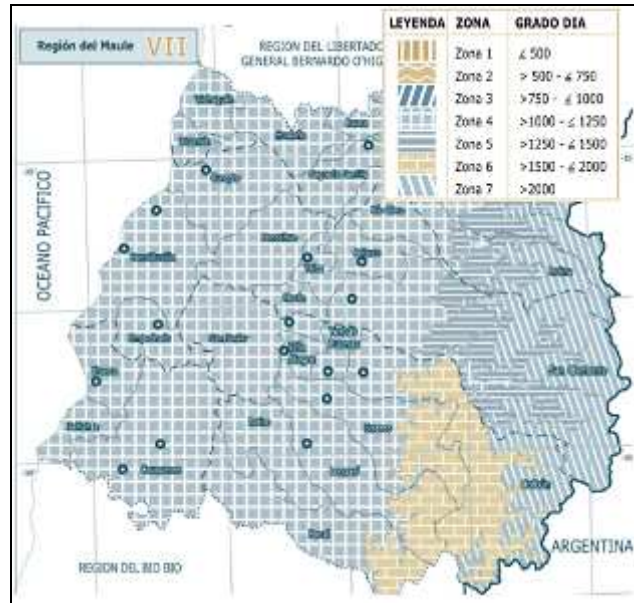
La figura siguiente muestra los campos de temperatura para la región central del país. En esta figura se observan las temperaturas extremas para un mes de invierno en Talca con respecto a otras ciudades del centro del país.



Fuente: Dirección Meteorológica de Chile.

FIGURA 3.1-3. CAMPOS DE TEMPERATURAS PARA EL MES DE JUNIO

De acuerdo a la reglamentación térmica de la ordenanza general de urbanismo y construcciones, la ciudad de Talca se encuentra en la zona térmica 4. La figura siguiente muestra la Región del Maule con las diferentes zonas térmicas asociadas a esta región.



Fuente: MART (manual de aplicación de la reglamentación térmica).

FIGURA 3.1-4. ZONAS TÉRMICAS DE LA REGIÓN DEL MAULE.

Como se observa, prácticamente toda la región se encuentra en la zona térmica 4, excepto los lugares cordilleranos y precordilleranos (mayor altura sobre el nivel del mar), donde se tienen sectores con zona 5, 6 y 7.

Todas las fuentes de información mostradas previamente confirman que al menos desde el punto de vista del invierno, la zona de Talca y Maule es una localidad típica de la zona 4, con inviernos fríos y amplitud térmica moderada en invierno. La mayor desviación respecto a lo típico de la zona 4 es que los inviernos son un poco más cortos.

3.1.4 Determinación de los coeficientes de transmitancia térmica (U)

El cálculo de los valores de transmitancia térmica (U) para todos los paramentos exteriores de las viviendas bajo estudio se basa en la Norma Chilena NCh N° 853. Adicionalmente, se utilizan elementos de la Ordenanza General de Urbanismos y Construcciones (OGUC), los anexos del software CTE_CL y en la reglamentación para la Calificación Energética de Viviendas del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) para caracterizar mejor estos elementos. Cabe señalar, que todas las fuentes citadas anteriormente se basan en la norma NCh N° 853 y la diferencia principal entre cada una de ellas es la forma como se certifican los parámetros utilizados.

En la práctica, se usa la herramienta de cálculo del sistema de Calificación de Viviendas Existentes de Chile para el cálculo de los valores de U. Esta herramienta calcula el valor de U en base a la siguiente ecuación:

$$R = \frac{1}{h_{si}} + \sum \frac{e}{k} + \sum R_a + \frac{1}{h_{se}}$$

Los valores de h_{si} y h_{se} y R_a son valores fijos que se utilizan tanto en los sistemas de calificación, como en la ordenanza y en la norma chilena. Los valores de “e” (espesor de los componentes) se obtiene de los planos, y los valores de k (conductividad térmica de los materiales) se obtienen de la base de datos del sistema de calificación energética de viviendas existentes, la cual a su vez proviene de la norma chilena NCh N° 853.

La figura 4.1.5 muestra la interfase gráfica de los resultados de un ejemplo del cálculo de la resistencia térmica de un muro. Los resultados para los otros casos se muestran en el Anexo A.

Anexo de procedimientos de cálculos - Calificación Térmica de Viviendas Existentes													
Cálculo de Resistencia Térmica													
Convección Interior		R		0.12		Tipo de aplicación :		Muro vertical					
Convección exterior		R		0.05									
U promedio del muro incluida estructura				2.84		W/m2K							
Parte principal del muro			%		85%		Estructura			%		15%	
Capas de materiales		k	e (mm)	R	Capas de materiales		k	e (mm)	R				
Mortero de cemento	1.400	15	0.01	Hormigon Armado		1.630	180	0.11					
Muro de ladrillo macizo	0.850	150	0.18	No hay		0.000	0	0.00					
Mortero de cemento	1.400	15	0.01	No hay		0.000	0	0.00					
No hay	0.000	0	0.00	No hay		0.000	0	0.00					
No hay	0.000	0	0.00	No hay		0.000	0	0.00					
Espacios de aire verticales													
No hay				0.00									
No hay				0.00									
Espacio de aire horizontal													
No hay				0.00									
R Total				0.37		R Total				0.28			
U				2.71		U				3.56			

Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.1-5. EJEMPLO DE CÁLCULO DE LA RESISTENCIA TÉRMICA DEL MURO DE UNA VIVIENDA.

Como se puede ver, el cálculo del U de un elemento (en este caso del muro), se puede dividir en el U de la parte principal y el U de la estructura. Luego, el valor a usar corresponde al promedio ponderado por las superficies entre el U del muro y el U de la estructura. La reglamentación térmica limita solo el valor de U del muro sin considerar la estructura.

Los valores de U para todos los elementos considerados en este informe se muestran en la tabla siguiente. Los cálculos de todos los muros se muestran en Anexo A. Para los parámetros exteriores de la vivienda, el porcentaje de ventanas de la vivienda se calcula en base al procedimiento de la OGUC. Este se calcula mediante la ecuación siguiente:

$$F_v = \frac{A_v}{A_m}$$

Donde A_v es el área total de ventanas de la vivienda y A_m es el área total de paramentos verticales de la envolvente incluyendo ventanas, muros exteriores y medianeros. En la tabla 4.1.3. se muestran los valores de F_v para las viviendas consideradas en este informe

TABLA 3.1-2. VALORES DE U [W/m² K] PARA LOS DIFERENTES ELEMENTOS DE LAS VIVIENDAS CONSIDERADAS EN ESTE INFORME

viviendas con bajo nivel de aislación				Viviendas con aislación mejorada			
Casa	U muro 1	U muro 2	U de techo	Casa	U muro 1	U muro 2	U de techo
1	2,84	-	3,70	21	2,02	1,38	0,48
2	2,84	-	3,70	22	2,02	1,38	0,48
3	2,84	-	3,41	23	2,02	-	0,48
4	2,84	-	3,40	24	2,02	1,38	0,48
5	2,84	-	0,83	25	2,02	-	0,48
6	2,84	-	0,83	26	2,02	-	0,81
7	2,92	-	0,68	27	2,02	-	0,48
8	2,92	-	0,68	28	1,98	-	0,48
9	2,92	2,41	0,68	29	2,84	1,38	0,48
10	2,92	-	0,51	30	2,02	1,38	0,48
11	2,84	2,7	0,83	31	2,02	0,76	0,48
12	2,84	-	3,70	32	2,02	0,76	0,48
13	2,84	-	3,70	33	2,02	1,84	0,48
14	2,84	2,19	0,46	34	2,02	1,84	0,48
15	2,84	2,19	0,46	35	2,02	0,64	0,48
16	2,84	-	0,83	36	2,02	0,64	0,48
17	2,84	-	0,83	37	2,02	2,00	0,48
18	2,84	-	2,50	38	2,02	2,00	0,48
19	2,84	-	2,50	39	2,02	0,47	0,48
20	2,84	1,71	0,75	40	2,02	0,47	0,48
				41	2,02	0,47	0,48

Fuente: Elaboración propia

Como se observa, la tendencia con el tiempo es que las tipologías de viviendas nuevas están más orientadas a viviendas mixtas (con muro de ladrillo y hormigón). Esta tendencia está mucho más marcada que en el caso de las viviendas con bajo nivel de aislación (construidas antes del año 2000).

Se puede observar también que en la práctica, para un porcentaje de los casos la diferencia en los niveles de aislación no es muy grande. En efecto, desde el punto de vista de muros, en general la reducción teórica del U no es superior al 30%. En la práctica es posible que la diferencia sea menor, ya que la mayor parte de las soluciones de viviendas de aislación mejorada usan la solución constructiva del muro de ladrillo especial. Esta solución, si bien es cierto está acreditada, para que se obtenga realmente el U especificado se requiere un proceso constructivo del muro bien específico, cuidando sobre todo la cantidad de mortero de pega entre los ladrillos. Esto no siempre se cumple en obras. Respecto a la diferencia de aislación del techo, esta si es significativa, entre un techo con y sin aislación, sin embargo, se encontró que algunas viviendas construidas previo al 2000, tenían algún tipo de aislación en el techo, producto de iniciativas particulares.

TABLA 3.1-3. VALORES DE FV PARA LAS VIVIENDAS CONSIDERADAS

Casa	Area ventanas (m ²)	Area de muro (m ²)	Fv
1	7,7	65,9	0,12
2	8,4	65,9	0,13
3	16,4	94,2	0,17
4	16,4	94,2	0,17
5	19,0	91,7	0,21
6	19,6	91,7	0,21
7	12,0	91,0	0,13
8	12,0	91,0	0,13
9	7,5	87,5	0,09
10	7,6	61,6	0,12
11	14,0	132,0	0,11
12	7,7	92,8	0,08
13	8,4	90,6	0,09
14	9,0	93,1	0,10
15	8,4	115,3	0,07
16	5,0	73,3	0,07
17	5,0	86,3	0,06
18	12,0	99,5	0,12
19	10,5	112,5	0,09
20	9,7	136,4	0,07
21	10,5	101,2	0,10
22	10,5	101,2	0,10
23	11,1	63,9	0,17
24	16,1	127,0	0,13
25	36,6	140,2	0,26
26	39,8	157,0	0,25
27	5,1	60,6	0,08
28	5,1	60,6	0,08
29	7,9	115,1	0,07
30	10,1	124,3	0,08
31	8,5	93,8	0,09
32	8,5	93,8	0,09
33	13,3	106,9	0,12
34	17,5	133,6	0,13
35	13,6	105,7	0,13
36	14,8	104,6	0,14
37	12,9	103,7	0,12
38	17,8	118,3	0,15
39	11,9	104,9	0,11
40	11,9	104,0	0,11
41	11,9	104,0	0,11

Fuente: elaboración propia

3.1.5 Verificación el cumplimiento de las exigencias del artículo 4.1.10 de la OGUC

La siguiente tabla resume las exigencias del artículo 4.1.10 de la O.G.U.C. respecto a los valores de U. Esta se ha extraído del Manual de la Reglamentación Térmica. La ciudad de Talca se encuentra en la zona térmica 4, por tanto para cumplir con la reglamentación se requiere cumplir con las siguientes exigencias.

El U de la techumbre debe ser inferior a 0,38 [W/m²K] y el U de los muros inferior a 1,7 [W/m²K].

TABLA 3.1-4. EXIGENCIAS DEL ARTÍCULO 4.1.10 DE LA O.G.U.C.

ZONA	TECHUMBRE		MUROS		PISOS VENTILADOS	
	U W/m ² K	Rt m ² K/W	U W/m ² K	Rt m ² K/W	U W/m ² K	Rt m ² K/W
1	0,84	1,19	4,0	0,25	3,60	0,28
2	0,60	1,67	3,0	0,33	0,87	1,15
3	0,47	2,13	1,9	0,53	0,70	1,43
4	0,38	2,63	1,7	0,59	0,60	1,67
5	0,33	3,03	1,6	0,63	0,50	2,00
6	0,28	3,57	1,1	0,91	0,39	2,56
7	0,25	4,00	0,6	1,67	0,32	3,13

Fuente: O.G.U.C.

La reglamentación térmica impone los valores de U máximo para los elementos de la envolvente sin considerar la estructura. Esto no es muy representativo, ya que lo que importa es el valor de U del conjunto incluyendo la estructura. Por ejemplo, Las viviendas que tienen un valor de U del techo de 0,48 en este estudio, tienen efectivamente un valor de U de la parte principal menor a 0,38, pero cuando se agrega el efecto de la estructura, el valor total combinado alcanza a 0,48. Por tanto, estas viviendas si cumplen con la reglamentación térmica.

Algo similar sucede con la aislación de los muros. Por ejemplo, las viviendas de la tabla 4.1-2 que tienen un U de 2,02 y 1,98, debido a que el U de la parte principal es menor a 1,7, si cumplen con la reglamentación térmica. Por tanto, se puede indicar que todas las viviendas del grupo de aislación mejorada cumplen con la reglamentación térmica en relación a las exigencias de muros y techumbre.

Se debe indicar también que los valores de la tabla 4.1-2 se han realizado en base al U del conjunto incluida la estructura, ya que es más representativo para el análisis y es lo que se está utilizando últimamente como valor de referencia (reglamentación térmica y otros estudios oficiales).

La tabla siguiente resume las exigencias respecto a la superficie de ventanas de la vivienda.

TABLA 3.1-5. EXIGENCIA DE LA O.G.U.C. PARA LAS SUPERFICIES DE VENTANA

VENTANAS			
ZONA	% Máximo de Superficie Vidriada Respecto a Paramentos Verticales de la Envolvente		
	Vidrio Monolítico (b)	DVH Doble Vidriado Hermético (c)	
		$3.6 \text{ W/m}^2\text{K} \geq U > 2.4 \text{ W/m}^2\text{K}$ (a)	$U \leq 2.4 \text{ W/m}^2\text{K}$
1	50%	60%	80%
2	40%	60%	80%
3	25%	60%	80%
4	21%	60%	75%
5	18%	51%	70%
6	14%	37%	55%
7	12%	28%	37%

Fuente: O.G.U.C.

Para la zona 4, el porcentaje máximo de ventanas de vidrio monolítico es 21%. Las viviendas 25 y 26 superan este valor. Sin embargo, estas fueron construidas previas al año 2007, por lo que están exentas de cumplir con este requerimiento. En resumen, se puede indicar que todas las viviendas del grupo con aislación mejorada cumplen con la reglamentación vigente en todos sus aspectos.

Las viviendas más antiguas de Talca se encuentran en la zona central de la ciudad. Las figuras siguientes muestran 3 vistas de la zona urbana de Talca – Maule para los años 2003, 2007 y 2013.



Fuente: Imagen de Google Earth.

FIGURA 3.1-6. IMAGEN SATELITAL DE TALCA- MAULE AL 2 DE ENERO DE 2003.



Fuente: Imagen de Google Earth.

FIGURA 3.1-7. IMAGEN SATELITAL DE TALCA- MAULE AL 21 DE DICIEMBRE DE 2007.



Fuente: Elaboración propia con imagen de Google Earth

FIGURA 3.1-8. IMAGEN SATELITAL DE TALCA- MAULE AL 17 DE SEPTIEMBRE DE 2003.

En la figura anterior se muestra también los sectores desarrollados en los últimos años. La zona roja corresponde a sectores que han tenido desarrollo inmobiliario entre los años 2002 y 2007 y los sectores verdes corresponden a sectores que ha tenido desarrollo inmobiliario después del año 2007. Por tanto, el resto de los sectores debería encontrarse una predominancia de viviendas construidas antes del año 2000. Evidentemente, este pequeño análisis no incluye las viviendas remodeladas, reconstruidas, reemplazadas dentro de este sector, pero permite tener una idea del panorama general.

Respecto a la cantidad de viviendas en cada condición, estas se muestran en la tabla siguiente. Esta tabla fue obtenida a partir de la encuesta donde se obtiene el porcentaje de viviendas construidas por tramo de años.

TABLA 3.1-6. NÚMERO DE VIVIENDAS POR AÑO DE CONSTRUCCIÓN

Número de viviendas construidas previas al año 2000	46.334
Número de viviendas construidas entre el los años 2000 y 2008	19.923
Número de viviendas construidas después del año 2008	4.900

Fuente: Elaboración Propia

3.1.6 Análisis del consumo de energía de las viviendas y el efecto de la aislación térmica sobre este parámetro

3.1.6.1 Antecedentes

Panorama Internacional

El problema que se plantea en este estudio, es determinar cuál sería el efecto real sobre el consumo energético, que tendría una mejora en las condiciones de aislación térmica de una vivienda en las zonas urbanas de Talca y Maule. En general, a nivel mundial, este análisis se realiza en base a 2 aproximaciones: mediciones de consumo real y cálculo teórico del consumo de energía. El consumo real de las viviendas en muchos casos en Europa y Estados Unidos es relativamente fácil de medir, ya que se puede conocer con buena precisión los consumos de petróleo (mediante las boletas de compra) o se puede medir el consumo de gas instalando medidores específicos a la entrada de la caldera o contadores eléctricos a la entrada de las bombas de calor. Sin embargo, obtener conclusiones a partir de estas mediciones es complejo, debido a las múltiples variables externas que intervienen en el problema. Por lo tanto, se requiere de un análisis teórico complementario para obtener las conclusiones esperadas.

Para las condiciones de Europa y Estados Unidos, los modelos teóricos funcionan relativamente bien, ya que fueron creados para dicho propósito y fueron validados para estas condiciones. Hasta hace algunos años, estos modelos eran validados con mediciones experimentales en condiciones bastante controladas de todas las variables, esto culminó con el hecho de que los modelos de cálculo llegaron a ser capaces de representar con buena precisión los resultados experimentales bajo condiciones controladas. Sin embargo, en los últimos años se ha tenido en consideración, que si bien es cierto, que los modelos funcionan bien bajo condiciones controladas, no tienen el mismo desempeño cuando se trata de representar las condiciones de uso reales. Esto se debe principalmente a todas las acciones que realiza el ser humano sobre el sistema, y que no están consideradas en los modelos de cálculo. Por tanto, en los últimos años, la investigación en el tema se ha enfocado en considerar estos elementos del comportamiento humano en los modelos de cálculo. Esto está aún a nivel de investigación a nivel mundial, y por supuesto, aún no están incluidos en los paquetes comerciales de cálculo térmico de edificios.

Panorama Nacional

El panorama nacional en este ámbito es mucho más complejo que el internacional, ya que por un lado las mediciones son mucho más complejas y los modelos mucho más alejados de la realidad. Medir el consumo de energía en leña, es mucho más complejo que el gas y la electricidad, ya que no se tiene certeza de la cantidad ni de la calidad de combustible que se compra (muchas veces se hace en pequeñas cantidades muy difíciles de evaluar), y además, no se tiene certeza de la eficiencia de los equipos de combustión utilizados.

Respecto a los modelos de cálculo, el efecto del comportamiento humano es mucho más importante para Chile que para los países de Europa, debido entre otras cosas a que los sistemas de calefacción no tienen control automático y también producto de que las necesidades de calefacción están muy lejos de estar satisfechas, considerando que en muchos casos no se tiene el dinero suficiente para solventar los gastos en energéticos que esto implica.

En Chile, el error en el cálculo del consumo de energía al no considerar el comportamiento humano puede ir de un 20% hasta 500% o más. El error aumenta en la medida de que el clima es más benigno y que se utilicen combustibles más caros. Por lo anterior, es fundamental para tener alguna probabilidad de éxito, trabajar con un modelo que tenga en cuenta el comportamiento humano.

La primera vez que se utilizó este tipo de modelo en Chile fue en el proyecto: Evaluación Independiente del Programa de Reacondicionamiento Térmico de Viviendas, finalizado el año 2012. Es por ello que para el presente proyecto, se aplicará como base el mismo modelo desarrollado en el estudio mencionado, pero mejorado y adaptado a las nuevas condiciones que requieren las viviendas estudiadas en Talca y Maule. También se recalcularán todos los parámetros del modelo en base a información de terreno obtenida específicamente para este proyecto.

3.1.7 Cálculo del consumo de energía mediante aplicación de encuestas a los usuarios.

A los usuarios de las viviendas del estudio se les aplicó una encuesta para determinar diferentes aspectos como el consumo de energía, confort térmico, hábitos, entre otros. El texto de las encuestas se muestra en el *Anexo B* y está basado en el cuestionario diseñado para identificar el consumo residencial de leña en las comunas de Talca y Maule. Los resultados de ellas se irán mostrando en las diferentes etapas del estudio, según corresponda.

Para la determinación del consumo de energía se tienen varias preguntas con la finalidad de verificar la coherencia de ellas. Por ejemplo, se les consulta los gastos en leña, cuánta leña consumen al año, la especie, la humedad, etc. Toda esta información se llevó a un factor común que es kg de leña consumido al año (kg/año). Para ello, se consideran las diferentes formas en que la gente compra la leña y los factores de conversión a kg de leña. Además, los valores se verifican con el costo de la leña, ya que independiente de la forma en que se compre, el costo por kg de leña debe mantenerse dentro de ciertos rangos relativamente acotados.

Para calcular el consumo de energía se multiplica el consumo en kilos por el poder calorífico de la leña. El poder calorífico fue corregido en función de la humedad de la leña. La humedad de la leña se determina en función de la humedad con que se compró, del tiempo de almacenamiento y de las condiciones de almacenamiento en los hogares estudiados.

Finalmente, las emisiones de material particulado MP10 se calculan multiplicando los kilogramos de leña consumidos o ahorrados, por un factor fijo de 17,4 [g/kg de leña]⁸ o 4,1 [g/kWh].

Las tablas siguientes muestran los resultados del consumo de energía obtenidos a través de las encuestas. También se midió la humedad de la leña. Sin embargo, este valor se toma solo como referencial, ya que lo que se requiere es el valor promedio de la humedad de la leña en invierno.

La tabla siguiente muestra los valores de humedad de la leña considerados y el poder calorífico inferior (PCI) utilizado para cada caso.

TABLA 3.1-7. HUMEDAD DE LA LEÑA Y PODER CALORÍFICO UTILIZADO POR VIVIENDA

Casa	% humedad [%]	PC [kWh/kg]	Casa	% humedad [%]	PC [kWh/kg]
1	35%	3,57	21	25%	4,12
2	25%	4,12	22	25%	4,12
3	25%	4,12	23	25%	4,12
4	25%	4,12	24	25%	4,12
5	25%	4,12	25	25%	4,12
6	30%	3,84	26	25%	4,12
7	25%	4,12	27	25%	4,12
8	25%	4,12	28	25%	4,12
9	25%	4,12	29	25%	4,12
10	25%	4,12	30	35%	3,57
11	25%	4,12	31	50%	2,73
12	25%	4,12	32	25%	4,12
13	25%	4,12	33	25%	4,12
14	25%	4,12	34	25%	4,12
15	25%	4,12	35	25%	4,12
16	25%	4,12	36	25%	4,12
17	25%	4,12	37	25%	4,12
18	25%	4,12	38	25%	4,12
19	25%	4,12	39	25%	4,12
20	25%	4,12	40	25%	4,12
			41	25%	4,12

Fuente: elaboración propia

⁸ Este factor corresponde un promedio ponderado que refleja la realidad de los equipos de Talca ya que se calcula como las emisiones totales por fuentes residenciales dividido por el total de consumo de leña. Las emisiones totales fueron obtenidas al ponderar la participación de cada tipo de equipo y contenido de humedad de la leña que fueron levantadas en la encuesta de consumo de leña residencial cuyos resultados fueron presentados en el Informe de Avance N° 1.

Como se observa, en general se consume leña seca (se considera leña seca cuando el contenido de humedad es $\leq 25\%$ en base seca), las viviendas 1 y 30 consumieron mezcla de leña seca y semi-húmeda y la 31 consumió leña semi-húmeda. Los moradores de la vivienda 31 declaran comprar leña semi-húmeda una vez al mes, por tanto, tampoco le da tiempo a secar. Las tablas siguientes muestran los consumos de energía de cada una de las viviendas.

TABLA 3.1-8. RESULTADOS DE LOS CONSUMOS DE ENERGÍA EN LAS VIVIENDAS CON BAJO NIVEL DE AISLACIÓN OBTENIDOS A PARTIR DE LA ENCUESTAS

casa	m ² construidos [m ²]	Consumo energético en leña [kWh/año]	Consumo energético en GLP [kWh/año]	Consumo energético en kerosene [kWh/año]	Consumo energético en Electricidad [kWh/año]	Consumo energético total [Kwh/año]	Consumo energético total [Kwh/ m ² año]
1	49,0	6.184	773	0	0	6.957	142
2	61,5	7.149	0	0	0	7.149	116
3	78,2	11.868	0	0	750	12.618	161
4	78,1	7.149	0	0	0	7.149	92
5	79,0	8.246	193	0	0	8.440	107
6	80,0	10.311	258	0	0	10.569	132
7	82,0	11.916	0	0	0	11.916	145
8	75,0	11.916	0	0	0	11.916	159
9	67,0	19.065	1.547	0	0	20.612	308
10	44,0	4.766	0	0	0	4.766	108
11	89,0	9.533	0	0	0	9.533	107
12	81,0	5.278	0	768	0	6.046	75
13	86,0	14.299	0	0	0	14.299	166
14	88,9	14.299	0	0	0	14.299	161
15	88,9	28.598	0	0	0	28.598	322
16	58,1	7.149	0	0	0	7.149	123
17	72,0	3.463	0	0	0	3.463	48
18	66,0	4.766	0	0	0	4.766	72
19	83,3	11.916	0	0	0	11.916	143
20	108,0	11.916	0	0	0	11.916	110

Fuente: Elaboración propia

TABLA 3.1-9. RESULTADOS DE LOS CONSUMOS DE ENERGÍA EN LAS VIVIENDAS CON AISLACIÓN MEJORADA A PARTIR DE LA ENCUESTAS

casa	m ² construidos [m ²]	Consumo energético en leña [kWh/año]	Consumo energético en GLP [kWh/año]	Consumo energético en kerosene [kWh/año]	Consumo energético en Electricidad [kWh/año]	Consumo energético total [Kwh/año]	Consumo energético total [Kwh/ m ² año]
21	68,1	4.766	0	0	0	4.766	70
22	68,0	11.439	0	0	0	11.439	168
23	46,2	4.290	0	0	0	4.290	93
24	89,0	9.533	0	0	0	9.533	107
25	140,0	18.588	0	0	0	18.588	133
26	170,0	23.831	0	326	500	24.658	145
27	42,8	4.719	0	0	0	4.719	110
28	42,8	21.448	0	0	0	21.448	501
29	79,0	9.533	258	0	0	9.790	124
30	82,6	12.367	0	0	0	12.367	150
31	74,0	6.314	0	0	0	6.314	85
32	74,0	14.299	0	0	0	14.299	193
33	85,0	13.107	0	0	0	13.107	154
34	107,5	11.916	0	0	0	11.916	111
35	81,0	14.299	0	0	0	14.299	177
36	81,0	11.916	0	0	0	11.916	147
37	83,5	7.149	0	0	0	7.149	86
38	107,0	11.868	0	0	0	11.868	111
39	81,8	4.766	0	0	0	4.766	58
40	81,8	18.588	0	0	0	18.588	227
41	81,8	14.299	0	0	0	14.299	175

Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar, no solo se ha considerado el consumo de leña, sino que también el del resto de los combustibles usados para calefacción. Sin embargo, en promedio, el 98% de consumo de energía para calefacción en los hogares estudiados corresponde leña.

Por otro lado, se puede observar que la casa 28 consume un total de 501 [kWh/m²-año] lo cual es más de 3 veces superior al promedio. La razón principal es que utiliza una “estufa de lata” (ver Figura siguiente) que tiene muy baja eficiencia, y además, le regalan la leña. Por tanto, consume una gran cantidad de ella. Para evitar distorsiones, se eliminará esta vivienda para el cálculo de los promedios en lo que resta del estudio, pero si se tendrá en cuenta para las discusiones y conclusiones.



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.1-9. CALEFACTOR TIPO ESTUFA DE LATA

Sin considerar la vivienda 28, el promedio de los consumos da cada grupo de viviendas es el siguiente:

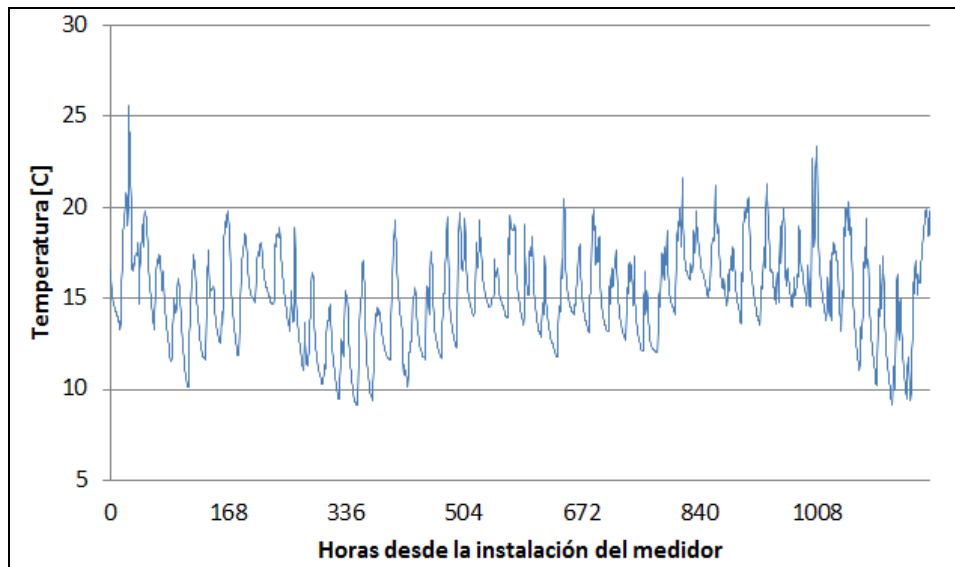
- Promedio de consumo del grupo de viviendas de bajo nivel de aislación: 140 [kWh/m² año]
- Promedio de consumo del grupo de viviendas con aislación mejorada: 134 [kWh/m² año]

Si bien es cierto el consumo es menor para el segundo grupo (4,5%), la diferencia no es significativa. Este tema se desarrollará en detalle más adelante.

Las emisiones de material particulado MP10 varían entre 14,6 a 120,3 kg/año por vivienda. Los valores promedio de emisión por grupo son: para las viviendas con bajo nivel de aislación la emisión es de 0,583 [kg/m² año] y el grupo de aislación mejorada tiene un promedio de 0,558 [kg/m² año] de material particulado MP10 al año.

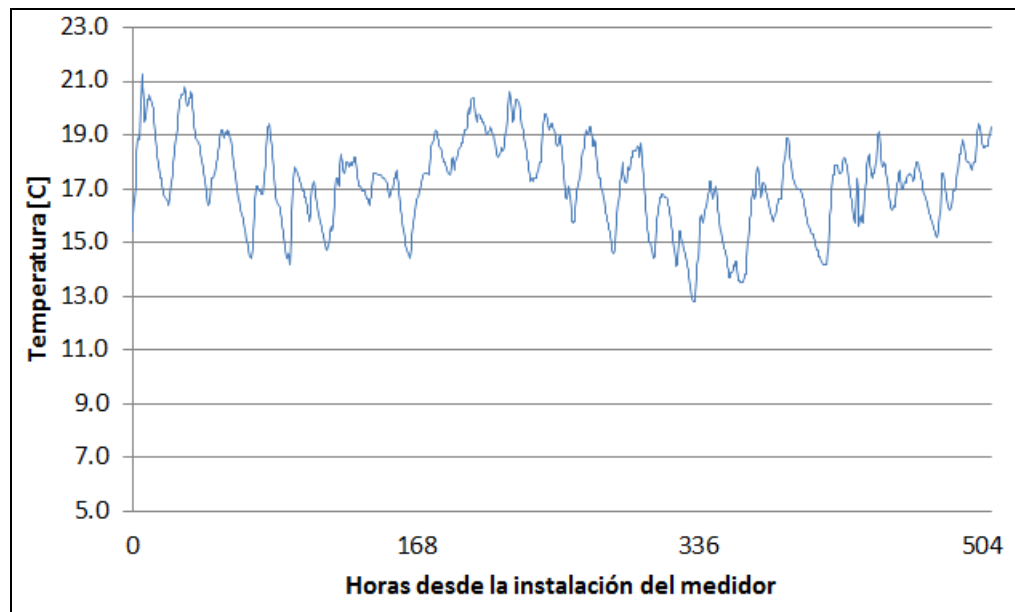
También se midieron las temperaturas en el interior de las viviendas. Para ello se utilizaron registradores portátiles de temperatura (logger). Estos registradores fueron programados para medir temperaturas cada 30 minutos y se dejaron instalados entre uno a dos meses en cada casa. En general, se instalaron en el radio de acción del calefactor pero no expuesto directamente al calor de la estufa.

La figura siguiente muestra un gráfico con las temperaturas medidas en el interior de la casa 1 durante 50 días. Las temperaturas fueron medidas cada 30 minutos y durante las 24 horas del día. La vivienda 1 se calefacciona con una cocina a leña y usa como apoyo un calefactor a gas. La cocina a leña la mantiene encendida en nivel de potencia mínimo durante un promedio de 11 horas al día y durante 4 meses al año.



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.1-10. TEMPERATURAS INTERIORES MEDIDAS EN LA VIVIENDA 1 ENTRE EL 6/6/2013 AL 23/7/2013.



Fuente: Elaboración propia

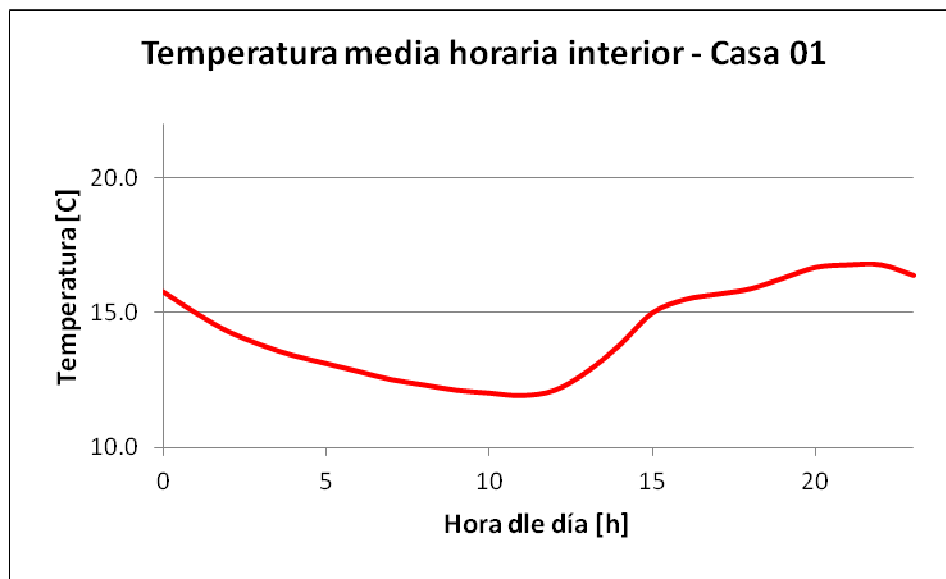
FIGURA 3.1-11. TEMPERATURAS INTERIORES MEDIDAS EN LA VIVIENDA 11 ENTRE EL 7/6/2013 AL 28/6/2013.

La vivienda 11 declara tener el calefactor a leña encendido las 24 horas del día. Sin embargo, mantiene el calefactor a una potencia reducida y un control riguroso del aire de

combustión. Esto provoca existan periodos de baja temperatura ambiental, debido principalmente a un muy bajo nivel de potencia de calefacción durante la noche.

Los gráficos anteriores, representan la condición típica de la variación de temperaturas en una vivienda que se calefacciona utilizando un equipo a leña sin control automático. Si se tuviera un control automático se tendría un valor constante de 20 a 21 grados Celsius ($^{\circ}\text{C}$) durante todo el período. Sin embargo, se puede observar que las temperaturas van desde valores de 9°C durante la noche con la calefacción apagada a valores de cerca de 25°C durante el día. Por otra parte, las temperaturas varían considerablemente de un día a otro, lo cual depende de las actividades que se realizan, del control de los sistemas y del clima exterior.

Para parametrizar el comportamiento de la temperatura al interior de la vivienda, se muestra la figura siguiente, donde se indican los valores promedio para cada hora del día para la vivienda 1.



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.1-12. TEMPERATURA INTERIOR MEDIDA EN LA VIVIENDA 01. VALORES HORARIOS PROMEDIOS DEL PERÍODO.

Para esta vivienda, la temperatura promedio del periodo es de $14,4^{\circ}\text{C}$. En el resto del informe se trabajará principalmente este tema en relación a las temperaturas medias. Sin embargo, se debe tener en cuenta que la variabilidad típica de las temperaturas es la que se muestra en los dos gráficos anteriores.

La tabla siguiente muestra las temperaturas promedios de las viviendas consideradas en este estudio.

TABLA 3.1-10. TEMPERATURA PROMEDIO INTERIOR DE LA VIVIENDA

Casa	Temperatura estimada a partir de la encuesta [°C]	Temperatura medida [°C]	Temperatura referencial a usar en el trabajo [°C]
1	14,4	14,5	14,5
2	13,8	18,1	15,9
3	13,0	16,7	14,8
4	16,4	16,7	16,6
5	16,4	14,5	15,4
6	17,6	18,1	17,9
7	18,7	13,7	16,2
8	16,2	16,5	16,3
9	15,8	18,7	17,2
10	17,3	13,7	15,5
11	17,3	17,2	17,3
12	13,3	13,9	13,6
13	20,0	16,9	18,5
14	13,3	17,7	15,5
15	19,2	17,8	18,5
16	18,6	18,3	18,5
17	20,0	19,3	19,6
18	13,8	13,0	13,4
19	16,3	14,3	15,3
20	17,3	17,0	17,2
Media	16,4	16,3	16,4

Casa	Temperatura estimada a partir de la encuesta [°C]	Temperatura medida [°C]	Temperatura referencial a usar en el trabajo [°C]
21	18,9	14,8	16,9
22	20,0	16,2	18,1
23	16,3	17,1	16,7
24	15,1	13,4	14,2
25	19,3	17,3	18,3
26	14,7	16,6	15,6
27	17,9	16,2	17,1
28	16,5	19,0	17,7
29	17,4	16,1	16,7
30	16,7	16,0	16,3
31	16,8	17,0	16,9
32	17,9	19,8	18,8
33	20,0	18,8	19,4
34	19,2	18,3	18,7
35	16,7	15,5	16,1
36	17,8	16,0	16,9
37	15,0	18,2	16,6
38	14,9	17,4	16,2
39	16,6	15,7	16,1
40	20,0	17,0	18,5
41	13,3	16,1	14,7
Media	17,2	16,8	17,0

Fuente: Elaboración propia

La primera columna de temperaturas proviene de una temperatura estimada a partir de los resultados de la encuesta. En efecto, en la encuesta se le consulta respecto a la sensación térmica en períodos en que se tiene la calefacción encendida y en períodos en que está apagada. Esta sensación térmica se lleva a una escala de temperaturas de acuerdo a la teoría de confort de Fanger⁹. Luego, se tiene una temperatura típica en el período en que el calefactor esta encendido y otra en el periodo en que está apagado. Luego, se hace un promedio ponderado en relación al % de tiempo en que se tiene el calefactor encendido y apagado. Este porcentaje se obtiene a partir de las encuestas, donde se les consulta respecto al número de horas al día que mantiene el calefactor encendido y los meses en que se utiliza calefacción. El 100% corresponde a calefactor encendido las 24 horas del día durante 6 meses al año.

⁹ Fanger. Thermal Comfort.

La segunda columna corresponde a la temperatura medida en la vivienda. Se tomaron registros continuos en todas las viviendas durante periodos de entre 3 semanas a 2 meses, para cada una de las viviendas. La última columna corresponde a la temperatura a utilizar como referencial (temperatura media interior de cada vivienda) en este estudio. Esta se obtiene como el promedio de las dos anteriores.

La temperatura estimada de las encuestas tiene la dificultad de que es una medida cualitativa, sin embargo, se sabe por la teoría de Fanger que si bien es cierto se puede tener una dispersión importante si se considera la respuesta de cada persona, en promedio se obtienen valores significativos. Por otro lado, la temperatura medida tiene la dificultad de que se mide sobre un periodo de tiempo menor al periodo requerido (todo el invierno), y que además representa la temperatura en sectores puntuales (1 o 2 puntos por casa), y no del promedio de toda la vivienda. Por tanto, un promedio de las dos aproximaciones parece aceptable para conocer la temperatura de cada vivienda y muy bueno para conocer las temperaturas promedio de las muestras. En efecto, se puede observar que los valores promedio para ambas aproximaciones y para las 41 viviendas tiene una diferencia de solo 0,2 °C.

Las viviendas con aislación mejorada tienen una temperatura promedio de 0,6 °C superior que las viviendas con menor aislación. Cabe señalar, que para aumentar en 1,0 °C la temperatura interior de una vivienda, se requiere aproximadamente un aumento de 15% en el consumo de energía¹⁰. Por tanto, 0,6 °C equivalen a 10% del consumo de energía aproximadamente.

La variabilidad en la temperatura de cada una de las viviendas está condicionada en gran medida por el consumo de energía, al tiempo en que permanece encendido el calefactor y al número de meses en que está disponible la calefacción. La tabla siguiente muestra un resumen de estas variables, la que permitirá comprender mejor los consumos de energía.

En cada columna de la tabla se indica lo siguiente:

- Horas de calefacción al día: Número de horas al día en que la calefacción está disponible.
- Meses de calefacción al año: Número de meses al año en que la calefacción está disponible
- Porcentaje de horas que está encendido el calefactor: Corresponde al porcentaje de horas en el invierno en que se encuentra disponible la calefacción. Este se calcula como el número de horas disponible, dividido por el número de horas máximo. El número máximo de horas para Talca corresponde a 4.392 horas lo que corresponde a tener la calefacción encendida (o disponible) durante 6 meses las 24 horas del día.
- Potencia: nivel de potencia en que se utiliza el calefactor, el cual tiene que ver tanto con el porcentaje de carga de la estufa como con el uso del tiraje.
- Temperatura media interior: corresponde a la temperatura interior de la vivienda durante el invierno.

¹⁰ Este valor proviene del estudio “Evaluación Independiente del Proyecto de Reacondicionamiento Térmico de Viviendas” Ministerio de Energía – Ministerio de Viviendas 2011. Se obtiene mediante simulaciones de una serie de viviendas a nivel nacional.

TABLA 3.1-11. VARIABLES RELACIONADAS CON EL USO DE LOS CALEFACTORES.

Casa	Horas de calef. al día ¹¹	Meses de calef. al año	% de encendido la calef. en invierno	Nivel de potencia	T media interior
1	11	4	31%	min	14,5
2	8	4	22%	min	15,9
3	8	6	33%	min	14,8
4	16	5	56%	min	16,6
5	8	5	28%	máxima	15,4
6	19	4	53%	min	17,9
7	24	5	83%	min	16,2
8	15	5	52%	min	16,3
9	17	4	47%	min	17,2
10	24	4	67%	min	15,5
11	24	4	67%	min	17,3
12	6	4	17%	min	13,6
13	18	5	63%	min	18,5
14	6	4	17%	min	15,5
15	24	5	83%	media	18,5
16	8	5	28%	media	18,5
17	5	4	14%	media	19,6
18	8	4	22%	máxima	13,4
19	9	4	25%	media	15,3
20	24	4	67%	min	17,2
media	14,1	4,5	44%		16,4

Casa	Horas de calef. al día	Meses de calef. al año	% de encendido la calef. en invierno	Nivel de potencia	T media interior
21	16	4	44%	min	16,9
22	24	6	100%	media	18,1
23	12	3	25%	min	16,7
24	11	5	38%	media	14,2
25	15	6	63%	media	18,3
26	12	4	33%	media	15,6
27	14	6	58%	min	17,1
28	7	6	29%	media	17,7
29	17	4	47%	min	16,7
30	8	6	33%	min	16,3
31	13	4	36%	media	16,9
32	15	4	42%	media	18,8
33	24	6	100%	media	19,4
34	24	5	83%	media	18,7
35	8	6	33%	media	16,1
36	16	5	56%	min	16,9
37	11	3	23%	media	16,6
38	7	6	29%	min	16,2
39	9	5	31%	min	16,1
40	24	6	100%	media	18,5
41	4	6	17%	min	14,7
media	13,8	5,1	49%		17,0

Fuente: Elaboración propia

Se puede ver que en general hay una correlación entre el % de tiempo en que permanece encendida o disponible la calefacción y la temperatura interior. Sin embargo también hay unas distorsiones muy altas, por ejemplo para la vivienda 17, se logra una de las temperaturas más altas con solo un 14 % de disponibilidad de la calefacción, sumado al hecho de que esta vivienda no tiene aislación, pareciera que esta situación no es posible y debe haber un error mayor. Lo más probable es que se debe a un error en la estimación de las horas de encendido del calefactor, ya que la temperatura es efectivamente alta considerando las 2 aproximaciones de cálculo.

Se puede observar que para las casas con aislación mejorada, se usa la calefacción un número menor horas al día pero más meses al año, aunque las diferencias no son muy significativas dada la dispersión de los resultados.

¹¹ Las horas de calefacción al día corresponden al promedio de horas que permanece encendido el calefactor en todos los meses que se utiliza calefacción.

Las horas en que es necesario el uso de un calefactor dependen de la calidad térmica de la envolvente, pero también depende en forma muy importante del tiempo en que la casa está ocupada, a veces los ocupantes están todo el día fuera de la casa cuando todos trabajan o el otro extremo cuando hay bebés y/o ancianos donde la casa permanece ocupada durante todo el día. También depende de la edad de los ocupantes, de la tolerancia al estrés térmico por frío y del nivel socioeconómico. Todos estos factores afectan directamente el consumo de energía en una vivienda, y por eso es que es tan difícil determinar el consumo real para un caso específico. Sin embargo, la dificultad es menor cuando se trata de obtener valores promedios de un gran número de casos, como es la intención final de este estudio, ya que se pueden aplicar patrones de uso conocidos. Estos patrones no se conocen para Chile, por tanto, se deben determinar como parte de este estudio.

3.1.8 Cálculo del consumo de energía mediante sistema de calificación energética de viviendas

Como se vio en la introducción y como se verá más adelante, los resultados indicados anteriormente están lejos de ser suficientes para obtener las conclusiones requeridas, por tanto, se trabajará en base a diferentes modelos de cálculo para completar el análisis requerido en el estudio. En este capítulo se trabaja en base al modelo de calificación de vivienda nuevas del MINVU. Este es un modelo que entró en operación el 2013 y es el modelo oficial de calificación energética de viviendas del MINVU. Este es un modelo simplificado basado en el método de los grados días de base variable, que si bien es cierto no es muy preciso (es mucho menos preciso que el otro modelo a usar que es el TRNSYS), tiene algunas características que lo hacen un complemento importante para este estudio, entre las que destacan:

- Es un modelo que se utilizará mucho en los próximos años y próximamente se tendrá una amplia base de datos de viviendas calificadas por este modelo. Por tanto, puede ser una herramienta muy útil para futuras actualizaciones del presente trabajo.
- Entrega inmediatamente como resultado, un indicador que relaciona la eficiencia térmica de la vivienda en estudio en relación a las viviendas que cumplen con la reglamentación. Indica además, cuáles son las potencialidades reales de mejoras en base a medidas económicamente rentables.
- Es un modelo ampliamente probado a nivel mundial y muy robusto, que entrega buenos resultados en forma rápida y segura. Muchos países europeos usan este tipo de modelos para las calificaciones oficiales (como Alemania e Inglaterra).
- Se pueden hacer análisis rápidos y limpios. Limpios en el sentido que los resultados no se ven afectados por variables de las cuales no se tenga pleno control.

Para cada vivienda estudiada, se aplicó el procedimiento completo de la calificación energética de viviendas. Solo se simplificó en el aspecto relacionado con las ganancias solares y los factores de sombra de las ventanas, ya que para este tipo de viviendas no es muy significativo este efecto. Para ello, se tomó un valor promedio de 0,70.

Las dos figuras siguientes muestran las salidas con los resultados de esta herramienta de cálculo. La primera corresponde a las salidas donde están los datos principales para el cálculo y la segunda a los resultados principales del consumo para la casa 1.

3.- Características térmicas de la envolvente			
3.1.- Area y coeficiente de transferencia de calor por elemento constructivo			
	Area (m ²)	U (W/Km ²)	Umax (W/Km ²)
Puertas	3.20	x 2.00	
Ventanas 1	7.77	x 5.80	
Ventanas 2		x	
Ventana en el techo			
Piso ventilado			0.60
Muro 1	48.00	x 2.84	1.70
Muro 2		x	1.70
Muro 3		x	1.70
Techo 1	50.00	x 3.70	0.38
Techo 2		x	0.38

RVM 0.13

Fuente: Elaboración propia en base al modelo oficial de calificación energética de viviendas del MINVU

FIGURA 3.1-13. CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS DE LA ENVOLVENTE DE LA VIVIENDA 1

5.- Resultados del cálculo de demanda calefacción + iluminación	
Demanda de calefacción	382.2 (kWh/ m ² año)
Demanda de Iluminación	7.3 (kWh/ m ² año)
Temperatura de base	18.0 (°C)
Grados Día a la temperatura base	1717.9 (°C)
C (porcentaje de la demanda de referencia)	222.9 (%)
Demanda de referencia	167.5 (kWh/ m ² año)

Fuente: Elaboración propia en base al modelo oficial de calificación energética de viviendas del MINVU

FIGURA 3.1-14. RESULTADOS DEL CONSUMO DE ENERGÍA DE LA VIVIENDA 1.

Para este caso, la demanda de energía en calefacción es de 382 [kWh/m² año]. El coeficiente energético es 222%, esto implica que consume un 122% más que la vivienda de referencia que cumple con la reglamentación térmica.

El consumo de energía se obtiene dividiendo la demanda por 0,65, el cual es considerado el rendimiento referencial para el sistema de calefacción. Los resultados para todas las viviendas consideradas se muestran en la tabla siguiente:

TABLA 3.1-12. CONSUMO FINAL DE ENERGÍA EN CALEFACCIÓN OBTENIDO MEDIANTE LA HERRAMIENTA DE LA CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE VIVIENDAS

Casa	consumo ideal de energía [kWh/m ² año]	Casa	consumo ideal de energía [kWh/m ² año]
1	588	21	294
2	608	22	298
3	586	23	360
4	566	24	268
5	405	25	294
6	408	26	317
7	397	27	291
8	415	28	283
9	298	29	251
10	368	30	209
11	435	31	183
12	571	32	186
13	535	33	209
14	272	34	229
15	314	35	269
16	349	36	218
17	354	37	231
18	523	38	234
19	488	39	174
20	254	40	174
	437	41	180
			245

Fuente: Elaboración propia

En este caso, todos los valores obtenidos son mayores a los valores obtenidos de las mediciones. Esto se debe a que el sistema considera condiciones ideales de confort, lo cual como ya se vio, dista mucho de la realidad. En países como Inglaterra¹² y Alemania¹³, la metodología de calificación energética es similar a la Chilena (basada en el método de los grados día)¹⁴. Estos países, sabiendo que la metodología no es muy precisa, de todas maneras utilizan esta metodología para comparar entre diferentes viviendas, ya que los porcentajes de diferencia de consumo son aceptables. En nuestro país estos valores pueden estar más alejados de la realidad y se utilizará solo como un valor referencial.

¹² <https://www.gov.uk/buy-sell-your-home/energy-performance-certificates>

¹³ <http://www.dena.de/en/projects/building/energy-performance-certificate-for-buildings.html>

¹⁴ http://www.minvu.cl/opensite_20070212164420.aspx

Si se comparan los ahorros teóricos ideales con los medidos se observa una diferencia muy grande. Esto era de esperarse y se debe a varias razones.

- La última tabla se trata de consumos ideales y además se mantiene la temperatura interior constante en ambos casos. Como se vio antes, el aumento en la temperatura interior medido de 0,6 °C, equivale aproximadamente a un 10% extra en el ahorro de energía. Por tanto, esta es una razón importante de la diferencia.
- Otro efecto más importante aún es la dispersión en los resultados, debido a que existen muchos factores que afectan el consumo como ya se ha explicado antes, y a pesar de tratar de hacer las 2 muestras similares, es tal la cantidad de variables que es muy difícil de obtener una correspondencia en la práctica. Otra forma de ver este tema es tomando grupos de casas más homogéneas, por ejemplo, si se toman solo las viviendas que tienen un porcentaje de uso entre 40 al 70%, se tiene que el consumo medio del primer grupo es de 148,0 (kWh/m² año) y de 92,8 (kWh/m² año) para el segundo grupo, es decir una disminución de 37%, lo cual se acerca más a lo calculado con el método de la calificación. Sin embargo, aun en los grupos aparentemente homogéneos hay dispersiones considerables; por ejemplo la vivienda 9 y 10 son muy similares, tienen sistema de calefacción similar, % de usos similares y sin embargo la vivienda 9 consume 300% de lo que consume la vivienda 10. La única explicación para esto es el uso diferente que le dan los moradores y el no saber determinar claramente sus porcentajes de uso.
- El otro efecto conocido que ya se ha visto y concluido en estudios anteriores¹⁵ es que el perfil de los usuarios de viviendas más nuevas es diferente al de las viviendas más antiguas y en general los usuarios de viviendas más nuevas tiene un perfil que tiende a un mayor consumo que el usuario de viviendas más antiguas. Por tanto, se determinó que no es posible estimar la reducción del consumo de energía comparando viviendas de antes y después de la reglamentación, ya que el sesgo del perfil de usuario es más importante que el efecto de la aislación. Recordar que el efecto de la aislación involucra diferencias de 40% y el del perfil de usuario de 300% y más.
- La única forma de comparar consumos reales en viviendas con y sin medidas de eficiencia energética, es comparar las viviendas con los mismos usuarios y equipos. Esto se hizo en un estudio anterior¹⁶ en el cual se evaluaron los consumos reales antes y después de implementar una serie de medidas de eficiencia energética. En este caso se obtuvieron ahorros a nivel nacional de 27% promedio y en Talca de 20% promedio. Se concluyó además que los ahorros podrían haber sido mayores si no se hubieran tenido algunos problemas importantes en el diseño de las obras.
- Por último, se debe indicar que de todas maneras se espera que el ahorro real sea menor al que se calcula por el modelo ideal (método de la calificación energética), eso se debe a que el usuario tiende a aumentar su nivel de confort.

¹⁵ Estudio de Usos Finales y Curva de Oferta de Conservación de la Energía en el Sector Residencial de Chile. Ministerio de Energía de Chile.

¹⁶ Evaluación independiente del subsidio de reacondicionamiento térmico de viviendas. MNVU – MINENERGIA.

De todo lo anterior se puede concluir que tanto los resultados del presente estudio como el resto de las evidencias que se tienen a nivel nacional, muestran que si bien es cierto se puede lograr un ahorro efectivo del consumo de energía mediante la aislación de la vivienda, dada las condiciones de borde del presente proyecto, la única forma de estimar el ahorro que se obtendría sería mediante el estudio en base a un modelo teórico, que por un lado represente fielmente la realidad, y por otro permita aislar todo el resto de las variables que provocan ruido y alta dispersión en los resultados. Este modelo se ha venido desarrollando desde hace algunos años por el equipo de consultores, y se crea una nueva versión actualizada, adaptada y validada especialmente para las condiciones del presente estudio. Esta metodología fue la que se previó desde un principio para este estudio. Esta decisión queda plenamente justificada con los resultados mostrados hasta acá.

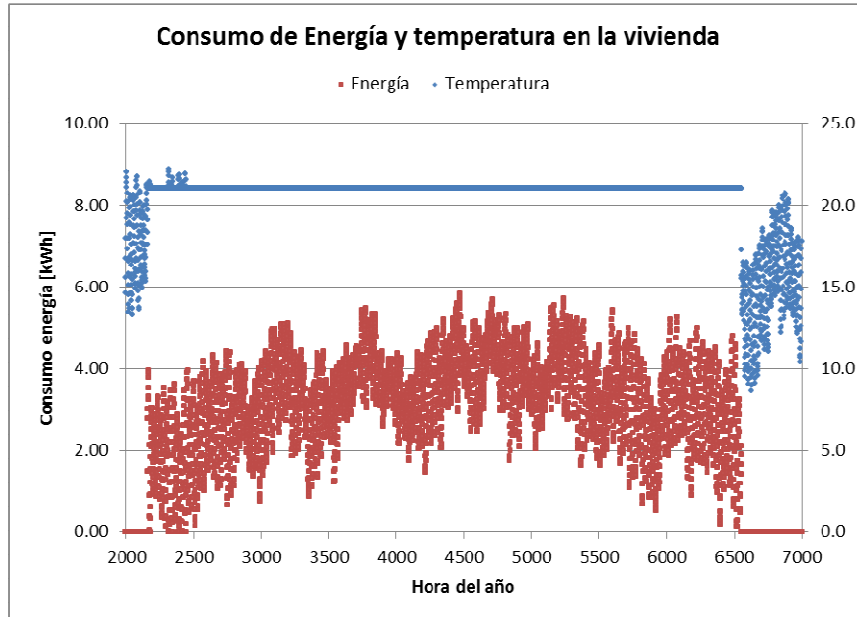
3.1.9 Cálculo del consumo de energía por el modelo TRNSYS

El modelo consiste en incluir el efecto de las personas sobre el consumo de energía en una vivienda. El modelo usado se basa en el programa de simulación TRNSYS, al cual se le ha agregado este modelo de comportamiento humano.

El programa TRNSYS es uno de los programas de mayor prestigio a nivel mundial para la simulación térmica de edificios en régimen transiente. Para ello, se hace el cálculo del balance térmico del edificio hora a hora durante todo el año o durante todo el periodo de calefacción. Por tanto, requiere también de datos horarios de temperaturas ambientales y radiación solar.

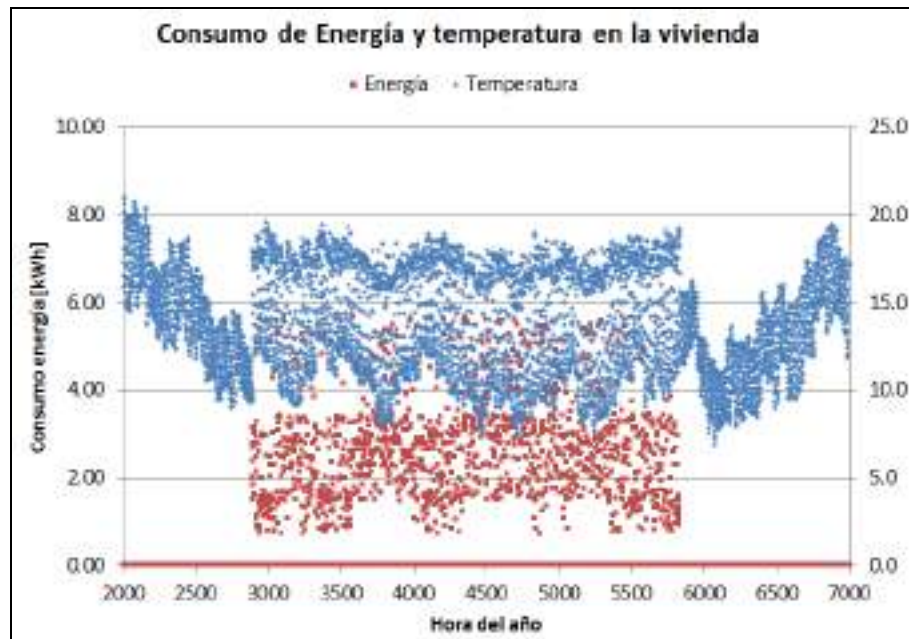
El modelo TRNSYS tradicional o ideal, considera que se mantiene fija la temperatura de la vivienda en la temperatura de confort y el sistema de calefacción va ajustando los niveles de potencia de calefacción para lograr esta temperatura. Esto es lo que se llama un modelo de temperatura fija. La figura siguiente muestra cómo se visualiza el gráfico de potencias y temperaturas para este caso.

El modelo usado para el presente estudio es un modelo denominado de temperatura flotante, es decir, que se determinan las potencias de calefacción a inyectar y se calcula la temperatura resultante de esto.



Fuente: Elaboración propia en base a TRNSYS

FIGURA 3.1-15. DEMANDA DE ENERGÍA Y TEMPERATURAS EN EL INTERIOR DE LA VIVIENDA 1. MODELO IDEAL



Fuente: Elaboración propia en base a TRNSYS

FIGURA 3.1-16. DEMANDA DE ENERGÍA Y TEMPERATURAS EN EL INTERIOR DE LA VIVIENDA 1. MODELO INCLUIDO EL COMPORTAMIENTO HUMANO.

Este modelo simula la forma en que el usuario maneja el sistema de calefacción en base a diferentes parámetros y variables. Se le denominan variables a los elementos que afecta el consumo de calefacción y que varían hora a hora. Se denominan parámetros, a los elementos que afectan el consumo de calefacción pero que son constantes para una vivienda dada.

Las variables que considera el modelo son:

- Temperatura interior (T_{int})
- Hora del día
- Día del año

Los parámetros a considerar son:

- Tipo de sistema de calefacción
- Potencia del sistema de calefacción
- Temperaturas para cada nivel de potencia.
- Preferencia del nivel de potencia disponible.

El modelo de encendido del sistema se basa en la tabla siguiente.

TABLA 3.1-13. RESUMEN DEL MODELO DE ENCENDIDO Y CONTROL DE LA CALEFACCIÓN

Nivel de Potencia	Control
P ₀	$T_{int} > T_0$
P ₁	$T_0 < T_{int} < T_1$
P ₂	$T_2 < T_{int} < T_1$
P ₃	$T_{int} < T_2$

Fuente: Elaboración propia

Por ejemplo, la primera fila dice que cuando la temperatura operativa es mayor a T_0 , se tiene una potencia de calefacción igual a P_0 .

La tabla anterior es el modelo general. Para un sistema de calefacción específico se deben definir los valores de la temperatura y de las potencias. La tabla siguiente muestra un ejemplo de caracterización de un sistema de calefacción.

TABLA 3.1-14. EJEMPLO DE LA CARACTERIZACIÓN DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN

Nivel de Potencia	Control
P ₀ = 0	T ₀ = 22 °C
P ₁ = 0,30 P disponible = 2,10 kW	T ₁ = 20 °C
P ₂ = 0,65 P disponible = 4,55 kW	T ₂ = 18 °C
P ₃ = P disponible = 7,00 kW	

Fuente: Elaboración propia

Esto implica que por ejemplo cuando se tiene una temperatura de 16 °C al inicio del período de calefacción posible, se enciende la calefacción en su nivel máximo. Con esto, la temperatura comienza a aumentar. Cuando la temperatura llega a 17,01 °C, (entre rango 17 a 20 °C) la potencia baja al 65% de la potencia disponible. Si T_0 sigue aumentando y alcanza a

20,01 °C, la potencia baja al 30% de la potencia disponible. Finalmente, si la temperatura operativa sobrepasa los 23 °C se corta el sistema de calefacción.

La potencia disponible se calcula como:

$$P_{nominal} \times F_c$$

Donde:

$P_{nominal}$: es la potencia nominal del sistema de calefacción y

F_c : es un factor de corrección que tiene en cuenta las preferencias en relación al nivel de potencia a usar en el calefactor.

Además, toda esta secuencia de control solo es aplicada si se está en el horario en que la calefacción es posible y la época del año en que está disponible la calefacción. Por ejemplo, si para una cierta localidad se define el período de calefacción entre mayo y septiembre y el horario de calefacción entre las 12 y las 22 horas, aunque la temperatura operativa baje a 15 °C en la madrugada, se considera que no se enciende la calefacción en este periodo. Asimismo, si durante marzo, baja la temperatura interior, tampoco se considera que se enciende la calefacción.

Los valores de la tabla anterior dependen del sistema de calefacción a usar, pero también dependen de una serie de otros factores como: costo de la energía, nivel socioeconómico, preferencias individuales, composición del grupo familiar, etc.

En el presente caso, para la obtención de las temperaturas y niveles de potencia se consideran las respuestas de las encuestas, donde la gente indicó las horas de uso de la calefacción, los meses en que utiliza calefacción, el nivel de potencia en que utiliza el equipo, la potencia del equipo (en base a las fotos), los niveles preferidos de carga del calefactor, los niveles preferidos de abertura del tiraje, etc.

Finalmente, los resultados se comparan con las sensaciones de confort declaradas, las temperaturas medias calculados en la etapa anterior (a partir de las encuestas) y los consumos de energía declarados. Esto permite sintonizar y validar el modelo.

La tabla siguiente muestra los resultados del modelo para las demandas, consumos y temperaturas de los hogares estudiados.

TABLA 3.1-15. RESULTADOS DEL MODELO DE CÁLCULO PARA LAS VIVIENDAS ESTUDIADAS

Casa	Demanda total (kWh/año)	Eficiencia del calefactor	Consumo total (kWh/año)	Temperatura interior en invierno (°C)		
				Media	Día	Noche
1	4.037	39%	10.351	12,6	14,8	8,9
2	4.528	62%	7.303	12,1	13,3	9,6
3	8.123	65%	12.497	12,2	13,7	8,7
4	7.452	63%	11.829	13,3	16,0	8,3
5	8.864	64%	13.850	14,6	15,4	12,0
6	10.014	64%	15.647	16,6	16,3	16,9
7	12.370	63%	19.635	17,3	17,6	16,8
8	6.542	63%	10.384	13,7	15,4	10,9
9	6.752	63%	10.717	15,5	15,2	16,7
10	4.949	63%	7.856	18,9	19,1	18,5
11	10.553	63%	16.751	16,8	17,1	16,2
12	3.998	66%	6.058	10,8	11,8	8,7
13	9.829	63%	15.602	16,2	17,4	13,7
14	2.224	63%	3.530	12,6	13,5	10,6
15	10.145	63%	16.103	17,8	18,1	17,4
16	3.863	63%	6.132	14,3	14,5	14,0
17	3.138	63%	4.981	12,8	13,1	11,7
18	5.184	63%	8.229	12,6	14,2	9,5
19	5.545	63%	8.802	12,6	13,8	10,2
20	7.454	63%	11.832	18,7	18,9	18,4
21	5.207	63%	8.265	15,9	18,2	12,0
22	8.679	63%	13.776	19,1	19,1	18,9
23	2.871	63%	4.557	13,8	14,6	12,1
24	5.162	63%	8.194	14,2	16,1	11,0
25	11.212	63%	17.797	15,4	15,1	16,1
26	8.096	63%	12.851	14,8	15,8	12,8
27	4.714	35%	13.469	16,3	17,4	14,0

CONTINUACIÓN TABLA 3.1-15...

Casa	Demanda total (kWh/año)	Eficiencia del calefactor	Consumo total (kWh/año)	Media	Día	Noche
28						
29	5.333	63%	8.465	16,1	17,7	12,4
30	5.431	63%	8.621	12,5	13,9	9,5
31	4.885	63%	7.754	16,7	18,4	13,5
32	5.201	63%	8.256	17,1	19,4	12,8
33	8.743	63%	13.878	19,0	19,2	18,8
34	8.698	63%	13.806	18,5	18,8	18,0
35	4.465	63%	7.087	13,7	14,8	11,4
36	6.423	63%	10.195	16,7	16,3	17,8
37	4.348	63%	6.902	17,2	16,6	18,7
38	4.541	63%	7.208	13,4	14,1	11,9
39	3.864	63%	6.133	14,1	15,2	11,9
40	10.334	63%	16.403	18,2	18,5	17,8
41	2.414	63%	3.832	12,2	12,7	10,8

Fuente: Elaboración Propia

Los valores indicados en cada columna corresponden a:

- Casa: identificación de la vivienda
- Demanda total (kWh/año): demanda total de energía en calefacción calculada con el modelo teórico.
- Eficiencia del calefactor (%): eficiencia térmica del calefactor existente en la vivienda. Esta se obtiene a partir del calefactor existente y valores por defecto por cada tipo de calefactor.
- Consumo total (kWh/año): consumo de energía en calefacción. Corresponde a la demanda calculada dividida por el rendimiento del calefactor.
- Temperatura Media (°C): temperatura media del aire interior durante los meses de junio a agosto.
- Temperatura Día (°C): temperatura media del aire en el interior de la vivienda para los meses de junio a agosto y durante el día. Se considera las horas del día entre las 9 y las 23 h.
- Temperatura Noche (°C): temperatura media del aire en el interior de la vivienda para los meses de junio a agosto y durante la noche. Se considera las horas de la noche entre las 24 y las 8 h.

TABLA 3.1-16. COMPARACIÓN DE RESULTADOS MEDIDOS Y CALCULADOS

Casa	Consumo calculado (kWh/año)	Consumo medido (kWh/año)	% diferencia en consumo	T media calculada (°C)	T media medida (°C)	Diferencia de temperaturas (°C)
1	10.351	6.957	-49%	12,6	14,5	-1,9
2	7.303	7.149	-2%	12,1	15,9	-3,8
3	12.497	12.618	1%	12,2	14,8	-2,6
4	11.829	11.846	0%	13,3	16,6	-3,2
5	13.850	8.440	-64%	14,6	15,4	-0,9
6	15.647	10.569	-48%	16,6	17,9	-1,3
7	19.635	11.916	-65%	17,3	16,2	1,1
8	10.384	11.916	13%	13,7	16,3	-2,6
9	10.717	20.612	48%	15,5	17,2	-1,7
10	7.856	7.884	0%	18,9	15,5	3,3
11	16.751	9.533	-76%	16,8	17,3	-0,5
12	6.058	6.046	0%	10,8	13,6	-2,8
13	15.602	14.299	-9%	16,2	18,5	-2,3
14	3.530	3.557	1%	12,6	15,5	-2,9
15	16.103	28.598	44%	17,8	18,5	-0,6
16	6.132	7.149	14%	14,3	18,5	-4,1
17	4.981	3.463	-44%	12,8	19,6	-6,9
18	8.229	4.766	-73%	12,6	13,4	-0,8
19	8.802	11.916	26%	12,6	15,3	-2,6
20	11.832	11.916	1%	18,7	17,2	1,5
21	8.265	4.766	-73%	15,9	16,9	-0,9
22	13.776	11.439	-20%	19,1	18,1	1,0
23	4.557	4.290	-6%	13,8	16,7	-2,9
24	8.194	9.533	14%	14,2	14,2	0,0
25	17.797	18.588	4%	15,4	18,3	-2,9
26	12.851	24.658	48%	14,8	15,6	-0,8
27	13.469	4.719		16,3	17,1	

CONTINUACIÓN TABLA 3.1-16...

Casa	Consumo calculado (kWh/año)	Consumo medido (kWh/año)	% diferencia en consumo	T media calculada (°C)	T media medida (°C)	Diferencia de temperaturas (°C)
28						
29	8.465	9.790	14%	16,1	16,7	-0,7
30	8.621	12.367	30%	12,5	16,3	-3,9
31	7.754	6.314	-23%	16,7	16,9	-0,2
32	8.256	14.299	42%	17,1	18,8	-1,7
33	13.878	13.107	-6%	19,0	19,4	-0,3
34	13.806	11.916	-16%	18,5	18,7	-0,3
35	7.087	14.299	50%	13,7	16,1	-2,4
36	10.195	11.916	14%	16,7	16,9	-0,2
37	6.902	7.149	3%	17,2	16,6	0,6
38	7.208	11.868	39%	13,4	16,2	-2,7
39	6.133	4.766	-29%	14,1	16,1	-2,0
40	16.403	18.588	12%	18,2	18,5	-0,3
41	3.832	14.299	73%	12,2	14,7	-2,5
Promedio			-3%	Promedio		-1,5

Fuente: Elaboración Propia

Los valores indicados en cada columna corresponden a:

- Casa: identificación de la vivienda.
- Consumo calculado (kWh/año): consumo de energía en calefacción calculado a partir del modelo teórico.
- Consumo medido (kWh/año): consumo de energía en calefacción obtenido a partir de las encuestas.
- % diferencia en consumo: % de diferencia entre los valores anteriores.
- T media calculada (°C): temperatura promedio durante los meses de junio a agosto calculado a partir del modelo teórico.
- T media medida (°C): temperatura promedio interior durante el invierno, obtenida a partir de las mediciones y de las encuestas.
- Diferencia de temperaturas (°C): diferencia de los 2 valores anteriores.

Como se dijo antes, este tipo de modelo no pretende calcular con precisión los valores puntuales para cada vivienda, sino que los valores promedio para un grupo de viviendas. Por tanto, desde el punto de vista de la validación del modelo, lo que importa son los valores promedio indicados en la parte baja de la tabla. Para obtener los valores promedio se han eliminado 2 casos. La vivienda 28, que se eliminó antes por tener una tasa demasiado alta de consumo debido al equipo de calefacción (estufa de lata) y la vivienda 27 que entrega una

diferencia demasiado alta con respecto a lo medido. La desviación estándar de las diferencias de todo el grupo de viviendas es del 32% y el error de la vivienda 27 es de 187%, es decir, más de 5 veces la desviación estándar, por tanto, aplicando el criterio de Chauvenet es posible eliminar este dato para obtener el promedio. Este punto es seguramente un “error grosero”, que a la luz del conjunto de resultados es un error en la estimación del consumo de leña.

El error promedio obtenido es de 3% lo cual es bastante bajo, por tanto, nos permite validar el modelo y usarlo en la próxima etapa para estimar los ahorros reales a partir del cálculo teórico. El error en las temperaturas es de 1,5 °C. Se tiene que el promedio de las temperaturas medidas es 1,5 °C más alta que la calculada. Se puede observar también que en casi todos los casos la temperatura calculada es más alta que la medida. Esto se debe a que la temperatura medida está influenciada más directamente el calor de la estufa, por tanto se piensa que en la práctica el valor calculado representa en mejor medida el valor promedio de temperatura de toda la vivienda. Por tanto, queda validado el modelo teórico tanto para el cálculo del consumo como para el cálculo de las temperaturas de un grupo de viviendas.

3.1.9.1 Propuesta de paquetes de medidas de eficiencia energética en las viviendas

El análisis anterior ha permitido validar el modelo teórico de cálculo de consumo energético. Habiendo validado el modelo, es posible utilizarlo para estimar valores de ahorro en función de algunas mejoras específicas que se le realicen a la vivienda. Para ello, se realizan los cálculos de ahorro de energía para cuatro escenarios. Los escenarios se han diseñado en base a estudios previos¹⁷ y a resultados generados en el marco de este proyecto. Los espesores de aislación considerados corresponden a valores cercanos a los óptimos económicos. Existe un rango de valores en que es poco sensible, por ejemplo el VAN varía poco en un rango relativamente amplio de espesor de aislación. En este caso, se han tomado los valores más altos del rango, de tal forma de considerar con mejor precisión el efecto adicional de una localidad contaminada y no quedarse solo con el tema económico puro.

Con estas medidas, las viviendas deberían quedar aproximadamente en un rango entre los niveles D y B de la calificación energética de viviendas, dependiendo de las particularidades de cada vivienda. La mayoría debería quedar en un nivel cercano a C.

Viviendas existentes

- Escenario 1. A las casas antiguas (construcciones previas al año 2000) se le agrega aislación en el techo (12 cm) y en los muros (6 cm).
- Escenario 2: A las casas antiguas (construcciones previas al año 2000) se le agrega aislación en el techo (12 cm), en los muros (6 cm) y se cambia las ventanas por ventanas de termopanel.

¹⁷ Diseño del sistema de calificación energética de viviendas en Chile. IIT UdeC – Ditec MINVU.

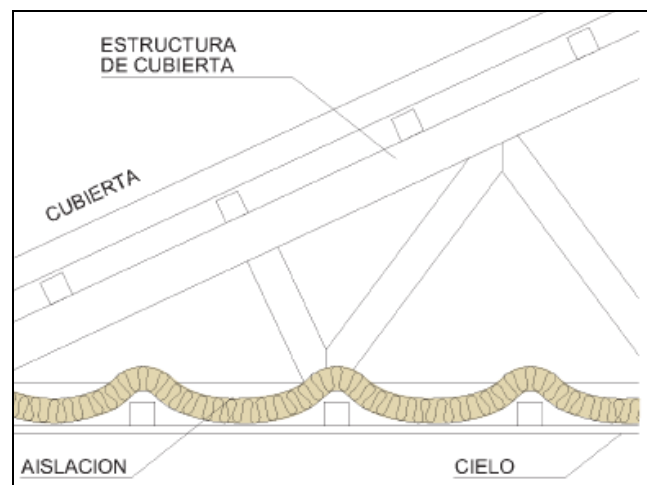
Viviendas Nuevas

- Escenario 3. Se le agrega aislación en los muros (6 cm) y se utiliza ventana termopanel. Se les lleva al nivel C aproximadamente.
- Escenario 4: Se le agrega aislación mejorada en los muros (8 cm) techo (5 cm extra por sobre la reglamentación) y se utiliza ventana termopanel. Se les lleva sobre el nivel C.

Para lograr estos escenarios existen diferentes soluciones constructivas. Las principales soluciones constructivas se describen a continuación:

Solución constructiva para techo.

Para las viviendas con entretecho, la solución consiste en agregar una capa de aislación térmica por sobre el cielo, tal como se muestra en la figura siguiente.



Fuente: MART. Manual de aplicación de la reglamentación térmica.

FIGURA 3.1-17. ESQUEMA DE SOLUCIÓN CONSTRUCTIVA TÍPICA PARA AISLACIÓN DEL CIELO

Para los cálculos se consideró un espesor de aislación de 120 mm. Los costos de inversión para la aislación del techo se basan en la siguiente expresión:

Para vivienda existente:

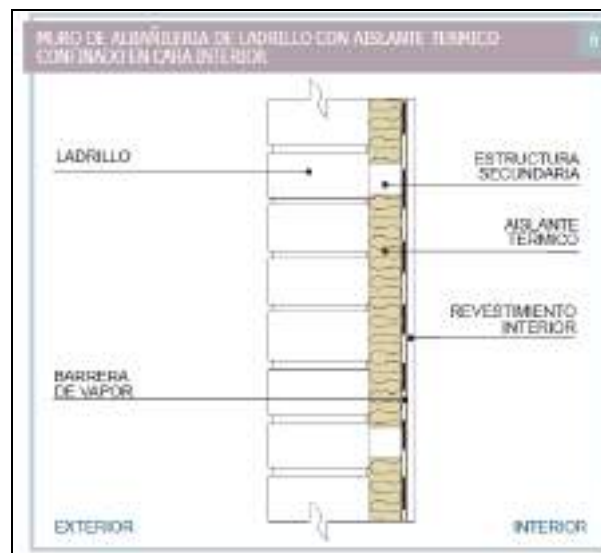
$$\text{Costo } (\$/\text{m}^2 \text{ de techo}) = 2.684 + 356,8 (\text{espesor de aislación en cm})$$

El primer valor corresponde al costo fijo (mano de obra y otros fijos). Los valores son totales con IVA. Los valores de costos se obtienen de varias fuentes:

- Presupuestos reales del programa de reacondicionamiento térmico de viviendas
- Presupuestos obtenidos del proyecto: Estudio de Usos Finales y Curva de Oferta de Conservación de la Energía en el Sector Residencial de Chile. Estos valores se actualizaron de acuerdo al Índice de costo de edificación de la CChC" y el Índice de remuneración nominal por actividad económica, construcción (INE).
- Cotizaciones directas de materiales a empresas comercializadoras.

Solución constructiva para los muros

La figura siguiente muestra un esquema para la aislación por el interior de un muro de ladrillo. Para ese tipo de soluciones constructivas, los costos más importantes son el revestimiento y la mano de obra, por tanto, su costo no es tan sensible al espesor de aislación.



Fuente: MART. Manual de aplicación de la reglamentación térmica

FIGURA 3.1-18. SOLUCIÓN CONSTRUCTIVA PARA MURO

Para este estudio se consideró un espesor de aislación de 6 cm en el muro. El costo de inversión considerado es:

Para vivienda existente:

$$\text{Costo } (\$/\text{m}^2 \text{ de muro}) = 9.047 + 925,6 \times (\text{espesor de aislación en cm})$$

Para vivienda nueva

$$\text{Costo } (\$/\text{m}^2 \text{ de muro}) = 3.618 + 925,6 \times (\text{espesor de aislación en cm})$$

Las fuentes utilizadas para obtener estos valores son las mismas que para el caso del costo de aislación del techo.

Solución para aislación de ventanas

La solución constructiva típica para la aislación de ventanas es reemplazar la ventana existente por una ventana de doble vidriado hermético (DVH). Para viviendas existentes se requiere solventar los gastos para retirar la ventana anterior comprar la nueva ventana e instalar la nueva ventana. Esto tiene un costo total aproximado de 125.000 \$/m² de ventana.

Sin embargo, para una casa nueva, en etapa de construcción, el costo de cambiar un ventana de vidrio simple por una de termopanel sería solo la diferencia de costos entre ambas ventanas, es decir aproximadamente 29.600 \$/m².

Las fuentes utilizadas para obtener estos valores son las mismas que para el caso del costo de aislación del techo. Los ahorros de energía para cada escenario se muestran en la tabla siguiente:

TABLA 3.1-17. RESULTADOS DE 2 ESCENARIOS DE MEJORAS DE LAS VIVIENDAS EXISTENTES.

Casa	Ahorro energético con escenario 1 (%)	Ahorro energético con escenario 2 (%)
1	30%	37%
2	27%	36%
3	34%	47%
4	58%	70%
5	26%	41%
6	33%	48%
7	41%	50%
8	35%	43%
9	37%	46%
10	39%	54%
11	43%	51%
12	22%	27%
13	63%	73%
14	32%	39%
15	49%	59%
16	46%	57%
17	33%	39%
18	49%	62%
19	48%	59%
20	70%	77%
Promedio	42%	52%

Fuente: elaboración propia

Los cálculos se obtienen a partir de la aplicación directa del modelo teórico para las 20 viviendas de construcción previa al 2000, y considerando las mejoras indicadas en cada escenario.

Para las viviendas nuevas, el ahorro se calcula en base a la metodología de cálculo de la calificación energética. Como se sabe que el método de la calificación energética, para las condiciones actuales de las viviendas de Talca sobrestima los ahorros reales, por tanto, se hará una corrección. Si se simulan con la metodología de la calificación las medidas indicadas en la tabla para las viviendas existentes, se encuentra que en promedio están sobrestimadas en 40%, por tanto, los valores de la tabla siguiente, obtenidos a partir de la calificación energética se corrigen en esta misma cantidad para tener una estimación de los ahorros reales.

TABLA 3.1-18. PORCENTAJE DE AHORRO PARA VIVIENDAS NUEVAS.

Casa	% de ahorro a partir de la calificación energética para escenario 3	% de ahorro a partir de la calificación energética para escenario 4	% de ahorro corregido para el escenario 3	% de ahorro corregido para el escenario 4
1	37%	43%	26%	31%
2	38%	44%	27%	31%
3	47%	52%	33%	37%
4	47%	53%	33%	38%
5	48%	54%	34%	38%
6	48%	53%	34%	38%
7	45%	51%	32%	36%
8	44%	49%	31%	35%
9	45%	51%	32%	36%
10	39%	41%	28%	29%
11	42%	47%	30%	33%
12	35%	41%	25%	29%
13	38%	44%	27%	31%
14	38%	43%	27%	31%
15	38%	44%	27%	31%
16	37%	43%	26%	31%
17	36%	42%	26%	30%
18	45%	51%	32%	36%
19	35%	41%	25%	29%
20	40%	44%	28%	31%
Promedio	42%	48%	30%	34%

Fuente: elaboración propia

Las tablas siguientes muestran los costos de inversión para cada uno de los escenarios. Estos se obtienen considerando los costos por m² indicados antes multiplicándolos por la superficie a intervenir en cada casa.

TABLA 3.1-19. COSTOS DE INVERSIÓN PARA VIVIENDAS EXISTENTES

casa	Costos de aislación del techo (\$/vivienda)	Costos de aislación de los muros (\$/vivienda)	Costos del cambio de ventanas (\$/vivienda)
1	341.314	586.944	971.250
2	428.384	884.504	971.250
3	544.710	1.047.289	2.002.875
4	543.317	1.188.051	2.002.875
5	442.518	1.034.055	2.334.850
6	442.518	1.034.055	2.334.850
7	423.855	1.243.092	1.502.500
8	389.656	1.294.223	1.072.500
9	373.593	942.019	941.250
10	306.486	541.390	950.000
11	336.804	1.596.370	1.752.500
12	564.214	1.068.644	965.000
13	599.042	983.526	1.053.750
14	500.000	988.800	1.125.000
15	301.367	1.176.772	1.172.500
16	321.781	728.716	627.500
17	398.765	924.218	627.500
18	459.730	984.810	1.501.250
19	578.145	1.096.651	1.191.250
20	376.142	1.219.442	1.207.500
Promedio	433.617	1.028.179	1.315.398

Fuente: elaboración propia

TABLA 3.1-20. COSTOS DE INVERSIÓN PARA VIVIENDAS NUEVAS

casa	Costos de aislación de muros con 6 cm (\$/vivienda)	Costos de aislación de los muros con 8 cm (\$/vivienda)	Costos aislación del techo con 5 cm extra (\$/vivienda)	Costos marginal de ventanas termopanel (\$/vivienda)
1	376.203	456.576	133.880	227.754
2	566.926	688.044	168.033	227.754
3	651.712	790.944	213.661	479.250
4	746.553	897.251	213.115	479.250
5	649.785	780.949	218.306	553.042
6	649.785	780.949	214.025	553.042
7	781.141	938.820	219.115	352.329
8	813.271	977.435	201.436	254.037
9	591.951	711.440	193.132	222.948
10	340.202	408.874	117.861	225.021
11	983.466	1.181.986	174.113	415.104
12	665.001	807.071	216.972	228.574
13	612.033	742.787	230.365	249.595
14	580.214	704.171	238.401	266.472
15	732.287	888.733	237.598	277.723
16	467.073	566.858	155.631	148.632
17	592.380	711.956	192.864	148.632
18	631.217	743.758	176.792	355.592
19	702.902	828.223	222.329	282.164
20	789.268	920.958	144.648	286.013
Promedio	646.168	776.389	194.114	311.646

Fuente: elaboración propia

La tabla siguiente muestra un resumen de inversiones y ahorro para los 4 escenarios considerados.

TABLA 3.1-21. RESUMEN DE AHORROS Y COSTOS

	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4
% de ahorro energético	42	52	30	34
Consumo medio de energía (kWh/año)	11.051	11.051	5.651	5.651
Ahorro energético (kWh/año)	4.641	5.746	1.695	1.921
Ahorro promedio en emisiones (kg de MP10 al año por vivienda).	19,6	24,2	7,1	8,1
Inversión en techo (\$)	433.000	433.000		194.000
Inversión en muro (\$)	1.028.000	1.028.000	646.000	776.000
Inversión en ventanas (\$)	0	1.315.000	311.000	311.000
Inversión total (\$)	1.461.000	2.776.000	957.000	1.281.000

Fuente: elaboración propia

3.1.10 Análisis económico de las medidas

Considerando los valores indicados anteriormente se realiza el cálculo de los indicadores económicos para los 4 escenarios.

TABLA 3.1-22. INDICADORES ECONÓMICOS PARA ESCENARIO 1

año	Inversión UF	Costo de la energía (UF/kWh)	ahorro (UF/año)	Flujo de caja UF	VAN acumulado UF
0	-63,0	0,00074		-62,974	-63,0
1		0,00077	3,578	3,578	-59,6
2		0,00080	3,722	3,722	-56,3
3		0,00083	3,870	3,870	-53,0
4		0,00087	4,025	4,025	-49,8
5		0,00090	4,186	4,186	-46,7
6		0,00094	4,354	4,354	-43,7
7		0,00098	4,528	4,528	-40,6
8		0,00101	4,709	4,709	-37,7
9		0,00106	4,897	4,897	-34,8
10		0,00110	5,093	5,093	-31,9
11		0,00114	5,297	5,297	-29,2
12		0,00119	5,509	5,509	-26,4
13		0,00123	5,729	5,729	-23,7
14		0,00128	5,958	5,958	-21,1
15		0,00134	6,197	6,197	-18,5
16		0,00139	6,444	6,444	-16,0
17		0,00144	6,702	6,702	-13,5
18		0,00150	6,970	6,970	-11,0
19		0,00156	7,249	7,249	-8,6
20		0,00162	7,539	7,539	-6,3
21		0,00169	7,841	7,841	-4,0
22		0,00176	8,154	8,154	-1,7
23		0,00183	8,480	8,480	0,5
24		0,00190	8,820	8,820	2,7
25		0,00198	9,172	9,172	4,8

Datos

Tasa de interés	6%
R1 (hasta 2020)	4%
R2 (2021 adelante)	0%
Ahorro energético (kWh/año)	4.641,0
Costo de mantención	0,0
Costo de la energía al 2013 (UF/kWh)	0,00074
Costos de inversión (UF)	63,0

Resultados

Ahorro en año 1 UF	3,578
VAN (25 años) UF	4,81
TIR (25 años)	6,66%

Fuente: elaboración propia

TABLA 3.1-23. INDICADORES ECONÓMICOS PARA ESCENARIO 2

año	Inversión UF	Costo de la energía [UF/kWh]	ahorro (UF/año)	Flujo de caja UF	VAN acumulado UF
0	-119,7	0,00074		-119,655	-119,7
1		0,00077	4,430	4,430	-115,5
2		0,00080	4,608	4,608	-111,4
3		0,00083	4,792	4,792	-107,4
4		0,00087	4,984	4,984	-103,4
5		0,00090	5,183	5,183	-99,5
6		0,00094	5,390	5,390	-95,7
7		0,00098	5,606	5,606	-92,0
8		0,00101	5,830	5,830	-88,3
9		0,00106	6,063	6,063	-84,8
10		0,00110	6,306	6,306	-81,2
11		0,00114	6,558	6,558	-77,8
12		0,00119	6,820	6,820	-74,4
13		0,00123	7,093	7,093	-71,1
14		0,00128	7,377	7,377	-67,8
15		0,00134	7,672	7,672	-64,6
16		0,00139	7,979	7,979	-61,5
17		0,00144	8,298	8,298	-58,4
18		0,00150	8,630	8,630	-55,4
19		0,00156	8,975	8,975	-52,4
20		0,00162	9,334	9,334	-49,5
21		0,00169	9,707	9,707	-46,6
22		0,00176	10,096	10,096	-43,8
23		0,00183	10,500	10,500	-41,1
24		0,00190	10,920	10,920	-38,4
25		0,00198	11,356	11,356	-35,7

Datos

Tasa de interés	6%
R1 (hasta 2020)	4%
R2 (2021 adelante)	0%
Ahorro energético (kWh/año)	5.746,0
Costo de mantención	0,0
Costo de la energía al 2013 (UF/kWh)	0,00074
Costos de inversión (UF)	119,7

Resultados

Ahorro en año 1 UF	4,430
VAN (25 años) UF	-35,73
TIR (25 años)	3,09%

Fuente: elaboración propia

TABLA 3.1-24. INDICADORES ECONÓMICOS PARA ESCENARIO 3

año	Inversión UF	Costo de la energía [UF/kWh]	ahorro (UF/año)	Flujo de caja UF	VAN acumulado UF
0	-41,3	0,00074		-41,250	-41,3
1		0,00077	1,307	1,307	-40,0
2		0,00080	1,359	1,359	-38,8
3		0,00083	1,414	1,414	-37,6
4		0,00087	1,470	1,470	-36,5
5		0,00090	1,529	1,529	-35,3
6		0,00094	1,590	1,590	-34,2
7		0,00098	1,654	1,654	-33,1
8		0,00101	1,720	1,720	-32,0
9		0,00106	1,789	1,789	-31,0
10		0,00110	1,860	1,860	-29,9
11		0,00114	1,935	1,935	-28,9
12		0,00119	2,012	2,012	-27,9
13		0,00123	2,092	2,092	-26,9
14		0,00128	2,176	2,176	-26,0
15		0,00134	2,263	2,263	-25,0
16		0,00139	2,354	2,354	-24,1
17		0,00144	2,448	2,448	-23,2
18		0,00150	2,546	2,546	-22,3
19		0,00156	2,648	2,648	-21,4
20		0,00162	2,753	2,753	-20,5
21		0,00169	2,864	2,864	-19,7
22		0,00176	2,978	2,978	-18,9
23		0,00183	3,097	3,097	-18,1
24		0,00190	3,221	3,221	-17,3
25		0,00198	3,350	3,350	-16,5

Datos

Tasa de interés	6%
R1 (hasta 2020)	4%
R2 (2021 adelante)	0%
Ahorro energético (kWh/año)	1.695,0
Costo de mantención	0,0
Costo de la energía al 2013 (UF/kWh)	0,00074
Costos de inversión (UF)	41,3

Resultados

Ahorro en año 1 UF	1,307
VAN (25 años) UF	-16,49
TIR (25 años)	1,93%

Fuente: elaboración propia

TABLA 3.1-25. INDICADORES ECONÓMICOS PARA ESCENARIO 4

año	Inversión UF	Costo de la energía [UF/kWh]	ahorro (UF/año)	Flujo de caja UF	VAN acumulado UF
0	-55,2	0,00074		-55,216	-55,2
1		0,00077	1,481	1,481	-53,8
2		0,00080	1,540	1,540	-52,4
3		0,00083	1,602	1,602	-51,1
4		0,00087	1,666	1,666	-49,8
5		0,00090	1,733	1,733	-48,5
6		0,00094	1,802	1,802	-47,2
7		0,00098	1,874	1,874	-46,0
8		0,00101	1,949	1,949	-44,7
9		0,00106	2,027	2,027	-43,5
10		0,00110	2,108	2,108	-42,4
11		0,00114	2,192	2,192	-41,2
12		0,00119	2,280	2,280	-40,1
13		0,00123	2,371	2,371	-39,0
14		0,00128	2,466	2,466	-37,9
15		0,00134	2,565	2,565	-36,8
16		0,00139	2,667	2,667	-35,8
17		0,00144	2,774	2,774	-34,7
18		0,00150	2,885	2,885	-33,7
19		0,00156	3,001	3,001	-32,7
20		0,00162	3,121	3,121	-31,8
21		0,00169	3,245	3,245	-30,8
22		0,00176	3,375	3,375	-29,9
23		0,00183	3,510	3,510	-28,9
24		0,00190	3,651	3,651	-28,0
25		0,00198	3,797	3,797	-27,2

Datos

Tasa de interés	6%
R1 (hasta 2020)	4%
R2 (2021 adelante)	0%
Ahorro energético (kWh/año)	1.921,0
Costo de mantención	0,0
Costo de la energía al 2013 (UF/kWh)	0,00074
Costos de inversión (UF)	55,2

Resultados

Ahorro en año 1 UF	1,481
VAN (25 años) UF	-27,16
TIR (25 años)	0,75%

Fuente: elaboración propia

Como se observa, las medidas en general no son muy rentables en su conjunto. Esto se debe principalmente a que el costo de la energía es muy bajo (costo referencial con leña). Los costos energéticos en leña son del orden de 17,2 \$/kWh comparado con 79,0 \$/kWh del gas o hasta 200,0 \$/kWh de la electricidad (tarifa de invierno).

Si se considera un escenario en que no se pueda utilizar leña, la alternativa sería el gas, el kerosene o la electricidad. En este caso las rentabilidades serían mucho más altas. Sin embargo, se debe ser muy cuidadoso al plantear estos escenarios, ya que al cambiar a combustibles más caros, también se reduce el consumo, como se ha mostrado en el modelo de comportamiento humano.

La tabla siguiente muestra el análisis económico para un análisis con calefactor a gas pero manteniendo el ahorro calculado anteriormente. Se consideró un costo del gas de 1.005 \$/kg, lo que equivale a 79 \$/kWh. El valor se obtiene del precio del GLP en Agosto de 2013 para Talca.

TABLA 3.1-26. INDICADORES ECONÓMICOS PARA ESCENARIO 1 PERO CON GAS COMO COMBUSTIBLE

año	Inversión UF	Costo de la energía [UF/kWh]	ahorro (UF/año)	Flujo de caja UF	VAN acumulado UF
0	-63,0	0,00341		-62,974	-63,0
1		0,00354	16,436	16,436	-47,5
2		0,00368	17,093	17,093	-32,3
3		0,00383	17,777	17,777	-17,3
4		0,00398	18,488	18,488	-2,7
5		0,00414	19,227	19,227	11,7
6		0,00431	19,996	19,996	25,8
7		0,00448	20,796	20,796	39,6
8		0,00466	21,628	21,628	53,2
9		0,00485	22,493	22,493	66,5
10		0,00504	23,393	23,393	79,6
11		0,00524	24,329	24,329	92,4
12		0,00545	25,302	25,302	104,9
13		0,00567	26,314	26,314	117,3
14		0,00590	27,366	27,366	129,4
15		0,00613	28,461	28,461	141,3
16		0,00638	29,599	29,599	152,9
17		0,00663	30,783	30,783	164,3
18		0,00690	32,015	32,015	175,6
19		0,00717	33,295	33,295	186,6
20		0,00746	34,627	34,627	197,4
21		0,00776	36,012	36,012	208,0
22		0,00807	37,453	37,453	218,3
23		0,00839	38,951	38,951	228,5
24		0,00873	40,509	40,509	238,6
25		0,00908	42,129	42,129	248,4

Datos

Tasa de interés	6%
R1 (hasta 2020)	4%
R2 (2021 adelante)	0%
Ahorro energético (kWh/año)	4.641,0
Costo de mantención	0,0
Costo de la energía al 2013 (UF/kWh)	0,00341
Costos de inversión (UF)	63,0

Resultados

Ahorro en año 1 UF	16,436
VAN (25 años) UF	248,37
TIR (25 años)	30,00%

Fuente: elaboración propia

TABLA 3.1-27. INDICADORES ECONÓMICOS PARA ESCENARIO 2 PERO CON GAS COMO COMBUSTIBLE

año	Inversión UF	Costo de la energía [UF/kWh]	ahorro (UF/año)	Flujo de caja UF	VAN acumulado UF
0	-119,7	0,00341		-119,655	-119,7
1		0,00354	20,349	20,349	-100,5
2		0,00368	21,163	21,163	-81,6
3		0,00383	22,009	22,009	-63,1
4		0,00398	22,890	22,890	-45,0
5		0,00414	23,805	23,805	-27,2
6		0,00431	24,757	24,757	-9,8
7		0,00448	25,748	25,748	7,4
8		0,00466	26,778	26,778	24,2
9		0,00485	27,849	27,849	40,6
10		0,00504	28,963	28,963	56,8
11		0,00524	30,121	30,121	72,7
12		0,00545	31,326	31,326	88,2
13		0,00567	32,579	32,579	103,5
14		0,00590	33,882	33,882	118,5
15		0,00613	35,237	35,237	133,2
16		0,00638	36,647	36,647	147,6
17		0,00663	38,113	38,113	161,8
18		0,00690	39,637	39,637	175,7
19		0,00717	41,223	41,223	189,3
20		0,00746	42,872	42,872	202,7
21		0,00776	44,587	44,587	215,8
22		0,00807	46,370	46,370	228,7
23		0,00839	48,225	48,225	241,3
24		0,00873	50,154	50,154	253,7
25		0,00908	52,160	52,160	265,8

Datos

Tasa de interés	6%
R1 (hasta 2020)	4%
R2 (2021 adelante)	0%
Ahorro energético (kWh/año)	5.746,0
Costo de mantención	0,0
Costo de la energía al 2013 (UF/kWh)	0,00341
Costos de inversión (UF)	119,7

Resultados

Ahorro en año 1 UF	20,349
VAN (25 años) UF	265,82
TIR (25 años)	20,59%

Fuente: elaboración propia

TABLA 3.1-28. INDICADORES ECONÓMICOS PARA ESCENARIO 3 PERO CON GAS COMO COMBUSTIBLE

año	Inversión UF	Costo de la energía [UF/kWh]	ahorro (UF/año)	Flujo de caja UF	VAN acumulado UF
0	-41,3	0,00341		-41,250	-41,3
1		0,00354	6,003	6,003	-35,6
2		0,00368	6,243	6,243	-30,0
3		0,00383	6,492	6,492	-24,6
4		0,00398	6,752	6,752	-19,2
5		0,00414	7,022	7,022	-14,0
6		0,00431	7,303	7,303	-8,8
7		0,00448	7,595	7,595	-3,8
8		0,00466	7,899	7,899	1,2
9		0,00485	8,215	8,215	6,0
10		0,00504	8,544	8,544	10,8
11		0,00524	8,885	8,885	15,5
12		0,00545	9,241	9,241	20,1
13		0,00567	9,610	9,610	24,6
14		0,00590	9,995	9,995	29,0
15		0,00613	10,395	10,395	33,3
16		0,00638	10,810	10,810	37,6
17		0,00663	11,243	11,243	41,8
18		0,00690	11,693	11,693	45,9
19		0,00717	12,160	12,160	49,9
20		0,00746	12,647	12,647	53,8
21		0,00776	13,153	13,153	57,7
22		0,00807	13,679	13,679	61,5
23		0,00839	14,226	14,226	65,2
24		0,00873	14,795	14,795	68,9
25		0,00908	15,387	15,387	72,5

Datos

Tasa de interés	6%
R1 (hasta 2020)	4%
R2 (2021 adelante)	0%
Ahorro energético (kWh/año)	1.695,0
Costo de mantención	0,0
Costo de la energía al 2013 (UF/kWh)	0,00341
Costos de inversión (UF)	41,3

Resultados

Ahorro en año 1 UF	6,003
VAN (25 años) UF	72,46
TIR (25 años)	17,92%

Fuente: elaboración propia

TABLA 3.1-29. INDICADORES ECONÓMICOS PARA ESCENARIO 4 PERO CON GAS COMO COMBUSTIBLE

año	Inversión UF	Costo de la energía [UF/kWh]	ahorro (UF/año)	Flujo de caja UF	VAN acumulado UF
0	-55,2	0,00341		-55,216	-55,2
1		0,00354	6,803	6,803	-48,8
2		0,00368	7,075	7,075	-42,5
3		0,00383	7,358	7,358	-36,3
4		0,00398	7,652	7,652	-30,3
5		0,00414	7,959	7,959	-24,3
6		0,00431	8,277	8,277	-18,5
7		0,00448	8,608	8,608	-12,8
8		0,00466	8,952	8,952	-7,1
9		0,00485	9,310	9,310	-1,6
10		0,00504	9,683	9,683	3,8
11		0,00524	10,070	10,070	9,1
12		0,00545	10,473	10,473	14,3
13		0,00567	10,892	10,892	19,4
14		0,00590	11,327	11,327	24,4
15		0,00613	11,781	11,781	29,3
16		0,00638	12,252	12,252	34,1
17		0,00663	12,742	12,742	38,9
18		0,00690	13,252	13,252	43,5
19		0,00717	13,782	13,782	48,1
20		0,00746	14,333	14,333	52,5
21		0,00776	14,906	14,906	56,9
22		0,00807	15,502	15,502	61,2
23		0,00839	16,123	16,123	65,5
24		0,00873	16,767	16,767	69,6
25		0,00908	17,438	17,438	73,7

Datos

Tasa de interés	6%
R1 (hasta 2020)	4%
R2 (2021 adelante)	0%
Ahorro energético (kWh/año)	1.921,0
Costo de mantención	0,0
Costo de la energía al 2013 (UF/kWh)	0,00341
Costos de inversión (UF)	55,2

Resultados

Ahorro en año 1 UF	6,803
VAN (25 años) UF	73,65
TIR (25 años)	15,41%

Fuente: elaboración propia

Existen también algunas externalidades que no se han considerado en el cálculo, como el gasto en salud y la pérdida de productividad que produce la contaminación producto del consumo de energía. Además, y lo más importante, es el deterioro de la calidad de vida y la salud de las personas.

3.1.11 Conclusiones

Se puede constatar que existe un potencial de ahorro energético de entre un 30% a un 50% con paquetes de medidas (mejoras). Si bien es cierto, que en la actividad de construcción de viviendas se tienden a generar paquetes de medidas, con el fin de abaratar costos en la instalación de faenas y administración de la obra, hay que ser muy cuidadosos, ya que algunas medidas con alta rentabilidad pueden estar subsidiando medidas no rentables dentro de un mismo paquete.

Claramente, las medidas más ventajosas son el escenario 1 para las viviendas existentes y el escenario 3 para las viviendas nuevas. El cambio de ventanas en viviendas existentes por ahora no es recomendable debido a su alto costo-efectividad. Es preferible focalizar recursos a las medidas del escenario 1 que tienen más impacto y menores costos de inversión. Eventualmente, la instalación de ventanas DVH puede hacerse después, independiente de una intervención a pisos y muros. Esto debido a que existen empresas consolidadas que se dedican al cambio de ventanas, lo hacen en forma rápida y eficiente. Por tanto, para esta partida no es tan necesario hacerla junto con el resto de las mejoras.

Respecto a las viviendas existentes, el paquete más atractivo es el escenario 3. El escenario 4 se generó para mostrar en qué medida cambia el impacto al mejorar la situación respecto al escenario 3. Pero se puede constatar que el gran impacto se logra con el escenario 3.

Todas las medidas de aislación de viviendas, son medidas que tienden a crear buenas y sólidas condiciones a un mediano y largo plazo. No se debería seguir construyendo viviendas en Chile con los estándares mínimos de aislación como se ha hecho hasta ahora. Además, frente a la eventualidad de que en algún momento se tenga que prohibir el uso de la leña para calefacción en las zonas urbanas, el impacto en el confort térmico interior de la vivienda no sería tan alto, aun si la casa no tuviera calefacción.

3.2 Actividad 2. Identificar y cuantificar el consumo del combustible leña en las comunas de Talca y Maule considerando lo siguiente

3.2.1 Introducción

Una de las principales fuentes de contaminación en las comunas de Talca y Maule proviene de la combustión de leña residencial. De ahí la importancia de contar con información relevante del consumo de leña para determinar su aporte a las emisiones de material particulado.

Las fuentes de información de consumo de leña en estas comunas la constituye actualmente la Encuesta CASEN 2006, la cual tiene una pregunta relativa al consumo de leña, pero esta información claramente es insuficiente para tomar decisiones de políticas ambientales, ya que se requieren conocer los hábitos de compra, estacionalidad del consumo, tipos de equipo, tipo de especie, humedad de la leña, entre otras variables de interés. Este tipo de información está disponible en la estimación del consumo de leña residencial del Inventario de Emisiones de Talca realizado por Ambiosis (2009).

En este contexto con el fin de actualizar la información existente surge el presente estudio de análisis y caracterización de consumo de leña en las comunas de Talca y Maule mediante la aplicación de una encuesta diseñada para el sector residencial (Ver Anexo E).

3.2.2 Diseño del muestreo

Tamaño de la muestra

La población objetivo de este estudio son los hogares que utilizan leña como combustible de calefacción en las comunas de Talca y Maule. De este modo se procedió a definir el tamaño de la muestra seleccionada con información de consumo de leña en la comuna de Talca obtenida con datos de la encuesta CASEN del año 2006 (es el único año en el cual la CASEN consultó por consumo de leña), la variable de interés fue el porcentaje de hogares que utilizan leña en su hogar.

Según la encuesta CASEN 2006 el porcentaje de hogares en Talca que consumen leña es 49,3% con una desviación estándar de 50,0% así el número de hogares que utilizan leña está compuesto por 29.004 hogares (calculado en base a las proyecciones de población del INE y el número promedio de integrantes del hogar según la encuesta CASEN para la comuna de interés). En el caso de Maule el porcentaje de hogares que consumen leña es 72,3% con una desviación estándar de 44,9%, así el número de hogares que utilizan leña está compuesto por 1.646 hogares (solo incluyendo hogares de la zona urbana).

A partir del número total de hogares, proporción y desviación estándar del consumo de leña se estimó con un 95% de confianza y un 7% de error que el tamaño muestral con afijación proporcional por comuna debía ser 755 encuestas (736 en Talca y 29 en Maule). Luego del trabajo de campo, levantamiento de información y validación se llegó a un total de 834

encuestas válidas para hacer los análisis sobre comportamiento de compra y uso de leña, así como la caracterización de los hogares en Talca y Maule. En el *Anexo F* se incluyen más antecedentes sobre el proceso de reclutamiento y capacitación de los encuestadores.

3.2.3 Resultados de la Aplicación de la encuesta para caracterización de la demanda de leña

A continuación se entregan los resultados del levantamiento de encuestas realizados a 755 hogares de la comuna de Talca y 59 en la comuna de Maule (ver *Anexo G* para más antecedentes de los sectores encuestados de Talca y Maule). El instrumento aplicado para el levantamiento de la información (Ver *Anexo E*) tuvo como objetivo caracterizar la demanda de leña, equipos, tipo leña, humedad, precios de compra y características de los hogares y sus viviendas, así como también enfrentar a los encuestados a preguntas situacionales, con el fin de evaluar la disposición de los hogares que actualmente utilizan un equipo de calefacción a leña al cambio por otro equipo menos contaminante.

Considerando solamente los hogares que consumen leña se estimó un consumo promedio por hogar de 1.615 kg/año-hogar en Talca y 1.588 kg/año-hogar en Maule. Cabe señalar que el promedio encontrado en este estudio es inferior al calculado con la encuesta CASEN 2006 (2.663 kg/año-hogar en Talca y 1.735 kg/año-hogar en Maule) esta diferencia se puede justificar por la alta varianza que muestra el consumo en ambas comunas. Según el estudio de Ambiosis (2009) el consumo de los hogares de Talca que utilizan leña es 1.230,8 kg/año-hogar. De todos modos los niveles de consumo estimados en el presente estudio están dentro de los intervalos de confianza de los niveles encontrados previamente.

Características del consumo de leña

Según los resultados un 61,7% de los hogares en Talca y un 72,9% de los hogares en Maule afirman utilizar leña para calefacción. Considerando que previamente se conocía la alta variabilidad en la utilización y los consumos declarados de leña para calefacción, se decidió en la etapa de diseño de la encuesta complementar la pregunta anterior con datos observacionales, por lo cual se le pidió a cada encuestador que contabilizara el número de casas con tubos de estufas o chimeneas en la cuadra donde se entrevistó a cada hogar. Los resultados de este análisis permiten concluir que existe un 38,4% de penetración de estufas en cada cuadra en Talca y un 49,7% en Maule. Combinando las dos preguntas anteriores con un promedio simple podemos estimar una penetración de 50,01% en Talca y 61,3% en Maule. Este resultado de penetración es superior al levantado en el estudio de Ambiosis (2009) que con 352 encuestas determinó una proporción de 45% de hogares que consumen leña.

Respecto al periodo de tiempo que cada hogar tiene su artefacto a leña actual, se observa que estos son relativamente nuevos, en promedio 4,5 años de antigüedad para Talca y 3,5 años para Maule. A pesar de esto un 12,0% de los hogares en Talca tienen pensado comprar o renovar su artefacto para calefacción dentro del próximo año, mientras en Maule el 10,0% de los hogares pensaba renovar su calefactor.

Los motivos por los cuales los hogares utilizan la leña como energético radica principalmente en que es un combustible más económico y porque existe una sensación de que la leña calienta más. Cuando se pregunta por otros motivos a parte de estos dos principales, como tercera razón se menciona lo fácil que es obtener leña y que se utiliza por costumbre o hábito. En la Tabla 3.2-1 se muestra la frecuencia de las respuesta de los hogares frente a la consulta sobre el motivo del uso de la leña en el hogar. Además, cuando se pregunta por otro motivo que no estuviera en los previamente establecidos en la encuesta se detectó que un 2,9% radica en que los hogares lo perciben como menos riesgoso para su salud.

TABLA 3.2-1. Razones para utilizar leña en el hogar

Razón para utilizar leña en el hogar	1era razón %	2da razón %	3era razón %
Porque es más económico	33,8	34,1	6,7
Porque calienta mas	48,0	35,1	5,2
Es fácil de obtener	1,9	10,8	41,2
Por costumbre o habito	3,3	5,9	30,8
contamina menos	4,8	7,9	11,8
Para no depender de un solo proveedor	0,2	0,7	0,7
Otra	7,5	5,6	2,9
No sabe	0,6	0,0	0,7

Fuente: Elaboración propia

En el estudio se detectó que la unidad de compra de leña predominante en Talca y Maule corresponde al m³ (ordenado, estéreo, tirado o a granel), siendo esta unidad de compra utilizada en el 92,8% de los hogares que consumían leña, seguido muy de lejos por saco (2,3%) y camioneta (2,1%). Para complementar podemos señalar que el m³ estéreo, tirado o a granel es una de las unidades de compra más utilizadas en las ciudades del sur del país, entre ellas Chillán, Temuco, Osorno y Coyhaique (fuente: “Estudio comparación de precios y calidad de la leña en época de invierno en Rancagua, Curicó, Talca y Osorno” John O’Ryan Survivors (2012); “Evaluación del impacto sobre la concentración del MP10, MP2,5 y otros contaminantes atmosféricos por la introducción de proyectos de calefacción distrital” UDT-UDEC (2013); “Priorización de Medidas de Reducción de Emisiones por Uso Residencial de Leña para la Gestión de la Calidad del Aire en Temuco y Padre Las Casas” Universidad de Concepción (2002)).

La forma más recurrente para adquirir la leña de los hogares entrevistados corresponde a la utilización de camionetas largas (37,7%), camiones $\frac{3}{4}$ (29,5%), camionetas cortas (15,7%), camiones largos (5,9%), maletero del automóvil (4,8%), carreta animal (1,2%), carretillas de mano (1,0%), triciclo (0,6%) y otros (3,6%). El mecanismo de adquisición de la leña refleja que mayoritariamente los hogares estarían adquiriendo volúmenes grandes de este energético. Cabe señalar, que en esta pregunta de la encuesta no se hizo una distinción si la forma de adquisición era en el domicilio o en locales establecidos.

Con respecto a las especies arbóreas utilizadas como leña para combustión residencial, se detectó que la especie más consumida en los hogares de Talca y Maule corresponde a Eucaliptus. Un porcentaje menor declara consumir hualle y aramo. Mientras un pequeño porcentaje de los hogares afirma consumir especies nativas entre las cuales se cuentan según

relevancia roble, sauce, álamo, litre y parra. Las tablas siguientes muestran para las comunas de Talca y Maule la frecuencia relativa (porcentaje) de las distintas especies arbóreas utilizadas como leña en los hogares encuestados según mención espontánea considerando tres opciones.

TABLA 3.2-2. PARTICIPACIÓN DE LAS ESPECIES DE LEÑA EN LOS HOGARES DE TALCA

Especie	1era opción	2da opción	3era opción	Total
Hualle	5,5%	1,0%	0,0%	6,5%
Eucaliptus	71,1%	0,6%	0,0%	71,7%
Aromo	6,3%	2,4%	0,2%	8,8%
Espino	0,6%	0,0%	0,0%	0,6%
Pino	1,0%	0,6%	0,0%	1,6%
Mixto	2,2%	0,2%	0,4%	2,8%
No sabe	4,1%	0,0%	0,0%	4,1%
Nativas	1,4%	0,0%	0,0%	1,4%
Frutales	0,2%	0,2%	0,0%	0,4%
Otra	1,6%	0,4%	0,2%	2,2%

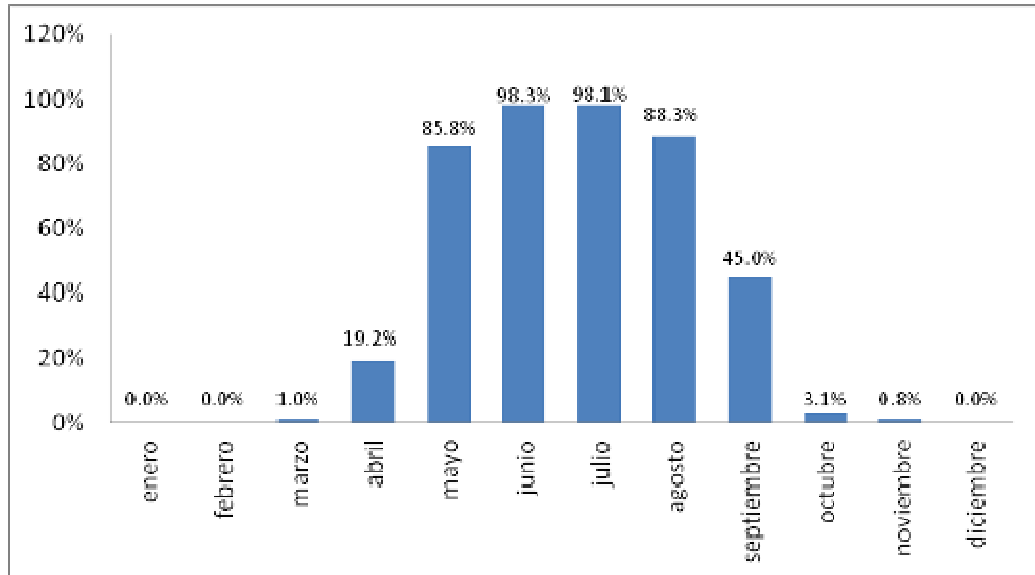
Fuente: Elaboración propia

TABLA 3.2-3. PARTICIPACIÓN DE LAS ESPECIES DE LEÑA EN LOS HOGARES DE MAULE

Especie	1era opción	2da opción	3era opción	Total
Hualle	4,3%	6,5%	0,0%	10,9%
Eucaliptus	67,4%	0,0%	0,0%	67,4%
Aromo	4,3%	0,0%	0,0%	4,3%
Espino	2,2%	0,0%	0,0%	2,2%
Pino	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mixto	2,2%	0,0%	0,0%	2,2%
No sabe	8,7%	0,0%	0,0%	8,7%
Nativas	4,3%	0,0%	0,0%	4,3%
Frutales	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Otra	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

Fuente: Elaboración propia

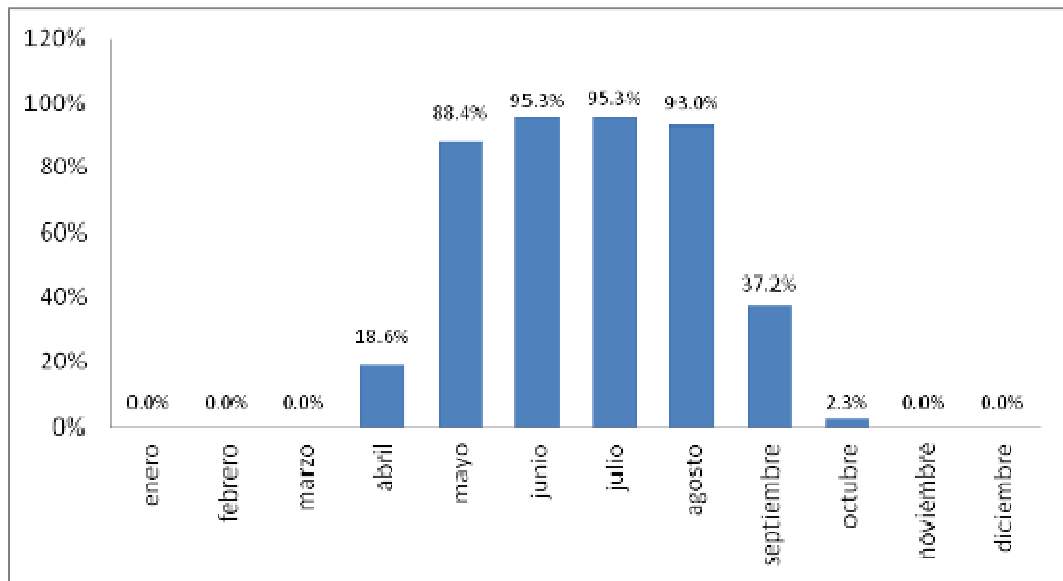
Con respecto a los meses en que se consume leña en Talca, el periodo entre mayo y agosto es en el cual se utiliza más intensivamente. Un 19,2% de los hogares utilizan leña a contar de abril, un 45,0% de los hogares finaliza su utilización en septiembre, un 3,1% en octubre y un 0,8% en noviembre. La frecuencia relativa en que los hogares de Talca comienzan a utilizar leña por mes se muestra en la Figura 3.2-1 (se incluyen sólo los datos de hogares que consumen leña).



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.2-1. PORCENTAJE DE HOGARES EN TALCA QUE UTILIZAN LEÑA SEGÚN MES DEL AÑO

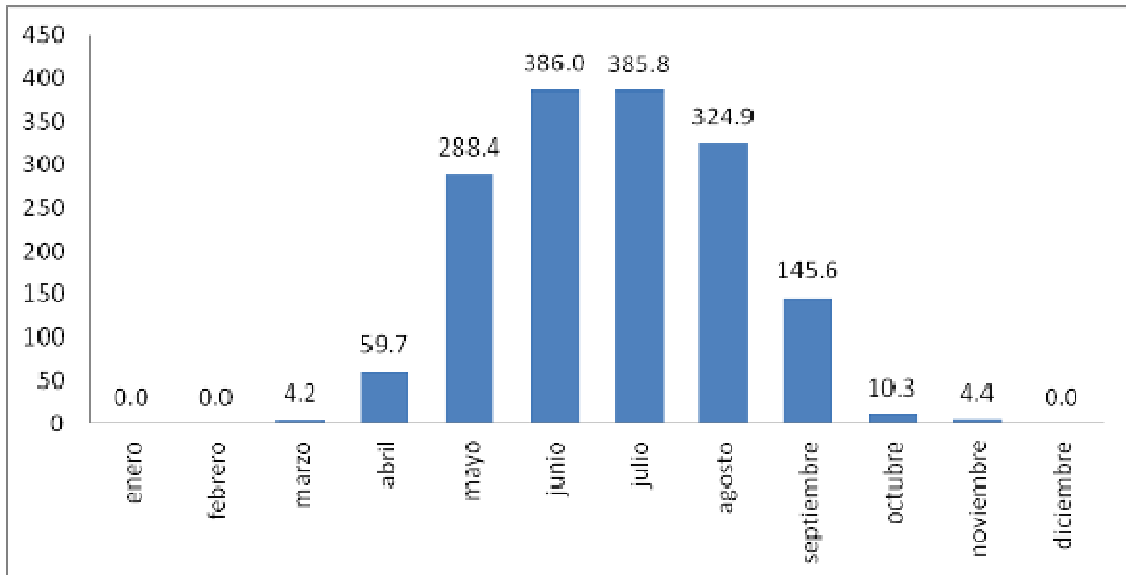
El comportamiento mensual del consumo de leña en Maule es muy similar al anterior, entre mayo y agosto es el periodo en que se utiliza más intensivamente. Un 18,6% de los hogares utilizan leña a contar de abril, un 37,2% de los hogares finaliza su utilización en septiembre y un 2,3% en octubre. La frecuencia relativa en que los hogares de Maule comienzan a utilizar leña por mes se muestra en la Figura 3.2-2 (se incluyen sólo los datos de hogares que consumen leña).



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.2-2. PORCENTAJE DE HOGARES EN MAULE QUE UTILIZAN LEÑA SEGÚN MES DEL AÑO

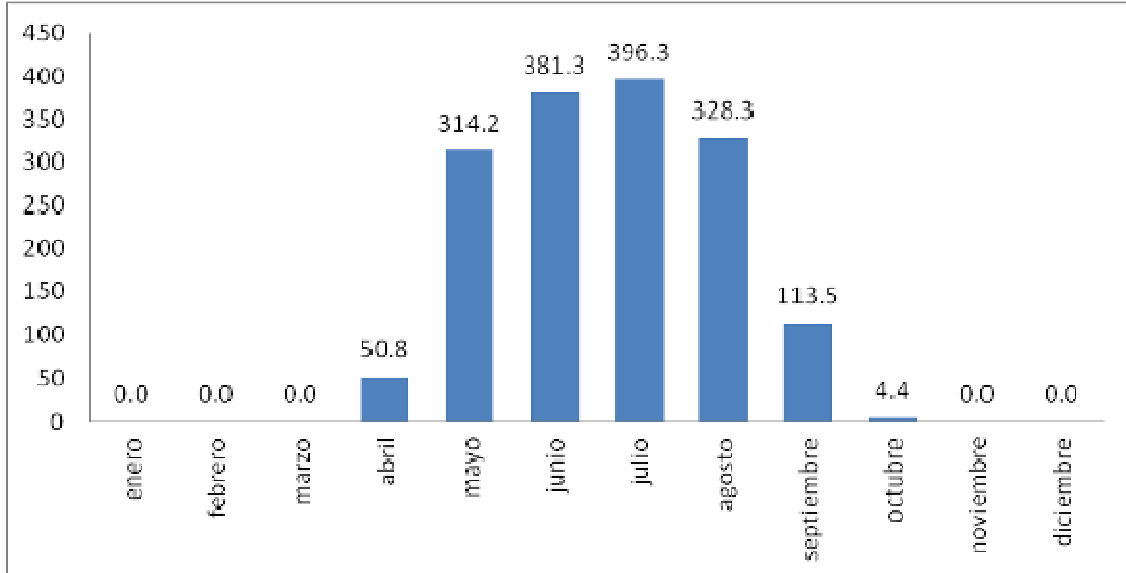
La distribución de consumo promedio mensual de leña en kilogramos de los hogares encuestados de Talca se muestra en la Figura 3.2-3. Como se aprecia la intensidad del consumo de leña en el año ocurre principalmente entre los meses de mayo y agosto (se consideran sólo los datos de hogares que consumen leña para calefacción).



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.2-3. CONSUMO PROMEDIO MENSUAL DE LEÑA EN KG/MES-HOGAR PARA TALCA

La distribución de consumo promedio mensual de leña en kilogramos (kg) de los hogares encuestados de Maule es muy similar al de Talca, este se muestra en la Figura 3.2-4. Como se aprecia, la intensidad del consumo de leña en el año ocurre principalmente entre los meses de mayo y agosto (se incluyen sólo los datos de hogares que consumen leña).



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.2-4. CONSUMO PROMEDIO MENSUAL DE LEÑA EN KG/MES-HOGAR PARA MAULE

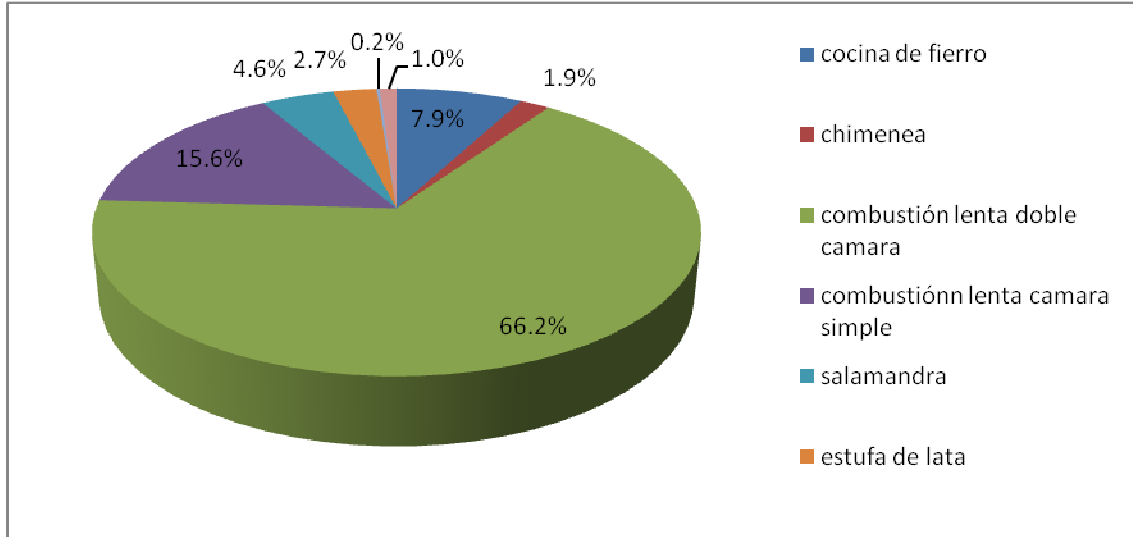
3.2.4 Artefactos de combustión de leña en el hogar

La proporción de los equipos a leña en los hogares encuestados de Talca y Maule se discute a continuación, lo cual permite caracterizar el parque de equipos en la zona bajo estudio. En la figura 3.2-5 se puede observar que en la comuna de Talca el equipo a leña por orden de importancia es la estufa de combustión lenta con sistema de templador (conocida como de doble cámara)¹⁸ (66,2%), estufa de combustión lenta de cámara simple (15,6%), cocina de hierro (7,9%), salamandra (4,6%), estufa de lata¹⁹ (2,7%), chimenea (1,9%), estufa artesanal²⁰ (1,0%) y brasero (0,2%). Este resultado concuerda con el hecho que el parque de equipos es relativamente nuevo. La baja importancia de las cocinas a leña a diferencia de otras zonas del sur del país, entre ellas Temuco y Osorno, permitiría la reducción de emisiones a través de una política de recambio de calefactores, lo cual se dificulta cuando los equipos se utilizan también para cocinar.

¹⁸ Se capacitó a los encuestadores para identificar estufas a través de imágenes de la Tarjeta B que pueden ser observadas en el Manual del Encuestador que se entrega en el *Anexo J*. Solo los encuestadores que fueron autorizados por los residentes hicieron inspección visual del equipo. Además es necesario aclarar que el concepto de “doble cámara” se utiliza en la práctica como lo que se conoce técnicamente como estufa de cámara simple con templador.

¹⁹ Calefactor fabricado a partir de un tambor de 200 litros principalmente.

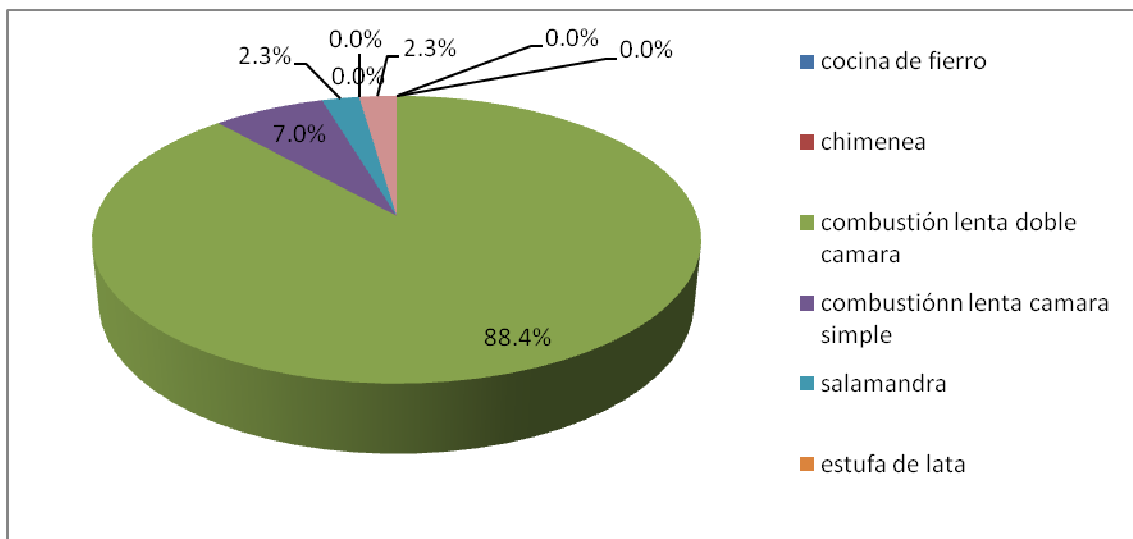
²⁰ Otro tipo de calefactor fabricado en forma artesanal a partir de una combinación de metal, ladrillo y/o barro.



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.2-5. PROPORCIÓN DE EQUIPOS A LEÑA UTILIZADOS PARA COCINA Y CALEFACCIÓN EN TALCA

En la figura 3.2-6 se puede observar que en la comuna de Maule el equipo a leña por orden de importancia es la estufa de combustión lenta con sistema de templador (88,4%), estufa de combustión lenta de cámara simple sin templador (7,0%), salamandra (2,3%) y estufa artesanal (2,3%), otros tipos de equipos como estufas de lata, chimeneas, cocinas de hierro, y braseros no fueron encontrados en los hogares encuestados de esta comuna. Sin embargo, cabe recordar que el tamaño muestral fue más pequeño en esta comuna con respecto a Talca, lo cual reduce la probabilidad de encontrar mayor heterogeneidad de equipos.



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.2-6. PROPORCIÓN DE EQUIPOS A LEÑA UTILIZADOS PARA COCINA Y CALEFACCIÓN EN MAULE

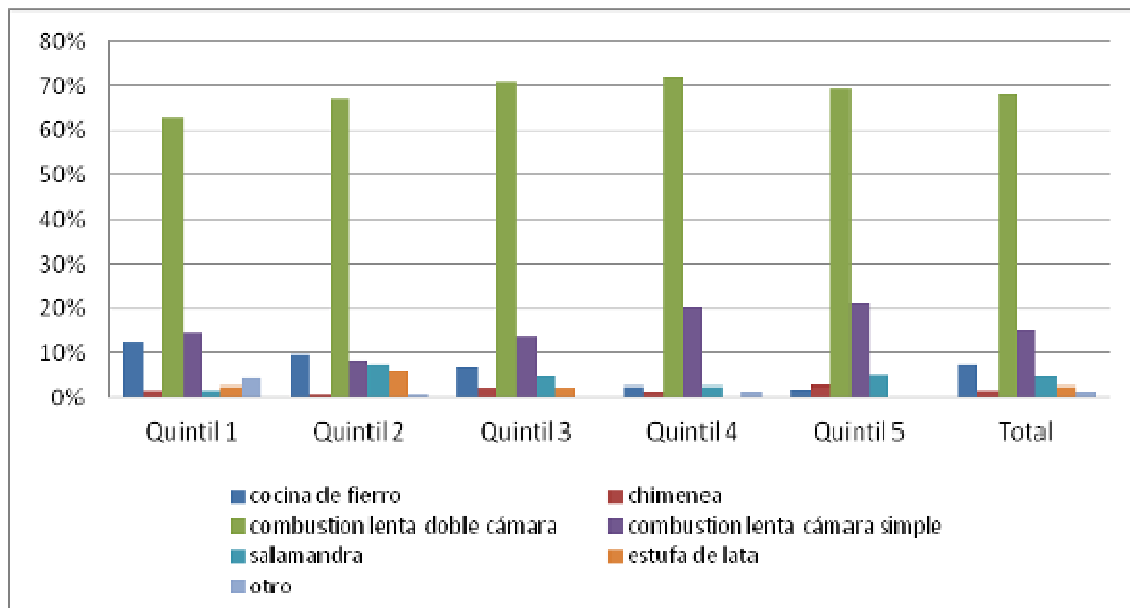
A partir de la información presentada en las figuras previas combinado con la proyección de la población y penetración de equipos por comuna, es posible generar una extrapolación del número total de artefactos a leña para las zonas urbanas de Talca y Maule que se presenta a continuación.

TABLA 3.2-4. ESTIMACIÓN DE ARTEFACTOS A LEÑA POR COMUNA

Tipo de Equipo	Talca	Maule
Salamandra	1.416	100
Combustión de doble cámara	20.374	3.862
Cocina de fierro	2431	0
Estufa de cámara simple	4.801	306
Chimenea	585	0
Estufa de lata	1.139	100

Fuente: Elaboración propia

La proporción de tenencia de equipos de calefacción es relativamente homogénea por quintil de ingreso. Existe una alta participación de equipos de combustión lenta de doble cámara en todos los quintiles de ingreso, pero los quintiles más pobres tienen una participación mayor de cocinas a leña.



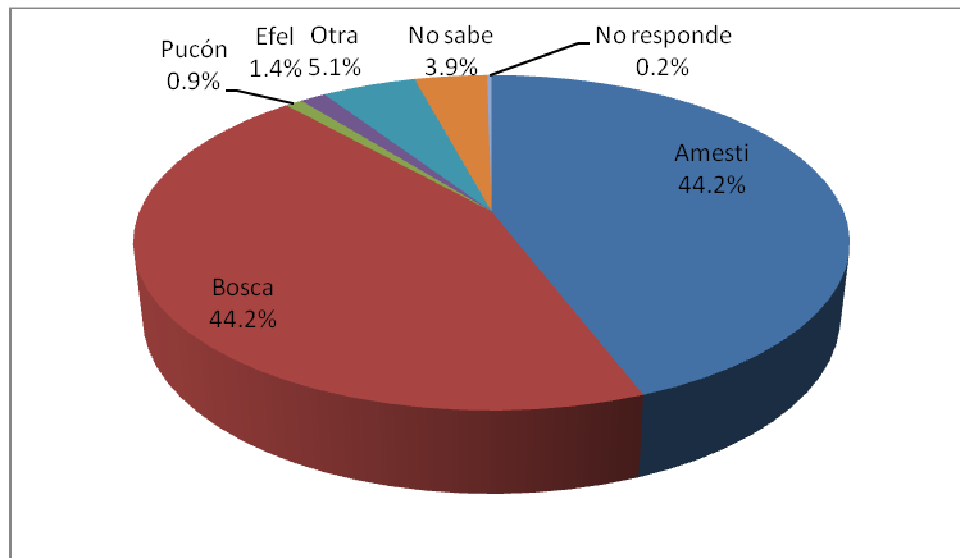
Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.2-7. PROPORCIÓN DE EQUIPOS A LEÑA UTILIZADOS PARA COCINA Y CALEFACCIÓN EN TALCA Y MAULE SEGÚN QUINTIL DE INGRESO

Al analizar los equipos que tienen mayor preponderancia en las comunas analizadas podemos concluir que la antigüedad promedio de las estufas de combustión de doble cámara es 4 años, aunque también existen equipos con una antigüedad máxima de 17 años. La

antigüedad promedio de las estufas de combustión de cámara simple es 6 años, con presencia de equipos con una antigüedad máxima de 18 años. La antigüedad promedio de las cocinas de fierro es 3,6 años, en este tipo de equipos la antigüedad máxima es 11 años. Finalmente, la antigüedad promedio de las salamandras es 6,4 años, aunque existen equipos con una antigüedad máxima de 27 años.

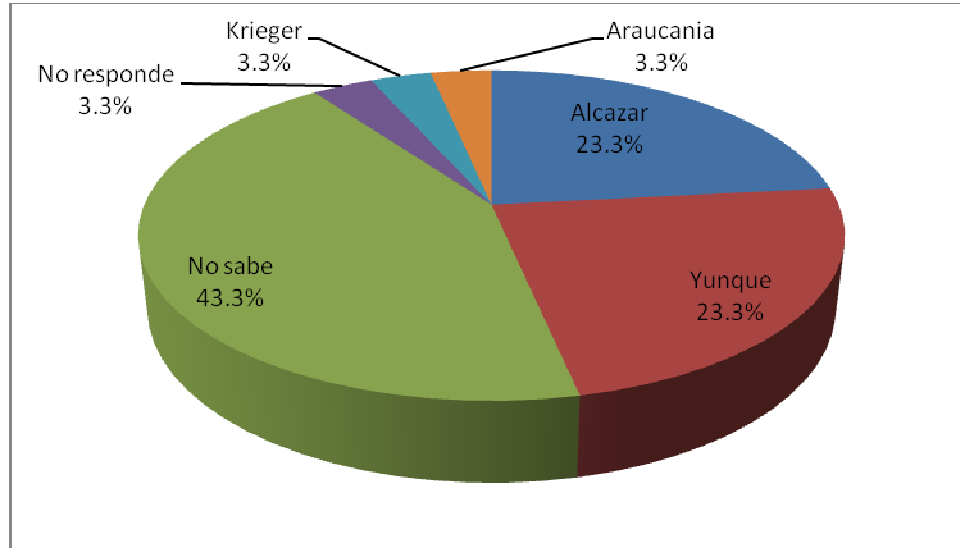
Las marcas predominantes de los equipos de combustión lenta con sistema de templador y cámara simple primera generación que poseen los hogares son Bosca y Amesti. También existe una participación menor de las marcas Efel y Pucón.



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.2-8. MARCA DE LOS CALEFACTORES A LEÑA EN LOS HOGARES DE TALCA Y MAULE

En el caso de las cocinas a fierro también existen dos marcas predominantes, de las cuales de la mitad corresponde a la marca Yunque y Alcázar, mientras un 43,3% de los hogares no conoce la marca del equipo que posee. También existe una participación menor en el parque de cocinas de las marcas Krieger y Araucanía.



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.2-9. MARCA DE COCINAS A LEÑA ENCONTRADAS EN LOS HOGARES DE TALCA Y MAULE

A las cocinas a leña se les hace mantención en promedio cada 8,3 meses. Las estufas de combustión lenta con sistema de templador son mantenidas en promedio cada 8,0 meses y las estufas de cámara simple cada 9,0 meses. Las salamandras son mantenidas cada 9,5 meses, mientras las estufas de lata seguramente por su estructura más débil son mantenidas mucho más regularmente cada 5,1 meses.

Con respecto a la forma de encendido y utilización de los equipos para cocinar el 100% de los usuarios enciende los equipos para cocinar utilizando papeles, palitos y/o astillas, los cuales en promedio tardan aproximadamente 8,0 minutos en lograr encender el equipo. En el caso de los equipos para calefacción el 84,3% de los usuarios enciende los equipos utilizando papeles, palitos y/o astillas, el 5,9% utilizan briquetas o partidores, el 1,6% parafina, el 0,8% cera, mientras el 7,0% utiliza otros medios dentro los que se encuentran bandejas de huevo, calugas de encendido, cartón, carbón, servilletas con aceite, tabletas de parafina y trozos de resina, los usuarios de estos artefactos a leña para calefacción en promedio tardan 7,7 minutos en lograr encender el equipo.

Respecto al análisis del tiempo promedio en encender el equipo, el cual correspondería a percepción subjetiva del encuestado, se debe clarificar que a través de una regresión se intentó identificar si existían diferencias considerando la humedad de la leña. Los resultados arrojan que al 99% de confianza existiría un efecto positivo de la leña humedad sobre el tiempo que se demora en encender el equipo, es decir, a mayor humedad se tardarían 4 minutos más de tiempo en encender el equipo. En el caso de la leña seca y semi-húmeda no se observan diferencias estadísticamente significativas.

CUADRO 3.2-1. REGRESIÓN DE TIEMPO DE ENCENDIDO RESPECTO A HUMEDAD DE LA LEÑA

Source	SS	df	MS	Number of obs = 485		
Model	28768.5258	3	9589.5086	F(3, 482) =	260.27	
Residual	17758.9742	482	36.8443448	Prob > F =	0.0000	
				R-squared =	0.6183	
				Adj R-squared =	0.6159	
Total	46527.5	485	95.9329897	Root MSE =	6.07	

p3_1_2_f	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
seca	7.671772	.2839405	27.02	0.000	7.113858	8.229686
semihumeda	7.541667	1.239024	6.09	0.000	5.107111	9.976223
humeda	11.25	3.034977	3.71	0.000	5.28658	17.21342

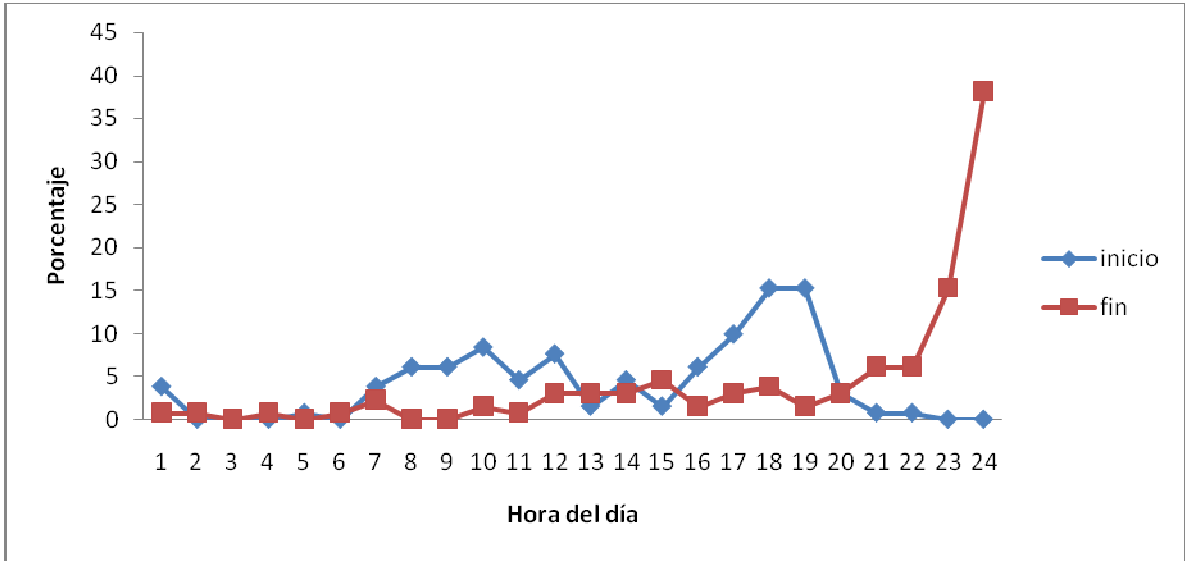
Fuente: Elaboración propia

En el horario de mayor uso de los artefactos de combustión a leña para cocinar, el 50% de los hogares comienza a utilizar las cocinas a leña entre las 9 am y 12 am, mientras un 43,8% de los hogares empieza a utilizar estos equipos entre las 6 pm y 7 pm. La mayor frecuencia en el apagado de los equipos se produce entre las 10 pm y 12 pm con un 68,8% de las menciones. El tiraje se utiliza parcialmente cerrado (81,3%) o completamente cerrado (6,3%) cuando la cocina opera a plena carga.

En el horario de uso medio de los artefactos de combustión a leña para cocinar, el 57,9% de los hogares comienza a utilizar las cocinas a leña entre las 10 am y 7 pm. La mayor frecuencia en el apagado de los equipos se produce entre las 9 pm y 11 pm con un 73,8% de las menciones. El tiraje se utiliza parcialmente cerrado (79,0%) o completamente cerrado (10,5%) cuando la cocina opera a carga media.

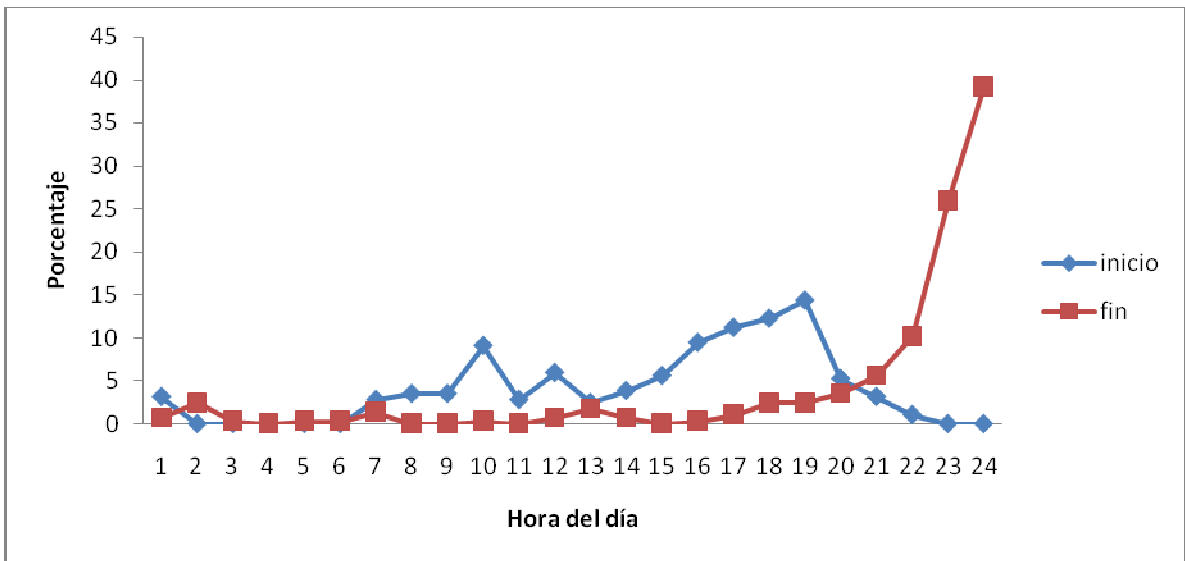
En el horario de uso a carga mínima de los artefactos de combustión a leña para cocinar, el 57,4% comienza a utilizar las cocinas a leña entre las 8 am y 11 am, mientras un 42,6% las utiliza entre las 5 pm y 20 pm. La mayor frecuencia en el apagado de los equipos se produce entre las 7 pm y 12 pm con un 71,4% de las menciones. El tiraje se utiliza parcialmente cerrado (57,1%) o completamente cerrado (42,9%) cuando la cocina opera a carga mínima.

El horario de uso de los artefactos de combustión a leña para calefacción es mucho más heterogéneo, tanto para intensidad alta, media o mínima, por lo tanto esta información se presenta en las figuras siguientes:



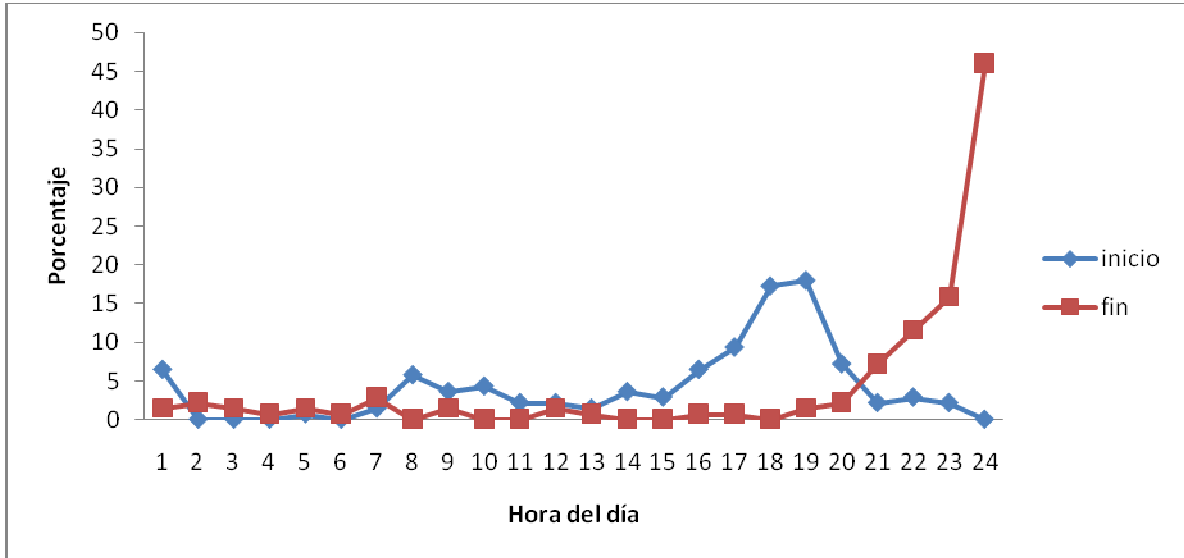
Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.2-10. HORARIO DE INICIO Y FIN DE UTILIZACIÓN DE EQUIPO DE CALEFACCIÓN A LEÑA BAJO CARGA COMPLETA



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.2-11. HORARIO DE INICIO Y FIN DE UTILIZACIÓN DE EQUIPO DE CALEFACCIÓN A LEÑA BAJO CARGA MEDIA

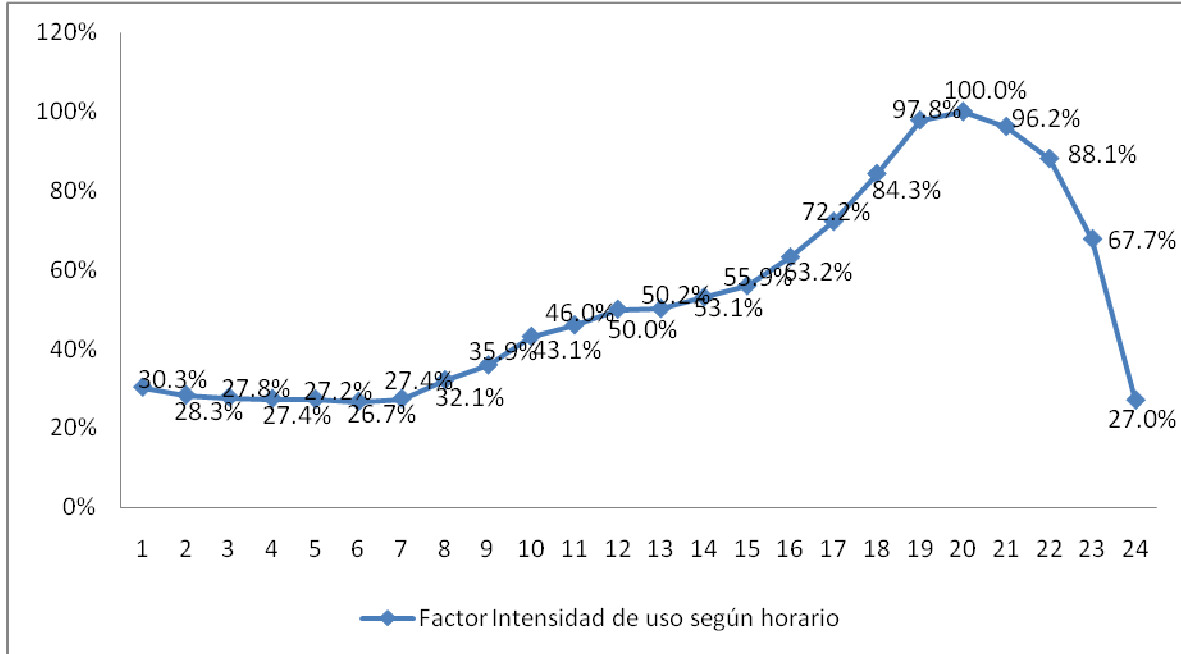


Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.2-12. HORARIO DE INICIO Y FIN DE UTILIZACIÓN DE EQUIPO DE CALEFACCIÓN A LEÑA BAJO CARGA MÍNIMA

Cuando el equipo de calefacción opera a plena carga el tiraje se utiliza parcialmente cerrado (75,6%), completamente cerrado (10,7%) o totalmente abierto (4,6%). Cuando el equipo de calefacción opera a carga media el tiraje se utiliza parcialmente cerrado (80,9%), completamente cerrado (14,1%) o totalmente abierto (1,4%). Finalmente, cuando el equipo de calefacción opera a carga mínima el tiraje se utiliza parcialmente cerrado (63,2%), completamente cerrado (33,1%) o totalmente abierto (2,2%).

A partir de la información anterior sobre hora de inicio y fin de utilización de los equipos, bajo ciertos supuestos se puede generar un factor de intensidad de uso de los equipos a leña por hora, tal como se muestra en la figura siguiente:



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.2-13. INTENSIDAD DE USO DE EQUIPOS A LEÑA POR HORARIO

3.2.5 Abastecimiento de leña en el hogar

Con respecto al abastecimiento de la leña podemos concluir que un 4,9% de los hogares encuestados señala que una parte de la leña la recolecta o es de su propiedad, un 8,4% afirma que una parte de la leña es regalada, un 86,2% compra parte de la leña que utiliza y un 0,6% señala que una parte es obtenida de otra forma. Quienes afirman recolectar la leña o que es de su propiedad la obtienen en un 98,1% de esta manera. Quienes afirman que le regalan la leña la obtienen en un 83,1% de esta forma. Quienes afirman que compran la leña la obtienen en un 99,0% de esta forma. Finalmente, quienes afirman obtenerla de otra manera esta alternativa corresponde al 100%.

Los encuestados a quienes les regalan leña o desechos de leña afirman que principalmente son familiares o amigos (66,7%) quienes le entregan este producto, también son proporcionados por las industrias de la zona (10,0%), productores del bosque (6,7%) y de otra forma (16,7%). Esta última alternativa incluye leña que estaba en la casa, en campo propio, constructora donde trabaja o árboles de la vía pública. Los hogares que compran leña afirman que la adquieren de un transportista o vendedor ambulante (29,9%), comerciante establecido (30,1%), productor (37,6%), o de otra forma (2,2%). Lo que demuestra que la mayoría de los hogares que compra leña adquieren este insumo principalmente a través de comerciantes informales, situación que coincide con el problema del mercado informal de este energético en varios centros urbanos del sur del país.

Por otro lado, la informalidad de la venta de leña en términos de entrega de boletas o recibos de la venta es algo que se repite a lo largo del país, por lo que no sorprende que un

77,3% de los hogares encuestados señalen que nunca le entregan una factura o boleta por la compra de leña. Sólo, el 13,4% de los hogares encuestados declaran que siempre le entregan una boleta o factura cuando compran este combustible, mientras que un 2,4% declararon que casi siempre le entregan este documento.

Un aspecto relevante de los resultados de la encuesta es la percepción sobre el contenido de humedad de la leña. El 94,0% de los hogares declara que la leña que adquiere se encuentra seca, un 5,1% semi-húmeda y un 0,9% argumenta que la leña se encuentra húmeda. Si esta información subjetiva es verdadera podría ser marginal el potencial de reducción de emisiones de intensificar la fiscalización para la utilización de leña seca, medida que se ha incluido en otros planes de descontaminación de otras zonas del sur de Chile, como una alternativa importante para la reducción de la contaminación por material particulado.

La información de percepción de humedad de la leña en los hogares al momento de adquirirla se cruza con el tiempo que el usuario deja secar la leña, para evaluar si aquellos compradores que la adquieren con mayor frecuencia utilizan leña más húmeda. Los resultados se presentan en la siguiente tabla, en la cual se observa que aquellos que compran semanalmente y 2 a 4 veces al año poseen un nivel de humedad superior a las otras frecuencias de compra. Sin embargo, estas frecuencias de adquisición son relativamente menos importantes.

TABLA 3.2-5. PERCEPCIÓN DE HUMEDAD DE LA LEÑA POR FRECUENCIA DE COMPRA

Frecuencia de compra	Seca	Semi-húmeda	Húmeda	Observaciones
2 o 3 veces por semana	100,0%	0,0%	0,0%	3
Semanalmente	80,0%	20,0%	0,0%	10
1 vez al mes	100,0%	0,0%	0,0%	30
2 a 4 veces año	91,9%	7,2%	0,9%	111
1 vez al año	94,3%	4,6%	1,1%	368
Otro	100,0%	0,0%	0,0%	2
No sabe	100,0%	0,0%	0,0%	1
Total	93,9%	5,1%	1,0%	525

Fuente: Elaboración propia

Para determinar si la percepción de las personas efectivamente tiene relación con las mediciones de humedad de la leña se calculó el promedio de humedad efectivo con xilohigrómetro en el 18,7% de los hogares encuestados, y luego se comparó con respecto a la percepción subjetiva de humedad que tenían estos mismos hogares clasificando su leña como seca, semi-húmeda y húmeda. Los resultados de una regresión entre el contenido de humedad de la leña medido objetivamente y la percepción del hogar refleja que aquellas personas que perciben que su leña está seca tuvieron mediciones de humedad promedio de 16,5%, quienes percibieron que la leña estaba semi-húmeda las mediciones promedio fueron 20,4% y finalmente quienes percibían la leña húmeda tuvieron mediciones en promedio de 38,9% (en base seca). Todos los datos previos con un nivel de significancia estadística de un 1% (o 99% de confianza), nos permite afirmar que los hogares pueden identificar fácilmente la leña seca, semi-húmeda y húmeda.

CUADRO 3.2-2. REGRESIÓN MEDICIÓN DE HUMEDAD Y PERCEPCIÓN DE HUMEDAD DE LA LEÑA

Source	SS	df	MS	Number of obs = 156		
Model	47136.5805	3	15712.1935	F(3, 153) = 412.44		
Residual	5828.59032	153	38.0953616	Prob > F = 0.0000		
				R-squared = 0.8900		
				Adj R-squared = 0.8878		
				Root MSE = 6.1721		
Total	52965.1708	156	339.520326			

p10_1_d	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
seca	16.51279	.5090699	32.44	0.000	15.50708	17.5185
semihumeda	20.43833	2.519767	8.11	0.000	15.46031	25.41636
humeda	38.93333	3.563489	10.93	0.000	31.89334	45.97333

Fuente: Elaboración propia

Las mediciones con el xilohigrómetro permiten afirmar que la leña tiene un contenido de humedad promedio de 17,3% en la comuna de Talca y de 16,1% en la comuna de Maule. El percentil 10 arroja un contenido de humedad de 13,0% en Talca y 14,7% en Maule, mientras que el percentil 90 arroja un contenido de humedad de 20,8% en Talca y 17,6% en Maule. Estos resultados reducen fuertemente el impacto de la utilización de leña seca como una medida a implementar para reducir emisiones contaminantes en la zona de estudio dado que al momento de su utilización en los calefactores, la leña se encontraría seca.

La información de medición de humedad de la leña en los hogares al momento de adquirirla se cruza con el tiempo que el usuario deja secar la leña. Los resultados muestran que aquellos hogares que compran 2 a 4 veces al año poseen un nivel de humedad superior así como también más variabilidad respecto a las otras frecuencias de compra.

TABLA 3.2-6. MEDICIÓN DE HUMEDAD DE LA LEÑA POR FRECUENCIA DE COMPRA

Frecuencia de compra	Promedio	Desv. Est.	Observaciones
2 o 3 veces por semana	13,0	-	1
Semanalmente	13,5	3,5	2
1 vez al mes	14,9	6,8	4
2 a 4 veces año	18,9	10,7	45
1 vez al año	16,5	4,3	104
Total	17,1	6,9	156

Fuente: Elaboración propia

Se observa que los contenidos de humedad son muy similares en los distintos quintiles de ingreso. Para obtener un detalle en la medición de humedad desagregada por quintil de ingreso se presenta la siguiente tabla.

TABLA 3.2-7. MEDICIÓN DE HUMEDAD DE LA LEÑA POR QUINTIL DE INGRESO

	Promedio	Desv. Est.	Mediana	Percentil 10	Percentil 90
Quintil 1	17,9	9,6	16,1	13,6	19,1
Quintil 2	17,0	6,5	15,7	13,2	18,6
Quintil 3	15,7	3,2	15,7	11,2	19,5
Quintil 4	16,2	2,9	15,8	13,1	18,5
Quintil 5	17,8	3,2	17,4	13,1	21,4
Total	17,1	6,9	16,0	13,1	19,9

Fuente: Elaboración propia

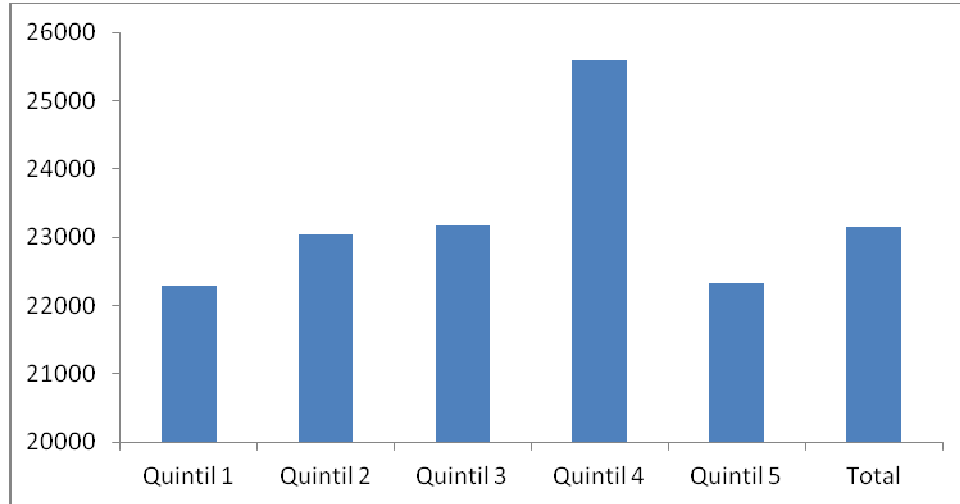
Por otro lado, al consultar por la preferencia de humedad de la leña, el 99,1% de los hogares entrevistados declaró que prefiere la leña seca y un 0,9% prefiere la leña semi-húmeda. Si comparamos esta respuesta con respecto a la disponibilidad de leña seca refleja que los consumidores en su gran mayoría están encontrando este tipo de leña en el mercado, aunque de todas formas existe un déficit. Los hogares también declaran en un 60,6% de las menciones que secan la leña luego de adquirirla. El tiempo promedio de almacenamiento de la leña es de 3,4 meses.

Un 70,1% de los hogares se abastece de leña una vez al año, un 21,1% se abastece dos a cuatro veces al año, un 5,7% se abastece una vez al mes, un 1,9% se abastece semanalmente, y un 0,6% se abastece dos o tres veces por semana. Con respecto a las condiciones en que la leña se almacena en los hogares, el 89,0% almacena la leña bajo techo, un 5,7% de los hogares declara que almacena la leña a la intemperie tapada con un plástico, un 3,6% en un galpón, un 1,3% a la intemperie, y un 0,4% argumenta que utiliza otro medio para almacenar leña.

La capacidad de almacenamiento promedio de leña es 2.215,2 kg/hogar (6 m³), valor mucho mayor que el consumo promedio. El quintil 3 tiene una menor capacidad de almacenamiento (5,6 m³ ordenados), el quintil 4 una mayor capacidad (7,1 m³ ordenados) y los quintiles 1, 2 y 5 tienen una capacidad de almacenamiento similar (6,2; 6,3; y 6,0 m³ ordenados). Por lo anterior, no existirían problemas de espacio para adelantar la compra de leña y aprovechar el secado natural.

3.2.6 Gasto y utilización de energéticos en el hogar

El gasto mensual de leña por hogar en la temporada de frío es \$23.144, pero se aprecia que este valor es mucho mayor en las familias del quintil 4, tal como se observa en la siguiente figura:



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.2-14. GASTO MENSUAL PROMEDIO (\$) EN TEMPORADA DE FRIO POR QUINTIL DE INGRESO

El precio promedio pagado en la zona de estudio independiente de la unidad de comercialización es \$25.193, cuando se desagrega por especie es \$20.846 por hualle, \$26.327 por eucaliptus, \$19.954 por aromo, \$26.333 por espino, \$19.817 por mixto, \$22.500 por nativas, \$21.953 por otras especies o bien especies sin identificar.

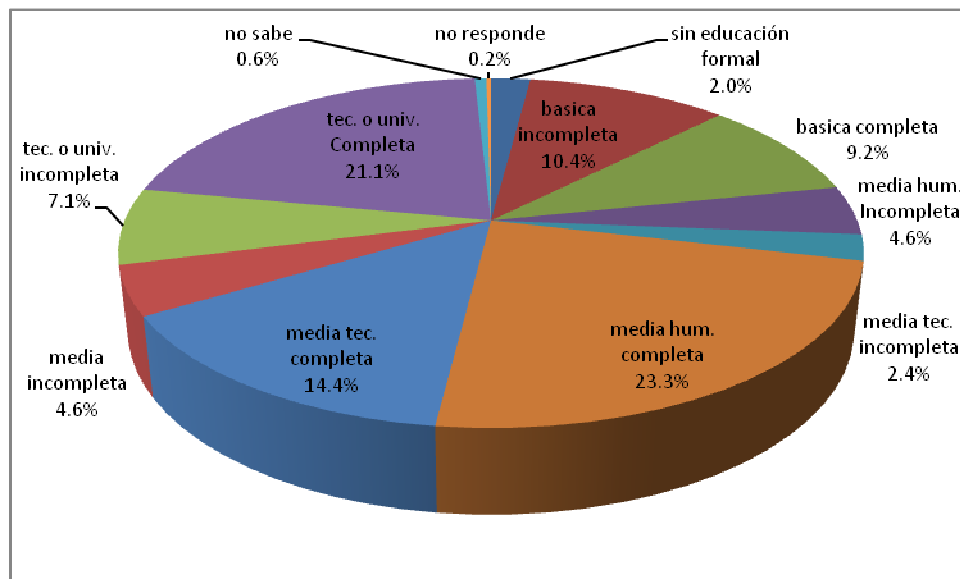
Cuando se evalúan los precios por cada tipo de unidad de comercialización los resultados son los siguientes. Para el m³ ordenado que es la unidad de compra más utilizada, el precio promedio pagado por madera de hualle es \$20.846, el precio promedio pagado por eucaliptus es \$26.110, el precio promedio pagado por aromo es \$18.461, el precio promedio pagado por espino es \$26.333, el precio promedio pagado por mixto es \$20.000, y el precio promedio pagado por otras especies es \$17.714. El precio promedio pagado por el m³ ordenado independiente de la especie es \$24.650. Para la unidad de compra "saco", el precio promedio pagado es \$2.911. Para la unidad de compra "astilla", el precio promedio pagado es \$100. Finalmente, para la unidad de compra "m³ estéreo, granel o tirado", el precio promedio pagado es \$22.750. Se puede concluir que los precios dependen de la especie comercializada y para las compras al por mayor equivale a un valor entre \$57 y \$73 por kilogramo, precio mucho menor que el cancelado por compras al detalle.

3.2.7 Situación social y económica del hogar

Las condiciones sociales y económicas de los hogares fueron evaluadas considerando aspectos de número de personas que componen el hogar, educación del jefe del hogar y también las condiciones de ingreso que tenían los hogares. El 86,9% de los hogares está constituido por 5 o menos integrantes, siendo los hogares constituidos por 4 integrantes los más frecuentes (29,7%), seguido por los hogares de 3 integrantes (25,3%). En promedio viven 3,9 personas por hogar, mientras que el promedio de integrantes para el quintil 1 es 4,7 personas por hogar, para el quintil 2 es 3,7, para el quintil 3 es 3,9, para el quintil 4 es 3,6, y para el quintil 5 es 3,3.

Con respecto a la situación bajo la cual los habitantes del hogar ocupan la vivienda, el 53,6% de los encuestados afirmó que la vivienda es propia, y el 33,4% aún sigue pagando la vivienda que adquirieron. Un 9,6% de los moradores arrienda con o sin contrato, y el 2,3% afirmó que le habían cedido o prestado la vivienda. Esta condición bajo la cual la vivienda se encuentra habitada es importante de considerar cuando se diseñan mecanismos de subsidio para la mejora de la aislación térmica de la vivienda con el fin de reducir los requerimientos e intensidad del uso de artefactos de calefacción a leña, así como también cuando se decide realizar programas de recambio de equipos o instalar sistemas de calefacción distrital, dado que los dueños deben autorizar esta intervención.

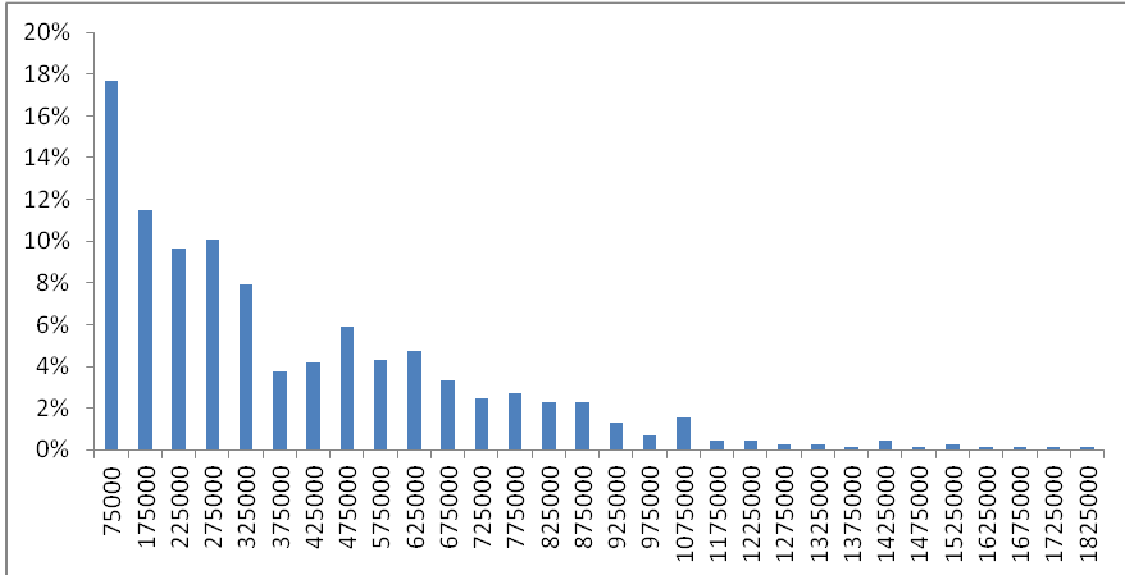
El nivel de educación del jefe de hogar se muestra en la figura 3.2-15. Como se aprecia una proporción importante de los jefes de hogar completaron estudios de educación media humanista o técnica (37,7%), así como también estudios superiores técnicos o universitarios (21,1%).



Fuente: Elaboración propia

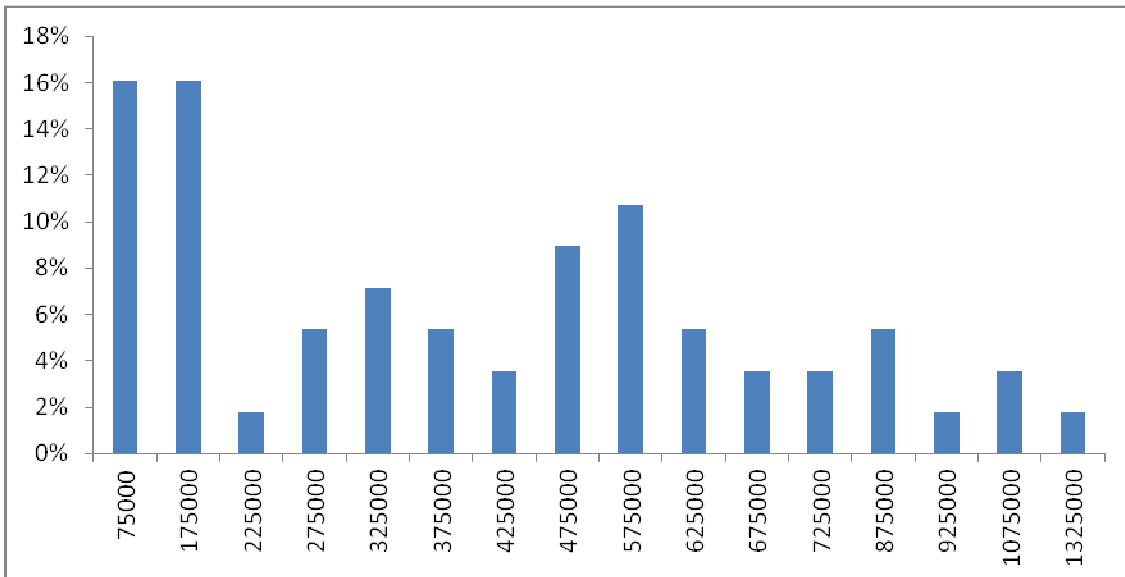
FIGURA 3.2-15. NIVEL DE EDUCACIÓN DEL JEFE DE HOGAR EN LOS HOGARES ENCUESTADOS DE TALCA Y MAULE

El ingreso promedio mensual de los hogares entrevistados en Talca es \$384.034 por mes y la mediana es \$275.000. El ingreso promedio mensual de los hogares entrevistados en Maule es \$430.357 por mes y la mediana es \$375.000. En ambas comunas la distribución de los ingresos es bastante asimétrica. El 90% de los hogares tiene ingresos menores a \$825.000 en Talca y menores a \$875.000 en Maule.



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.2-16. INGRESOS PROMEDIO DECLARADOS POR EL HOGAR EN LA COMUNA DE TALCA



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.2-17. INGRESOS PROMEDIO DECLARADOS POR EL HOGAR EN LA COMUNA DE MAULE

Con los datos de ingreso y el número de integrantes del hogar se construyó la variable ingreso per cápita, la cual fue comparada con los ingresos per cápita de la encuesta CASEN (ajustando éstos últimos por inflación) para poder construir los intervalos asociados a los quintiles de ingreso.

3.2.8 Características de la vivienda y estado de conservación

Con respecto a las características de las viviendas encuestadas el 8,8% corresponde a casas aisladas, 87,0% a casas pareadas, 4,1% a casas en filas, y 0,1% a mediaguas. El tamaño promedio de las viviendas en Talca es 68,4 m² y en Maule es 68,9 m², mientras los metros cuadrados a calefaccionar en cada vivienda son 43,7 m² en Talca y 54,1 m² en Maule.

El número de ventanas promedio en cada hogar es 1,7 en el caso de ventanas chicas de vidrio simple, 2,7 en el caso de ventanas grandes de vidrio simple, 0,9 en el caso de ventanas piso-cielo de vidrio simple, 0,04 en el caso de ventanas chicas de termopanel, 0,06 en el caso de ventanas grandes de termopanel, y 0,03 en el caso de ventanas piso-cielo de termopanel.

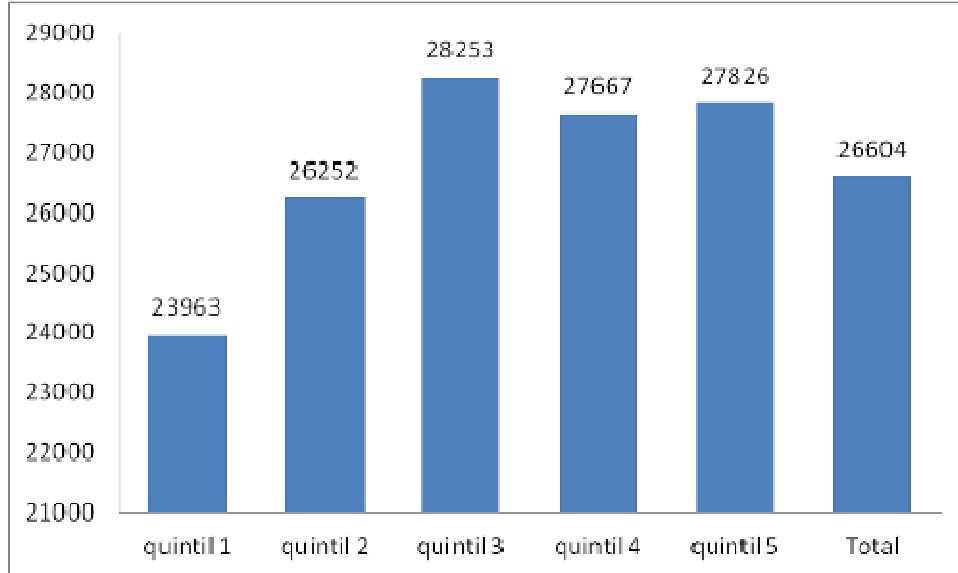
El material predominante en los muros de las viviendas corresponde a albañilería de ladrillo y cemento (94,1%), acero u hormigón (2,0%), adobe (1,9%), tabique forrado por ambas caras (1,1%), y el resto a madera (0,8%). Un 92,2% de los encuestados señala que el nivel de conservación de los muros es bueno, un 6,1% señala que es aceptable y un 1,7% es malo. El 73,4% de los hogares declara no tener aislación en los muros de la vivienda, un 19,1% declara tener aislación y un 7,5% no sabe.

El material predominante en el piso de la vivienda es radier revestido (94,1%), sigue el radier no revestido (4,6%), el resto corresponde a madera, tablas o pastelones. Un 92,7% de los encuestados señala que el estado de conservación del piso es bueno, un 4,8% señala que es aceptable, un 2,3% declara que es malo y un 0,2% no sabe. El 50,4% de los hogares declara no tener aislación en el cielo de la vivienda, un 42,6% declara tener aislación, y el resto de los encuestados no sabe.

La mitad de los encuestados declara que ventila la vivienda entre las 9 hrs. y las 12 hrs. Para ventilar un 18,7% de los encuestados abre solo una ventana o puerta de la casa, un 16,3% abre dos ventanas o puertas en el mismo lado de la casa, un 38,2% abre 2 dos ventanas o puertas en lados opuestos de la casa, un 25,8% abre más de dos ventanas o puertas, y un 1,2% no ventila la casa.

3.2.9 Preguntas situacionales

A los encuestados se les consultó por un escenario hipotético en el cual tuvieran la posibilidad de comprar leña certificada. Los encuestados estarían dispuestos a pagar en promedio \$26.604 por un m³ ordenado, y aquellos que compraban por sacos un precio de \$3.260. Los datos a nivel descriptivo reflejan una menor disposición a pagar por leña certificada en los quintiles de ingresos más bajos (quintil 1 y quintil 2). En el caso de quienes compran m³ ordenado la disposición a pagar por leña certificada es la siguiente.



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.2-18. DISPOSICIÓN A PAGAR POR LEÑA CERTIFICADA SEGÚN QUINTIL DE INGRESO

Cuando se compara la disposición a pagar por el precio que efectivamente cancelan los hogares, se puede concluir que en promedio se pagarían adicionalmente \$1.473 por m³ de leña certificada, llevándolo a otras unidades de compra esto corresponde a solo \$4,1 adicional por kg o bien \$6,1 adicional por astilla. Estos valores de disposición a pagar por leña certificada reflejan que ni siquiera se alcanzarían a cubrir los costos de producirla, ya que según un levantamiento de información a productores señalan que certificarla elevaría el costo de producción en un 22%, es decir, aproximadamente \$5.853 por m³ ordenado, \$16,2 por kg o bien \$24,3 por astilla. Por ello es que este mercado de leña certificada no se ha desarrollado hasta el momento en las ciudades del centro sur del país.

Para finalizar el análisis de la leña certificada se generó una regresión del diferencial de precios de la leña certificada respecto del precio pagado actualmente por m³, condicionando por una serie de variables que pudiesen estar afectando este comportamiento. Se concluye de los resultados que a mayor ingreso existe una mayor disposición a pagar por leña certificada, pero que a mayor consumo en m³ la disposición a pagar cae en \$470 por m³, ambos resultados son estadísticamente significativos al 1%. La percepción subjetiva de humedad de la leña no afecta desde un punto de vista de significancia estadística el diferencial de precios por leña certificada.

3.2.10 Conclusiones

A partir de información que existía previamente sobre los consumos de leña proporcionados por la encuesta CASEN 2006 se calculó un diseño probabilístico con afijación proporcional por comuna obteniendo un tamaño muestral de 755 encuestas que debían ser levantadas en los hogares (para un nivel de confianza del 95% y un margen de error de 7%). Sin embargo, el número de encuestas válidamente levantadas en terreno fue algo mayor con 834 hogares entrevistados.

Considerando solamente los hogares que consumen leña se determinó un consumo promedio por hogar de 1.615 kg/año-hogar en Talca y 1.588 kg/año-hogar en Maule. El gasto mensual de leña por hogar en la temporada de frío es \$23.144. La penetración de este tipo de calefacción en los hogares es de 50,0% en Talca y 61,3% en Maule. Este consumo de leña está bastante arraigado en la población considerando su economía y porque calienta más según como es percibido por los encuestados.

La unidad de compra de leña predominante de este energético en Talca y Maule corresponde al metro cúbico. Mientras, la forma más recurrente para adquirir la leña en los hogares entrevistados son camionetas largas, o camiones $\frac{3}{4}$ esto refleja que mayoritariamente los hogares estarían adquiriendo grandes volúmenes. Además que sería posible generar una fiscalización más eficiente en las rutas de ingreso a la ciudad.

Se detectó que la especie más utilizada en los hogares de las comunas estudiadas corresponde al eucaliptus, y en mucho menor medida se utiliza hualle y aramo. También se aprecia una utilización baja de especies nativas a diferencia de Temuco, Osorno y Coyhaique. La intensidad del consumo de leña en el año ocurre principalmente en pleno invierno, siendo los meses de mayo a agosto los que en promedio registran el mayor consumo de leña en los hogares, aunque también hay un consumo importante en abril y septiembre de cada año.

El principal equipo a leña utilizado en las comunas estudiadas es la estufa de combustión lenta con templador (66,2%), le siguen más lejos la estufa de combustión lenta de cámara simple sin templador (15,6%) y la cocina de hierro (7,9%). La antigüedad promedio de estos equipos es de 4 años, lo que refleja una renovación importante de los equipos más que un aumento en el parque con nuevos hogares integrándose a la utilización de este combustible. Esta última afirmación se basa en que la penetración estimada en este estudio es relativamente similar a la estimada con la encuesta CASEN 2006. Al analizar la tenencia de equipos por quintil de ingreso del hogar, se determinó que el uso de equipos de combustión lenta con sistema de templador es muy similar entre los distintos quintiles.

Un 86,2% de los hogares encuestados señala que compra la leña que utiliza, mientras que un 8,4% de la leña utilizada en los hogares es parcialmente regalada, el resto la recolecta o la obtiene de otra forma. Los encuestados a quienes les regalan leña afirman que principalmente son familiares, amigos, e industrias de la zona quienes le entregan este producto. El estudio muestra que la mayoría de los hogares que compra leña adquieren este insumo principalmente a través de productores, transportistas y vendedores ambulantes, o comerciantes establecidos, teniendo una participación similar todos estos oferentes. Por otro lado, la informalidad de la venta de leña en términos de entrega de boletas o recibos de la venta es algo que se repite a lo largo del país, por lo que no sorprende que un 77,3% de los hogares encuestados señalaron que nunca le entregan una factura o boleta por la compra de leña.

A través de la encuesta a hogares se midió la percepción sobre el contenido de humedad de la leña. El 94,0% de los hogares declara que la leña se encuentra seca, un 5,1% semi-húmeda y sólo un 0,9% argumenta que la leña es húmeda. Se contrastó esta percepción con mediciones objetivas de humedad y se determinó que los hogares son capaces de identificar certeramente la leña seca, semi-húmeda y húmeda.

Al consultar por la preferencia de humedad de la leña, el 99,1% de los hogares entrevistados declaró que prefiere la leña seca, y un 0,9% prefiere la leña semi-húmeda. Esta

respuesta refleja que los consumidores aún cuando prefieren leña seca, al menos en parte compran un poco de leña semi-húmeda y húmeda porque no está completamente disponible en el mercado. Sin embargo, a pesar que les interesa comprar leña seca solo estarían dispuestos a pagar \$1.473 adicionales al precio por m³ de leña certificada, cuando en el mercado el precio de referencia es \$24.650.

Se consultó además por la disposición de los hogares encuestados para cambiar su equipo de calefacción a través de un programa de recambio. Bajo distintos escenarios de subsidios se pudo determinar que un 75,3% de los hogares estaría dispuesto a participar en el programa, y que esta participación es similar según quintil de ingreso. Finalmente, es posible inferir que por cada 10% de subsidio en el precio del equipo la disposición de participar en el programa de recambio se incrementa en 9,1%.

3.3 Actividad 2 - Consumo de Leña en el Sector Industrial y Comercial de Talca y Maule

3.3.1 Fuentes estacionarias (Fijas)

En el presente informe se muestran los resultados de los consumos de energéticos de las fuentes industriales y comerciales ubicadas en las comunas de Talca y Maule. Los consumos de energéticos se determinaron utilizando las fuentes declaradas en el D.S N°. 138/05 del MINSAL para la declaración del año 2012, tanto para las comunas de Talca y Maule.

Posteriormente, con los tipos de equipos declarados, combustibles y tasas de actividad se estimaron las emisiones atmosféricas para los contaminantes MP10, MP2,5, CO, NOx, SOx, COV y NH₃. El listado de las fuentes industriales se muestra en el *Anexo I* del informe. Adicionalmente, también se incluyeron en el análisis las panaderías artesanales que utilizan leña en hornos panaderos.

3.3.2 Fuentes industriales y comerciales

De acuerdo a las declaraciones del D.S. N° 138/05, del Ministerio de Salud para el año 2012 se encontraron 208 fuentes industriales y comerciales activas para las comunas de Talca (194 fuentes) y Maule (14 fuentes). Las fuentes declaradas se clasificaron según la tipología de fuente cómo se muestra a continuación y corresponden principalmente a procesos que involucran combustión.

- EL: Equipos Electrónicos
- CA: Caldera de Calefacción
- PC: Procesos de Combustión
- IN: Calderas Industriales
- PA: Panaderías

TABLA 3.3-1. NÚMERO Y TIPO DE FUENTES DE COMBUSTIÓN COMERCIAL E INDUSTRIAL PARA TALCA Y MAULE

Comuna	Cantidad (N°) por tipos de fuente					Total
	EL	CA	PC	IN	PA	
TALCA	80	50	4	31	29	194
MAULE	4	3	1	6	0	14
TOTAL	84	53	5	37	29	208

Fuente: Elaboración propia en base al D.S. N° 138/05 declaración 2012

Por otro lado la cantidad de fuentes de combustión agrupadas por tipo de combustible se muestran en la Tabla 3.3-2. en ella al igual que en la tabla anterior se puede apreciar que la mayor cantidad de fuentes industriales y/o comerciales utilizan como combustible gas licuado y petróleo diesel para los procesos de combustión tanto en equipos electrógeno (diesel) como en hornos panaderos y calderas industriales.

TABLA 3.3-2. NÚMERO DE FUENTES DE COMBUSTIÓN INDUSTRIALES Y COMERCIALES POR TIPO DE COMBUSTIBLE PARA TALCA Y MAULE.

Tipo combustible	CA	EL	IN	PA	PC	Total
Biomasa vegetal	7	0	12	0	0	19
Carbón	0	0	9	0	0	9
Gas Licuado	25	0	4	28	4	61
Leña	4	0	0	0	0	4
Petróleo N 2 (Diesel)	17	82	2	1	0	102
Petróleo N 5	0	0	5	0	0	5
Petróleo N 6	0	2	5	0	1	8
Total	53	84	37	29	5	208

Fuente: Elaboración propia en base al D.S.N° 138/05 declaración 2012

Del total de fuentes industriales, el 11,1% de las fuentes (23 fuentes) utiliza leña y/o biomasa como combustible, principalmente en calderas para calentar agua (CA) y/o generar vapor (IN). El consumo total de leña en fuentes industriales y comerciales corresponde a 5.393 ton/año la cual es utilizada en calderas, mientras que el consumo de biomasa vegetal en forma de aserrín, viruta y/o restos de aserrío, existe un consumo declarado de 41.300 ton/año. Por tanto, se tiene un consumo total de biomasa vegetal de 46.693 ton/año.

3.3.3 Panaderías artesanales

Por otro lado las panaderías industriales (PA) que declaran sus actividades en el D.S. N° 138/05, utilizan principalmente gas licuado en los hornos industriales y sólo corresponden a actividades comerciales ubicadas en la comuna de Talca. En este estudio también se levantó información de consumo de energéticos de panaderías artesanales, mediante la aplicación de encuestas a comerciantes de este rubro, a través del contacto realizado con la Asociación de Panaderos Industriales de Talca. Se levantó información de 9 panaderías artesanales para identificar el perfil de consumo de combustible según los niveles de producción, y las características de los hornos panaderos. Las panaderías estudiadas pertenecían a las Asociación Gremial de Industriales del Pan, INDUPAN de Talca. De las panaderías levantadas, 6 de ellas operaban con hornos a leña y/o biomasa (aserrín, solo una panadería). Las demás panaderías utilizaban gas licuado de petróleo (GLP) y petróleo como combustible. En la tabla siguiente se muestra el listado con las panaderías artesanales incluidas en el análisis

TABLA 3.3-3. PANADERÍAS ARTESANALES DE TALCA ENTREVISTADAS

Razón social	Dirección	Combustible utilizado
Sociedad Comercial El Sol Limitada	22 Sur 10 1/2 Oriente No1647	Leña
Roberto Ramírez	6 oriente 2595	Leña
Manuel Céspedes	16 sur No 870	Leña, GLP, petróleo
Miguel Ramírez	11 Oriente 1405	Leña
Panadería	17 Oriente 244	Leña
Sucesión Ramón Bravo Caballero	11 oriente y 21 Sur No 284	Aserrín
Nelson Miguel Urra	10 sur No 419	GLP
Sergio ramos Contreras	4 1/2 sur 2699	GLP
Sociedad Comercializadora de Alimentos San Clementes Ltda.	Huamachuco No 841	GLP, petróleo

Fuente: Elaboración propia

En promedio las panaderías que consumen leña en los hornos panaderos utilizan en promedio 25,4 m³/mes de leña para un procesamiento promedio de de 677,0 quintales de harina/mes. Lo que en promedio anual equivale a 304,8 m³ de leña por panadería artesanal que utiliza este energético. En promedio los panaderos pagan \$17,000 por m³ (metro cúbico) por la leña que utilizan en el proceso, mientras que los panaderos que utilizan GLP y petróleo pagan \$880 por kg y \$505 por litro, respectivamente.

Cuando se les consultó a los empresarios el por qué utilizaban leña en sus panaderías, la respuesta más frecuente fue porque el precio de la leña/ biomasa era más económico. Con respecto a su disposición a cambiarse a un combustible más limpio, la mayoría respondió que no y esto debido a los costos de inversión que esto implicaría argumentando además que la leña era más económica.

Para la estimación del consumo total de leña por parte de los panaderos artesanales de Talca se consideró un total de 58 panaderías artesanales operando en Talca. Este valor se calculó considerando las panaderías incluidas en el inventario de emisiones de Talca (AMBIOSIS) corregido por las panaderías industriales que figuraban en el listado (10 panaderías). En total se estima un consumo promedio anual de leña es de 6.812 ton/año para el proceso de producción de pan en panaderías artesanales.

3.3.4 Consumo de leña y biomasa en el sector industrial y comercial en las comunas de Talca y Maule

El resumen de los consumos totales de leña y biomasa vegetal en los procesos industriales y comerciales, incluidas las panaderías artesanales, de las comunas de Talca y Maule se muestra en la siguiente Tabla:

TABLA 3.3-4. CONSUMO DE LEÑA Y BIOMASA VEGETAL EN EL SECTOR INDUSTRIAL Y COMERCIAL EN LAS COMUNAS DE TALCA Y MAULE

Equipo de combustión	Ton/año	
	Leña	Biomasa vegetal
Calderas industriales para calentar agua	5.393	23.249
Calderas industriales para generar vapor		18.050
Hornos panaderos artesanales	6.812	174
Total	12.205	41.474

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar los mayores consumos de leña en el sector industrial y comercial de las comunas de Talca y Maule estaría en los hornos panaderos seguidos de las calderas para calentar agua, mientras que la biomasa vegetal (aserrín, viruta) es utilizada mayoritariamente en calderas industriales para producir vapor.

3.4 Actividad 2- Caracterización de la oferta de leña en Talca y Maule

3.4.1 Aspectos legales de la leña

La normativa forestal en Chile gracias al ministerio de agricultura del gobierno de Chile, está compuesta por: un decreto de ley el 701 y la ley de bosque nativo, y sus principales objetivos son regularizar los bosques en Chile, para que no haya una sobreexplotación de este recurso.

Plan de manejo forestal, el decreto de ley 701

Según el decreto de ley 701 de fomento forestal o Ley 19.561, tiene como fin regular la actividad forestal en suelos de aptitud preferentemente forestal y en suelos degradados e incentivar la forestación, en especial, por parte de los pequeños propietarios forestales y aquella necesaria para la prevención de la degradación, protección y recuperación de los suelos del territorio nacional. (SII-2012 artículo 1). Este DL está compuesto de 4 partes (Aguilera, 2012).

- DL 702 (Cuerpo principal)
- Reglamento general DL 701
- Decreto supremo 193 de 1998
- Reglamento Técnico, Decreto supremo N° 259 del 01.09.1980

Este DL 701 está destinado a los pequeños propietarios, para ser un pequeño propietario éste debe acreditar su condición debidamente, estos pequeños propietarios pueden recaer en los siguientes subgrupos (Aguilera, 2012).

- Pequeño productor agrícola según INDAP.
- Comunidades agrícolas según DFL N°5 de 1968
- Comunidades indígenas.
- Comunidades de bienes comunes de reforma agraria
- Sociedades de secano
- Sociedades según art 6 de ley N° 19.118

Según este DL, los terrenos de aptitud preferentemente forestal son aquellos terrenos que por las condiciones del clima y suelo no deban ararse en forma permanente, estén cubiertos o no de vegetación, excluyendo los que sin sufrir degradación puedan ser utilizados en agricultura, fruticultura o ganadería intensiva. Estos suelos se distinguen en los siguientes tipos de suelos:

- Suelos degradados
- Suelos frágiles
- Suelos en proceso de desertificación
- Suelos ñadis
- Dunas

La ley de bosque nativo, Ley N° 20.283

Esta ley está encargada de la recuperación del bosque nativo y fomento forestal, por tanto es fundamental para el mercado de la leña. En esta ley existen los siguientes reglamentos y disposiciones que complementan su ejecución:

- DS N° 93 Reglamento General de la ley de Bosque nativo
- DS N° 96 Nov 2008 Reglamento de Fondos de Investigación del Bosque Nativo
- DS N° 95 Reglamento Fondo de Conservación, Recuperación y Manejo Sustentable del Bosque Nativo.
- DS N° 259 Reglamento DL 701
- DS N° 82 de 2010 Reglamento de Suelo y Agua

Los pequeños propietarios para acreditarse, el reglamento de la ley establece que deben presentar una declaración jurada que acredite su condición de pequeño propietario forestal. Según la ley de bosque nativo los siguientes son los pequeños propietarios.

- Propietario con menos de 200 ha
- Propietario con menos de 500 ha (I a IV regiones)
- Propietario con menos de 800 ha (Lonquimay, Provincia de Palena, XI y XII Regiones)
- Comunidades Agrícolas según DFL N° 5 de 1968
- Comunidades Indígenas
- Comunidades de bienes comunes de Reforma Agraria
- Sociedades de Secano
- Sociedades según art 6° de ley N° 19.118

3.4.2 Aspectos legales básicos

Los aspectos legales básicos para todo comerciante y/o productor de leña, consiste en el cumplimiento de la normativa vigente, que está relacionada con la actividad económica, esto implica que deben contar con:

- Inicio de actividades ante el servicio de impuestos internos, esto queda estipulado en el DS 825.
- Realizar el pago de la patente municipal, correspondiente a la ley de rentas municipales, esta es el decreto de ley N° 3.063.
- Tener un plan de manejo forestal, esta queda estipulado en el DL 701 y en el DL 4363.
- Obtener una guía de libre tráfico para el transporte de leña nativa, esta queda estipulada en el DL701.
- Entregar información fidedigna al consumidor respecto al precio, medida y calidad de la leña (contenido de humedad), esta queda estipulada en la ley 19.496.
- Cumplir con las ordenanzas municipales respectivas que contengan normas sobre la materia.

3.4.3 Sistema de certificación de la leña

El Consejo Nacional de Certificación de Leña y sus principios

El Sistema Nacional de la Certificación de la Leña (SNCL) es administrado por el Consejo Nacional de Certificación de Leña (CONACEL) el cual está compuesto por instituciones públicas tales como: CONAF, SERNAC, Ministerio del Medio Ambiente, Servicios de Impuestos Internos, Universidad Austral de Chile y por organizadores de la sociedad civil tales como la Agrupación de Ingenieros Forestales por el Bosque Nativo, Asociación Gremial de Productores de Bosque Nativo Ñuble, el Departamento de Acción Social del Obispado de Temuco (DAS) y los presidentes de Consejos locales de certificación.

Tanto el SNCL y CONAF, en el año 2012 realizaron diferentes actividades dirigidas a los productores de leña interesados en conocer técnicas de secado, producción de leña, y cumplimiento normativo. Además, las actividades entregaron información sobre las características del mercado de la leña certificada buscando fortalecer el trabajo del sector de la leña, a través de acciones que promueven la formalización y certificación de productores y comerciantes de este energético. Con ello se buscó promover el mejoramiento de la comercialización y calidad de la leña en las ciudades del centro sur de Chile (PYMESUR, 2012).

Según el Sistema Nacional de Certificación de Leña la leña certificada es un producto forestal cuyo fin es producir principalmente energía calórica, tanto para uso doméstico o industrial, que cumple con cuatro principios que componen el sello de certificación que otorga el Sistema Nacional de Certificación de Leña. Además, el requisito fundamental, es que la leña provenga de intervenciones silvícolas que cuenten con planes de manejo debidamente aprobados por la institución competente.

El Sistema Nacional de Certificación de Leña es un modelo asociativo de bien común inédito, de carácter público privado y voluntario, éste se basa en 4 principios fundamentales como regla o elemento esencial. Los principios que deben cumplir todo productor o comercializador de leña nacional son los siguientes:

1. Cumplimiento con la legislación vigente, consiste en el cumplimiento de todas las normativas vigente, que son: la legislación tributaria que corresponde a la facturación y pago del IVA, la legislación forestal que se refiere al decreto de ley 701 que se refiere a los planes de manejo, las normas municipales tanto las patentes de ruido y contaminación.
2. Origen y calidad ambiental de la leña, este principio hace énfasis en exigir el cumplimiento del plan de manejo forestal, es decir, tiene que cumplir con la protección de bosques y especies de alto valor para la conservación, cumplimiento de planes de manejo y mantener una tasa de extracción que permita la sustentabilidad del recurso.

3. Calidad de la leña, establece que debe cumplirse la norma NCh 2907/2005.²¹. Esta norma establece las características que debe tener la leña para un consumo apropiado, indicando, por ejemplo, que la humedad de la madera no puede superar el 25% en base seca y que el diámetro no debe ser mayor que 16 cm. De cumplirse estos requisitos, los usuarios de leña no tendrían el problema de exceso de contaminación y reducirían el volumen consumido, pues el poder calorífico aumenta y las estufas y cocinas de combustión lenta logran funcionar a su real capacidad. Además, según Otero et al. (2004), se sabe que la ganancia energética entre una leña con un 20% de humedad en base seca con respecto a otra que tiene un 50% de contenido de humedad, es cercana al 11 % de ganancia.
4. Servicio al consumidor: que se entregue información adecuada, precisa y veraz al consumidor acerca de lo que está comprando, ya sea especie, contenido de humedad, volumen y unidades de venta.

La Fundación CRATE, perteneciente al Obispado de Talca es un Centro Regional de Asistencia Técnica y empresarial que participa como Secretaría Técnica del Consejo Local de leña, con el fin de ampliar, democratizar la participación, compartir la responsabilidad y fortalecer la institucionalidad del SNCL. Actualmente en la región del Maule existen 15 comerciantes²² de leña que han sido certificados mediante el Sistema de Certificación de Leña. El listado de los comerciantes que ofrecen leña certificada se muestra en la tabla siguiente junto con los productos que comercializan.

TABLA 3.4-1. COMERCIANTES QUE VENDEN LEÑA CERTIFICADA EN LA REGIÓN DEL MAULE

Razón social	Productos
Héctor Mardones	Eucaliptus y nativo. Leña corta, picada y sacos.
Agrícola y Forestal Monte Grande Ltda.	Eucaliptus. Leña corta y picada.
Supermercado Miraflores	Eucaliptus. Leña corta y picada.y sacos
Agrícola Santa Lucia Ltda	Eucaliptus y aroma Leña corta y picada y sacos
Oscar Norambuena Cofré	Eucaliptus. Leña corta y picada.
Agrícola y Comercial Torino II Ltda.	Leña de eucaliptus picada (al por mayor)
Luis Moyano Navarro	Eucaliptus y aroma Leña corta y picada y sacos
Sociedad El Canelo Ltda.	Leña especies nativas y eucaliptus al detalles
Filidor Bravo Valenzuela	Leña de eucaliptus al detalle
Supermercado de la Leña	Leña de eucaliptus al detalle
Gustavo Espinoza Guzmán	Leña Nativa y Eucaliptus al detalles
Transcampos LTDA.	Leña de eucaliptus globulus
Oscar González Arce	Leña de frutales de manzano y ciruelo. Leña de eucaliptus
Agroservicios Zenteno e hijo Ltda.	Leña de eucaliptus al detalle
Sociedad Agrícola y Forestal Santa Elena Limitada.	Leña de eucaliptus picada (al por mayor)

Fuente: Sistema Nacional de Certificación de Leña

²¹ Norma obtenida de la página <http://www.sernac.cl/>

²² <http://www.lena.cl/region-del-maule/>

3.4.4 Productores y/o comerciantes de leña en la ciudad de Talca

Según Rojas y Parada (2004), los meses entre abril y agosto abarcan la temporada en la cual se comercializa leña en la ciudad de Talca, lo cual fue determinado con una muestra de 17 oferentes de leña donde se encontró que solo dos de ellos se dedican todo el año a la venta de leña. Por otra parte, los demás oferentes trabajan en la comercialización de la leña en forma temporal, siendo ellos mismos los que buscan la leña en predios cercanos para evitar que suba el precio de compra (Rojas, 2004). En la Tabla 3.4-2. se presentan las distancias que recorren los oferentes de leña de Talca desde las zonas de aprovisionamiento hasta los puntos de venta de leña.

TABLA 3.4-2. CANTIDAD DE OFERENTES DE LEÑA SEGÚN DISTANCIA RECORRIDA ENTRE LAS ZONAS DE APROVISIONAMIENTO Y LOS PUNTOS DE VENTA.

Distancia de procedencia de la leña	Medios de transporte al lugar de venta	
	Propio	Flete
Menor a 30 Km.	3	2
Entre 30 Km y 50 Km	5	2
Entre 50 Km y 100 Km	5	-

Fuente: Elaboración propia en base a Rojas (2004).

Por otro lado, en el reciente estudio desarrollado por O’Ryan Surveyors S.A (2012), se levantó información de comerciantes de leña para la ciudad de Talca. El estudio indica que la gran mayoría de los comerciantes de leña no entregan boleta y/o factura por la venta.

TABLA 3.4-3. LISTADO DE LEÑERÍAS EN TALCA IDENTIFICADAS EN ESTUDIOS PREVIOS

Id	Nombre	Domicilio comercial	Tamaño de leñería, metro cúbico (m ³) estéreo	Especies
1	Camioneta	26 Oriente con 2 Norte	< 40	Eucalipto
2	Ecoenergetico	2 Sur N° 494	< 40	Mix
3	Jumbo	Carlos Schorr N° 411	< 40	Nativo
4	Señor Nano	19 Sur N° 598	40 a 100	Eucalipto
5	Hper lider	Av Colin N°240	< 40	Eucalipto
6	Sin nombre	31 Sur, vecino al N°46	< 40	Aromo y sauce
7	Sin nombre	31 Sur N°33	< 40	Eucalipto
8	Sin nombre	31 Sur pasaje interior	< 40	Eucalipto
9	Sin nombre	6 Oriente A N° 081	< 40	Roble
10	Distribuidora de Gas (Lipigas)	Pasaje 19 1/2 sur a poniente N°255	< 40	Eucalipto
11	Minimarket "Universo"	19 Sur N° 83	< 40	Eucalipto
12	Sin nombre	18 1/2 Sur N°59	< 40	Eucalipto
13	Amasanderia "Camilo"	21 Poniente N°0592	< 40	Aromo
14	Sin nombre	20 Sur N° 154	< 40	Aromo
15	"Redmarket"	12 Oriente N°1850	< 40	Eucalipto
16	Camioneta	Av Lircay con 13 Norte N° 2490	< 40	Mix
17	Sin nombre	Av Lircay puente la colchina casa N°3	< 40	Mix
18	Sin nombre	Av Circumbalación poniente con 18 norte	< 40	Mix
19	Sin nombre	22 1/2 Norte A N° 1146	< 40	Eucalipto y aromo
20	"Futuro 2"	19 Norte N°2037	< 40	Aromo

Fuente: Elaboración propia en base a John O'Ryan Surveyors S.A (2012)

3.4.5 Balances energéticos en la producción de leña

Para los balances de energía, la producción de leña generalmente no es registrada, debido a que gran parte de la oferta de leña hacia los hogares es a través de un mercado informal, situación que fue verificada en el levantamiento de la demanda residencial realizada en el presente estudio. Si bien el procedimiento habitual para estimar la oferta de leña es mediante la estimación del consumo de leña en los hogares para calefacción y cocina mediante la siguiente relación:

$$\text{Oferta de leña} = \text{Consumo de leña}$$

Si existiesen importaciones o exportaciones de leña fuera o hacia el mercado de interés, se debería calcular de la siguiente forma:

Oferta de leña = Consumo final - Importación + Exportación

En la siguiente sección se utilizará esta relación con el fin de establecer un balance entre la oferta y la demanda de leña para la ciudad de Talca.

3.4.6 Equivalencias de unidades de medida para la comercialización de leña

Para regular el mercado de la leña, se hace imprescindible conocer y normalizar las diferentes unidades de medida que comúnmente se utilizan para comercializar la leña. Esto serviría para que el consumidor tenga conocimiento de estas equivalencias y precios normalizados según el formato de compra. En este estudio se generó una tabla de conversión de las unidades de medidas como se muestra en la Tabla 3.4-4.

TABLA 3.4-4. EQUIVALENCIAS DE UNIDADES DE COMERCIALIZACIÓN DE LEÑA.

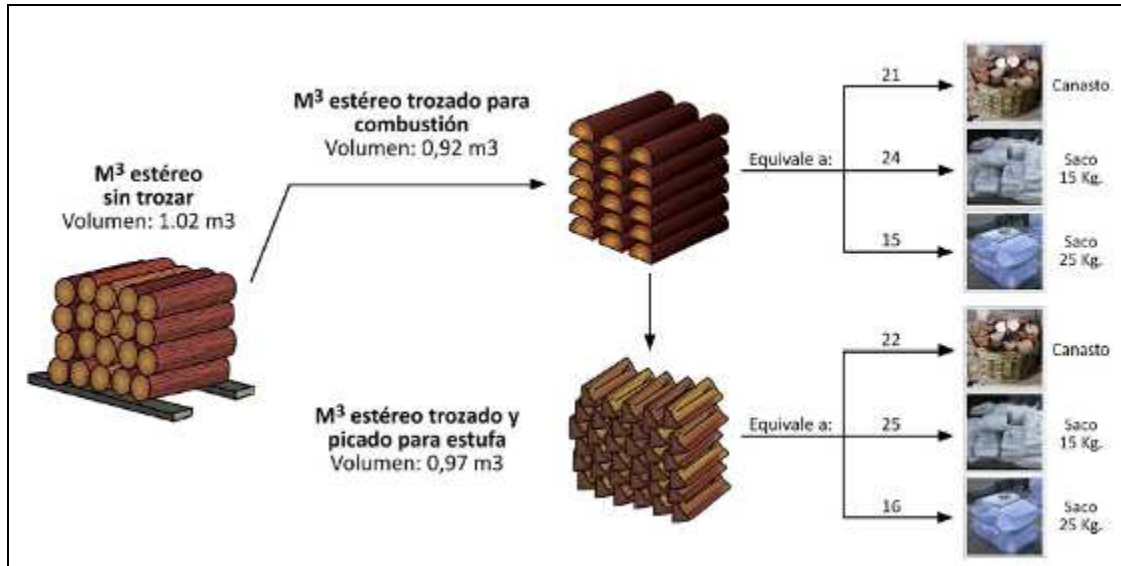
Unidad de Venta	Metro cúbico (m ³) estéreo
Metro cúbico estéreo	1
Triciclo	0,5
Sacos 25 kg	0,06
Canasto	0,08
Carretilla	0,16

Fuente: Elaboración propia en base a Universidad de Concepción (UdeC, 2012)

Por lo tanto, 1 metro cúbico estéreo equivale a 2 triciclos cargados con leña, o bien 17 sacos de leña. Sin embargo, la unidad de comercialización más utilizada en el sur del país, y también en las comunas de Talca y Maule corresponde al metro cúbico, además el metro cúbico estéreo esta dentro del sistema de cosecha y apilado de leña (Lobos, 2001). El problema es que el metro cúbico estéreo puede llegar a variar mucho, ya que depende tanto del que apile la leña, como del tamaño de los leños. Según Navarro et al. (2005), las unidades de medida más conocidas que se comercializa la leña son:

- *Metro cúbico estéreo* sin trozar: corresponde a una pila de leña formada por trozos de un metro de largo ordenadas en forma paralela completando un metro de alto por un metro de ancho.
- *Metro cúbico estéreo trozado*: corresponde a una pila de leña de un metro cúbico estéreo trozado a 33 cm. para combustión.
- *Metro cúbico estéreo trozado y picado*: corresponde a una pila de leña de un metro cúbico trozado y picado para estufa.
- *Saco 25 kg*: corresponde a una cierta cantidad de astillas de leña seca (o verde) introducidas en forma ordenada en un saco de nylon hasta completar un peso de 25 kg.
- *Saco 15 kg*: corresponde a una cierta cantidad de astillas de leña seca (o verde) introducidas en forma ordenada en un saco de nylon hasta completar un peso de 15 kg.
- *Canasto grande*: es la cantidad de astillas de leña seca (o verde) que ocupan el volumen de un canasto de 48 cm de diámetro y 35 cm de alto, hasta completar un peso aproximado neto de 15 kg.

En la figura siguiente se muestran las distintas unidades de comercialización de leña y sus equivalencias. Cabe destacar que según la figura, un metro cúbico estéreo trozado y picado para la estufa, equivaldría a 22 canastos, a 25 sacos de 15 kilos o a 16 sacos de 25 kilos, por lo tanto, podemos deducir que un metro cúbico estéreo trozado y picado puede llegar a pesar entre 375 a 400 kilos.



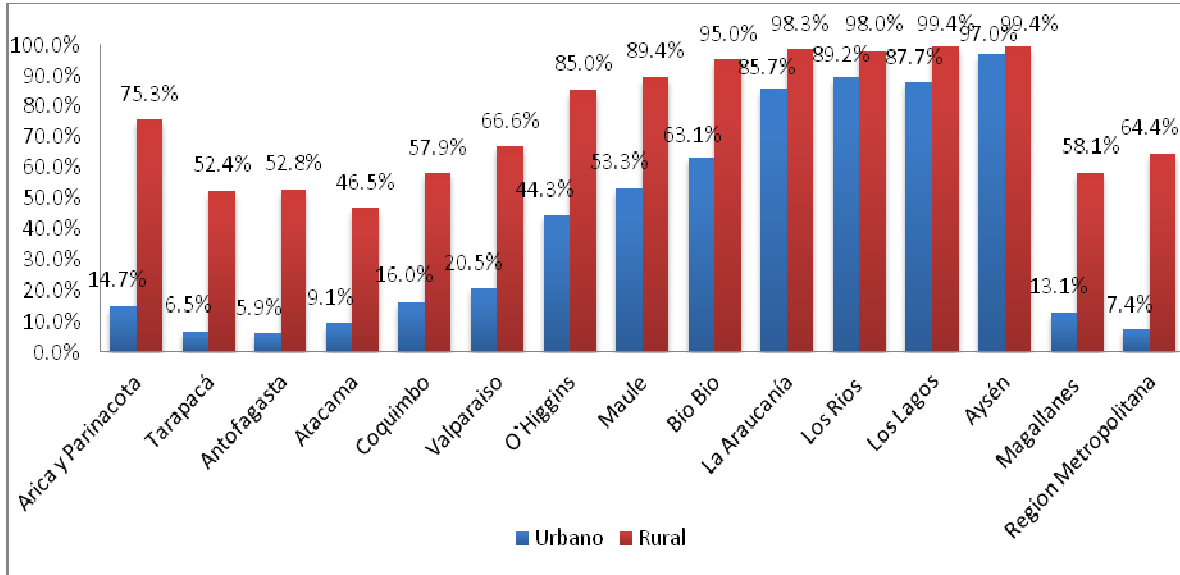
Fuente: Navarro et al. (2005)

FIGURA 3.4-1. EQUIVALENCIAS DE UNIDADES DE COMERCIALIZACIÓN DE LA LEÑA

3.4.7 Consumo de leña de la Región del Maule.

A nivel nacional, Chile tiene un mayor consumo promedio de leña por hogar en el sector rural en comparación a las zonas urbanas. Esto se debe a diversos factores, entre ellos a razones culturales y de costumbre, al acceso de otros tipos de energías, como el gas, la parafina y la energía eléctrica, y razones económicas principalmente, donde la leña en muchos casos tiene menores costos de adquisición.

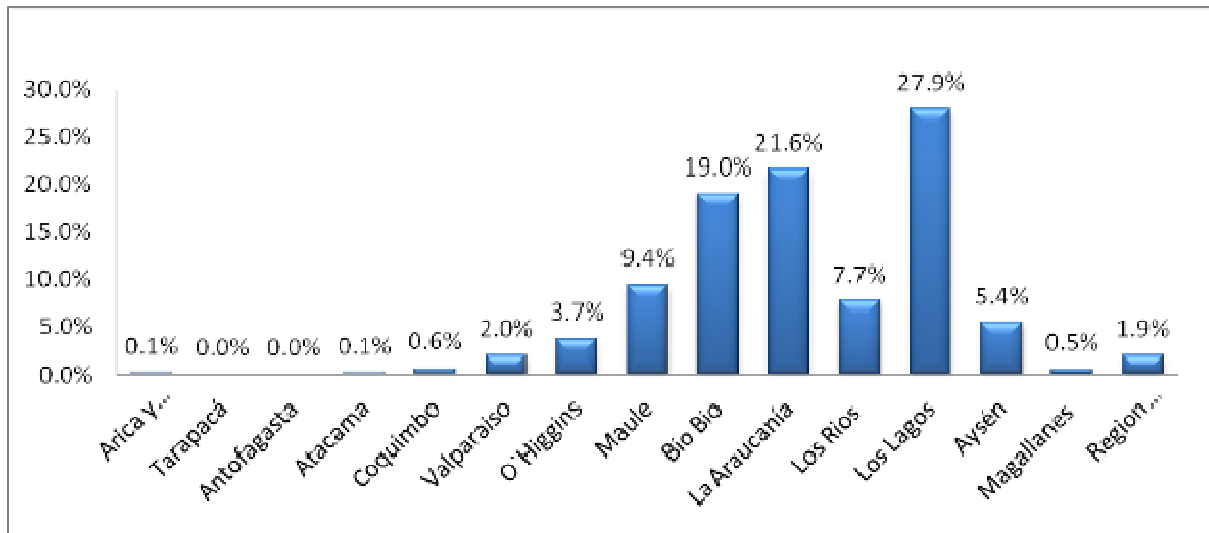
En la región del Maule, el consumo de leña a nivel urbano corresponde a un 53,3% del total de energía que se ocupa en dicho sector, mientras que en el sector rural, la energía proveniente de la leña, corresponde a un 89,4% de la energía total utilizada en los hogares como se muestra en la Figura 3.4-2.



Fuente: Elaboración propia en base a CASEN (2006)

FIGURA 3.4-2. NÚMERO DE HOGARES QUE CONSUMEN LEÑA POR REGIÓN Y ZONA

La región del Maule es la cuarta región que más consume leña, según la encuesta de caracterización socioeconómica nacional (CASEN, 2006), siendo solo superada por las regiones Los Lagos, La Araucanía y Biobío. En la Figura 3.4-3. se presentan los porcentajes a nivel nacional de cada una de las regiones.



Fuente: Elaboración propia en base a CASEN (2006).

FIGURA 3.4-3. DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DEL CONSUMO ANUAL DE LEÑA SEGÚN REGIÓN, 2006

3.4.8 Oferta de leña en las comunas de Talca y Maule

La metodología utilizada en el estudio para caracterizar la oferta de leña en las comunas de Talca y Maule correspondió a la recopilación de datos primarios a través de entrevistas con comerciantes de leña establecidos en la ciudad de Talca durante el mes de enero de 2013 y posteriormente en los meses de julio y agosto de 2013. En las actividades de terreno se levantó información relevante de diferentes oferentes de leñas establecidos en la ciudad de Talca y sus alrededores. En el levantamiento de información se obtuvieron datos cualitativos y cuantitativos de la comercialización de la leña en la ciudad de Talca y sus alrededores. El cuestionario y pauta de entrevista se definió en función de los objetivos que se desean alcanzar y acorde a los objetivos específicos de este estudio.

Adicionalmente, se recopiló datos secundarios correspondientes a resultados de informes de Organismos Gubernamentales y Organismos No Gubernamentales (ONG), entre ellos; el Instituto Nacional de Estadísticas (INE), Corporación Nacional Forestal (CONAF), Instituto Forestal (INFOR), Ministerio del Medio Ambiente (MMA), Seremi de Medio Ambiente de la Región del Maule, La Ex Comisión Nacional del Medio Ambiente (Ex CONAMA), Comisión Nacional de Energía (CNE). También, se utilizaron datos generados en estudios realizados por Universidades y Consultoras.

Por otra parte, para obtener los datos secundarios, se realizó una revisión y sistematización de los principales estudios realizados con respecto al mercado de la leña, para que de esta forma se tuviera una mayor comprensión con respecto a los diferentes tópicos y aspectos centrales del funcionamiento del mercado de la leña en la ciudad de Talca. Las fuentes de información utilizadas fueron principalmente, informes de consultorías, informes de proyectos, investigaciones realizadas por instituciones gubernamentales, memorias de títulos y tesis desarrolladas en universidades locales.

Instrumento de levantamiento de información

El estudio consideró la elaboración, aplicación y validación de un cuestionario orientado a levantar información de los comerciantes, distribuidores y/o productores de leña de la ciudad de Talca. El objetivo principal de este instrumento fue caracterizar la producción, transporte y comercialización de la leña en la zona urbana de la comuna de Talca. Con la información recopilada se realizó un análisis del ciclo de la leña en Talca con el fin de establecer las actuales falencias y proponer posibles mejoras para regular la comercialización y uso de la leña. La encuesta destinada a levantar información, consistió en un cuestionario de 6 páginas, dividido en 5 secciones y 37 preguntas. Para ver el detalle del cuestionario referirse al (Ver Anexo J).

División de las secciones de la encuesta

La encuesta buscó cuantificar la oferta de leña comercializada en la comuna de de Talca y Maule, caracterizando a los productores, distribuidores y/o comercializadores de leña, según su nivel de producción, ubicación geográfica, abastecimiento de materia prima, especie de leña, proceso productivo, características de comercialización y el potencial en el incremento de costos motivado por la certificación de la leña. Las secciones incluidas en el cuestionario fueron las siguientes:

- Antecedentes del productor del comerciante, distribuidor y/o productor.
- Producción y comercialización de leña.
- Abastecimiento y secado de leña.
- Trabajadores y transporte.
- Proceso de certificación de la leña.

El detalle de la encuesta se explica a continuación:

a. Antecedentes del productor del comerciante, distribuidor y/o productor.

La encuesta comenzó con la identificación del productor, nombre y cargo de persona encuestada, dirección, teléfono y localización geográfica. Para caracterizar el nivel del cumplimiento de formalidad legal se consultó si la empresa tenía inicio de actividades, emitía boletas o facturas, si llevaba contabilidad de sus ventas y si pertenecía a alguna asociación de empresas del rubro, además de cuánto tiempo llevaba en el mercado de la leña.

b. Producción y comercialización de leña.

Esta sección se orientó a cuantificar el volumen de producción y/o ventas de leña según especie, y además su estacionalidad. Además de obtener los precios de venta, cuáles eran los clientes y cuáles son las especies que son más demandas por los clientes, las especies de leña que producen y las que ellos venden. Además, al entrevistado se le sitúa en una situación hipotética donde tuviera que certificar su leña, pidiéndole que indicara el incremento en los precios de venta que podría implicar esta situación y además, se le pide que responda de donde proviene su leña que produce o comercializa.

c. Abastecimiento y secado de leña.

Para establecer cómo se almacena la leña se preguntó de qué forma la almacena, cuánto tiempo la almacena antes de comercializarla y si esta leña proviene de árboles muertos o vivos; por otro lado, para indagar sobre la humedad de la leña se consultó si el productor mide o no su nivel de humedad y cuánto era si es que así fuese. Finalmente se consultó si el comerciante poseía un plan de manejo para la producción de leña, además si poseía control de roedores e insectos.

d. Trabajadores y transporte.

En esta sección se establecieron cuántas personas trabajan con el productor y/o comerciante y de qué forma le paga a sus trabajadores, qué tipo de contrato tiene con éstos, las remuneraciones de los trabajadores y si se le pagan las imposiciones. En el transporte se pregunta cuántos vehículos se utilizan en el negocio, si tienen permiso de circulación, revisión técnica, seguro obligatorio y si posee la guía de transporte de leña la cual, para que la obtenga debe tener el plan de manejo ya adquirido.

e. Certificación de la leña.

En esta sección se consultó si estaban certificados y si estaban dispuestos a certificarse, en el caso que no contarán con certificación de leña. Además, se consultó si los encuestados creían que certificando la leña, su demanda aumentaría más. Para finalizar se le pidió que respondieran si creen que cumplen actualmente con las condiciones para certificar su leña.

Diseño del muestreo

El levantamiento de información se realizó en dos periodos del año, uno en el verano (Enero 2013) cuando comienza la venta de leña para los hogares que se abastecen con anticipación al invierno, y otro levantamiento de información se realizó durante los meses de invierno cuando se utiliza inmediatamente este energético (julio-agosto 2013) en los hogares para calefacción.

Tamaño de la muestra

Para realizar el muestreo, se estableció que de acuerdo a los requerimientos del estudio, el muestreo fue dirigido, la información que se utilizó se obtuvo de la encuesta aplicada a los productores de leña de la región del Maule.

Selección de la unidad muestral

La unidad de análisis considerada en el estudio correspondió a los productores y/o comerciantes de leña de la comuna de Talca y alrededores. Esto consideró a comerciantes formales e informales establecidos en negocios y/o puntos de venta.

Comerciantes de leña en la ciudad de Talca

Para realizar el levantamiento de información, se utilizó como base el listado de las leñerías reportado en el estudio O’Ryan Surveyors (2012), más otros comerciantes identificados durante las actividades de terreno en las comunas de Talca y Maule. En la Tabla 3.4-5. se presentan los oferentes que se entrevistaron en el presente estudio.

TABLA 3.4-5. LISTA DE COMERCIANTES DE LEÑA ENTREVISTADAS EN EL ESTUDIO SEGÚN PERIODO

ID	Nombre	Empresa	Dirección
Enero de 2013			
1	Oscar Hernán Araya	Familiar	19 sur 598
2	Pedro Rivas.	Leñaría San Joaquín	10 oriente 462 entre 7 sur y 8 sur
3	Michael Cofre	Lipigas	Pasaje 19 1/2 sur A con poniente 255
4	Ana María Castillo	Familiar	20 sur 15
5	Luis Valdez y Jimena Olivares	Familiar	3 poniente con 14 norte.
6	Daniel Díaz.	Familiar	Sin dirección
7	Claudio Santibáñez	Sociedad comercial y maderera los robles.	Km 4,5 camino a san Clemente
8	María Soledad Cruz	Agrícola y maderera HUILQUILEMU	Km 5 camino a san Clemente
9	Carmen Castillo	Inversiones la obra S.A.	Km 5 camino a san Clemente
10	Pascual Toledo	Familiar	Av Lircay con puente la Calchona
Julio – Agosto de 2013			
1	José Oyarzun	Familiar	Av Colin 28 y 29 Sur
2	Gabriel Orellana	Familiar	Cercanías mall
3	José Luis Saravia	Familiar	Av Lircay , al lado del supermercado a cuenta
4	Oscar Norambuena	Oscar Norambuena	Av Ing Carrera Pinto
5	Luis Castro	Familiar	Cercanías mall
6	Cristian Jorquera	Familiar	Cercanías mall
7	Alex Pezoa	Familiar	Av Lircay , al lado del supermercado a cuenta
8	Robinson Saldana	Familiar	Av Lircay
9	Juan Chamorro	Familiar	13 norte con Av Lircay

Fuente: Elaboración propia.

Localización de los puntos de venta de leña en Talca.

El estudio se basó en un análisis estadístico a través de un sistema de muestreo dirigido considerando como información inicial el listado de los comerciantes, distribuidores y productores de leña de Talca identificados en el estudio de O’Ryan Surveyors (2012). A este listado se incorporaron otras leñarías que fueron identificadas durante el desarrollo del presente estudio. Cabe señalar, que en algunos casos las direcciones de algunos oferentes empadronados en el estudio de O’Ryan Consultores (2012) no coincidían, por tanto, se procedió a buscar otros en la vecindad permitiendo identificar nuevos oferentes de leña.

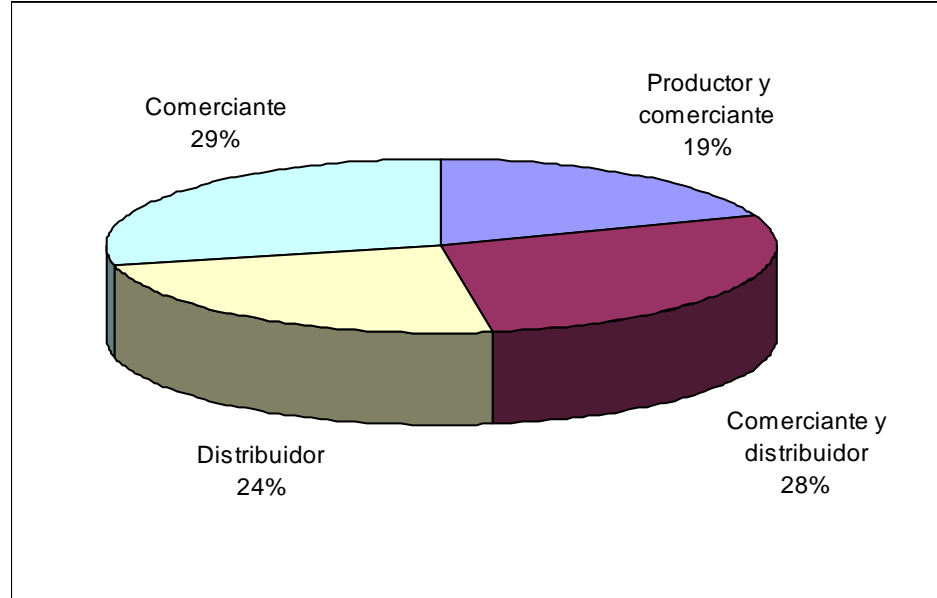
3.4.9 Resultados y Análisis

La cadena de comercialización de la leña, está constituida por: productores, distribuidores y comerciantes. La comercialización de la leña abarca desde el origen de la leña, producción de la leña, venta a distribuidores e intermediarios, venta a comerciantes y la venta a consumidores finales, entre ellos empresas, instituciones y/o hogares. Cabe señalar, que el foco de este estudio será el abastecimiento a los consumidores particulares correspondientes a hogares y/o clientes residenciales.

La cadena de comercialización de la leña, comienza con la producción de la leña, a través de los productores quienes se encargan de manejar bosques con especies arbóreas aptas para la leña. Cabe destacar, que un requisito fundamental es que los productores tengan plan de manejo forestal y cumplan otras normativas explicadas en la ley de bosque nativo. Una vez producida la leña, existen productores que venden los bosques por hectáreas, mientras que otros productores cortan y procesan la madera, almacenando la leña en el mismo terreno, es decir, estos son productores y comerciantes de leña al mismo tiempo, ya que cumplen las dos funciones: producir y vender su propia producción.

Los distribuidores de leña son las personas encargadas de transportar la leña desde los predios de los productores a los comerciantes establecidos. También participan de la cadena de comercialización aquellos distribuidores que compran leña directamente a los productores, o bien cortan árboles por cuenta propia y después van a ofrecer la leña a los hogares en la ciudad de forma informal. Estos corresponderían a los llamados vendedores ambulantes.

Los comerciantes de leña son los encargados de ofertar la leña a los consumidores finales, por tanto, ellos finalizan la cadena de comercialización. Existen dos tipos de intermediarios: los comerciantes y los comerciantes y distribuidores. Los comerciantes venden la leña puesta en su local y los consumidores deben ir a buscar la leña por cuenta propia al punto de venta debido a que este tipo de comerciantes no cuenta con un medio de transporte. El otro tipo es el comerciante y distribuidor el cual vende la leña puesta en el local, además cuenta con camionetas $\frac{3}{4}$ y entrega la leña puesta en los hogares con lo cual presenta una ventaja competitiva en relación a los comerciantes que no cuentan con medios para transportar la leña. En la Figura 3.4-4. se observa la proporción del tipo de oferente entrevistado en el estudio.



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 3.4-4. PROPORCIÓN DE PRODUCTORES, COMERCIANTES Y DISTRIBUIDORES ENTRE LOS OFERENTES ENTREVISTADOS EN TALCA

De los doce comerciantes de leña entrevistados en el verano, solo uno de ellos se entrevistó por teléfono, los once restantes fueron mediante entrevistas personales utilizando el cuestionario desarrollado según lo explicado con anterioridad. Para el caso de los comerciantes de leña levantados en el periodo de invierno, todos ellos fueron entrevistados personalmente. En la Tabla 3.4-6 se presentan los oferentes entrevistados en el presente estudio con sus respectivos datos.

TABLA 3.4-6. LISTADO DE OFERENTES DE LEÑA ENTREVISTADOS EN TALCA.

ID	Nombre	Empresa	Dirección	Actividad	Tipo de leña
1	Oscar Hernán Araya	Familiar	19 sur 598	Comerciante y distribuidor	Eucaliptus y aroma
2	Pedro Rivas.	Leñaría San Joaquín	10 oriente 462 entre 7 sur y 8 sur	Comerciante y distribuidor	Eucaliptus
3	Michael Cofre	Lipigas	Pasaje 19 1/2 sur A con poniente 255	Comerciante y distribuidor	Eucaliptus
4	Ana María Castillo	Familiar	20 sur 15	Comerciante y distribuidor	Eucaliptus y aroma
5	Luis Valdez y Jimena Olivares	Familiar	3 poniente con 14 norte.	Comerciante y distribuidor	Eucaliptus y aroma
6	Daniel Díaz. Contacto	Familiar	Sin dirección	Comerciante y distribuidor	Eucaliptus
7	Claudio Santibáñez	Sociedad comercial y maderera los robles.	Km 4,5 camino a san Clemente	Productor y comerciante	Eucaliptus y hualle
8	María Soledad Cruz	Agrícola y maderera Huilquilemu	Km 5 camino a san Clemente	Productor y comerciante	Eucaliptus y aroma
9	Carmen Castillo	Inversiones la obra S.A	Km 5 camino a san Clemente	Productor y comerciante	Pino
10	Pascual Toledo	Familiar	Av Lircay con puente la Calchona	Productor y comerciante	Eucaliptus, aroma, álamo y sauce
11	Jumbo	Jumbo	Carlos Schorr 411	Comerciante	Nativo
12	Hiper Líder	Hiper Líder	Av colín 240	Comerciante	Eucaliptus
13	José Oyarzun	Familiar	Av Colín 28 y 29 Sur	Distribuidor	Eucaliptus
14	Gabriel Orellana	Familiar	Cercanías mall	Distribuidor	Eucaliptus
15	José Luis Saravia	Familiar	Av Lircay , al lado del supermercado a cuenta	Comerciante detallista	Eucaliptus
16	Oscar Norambuena	Oscar Norambuena	Av Ing Carrera Pinto	Distribuidor	Eucaliptus
17	Luis Castro	Familiar	Cercanías mall	Distribuidor	Aroma
18	Cristian Jorquera	Familiar	Cercanías mall	Distribuidor	Eucaliptus
19	Alex Pezoa	Familiar	Av Lircay , al lado del supermercado A Cuenta	Comerciante detallista	Eucaliptus
20	Robinson Saldana	Familiar	Av Lircay	Comerciante detallista	Eucaliptus
21	Juan Chamorro	Familiar	13 norte con Av Lircay	Comerciante detallista	Eucaliptus , aroma

Fuente: Elaboración propia.

Productores de leña en Talca

En el estudio se encontraron 4 productores de leña. Estos declaraban vender su leña tanto a consumidores, comerciantes y distribuidores. Por lo tanto, su rol era de productor y comerciante a la vez. Dos de los productores entrevistados se localizaban camino a San Clemente correspondiente a Sociedad Comercial y Maderera los Robles y la Agrícola y Maderera Huilquilemu donde ambas empresas vendían leña generada de sus propios bosques y/o procesos productivos, los que consistían en rollizos y maderas elaboradas. Ambos comerciantes no ofrecían la opción de despacho a domicilio, por lo que las personas que compraban leña tenían que ir en vehículo propio a los locales de venta en las afuera de la ciudad de Talca. Los tipos de leña comercializados tanto por la Sociedad Comercial y Maderera los Robles, como la Agrícola y Maderera Huilquilemu correspondían a leña de eucalipto, aramo y hualle.

En la entrevista se pudo levantar que en algunos casos vendedores ambulantes iban a comprar leña a estos comerciantes en sus camionetas para luego revender la leña en el centro de la ciudad de Talca y luego volvían a comprar más de este energético. Los demás productores identificados en Talca corresponden a la empresa Inversiones La Obra S.A. En la empresa Inversiones La Obra S.A indicaron que su rubro era el sector maderero, aunque cuando les sobraban despuntes de madera las vendían como leña, siendo ésta de especie pino. Por último, esta empresa vendía leña que obtenía de su bosque, y las especies eran variadas siendo estas: eucalipto, aramo, álamo, sauce. Cabe destacar que el 58,3% de los entrevistados indicaron que su leña venía de origen de árboles muertos, mientras que el 33,3% proviene de árboles vivos y el 8,3% restante no sabe el origen de qué tipo de árbol proviene su leña.

Los lugares declarados donde los productores identificados producen la leña que comercializan corresponden a los sectores de Duao al sur de la ciudad. También hacia la cordillera de la costa en el sector de Curepto, Empedrado, Batuco y Pelarco más al norte. A esto se suman las localidades declaradas por los Comerciantes y/o distribuidores camino a Cumpeo en Río Claro y talas de bosques como parte de los árboles rematados por el Ministerio de Bienes Nacionales como consecuencia del despeje de las obras de construcción de un proyecto de embalse, ubicado en Duao.

Por otro lado, se identificaron productores de leña que abastecían formalmente a comerciantes, entre ellas la Agrícola las Chagres Limitada, ubicada en el fundo Santa María de la comuna Río Claro. Esta empresa productora de leña entregaba factura y poseía plan de manejo forestal según el comerciante que le compraba este producto directamente a la Agrícola Chagres. También se detectaron forestales que históricamente producían bosques destinados para leña, pero que recientemente habían quebrado o desaparecido del mercado, entre ellas la Forestal Parral. En la Figura 3.4-5. se muestra el ámbito geográfico donde los comerciantes de leña producen y/o adquirir la madera para producir leña.



Fuente: Elaboración propia en base a imagen Google Earth

FIGURA 3.4-5. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LAS ZONAS DONDE SE PRODUCE LA LEÑA DE EUCALIPTO Y AROMO QUE SE VENDE EN EL MERCADO DE LEÑA EN TALCA

La información que se recopiló en el estudio fue consistente con la información generada en el estudio realizado por Roco (2008), donde se detectó que las comunas que abastecen de leña a la ciudad de Talca corresponden a Pelarco, San Rafael, San Clemente, Curepto, Constitución y Penco. En la Figura 3.4-6. se observa un mapa con la ubicación de dichas comunas cercanas a la Comuna de Talca donde se consume finalmente la leña producida.



Fuente: Roco (2008).

FIGURA 3.4-6. PRINCIPALES COMUNAS ABASTECEDORAS DE LAÑA DE LA CIUDAD DE TALCA.

También existen grandes tiendas de retail²³ que también comercializan leña en Talca durante la temporada de invierno. Estas empresas ponen a la venta leña proveniente de productores certificados, entre ellos la Agrícola Don Clemente Limitada, ubicada en el camino el Cerrillo número 2300, parcela Santa Carolina, Linderos, Buin - Región Metropolitana, Chile.

3.4.10 Situación legal de los oferentes de leña en Talca.

Los registros de los contribuyentes en el Servicio de Impuestos Internos establecen que todo vendedor de leña debe obtener un giro comercial, el corresponde al giro de “venta al por menor de carbón, leña y otros combustibles de uso doméstico”. El código correspondiente a dicha actividad económica es 523969, y se encuentra afecto a impuesto (IVA). Por otro lado, los productores de leña deben obtener el giro de “explotación de bosques”, que corresponde al código 020010 que está afecto a IVA.²⁴

²³ Correspondiente a Jumbo, Easy y Sodimac

²⁴ Los códigos de la actividades económicas se obtuvieron de la página del servicio de impuestos internos, <http://www.sii.cl/catastro/codigos.htm#1>

La mayoría de los oferentes de leña en Talca, tienen en su actividad económica un multigiros, esto implica que tienen más de una actividad económica. Esto se explica debido a que el mercado de la leña es un mercado de temporada, y les sería muy riesgoso y poco rentable mantenerse solo en este rubro, a excepción de que fuera un gran productor y/o comerciante de leña.

En Talca la mayoría de los oferentes establecidos de leña entrevistados en el periodo de verano (comerciante–distribuidor) indicaron que tenían inicio de actividades, entregaban boleta y llevaban libros de contabilidad de su negocio. Sin embargo, la gran mayoría (88,8%) de los oferentes de leña entrevistados en el periodo de invierno (julio-agosto) no entregaban boleta y tampoco manejaban libros de contabilidad. Esto se explica dado que en el invierno aparecen puntos de venta improvisados porque en este periodo se intensifica el consumo. En el periodo estival los oferentes de leña son negocios establecidos que operan en la actividad todo el año.

Para contrastar la información anterior, es posible señalar que de acuerdo al estudio de demanda realizado en los hogares un 28,1% de la leña comercializada en Talca y Maule se realiza de forma informal por transportistas y vendedores ambulantes. Mientras que cuando la informalidad se refiere a la no entrega de boleta o factura el porcentaje es 78,4%.

3.4.11 Infraestructura básica y transporte de los oferentes de leña en Talca

Las características de infraestructura de los oferentes de leña son importantes, debido a que esta es una de las variables que se deben regularizar para poder llegar a cumplir los criterios para vender leña certificada. Algunos oferentes presentan problemas en la edificación de su galpón destinando al acopio y secado de leña. En particular, se detectaron comerciantes que no podían obtener la certificación debido a que su infraestructura no había sido aprobada por la Dirección de Obras Municipales, por no contar con los permisos constructivos correspondientes y/o por no seguir los lineamientos de construcción. De las entrevistas realizadas se concluye que el 86% de los recintos de almacenamiento de leña se encuentran techados.

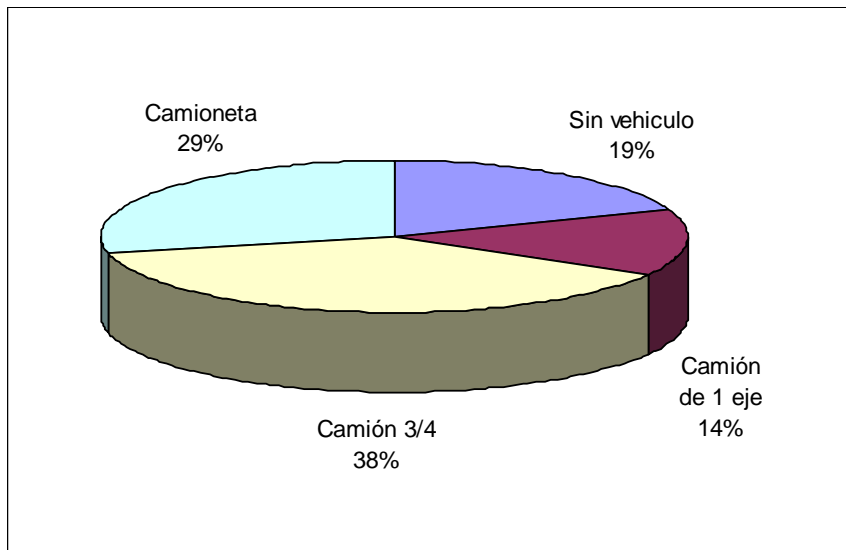
La publicidad y/o señalética que tienen los oferentes de leña establecidos son primordiales a la hora de la venta de leña. Este es el canal principal que tienen para dar a conocer el producto que tienen a la venta. Muchos comerciantes no cuentan con letreros o publicidad de venta de leña, debido a que no tienen inicio de actividades y/o el giro de la actividad económica no corresponde a la venta de leña. Del total de los oferentes encuestados el 42,9 % tenía algún tipo de anuncio publicitario que indicaba venta de leña, y de este grupo de comerciantes el 52,3% indicaba tener inicio de actividades de algún tipo. En la Figura 3.4-7. se muestra un ejemplo de cartel publicitario en un punto de venta de leña en Talca.



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 3.4-7. CARTELES DE VENTA, COMERCIANTE Y DISTRIBUIDOR DE LEÑA ESTABLECIDO EN LA CIUDAD DE TALCA

Los vehículos comúnmente utilizados por los comerciantes de leña, dependían mucho de la función que cumplían dentro del ciclo de comercialización. Algunos comerciantes y distribuidores poseían un medio de transporte para entregar la leña a domicilios, otros comerciantes y productores no despachaban a domicilio y solo trasladaban leños desde las zonas de aprovisionamiento hasta los puntos de venta. En la Figura 3.4-8. se presentan las distribuciones porcentuales de los tipos de vehículos que ocupaban los oferentes de leña para comercializarla.



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 3.4-8. DISTRIBUCIÓN DE LOS TIPOS DE TRANSPORTE DE LOS OFERENTES DE LEÑA EN TALCA

El 38% de los oferentes encuestados indicaban tener camioneta $\frac{3}{4}$, de éstos el 83,3% correspondían a comerciantes y distribuidores, ya que estos vendían en el local y también entregaban a domicilio. El 19% de los oferentes indicó no ocupar vehículo, de estos el 50% correspondían a productores y comerciantes y su función es entregar la leña puesta en el local, por último el 14% restante de los oferentes indicaban tener un camión de un solo eje.

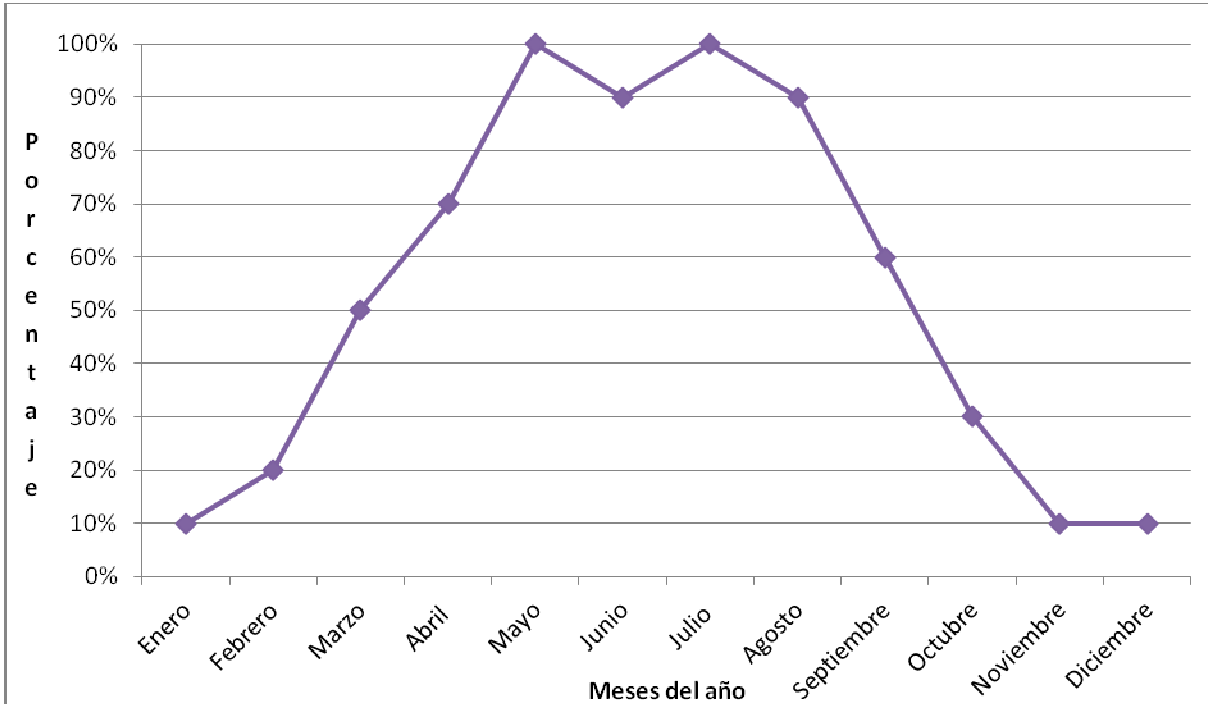
3.4.12 Producción y comercialización de la leña en Talca

Debido a que las especies arbóreas tienen diferentes orígenes, diferentes porcentajes de resina, y precios distintos, es fundamental para el estudio conocer las especies de leña que se están comercializando en Talca. La principal especie que se comercializa corresponde al eucalipto²⁵, representando el 90% del total de leña ofertada como primera especie. Esta información es coincidente con la principal especie utilizada de acuerdo al estudio en los hogares de Talca y Maule. A esta especie le sigue el aramo²⁶ con un 21% como segunda especie, después del eucalipto y el resto corresponde a especies arbóreas como el roble, álamo, sauce, pino y otras especies nativas.

Se encontró entre los comerciantes y distribuidores entrevistados, que la mayoría ofrecía eucalipto y solo el 47,6% de ellos ofrecía otras especies como el aramo y especies nativas. Según los oferentes de leña, la especie con más demanda de leña por parte de los consumidores es el eucalipto, seguido por el aramo. Las actividades comerciales de compra y venta de la leña, tienen un alto grado de estacionalidad. Esto se debe principalmente a que es un energético que se utiliza mayoritariamente en los meses de invierno, donde se registran las menores temperaturas del año. Según la mayoría de los oferentes de leña, los meses donde la leña es más demandada corresponden a los meses entre mayo y agosto, como se muestra en la Figura 3.4.9

²⁵ Principalmente la especie *Eucalyptus globulus*

²⁶ La especie Áromo corresponde a la especie *Acacia dealbata*.



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 3.4-9. PORCENTAJE CON LOS MESES CON MAYOR DEMANDA PARA LOS OFERENTES DE TALCA

Se aprecia que en la época de invierno existe una alta demanda de leña por parte de los consumidores, lo que se refleja en mayores niveles de venta por parte de los oferentes. Principalmente en los meses de mayo y julio, donde se vende un 90% de la leña dispuesta para la venta, incluso quedando sin stock algunos comerciantes. Esto genera que en muchos casos exista una demanda no satisfecha por los comerciantes establecidos lo que estimularía la comercialización de leña informal, mediante vendedores ambulantes, quienes en algunos casos estarían ofreciendo leña húmeda. Esta alta demanda se debe a que éstos son los meses donde se presentan las temperaturas más bajas, y una parte de los consumidores no se aprovisionan con la debida antelación.

En este sentido sería adecuado que los consumidores se puedan abastecer de leña en la época de verano, para que de esta forma se pueda contar con un período de tiempo adecuado para el secado al aire de la leña, para que al momento de su utilización en estufas y cocinas la leña se encuentre seca. Esto permitiría aprovechar mejor el potencial energético del combustible (mayor poder calorífico) y se generarían menores tasas de emisión de contaminantes del aire (material particulado), con los consecuentes ahorros económicos por comprar un energético en periodos de baja demanda y dado que se detectó que el precio de la leña era menor en verano.

Debido a que la demanda de leña se incrementa notoriamente a partir de los meses marzo y abril (ver figura 3.4-9), también comienzan a aparecer los comerciantes ambulantes. Éste tipo de comerciante no tienen ningún tipo de regulación e inicio de actividades, por lo cual son uno de los principales problemas en el proceso de regulación del mercado de la leña. Por lo general los comerciantes ambulantes ofrecen su producto en camionetas, donde se instalan en

algunas esquinas de la ciudad a ofrecer su producto. Cabe destacar, que los comerciantes ambulantes de leña no entregan boleta y no tienen ningún tipo de certificación, ni garantía del producto que ofrecen.

Los productores-comerciantes comienzan su producción de leña entre los meses de noviembre a enero, para tener un tiempo de secado aproximadamente de 6 meses, además deben trozar la leña en un formato adecuado para su uso en calefactores domiciliarios. Se determinó, mediante consulta que el precio pagado por trozar la leña al formato de venta era del orden de los \$ 4.000 por metro cúbico ordenado, es decir, que fuera cortado, picado y apilado en rumas de 1 metro de alto, ancho y largo.

Los comerciantes indicaban que estas compras las realizaban todo el año, ya que mantenían stock, sin embargo, los comerciantes y distribuidores debían abastecerse de este producto en los meses de enero y febrero. El tiempo de almacenamiento es un factor fundamental, para que la leña alcance un menor contenido de humedad al momento de su consumo en el hogar. Para esto es importante permitir un tiempo de secado al aire de 6 meses, según las recomendaciones del Consejo Nacional de Certificación de la leña. La tabla siguiente indica el tiempo promedio de almacenamiento de la leña, previa a la venta.

TABLA 3.4-7. TIEMPO DE ALMACENAMIENTO DE LA LEÑA EN LOS DIFERENTES OFERENTES DE TALCA

Meses que se almacena la leña	1-3 Meses	4-6 meses	Más de 6 meses	Sin información
Comerciantes	2	0	0	4
Comerciantes y distribuidor	1	4	2	4
Productor y comerciantes	0	3	1	0

Fuente: Elaboración propia

El 14,3% de los oferentes almacena la leña de 1 a 3 meses, el 33,3% almacena entre 4 a 6 meses, el 14,3% almacena la leña más de 6 meses y para el resto de los oferentes no existe información disponible.

3.4.13 Características de precio de la leña ofertada en Talca

Se determinó que los oferentes de leña encuestados en la ciudad de Talca venden al año 8.715 metros cúbicos estéreos. Sin embargo, de acuerdo a las estimaciones de la cantidad total de consumo a partir de la encuesta en los hogares en Talca y Maule se comercializan aproximadamente 156 mil m³ estéreo de leña al año, de este total 44 mil serían comercializados por vendedores ambulantes y transportistas, 63 mil por productores, 47 mil por comerciantes establecidos y el resto por otros.

Los 8.715 metros cúbicos estéreos que se obtuvieron en el presente estudio, se pueden comparar con el volumen de venta obtenido para la temporada 2003 en la ciudad de Talca que según Rojas y Parada ascendió a 5.324 metros cúbicos estéreos, cabe destacar que es un aumento en las ventas considerables, sin embargo estos valores pueden ser relativos debido al universo de oferentes que se considere, ya que en el estudio de Rojas y Parada no se especificaban los datos de los oferentes entrevistados. Sin embargo, los valores obtenidos son

muy inferiores al volumen comercializado según la encuesta de consumo residencial estimado en este informe.

Según la información levantada en Talca en el mes de enero de 2013, se consultó por los precios de las especies arbóreas que se habían ofrecido en las dos temporadas previas, estos precios dependen tanto de la estación del año en la que se venda, como también en la unidad de medida que se comercialice, la localización espacial de los productores, humedad de la leña, escasez de sustitutos y elasticidad de la demanda. En la Tabla 3.4-8. se presentan los precios obtenidos de los oferentes de Talca en la época estival.

TABLA 3.4-8. PRECIOS DE LOS OFERENTES DE LEÑA EN TALCA PARA EL PERIODO 2011-2012.

	Precios año 2011 (\$/m ³).				Precios año 2012 (\$/m ³).			
	Otoño-Invierno		Primavera-Verano		Otoño-Invierno		Primavera-Verano	
	Eucaliptus	Aromo	Eucaliptus	Aromo	Eucaliptus	Aromo	Eucaliptus	Aromo
Comerciantes	43.440	-	-	-	43.440	-	-	-
Comerciantes y distribuidores	17.376	14.480	17.376	14.480	20.996	17.376	20.996	17.376
	22.806	-	22.806	-	24.616	-	24.616	-
	36.200	-	36.200	-	43.440	-	43.440	-
	26.426	25.340	23.530	22.806	26.426	25.340	23.530	22.806
	22.806	-	22.806	-	24.616	-	24.616	-
Productores y comerciantes	22.806	-	22.806	-	25.340	-	25.340	-
	21.720	-	21.720	-	21.720	-	21.720	-
	20.996	20.996	20.996	20.996	21.720	21.720	21.720	21.720
	-	-	-	-	21.720	-	21.720	-
	17.376	-	17.376	-	20.996	17.376	20.996	17.376
Precio Promedio	27.512	20.272	22.806	19.186	28.598	20.272	24.978	19.548

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado el precio de venta de la leña entregado por los comerciantes entrevistados en los meses de de julio-agosto de 2013 se muestran en la siguiente Tabla.

TABLA 3.4-9. PRECIOS DE LOS OFERENTES LEÑA EN TALCA PARA EL PERIODO JULIO-AGOSTO DE 2013

Oferte	Precio Invierno 2013 (\$/m ³)	
	Eucaliptus	Aromo
Distribuidor	43.350	-
Distribuidor	28.000	-
Comerciante	30.000	-
Distribuidor	30.000	-
Distribuidor	-	27.000
Distribuidor	25.000	-
Comerciante	28.000	-
Comerciante	28.000	-
Comerciante	30.000	27.000
Precio promedio	30.294	27.000

Fuente: Elaboración propia

Los comerciantes como Jumbo Easy, Sodimac y Líder venden leña en época de otoño-invierno y en sacos de 25 kg, lo cual hace que su costo sea aún más alto de lo normal. Líder vendía leña de eucalipto en la temporada a un precio de \$3.500 el saco, mientras Jumbo y Easy vendía leña nativa a \$3.490 el saco de 25 kg. La leña que se estaba vendiendo en estas cadenas de retail venía etiquetada con como leña certificada y los productores corresponden a Casa Grande de Temuco (Easy) y Héctor Mardones Fuentes (Jumbo), este último corresponde a un productor de la región del Maule. En las figuras siguientes se muestran los certificados exhibidos en los productos.



FIGURA 3.4-10. EJEMPLO DE ETIQUETA DEL PRODUCTO LEÑA EN SACO COMERCIALIZADO EN LA TIENDA EASY DE TALCA



FIGURA 3.4-11. EJEMPLO DE ETIQUETA DEL PRODUCTO LEÑA EN SACO COMERCIALIZADO EN LA TIENDA JUMBO DE TALCA

Los precios de la leña varían según el tipo de especie, la temporada de venta y el formato de venta. Por ejemplo, un productor ofrecía otras especies como sauce a \$37,5 el kilo (\$15.000 el m³ estéreo) y álamo a \$45 el kilo (\$18.000 el m³ estéreo). Cabe destacar, que estas especies de leña no son comunes de comercializar en la ciudad.

Además, los precios pueden variar dependiendo del volumen de compra, donde a mayor volumen menor sería el precio a cobrar. El precio promedio de la leña de eucalipto en el año 2011 en la época de otoño-invierno alcanzó los \$27.512 por metro cúbico, condición que no variaba significativamente en el periodo de verano si se considera el mismo formato de venta. El año 2012 se percibió un leve aumento (3,9%) en los precios de la leña de eucalipto en Talca, alcanzando en la temporada de invierno un valor promedio de \$28,528 por m³. Para el periodo de invierno del año 2013 se observó una nueva alza (5,9%) en el precio de la leña de eucalipto, en comparación con el año anterior, alcanzando un valor promedio de \$30.294.

Por su parte, el aroma alcanzó en temporada de alta demanda del año 2013 un valor promedio de \$27.000 por metro cúbico, mostrando también un alza significativa (33,2%) en función de los precios de la temporada de invierno del año 2012, situación que no se observa al comparar los precios de la temporada del año 2011.

Cabe destacar, que la gran mayoría de los oferentes vendían la leña a particulares, a excepción de un comerciante que el año 2012 le vendía leña a la Universidad Católica del Maule, y otros dos oferentes vendían leña a empresas forestales chipeadoras²⁷.

3.4.14 Resultados de la medición del contenido de humedad de la leña comercializada en Talca

Para medir el contenido de humedad de la leña que era vendida en los distintos puntos de venta pertenecientes a la ciudad de Talca, se efectuaron mediciones en terreno del contenido de humedad, para esto se utilizó un xilohigrómetro. En la mayoría de los casos se observó que la leña se encontraba con un contenido de humedad menor al 20% en base húmeda o 25% en base seca, considerado el máximo que pide el SNCL para ser considerada leña seca. Existió solo un caso que se detectó un contenido de humedad a la leña mayor cuando se midió este parámetro a leños recientemente cortados. Este valor fue de 49% (base seca).

El promedio del contenido de humedad de la leña de eucalipto, fue de 17,7% y 16,1% (base seca) para la leña medida en el periodo de verano e invierno, respectivamente. En las siguientes tablas se muestra los contenidos de humedad observados en los distintos periodos de levantamiento.

²⁷ Empresas dedicadas a la producción de chips de madera, estos pueden ser chips de residuos de la foresta, producidos por aserraderos o chips que provienen de corta de arboles.

TABLA 3.4-10. CONTENIDO DE HUMEDAD DE LAS PRINCIPALES ESPECIES DE LEÑA, ENCONTRADA EN OFERENTES DE LEÑA EN TALCA DURANTE EL MES DE ENERO DE 2013

Especie	Porcentaje de humedad (% base seca)			
	Cortada hace más de 6 meses			Recién cortada
	Mínimo	Máximo	Promedio	Promedio
Eucaliptus	15,0%	25,0%	17,7%	49,0%
Aromo	14,5%	16,2%	15,3%	-

Fuente: Elaboración propia

TABLA 3.4-11. CONTENIDO DE HUMEDAD DE LAS PRINCIPALES ESPECIES DE LEÑA, ENCONTRADA EN OFERENTES DE LEÑA EN TALCA DURANTE LOS MESES DE JULIO-AGOSTO DE 2013

Especie	Porcentaje de humedad (% base seca)		
	Cortada hace más de 6 meses		
	Mínimo	Máximo	Promedio
Eucaliptus	14,4	17,6	16,1
Aromo	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

Las mediciones del contenido de humedad en los oferentes de leña se realizaron en el mes de enero, por tanto, la leña que se midió ya llevaba un tiempo de secado. Debido a esto se obtuvo bajo contenido de humedad de la leña, sólo en un caso donde se estaba cortando la leña se obtuvo un contenido de humedad más alto, debido a que ésta, estaba recién comenzando el tiempo de secado. Cabe destacar, que el contenido de humedad está reportado en base seca, el cual se considera leña seca si este valor es menor al 25%. En la Figura 3.4-12 se muestra el procedimiento de medición del contenido de humedad de la leña en los oferentes en Talca.



Fuente: Elaboración propia

TABLA 3.4-12. IMAGEN AL MOMENTO DE LA MEDICIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD EN UN OFERENTE DE LEÑA EN TALCA.

Cabe señalar que la mayoría de los comerciantes de leña no mide el contenido de humedad, sin embargo el 92% asegura vender leña seca a criterio personal sin necesariamente medir el contenido de humedad para realizar con certeza esta afirmación y cumplir con uno de los requisitos importantes de la certificación de la leña (desde el punto de vista de la contaminación).

Existen diversos motivos por los cuales los oferentes de leña encuestados no han certificado su producto, entre ellos:

- Problemas por temas de construcción y almacenamiento de la leña.
- Percepción del rubro como un trabajo esporádico, lo que involucra un pensamiento de que no es necesario certificar la leña.
- Desconocimiento del procedimiento de certificación de la leña.
- Falta de capital para iniciar la certificación y desconocimiento de los costos involucrados.
- Indiferencia respecto al proceso de certificación.
- Pensamiento por parte de los oferentes que a los clientes no les interesa una leña certificada, sino simplemente seca.

La mayoría de los oferentes entrevistados no tienen certificación de la leña y cuando se les consultó sobre el procedimiento de certificación y las implicancias en el precio del producto

que ofrecían se observó que existe un desconocimiento por parte de los oferentes de la estimación en la variación del precio, ya que un 70,1% señala desconocer cuánto puede subir el precio de la leña, el 15,0% estimó que podría subir un 20,0% el precio y el 13,9% restante indicó que el consumidor no estaría dispuesto a pagar un precio más alto por una leña certificada.

3.4.15 Conclusiones

Para describir el ciclo de comercialización de la leña en Talca, se procedió a buscar y entrevistar oferentes establecidos en la comuna, mediante antecedentes de posibles oferentes y mediante reconocimiento visual en el período de tiempo en el que se levantó la información en dos periodos del año, uno en el verano (enero de 2013) y otro en el periodo de invierno (julio – agosto de 2013). En el estudio se consideraron 21 oferentes de leña, entre ellos productores, distribuidores y/o comerciantes.

El ciclo de comercialización de leña se inicia desde los productores, que son los encargados de producir las especies, luego les venden la leña a los comerciantes los cuales declaran obtener la leña de localidades cercanas a Talca como Duao, al sur de la cordillera, Curepto, Empedrado, Batuco, Pelarco, Cumpeo y Ancoa. Luego, interviene los intermediarios y/o distribuidores que se encargan de transportar la leña de los productores a los comerciantes, además existen algunos intermediarios que compran la leña a los productores y la venden ilegalmente en diferentes localidades de la ciudad a los consumidores finales.

El tiempo declarado por los oferentes para almacenar la leña luego de producirla hasta el momento que se ofrece a la venta es de 4 meses, con una desviación estándar de 2 meses, lo que permitiría que la leña se encuentre seca al momento de ser comercializada. Esto se evidenció con las mediciones tanto a la leña comercializaba, como a la leña utilizada en los hogares.

La principal especie que se comercializa corresponde al eucalipto²⁸, representando el 90% del total de leña ofertada como primera especie. Esta información es coincidente con la principal especie utilizada en los hogares de Talca y Maule. A esta especie le sigue el aramo y el resto corresponde a especies arbóreas como el roble, álamo, sauce, pino y otras especies nativas. Los meses donde la leña tiene la mayor demanda están entre mayo y agosto donde se genera el mayor consumo de este energético para calefaccionar los hogares de Talca y Maule.

El 38% de los oferentes encuestados indican tener camioneta $\frac{3}{4}$, de éstos el 83,3% corresponden a comerciantes y distribuidores, ya que estos venden en el local y también entregan a domicilio. El 19% de los oferentes indicó no ocupar vehículo, de éstos el 50% corresponden a productores y comerciantes, y su función es entregar la leña puesta en el local, por último el 14% restante de los oferentes indicaban tener un camión de un solo eje.

Se obtuvieron datos muy variables de los volúmenes de venta de los oferentes, esto se puede deber a que no llevaban un control de sus ventas y, además, que lógicamente los comerciantes no querían dar a demostrar que el negocio era rentable, el volumen total

²⁸ Principalmente la especie *Eucaliptus globulus*

comercializado por los oferentes encuestados correspondió a 8.715 m³ estéreo de leña. Sin embargo, de acuerdo a las estimaciones de la cantidad total de consumo a partir de la encuesta en los hogares de Talca y Maule se comercializan aproximadamente 156 mil m³ estéreo de leña al año, de este total 44 mil serían comercializados por vendedores ambulantes y transportistas, 63 mil por productores, 47 mil por comerciantes establecidos y el resto por otros.

Los precios de la leña ofertada variaban según el año, la estación del año y el volumen de compra. Para el periodo de invierno del año 2013 se observó un nuevo alza (5,9%) en el precio de la leña de eucalipto, en comparación con el año anterior, alcanzando un valor promedio de \$30.294.

El promedio del contenido de humedad de la leña de eucalipto, fue de 17,7% y 16,1% (base seca) para la leña medida en el periodo de verano e invierno, respectivamente. Esto implica que la leña se encuentra principalmente seca al momento de ser comercializada. No obstante, se debe incentivar a los consumidores para que tengan conocimiento de los lugares donde venden leña certificada, es decir, que los consumidores se informen, generen conciencia y cambien la conducta de comprar leña en el mercado informal para reducir las emisiones que se generan en la combustión de la leña, ya que según las estimaciones a partir del estudio de demanda realizado en este estudio se comercializa alrededor del 78,4% de la leña sin boleta y un 28,1% por vendedores y transportistas ambulantes en el comercio informal. Para corregir esta situación se pueden realizar campañas comunicacionales, informar sobre los oferentes de leña certificados, entregar material de respaldo a las juntas de vecinos sobre la calidad del aire y que medidas pueden optar como junta de vecinos y a nivel de municipio.

Educar a los consumidores a que planifiquen sus compras con anterioridad, que se aprovisionen de leña en la época de verano, para que de esta forma la leña que se consume en la época de invierno tenga un tiempo de secado idealmente 6 meses, según los estudios desarrollados en Temuco y de esta manera tenga un contenido de humedad menor al 25% antes de que sea utilizada para la calefacción en los meses de mayor uso, por consiguiente generaría menos contaminación ambiental. Sin embargo, muchos hogares no tienen espacio para almacenar leña o no cuentan con el presupuesto para abastecerse en el periodo de verano y por ello compran de forma repentina y en menor cantidad a comerciantes ambulantes que pueden estar vendiendo leña con mayor humedad. Por tanto, se hace indispensable que se entreguen campañas educacionales de largo plazo, tanto en colegios, municipios y centros de gran afluencia pública para mejorar la conciencia a la comunidad en aspectos de la calidad del aire y a qué medidas pueden adoptar los consumidores para utilizar una leña con un menor contenido de humedad, menor al 25%. Además se le debe demostrar al consumidor residencial que el uso de leña certificada puede generar ahorros en su presupuesto que a largo plazo compensan su mayor precio unitario.

Finalmente, se debe ser más estricto en la fiscalización, en especial los meses de mayor demanda que es cuando se intensifica la oferta de este energético. Es fundamental hacer cumplir la ordenanza Municipal de comercialización de leña de la comuna de Talca, Decreto Alcaldicio N° 5381 publicada el 29 de agosto de 2011, con el fin de poder asegurar la venta de leña con un bajo contenido de humedad.

3.5 Actividad 2. Iniciativas de producción de combustibles sustitutos biomásicos - pellets en la región del Maule

3.5.1 Introducción

En la actualidad un tercio del consumo nacional en materia de energía se produce localmente y el resto debe ser importado generando una problemática energética, uno de los principales problemas del nuestro país. El carácter no renovable de la matriz energética en Chile, principalmente compuesta por combustibles fósiles y sus derivados, el alza continua de los precios de estos combustibles y sus reservas decrecientes han llevado a pensar a las autoridades nacionales (y sobre todo mundiales) y a la sociedad en la importancia de las energías renovables no convencionales para el desarrollo energético de un país.

La biomasa forestal actualmente corresponde a un 16% del balance nacional de energía primaria²⁹, y está representada principalmente por la leña cuyo consumo asciende a más de 15.561 Mil toneladas por año. Uno de los principales problemas en la actualidad es su uso poco eficiente. Además ésta produce impactos negativos a la salud y al ambiente principalmente en las ciudades del centro-sur del país, llegando incluso a prohibiciones de uso en algunas localidades, como en el caso de la Región Metropolitana y recientemente en la ciudad de Temuco durante episodios de alertas ambientales por mala calidad del aire. En Chile existe una importante industria forestal, de la cual se obtienen desechos forestales que en la actualidad son utilizados como combustible para calderas y estufas o se venden a la industria de la celulosa. Estas opciones entregan un valor de venta bajo y una utilización ineficiente desde un punto de vista energético.

Dentro de los procesos tecnológicos desarrollados que buscan formas más eficientes de usar este tipo de combustibles se crearon los pellets de madera, combustible orgánico en forma de partículas cilíndricas que se producen sometiendo a alta presión el aserrín y los desechos de las maderas. Finalmente, se obtiene un biocombustible renovable, ecológico, económico, simple, seguro y muy cómodo de transportar y de almacenar.

Lo anterior, ha motivado el estudio de la utilización de la biomasa forestal disponible en el país principalmente de los desechos forestales generados por la poda, tala de bosques y los desechos del proceso de la madera aserrable además de su disponibilidad en la zona para la instalación de una planta de pellets de madera como opción de un nuevo combustible de uso residencial para calefacción. Así, en este estudio se realizará una evaluación técnica y económica de instalar una planta de pellets de madera para cubrir las necesidades de calefacción para la ciudad de Talca, utilizando como materia prima desechos forestales.

²⁹ BNE 2011, Ministerio de Energía – Septiembre de 2012

3.5.2 Definición del producto

El proyecto contempla fabricar pellets de madera utilizando biomasa forestal, principalmente desechos de los procesos de forestación y del proceso de madera aserrable. Este producto tiene como mercado objetivo su uso en calefacción residencial y generación de energía a baja escala.

El pellets es un biocombustible que se produce a partir de aserrín, virutas o de la madera en trozos, sus propiedades son diferentes según sea el tipo de materia prima, ya que existen muchos estándares de calidad, que limitan los contenidos de cenizas, los productos químicos contaminantes, etcétera. En ese sentido se habla de pellets industriales y residenciales. Se trata de un combustible homogéneo que puede almacenarse en un reducido espacio con los consiguientes beneficios en el manejo, en el transporte y sobretodo en la combustión. Ha demostrado ser una alternativa renovable a los sistemas de calefacción con combustibles fósiles a escala doméstica, media escala y a gran escala en calefacciones urbanas y producción de energía (Tecnolimpia, 2010). Sus propiedades y características se muestran en la Tabla 3.5-1.

TABLA 3.5-1. PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS DE LOS PELLETS DE MADERA

Característica	Valor
Tamaño	Diámetro : 6-10 mm Largo: 10-30 mm
Contenido de energía	17 – 19 MJ/Kg
Contenido de humedad	7-12 %
Contenido de cenizas	0.5%
Densidad	650 – 700 kg/m ³

Fuente: Elaboración propia en base a información de Empresa Ecopellets S.A.

3.5.3 Mercado Mundial del Pellets

El interés por el pellets está centrado en el mercado europeo, creciendo las ventas en Europa entre un 30% y un 50% por año durante la última década. Siendo su uso a nivel residencial a través de calefacción y para producción de electricidad a través de cogeneración en plantas de carbón. Los altos precios del petróleo desde el otoño de 2005 aceleraron las ventas de estufas y calderas a pellets, a la vez que un invierno muy frío en Europa originó tanto una fuerte demanda como una significativa escasez de materia prima para la producción de pellets (Dancé, 2007).

En la actualidad, Europa lidera el consumo de pellets de madera en el mundo, lo que ha originado nuevas políticas del sector energético dirigidas a fomentar el uso de fuentes renovables dándole un rol importante a la madera. En ese continente, la creación de leyes sobre la reducción de gases invernadero ha potenciado la instalación de centrales eléctricas cogeneradas con pellets de madera. Además diversos incentivos gubernamentales para la compra de calefactores a pellets han permitido un aumento de la compra de estos a nivel residencial.

La proyección de la demanda es auspiciosa por las medidas aplicadas, la cual indica un fuerte aumento durante los últimos años, desde 10 millones de toneladas en el año 2009 hasta un valor estimado de 25 millones de toneladas en el año 2019. Dentro de Europa, los países con mayor consumo de pellets son Suecia, Dinamarca, Alemania y Austria, además de ser los principales desarrolladores de las normas de calidad de pellets y del desarrollo de la cogeneración de energía eléctrica. Por otro lado, la producción de pellets en Europa es menor que la demanda principalmente por la falta de recursos forestales necesarios para su producción, esta falta de recursos ha provocado una creciente exportación hacia Europa desde otros continentes, especialmente desde Canadá, Estados Unidos y Rusia.

El mercado de América del Norte es el segundo productor en el mundo de pellets, ya que los países como Canadá y Estados Unidos poseen una demanda interna baja de este producto puesto que la opción de calefacción más utilizada es el gas natural, esto hace que la mayor parte de su producción este centrada en la exportación de este producto hacia el mercado europeo, en donde la demanda no se puede satisfacer internamente.

3.5.4 Normas Europeas de calidad de Pellets

La importancia de producir pellets de calidad con las características antes mencionadas ha dado a la creación de normas que regulen los requisitos necesarios para las fases de producción de pellets de madera a nivel mundial. Las principales normas utilizadas han sido elaboradas en los países que se dedican principalmente a su producción, por la necesidad de garantizar la calidad de estos. Actualmente son los países europeos quienes han establecido la mayor cantidad de normas por el creciente consumo y producción que poseen.

Por las diferencias de estándares en cada país, en Europa se creó una norma que tiene como finalidad unificar los parámetros de calidad que presentar las diversas normas existentes en cada país, determinando parámetros uniformes y que aseguran una mayor protección al consumidor final. Alemania y Austria, son los dos países creadores y promotores de una nueva certificación que recibe el nombre de ENplus (norma europea que define las características de calidad de pellets). Esta se encuentra en marcha desde enero del 2011, siendo aprobada en varios países de Europa y a principios del 2012 ya el 30% de la capacidad productiva total está certificada. ENplus fue creada para ser un sistema, que examina toda la cadena: recepción de la materia prima, producción, almacenaje del combustible hasta la entrega del pellet al consumidor final (Palazzetti, 2011).

En Chile, se cuenta con la Norma Chilena NCh 32461-2011 INN, Biocombustibles Sólidos – Especificaciones y clases – Parte 1: Requisitos generales, oficializada por el Ministerio de Energía.

3.5.5 Mercado Nacional del Pellets

Se estima que actualmente la industria forestal en Chile cosecha alrededor de 55 mil hectáreas anuales, e interviene con actividades de manejo intermedio, en alrededor de 30 mil hectáreas adicionales, es decir, un total de 85 mil hectáreas anuales como materia prima

industrial³⁰. Las plantaciones productivas relevantes en el área forestal son las constituidas por: pino radiata, eucalipto, pino oregón y álamo. Estas plantaciones se distribuyen desde la región de Valparaíso hasta la región de Aysén.

En la actualidad los volúmenes de desperdicios de biomasa forestal representados en los residuos de manejo forestal y las operaciones de cosecha constituyen un real potencial de combustible; existiendo hoy la tecnología y los medios para aprovecharlos en proyectos energéticos. El pino radiata es la madera con más participación en el ámbito forestal, siendo además la más conveniente para la elaboración de pellets de madera, por ejemplo, es la principal especie en la producción de madera aserrada con una participación del 96,7 %. El precio de venta a proveedores es de \$145/kg a pedidos sobre los 1.000 kg. Además existe un cargo de transporte dependiendo de la región a la cual se desee el despacho. El segundo es el precio al consumidor final, (ventas mayores a 200 kg) en bolsas de 20 kg con un valor de \$165/kg en fábrica y de \$175/kg con despacho con un cargo de \$20.000 por despacho dentro de la región de origen.³¹

Dentro de los sustitutos para la calefacción a leña domiciliaria en Chile se encuentra el gas natural, GLP y kerosene, los cuales tienen un mayor precio por unidad de energía que el pellets, lo cual lo posiciona como una opción muy atractiva económicamente. La desventaja de este energético en la actualidad ante estos sustitutos es la mínima difusión que existe sobre este biocombustible y el alto precio de los equipos (estufas y calderas) necesarios para su utilización.

Los pellets de madera son utilizados como combustible para calefacción en estufas y calderas de uso residencial e industrial. Estos equipos son fabricados en países europeos como España, Italia y Alemania, y en países asiáticos como Taiwán y China. Dentro de los dispositivos para calefacción encontramos las estufas, las calderas y los quemadores. Las estufas a pellets son dispositivos de calentamiento automático que funcionan produciendo aire caliente para calefaccionar habitaciones. Éstas tienen un espacio de almacenamiento en su interior que permite la alimentación de forma automática, obteniéndose un día de funcionamiento continuo. Están equipados con un termostato y encendido electrónico que permite regular la hora de encendido y apagado. Estas estufas queman el combustible con muy bajas emisiones y tiene una eficiencia de hasta un 90% (Hansen, 2009).

Las calderas de pellets producen agua caliente para calefacción. Están disponibles para energía residencial de bajo consumo desde 5 kW y para grandes complejos de edificios, procesos industriales de calor o electricidad que requieren hasta 5.000 kW. Poseen sistema de alimentación automática que lleva el combustible a partir de una sala de almacenamiento a la caldera (Hansen, 2009).

Por último, los quemadores de pellets son una opción de bajo costo para convertir las calderas y hornos de combustible a calefacción a pellets. Estos requieren limpieza manual de cenizas semanalmente y están disponibles para aplicaciones a escala comercial e industrial.

³⁰ Proyecto Energías Renovables No Convencionales en Chile (CNE/GTZ) (2008): Potencial De Generación De Energía Por Residuos Del Manejo Forestal En Chile

³¹ Precio entregado por empresa Energía del Sur, <http://www.energiadelsur.com/venta-de-pellets.php>

En Chile existían (hasta el año 2012) tres plantas productoras de pellets de madera, con una capacidad instalada superior a 100 mil toneladas anuales, localizadas en la zona centro sur del país. Siendo la mayor parte de su producción destinada a la exportación. Esta tres grandes plantas se detallan a continuación:

ECOMAS S.A.: es una sociedad formada por una gran empresa nacional del rubro forestal y una multinacional japonesa. Su planta está localizada en la ciudad de Los Ángeles, Región del Bío Bío y abastece el mercado nacional desde Santiago hasta Puerto Montt, con oficinas comerciales en Concepción, Los Ángeles y Santiago.

ANDES BIO-PELLETS: es una empresa que surge en el seno del grupo de empresas JCE; holding que establecido en Chile desde 1987, se enmarca en un área de negocios con grandes proyecciones de crecimiento, debido a la amplia validación a nivel mundial de la Biomasa (Pellet) como fuente de energía sustentable, rentable y ecológica. Su Planta se establece como una de las industrias pioneras en la elaboración de este combustible en Chile y con una producción anual de 50 mil toneladas en su primera etapa, Andes Bio Pellet se posiciona como el mayor productor de pellets de madera a nivel nacional.

ECOPELLETS: es una empresa creada por Fundación Chile y por un grupo de inversionistas, con una planta ubicada en Pudahuel, Santiago. La fábrica, que requirió de una inversión de US\$ 2,5 millones, tiene una capacidad de producción de 50 mil toneladas de pellets, biocombustible producido a partir de los desechos de aserraderos y fábricas de muebles de la Región Metropolitana.

Con apoyo de CORFO, en enero de 2013, se inauguró en Padre Las Casas, la primera planta de fabricación de pellet de madera para calefacción en la Región de la Araucanía. La fábrica PROPELLET CHILE proyecta una producción para los dos primeros años de 320 toneladas de pellet, biomasa que alcanza para la calefacción de 1.000 viviendas.

3.5.6 Mercado Objetivo

El proyecto tiene contemplado dirigirse a un consumo residencial de pellets, eligiendo como población objetivo los hogares ubicados en la región del Maule y específicamente las comunas de Talca y Maule. La elección de estas comunas, como mercado objetivo se debe a razones como, su demanda energética por consumo de calefacción y su alto nivel de contaminación por material particulado respirable. El cambio de combustible para la calefacción domiciliaria desde combustibles más contaminantes, como la leña a combustibles más limpios debería ser incluido en el Anteproyecto de Plan de Descontaminación Ambiental de Talca y Maule.

Teniendo en cuenta el consumo residencial de leña para los hogares de Talca, se puede estimar una demanda potencial por este energético suponiendo un cambio generalizado desde la leña hacia el pellets. Existen alrededor de 30 mil hogares en Talca que consumen leña y cada uno de estos hogares consume un promedio de 1.600 kg de leña al año. Si suponemos que es una mezcla de madera fresca y almacenada la que se comercializa con un poder calorífico de aprox. 11,7 MJ/kg cada hogar requiere un consumo energético de 18.720 MJ/año. Si se asume

un poder calorífico medio para el pellets de 18 MJ/kg, cada hogar podría consumir alrededor de 1040 kg. de pellets, es decir, si todos se cambiarán a pellets, la demanda por este energético es de alrededor de 31.200 ton/año. Los poderes caloríficos tanto de la madera como del pellets, se muestran en la figura siguiente.

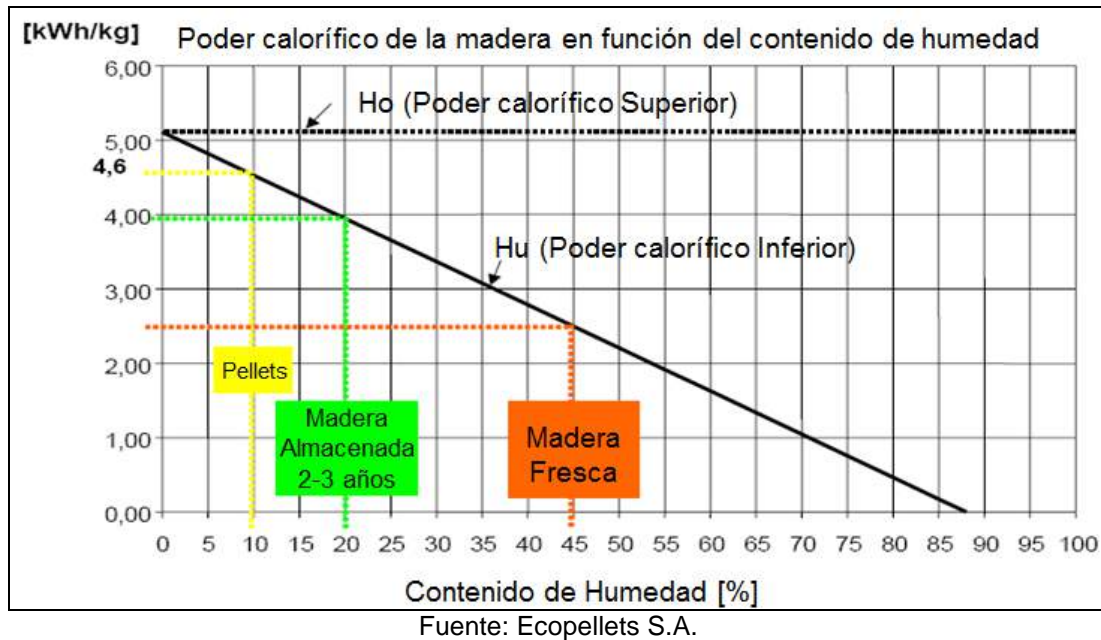


FIGURA 3.5-1. PODER CALORÍFICO DE LA MADERA V/S EL PELLETS

Por otro lado, cabe señalar que actualmente se cuenta con una norma nacional para calefactores a pellets NCh 3282-2012 INN, la cual aplica a Artefactos de calefacción doméstica que utilizan pellets de madera - Requisitos y métodos de ensayo. Considera artefactos de hasta 50 kW, los que pueden ser independientes o insertables, y pueden funcionar con tiro natural o forzado. Adicionalmente, aplican a calderas que proporcionan también agua caliente sanitaria y/o calefacción central que queman solamente pellets de madera.

3.5.7 Localización de la planta de fabricación de pellets

Macrozona

La localización de la planta de pellets, debería realizarse en Región del Maule y/o Región del Bío Bío. La elección surge por ser dos zonas tienen importantes niveles de actividad en el área forestal. Para seleccionar la región más conveniente se consideraron los siguientes factores:

- Costo y disponibilidad de terrenos: ambas regiones poseen terrenos disponibles para la instalación de nuevos proyectos, por sus características de zonas industriales. Al analizar los costos de los terrenos estos son variables dependiendo del sector específico dentro de la región, pero estos no fluctúan significativamente entre ambas regiones. Por

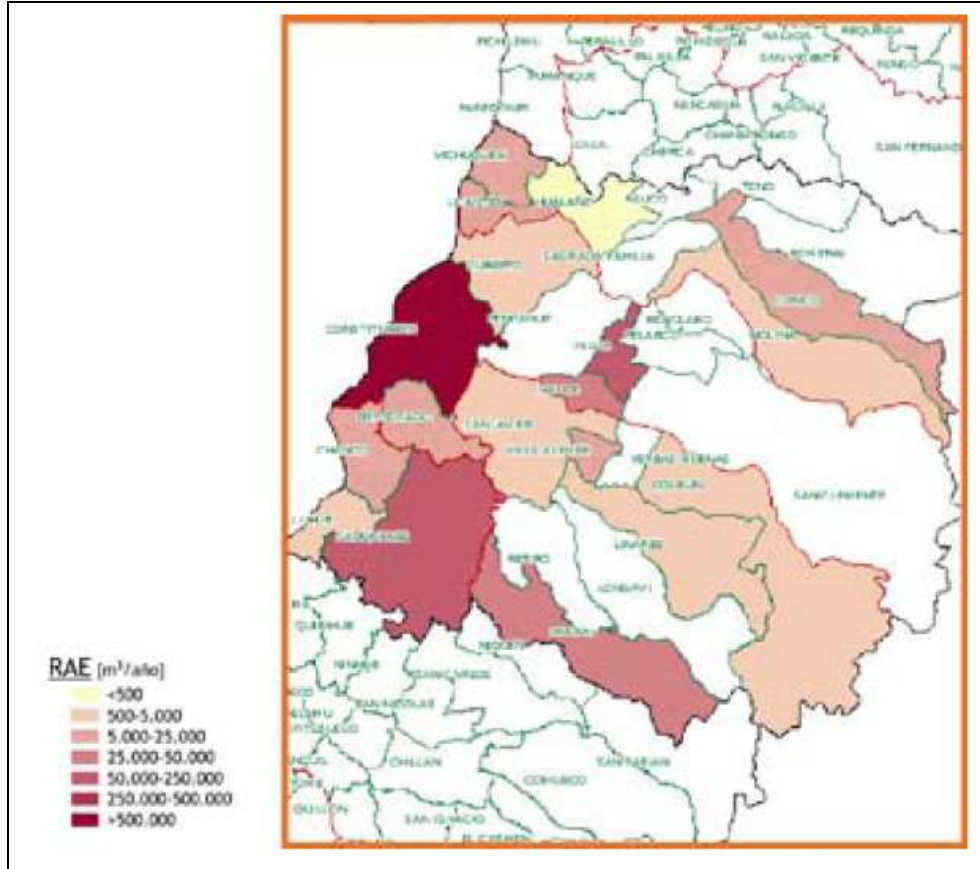
las razones mencionadas el factor referente a terrenos no muestra una preferencia significativa para una de las regiones.

- Disponibilidad de materia prima: ambas regiones son las zonas dentro del país con grandes áreas forestales, razones porque fueron consideradas para la localización de la planta. Al revisar las estadísticas de la regiones del Maule y Bío Bío poseen 526.183 y 768.553 ha de plantación forestal respectivamente (UdeC, 2009). Si bien, la disponibilidad de la materia prima es mayor en la región del Bío Bío, la disponibilidad de venta de esta biomasa es menor que en la región del Maule. Este factor revela que es más conveniente esta última región para emplazar el proyecto, además de su cercanía a los centros de consumo en las comunas de Talca y Maule, y más al norte la ciudad de Curicó, que también presenta problemas de calidad de calidad del aire, en los meses de invierno debido al uso intensivo de la leña para calefacción residencial.
- Costo de transporte de los productos: el costo de transporte se debe fundamentalmente a la distancia entre el lugar de la planta y los compradores. La región del Bío Bío esté en clara desventaja sobre este factor por encontrarse más alejada de los lugares donde se distribuirán los pellets.
- Costo y transporte de materia prima: En costos de materia prima los precios entre ambas regiones son iguales, los cuales incluyen el precio de transporte a la zona de la planta si está dentro de la región. Por lo cual, este factor no entrega diferencias entre ambas zonas.

Se puede inferir del análisis de los factores de localización que ambas zonas poseen características similares en varios de los puntos estudiados. Al comparar los factores que presentaron las diferencias entre ambas, se concluyó que el factor más relevante a considerar es la materia prima. Seleccionando en esta caso la región del Maule, como la zona para emplazar la planta productora de pellets. Esto es principalmente porque la producción de pellets es altamente dependiente de la disponibilidad de materia prima, quedando paralizado con la falta de ésta.

Microzona

Uno de los criterios para localizar la planta dentro de la región del Maule, fueron los costos de la materia prima para la fabricación de pellets. Este es uno de los costos más relevantes para el proyecto. Adicionalmente, también se evaluaron aspectos de cercanía a un centro urbano por la necesidad de mano de obra y la mayor cercanía a las zonas de ventas por los costos de transporte. Se identificaron los alrededores de las comunas más cercanas a las zonas forestales de la región. En la figura 3.5-2 las zonas más oscuras representan la mayor concentración de las áreas forestales. Conociendo esta concertación se escogió un terreno ubicado en los alrededores de la comuna de Cauquenes.



Fuente: INFOR (2008)

FIGURA 3.5-2. DISTRIBUCIÓN DE LOS DESECHOS FORESTALES EN LA REGIÓN DEL MAULE

3.5.8 Disponibilidad de Materia Prima

Las materias primas disponibles en Chile para la elaboración de pellets son las provenientes de pino radiata por su condición de madera blanca y su alta disponibilidad en el país por su uso en madera aserrada. Para la elaboración de pellets de madera, las materias primas a utilizar son los residuos aprovechables energéticamente (RAE) como el aserrín, la viruta, el despunte, etc.

Materia Primas a utilizar

Tipos de residuos: Los residuos generados en aserraderos corresponden a:

- *Corteza*: Capa externa de la madera rolliza. Se obtiene en aserraderos que poseen descortezadores, quedando la corteza como residuo maderero. En los aserraderos que no disponen de esta tecnología, la corteza forma parte de los lampazos.
- *Lampazos*: Corresponden a secciones laterales de la troza obtenidos en el proceso de aserrío. Se caracterizan por tener una cara limpia (libre de corteza). En aserraderos que poseen

descortezador y astillador los lampazos son reducidos a astillas sin corteza, las que se comercializan a la industria de tableros, celulosa u otras.

- *Aserrín*: Conjunto de partículas de tamaño pequeño obtenido en el proceso de aserrado y dimensionado de la madera.
- *Viruta*: Cinta delgada de espesor variable en dirección de la fibra, obtenida por medio del cepillado de piezas de madera; se obtiene en aserraderos con elaboración y remanufacturas.
- *Despunte*: Residuos de tamaño variable provenientes de secciones terminales de piezas y que resultan del proceso de dimensionado en largo de la madera.

Para efectos de este estudio las materias a utilizar corresponden al aserrín y las virutas.

Durante muchos años estos desechos fueron considerados un desperdicio en la industria maderera y no poseía un valor de venta, pero durante los últimos años su demanda ha ido en aumento por su utilización en calderas de biomasa para la generación de electricidad o calor. La tabla 3.5.2 muestra la disponibilidad de aserrín en la Región del Maule. En la tabla 3.5.3 se muestra la disponibilidad total de viruta disponible en la región del Maule

TABLA 3.5-2. DISPONIBILIDAD ANUAL DE ASERRÍN EN LA REGIÓN DEL MAULE

Tipo	Cantidad (m ³ scc/año)
Aserrín aserrado y de elaboración	468.426
Aserrín demandado por grandes empresas	251.346
Aserrín que se autoconsume	88.779
Total Máximo aserrín disponible	128.301

Fuente: INFOR (2008)

TABLA 3.5-3. DISPONIBILIDAD ANUAL DE VIRUTA EN LA REGIÓN DEL MAULE

Tipo	Cantidad (m ³ scc/año)
Viruta	66.158
Viruta demandada por grandes empresas	27.954
Viruta que se autoconsume	34.416
Total Máximo viruta disponible	3.788

Fuente: INFOR (2008)

Como se mencionó anteriormente, los precios tanto de las maderas como de los desechos (materia prima) no presentan mayor diferencia entre una región y otra (Bío Bío y Maule) por lo tanto, se adoptaron precios obtenidos desde empresas de la Región de Bío Bío. El valor obtenido como el valor promedio de venta de aserrín y viruta es de \$2.692 (con IVA), incluido el transporte al lugar de acopio de la planta y el total de materia prima disponible (entre aserrín de aserradero, elaboración y viruta) es de 132.089 m³ scc/año.

Por otro lado los desechos forestales de talas y podas poseen una alta disponibilidad en el mercado por el constante mantenimiento que hoy en día se realiza en los bosques de zona para obtener una madera de mejor calidad. Su disponibilidad en el mercado aun es amplia aunque sus principales compradores son las empresas celulosas del país.

TABLA 3.5-4. DISPONIBILIDAD ANUAL DE BIOMASA FORESTAL PROVENIENTE DE RALEOS Y PODAS

Tipo	Cantidad
Total plantación (ha)	373,505
Total disponible cosechable (ha)	29,993
Potencial biomasa (ton/ha)	27,2
Total potencial biomasa disponible (ton)	815.809,6

Fuente: INFOR (2008) y Campino (2006)

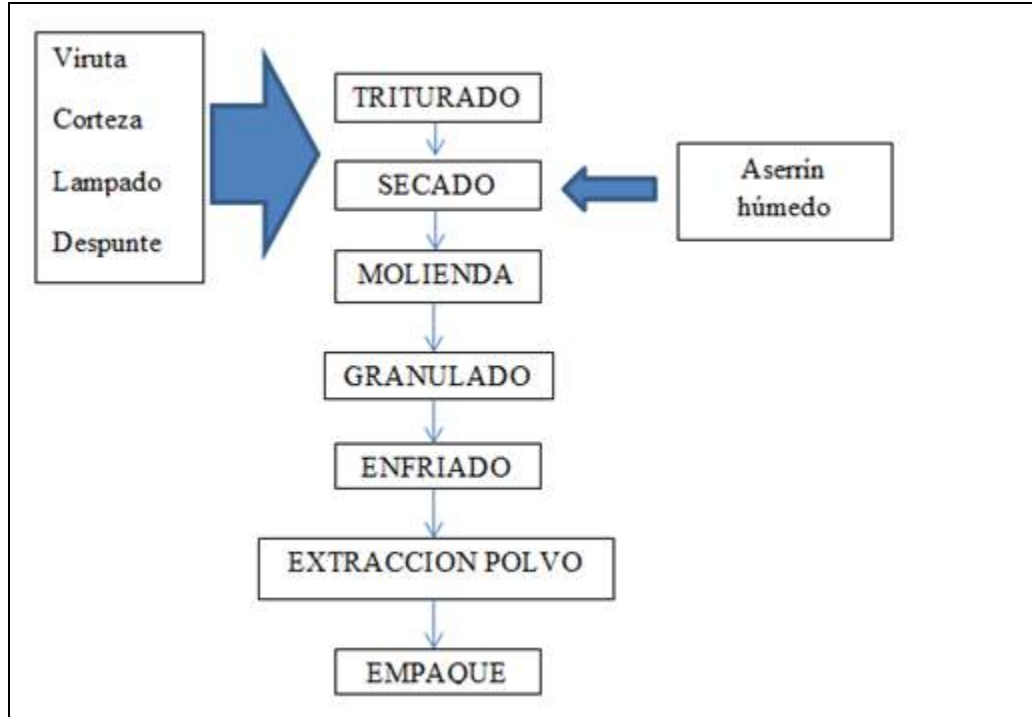
El valor del metro ruma de pino radiata comprado es aproximadamente de \$22.055 (con IVA) incluyendo el transporte si es dentro de la región.

3.5.9 Estudio técnico

El procedimiento para producir pellets de madera está altamente difundido. Existiendo tecnología desarrollada en el mundo para su producción. Las propiedades de los pellets producidos dependen fundamentalmente de la materia prima utilizada, ya que los procesos están estandarizados, las líneas de procesos de producción sólo cambian en el grado de automatización y ciertas máquinas en la energía utilizada para funcionar. Además, las propiedades y calidad del pellets dependen de los factores de humedad y tamaño de la materia prima.

Descripción del Proceso Productivo

El proceso de producción de pellets como fue mencionado con anterioridad se basa en utilizar los subproductos de la madera. Es por esto que el inicio de la producción dependerá de qué tipo de subproducto se va a utilizar. En la figura 3.5.3 se esquematiza el proceso de elaboración a desarrollar en el proyecto según las maquinas cotizadas.



Fuente: Elaboración propia en base a Muñoz (2012)

FIGURA 3.5-3. CLASIFICACIÓN DE LAS FUENTES INDUSTRIALES A ANALIZAR

A continuación se describe con detalle cada etapa de la producción de pellets de madera:

1.- Recepción de materias primas: la materia prima se traerá en camiones, su recepción se hará en el almacén o galpón ubicado en la planta de pellets. El almacén será cerrado para evitar directamente la lluvia y la humedad, sin embargo debe permitir una correcta circulación de aire por lo que debe poseer ventilación. Además debe contar con un piso de cemento para evitar la humedad y los problemas de plagas que son propios de la madera.

2.- Triturado: cuando la biomasa utilizada proviene desde raleo o poda de árboles, es necesario utilizar un triturador que transforme la materia en chips de madera, con esto se facilita el proceso de secado de ésta. Se utiliza una máquina astilladora que a través de rodillos produce un producto final de tamaño de 30 mm.

3.- Secado: cuando la biomasa se encuentra con mayores valores de humedad como en los casos de la biomasa proveniente del raleo y el aserrín húmedo es necesario su secado utilizando un tambor rotatorio hasta valores de humedad entre 12% y 15% que permite a la biomasa compactarse al momento del granulado.

4.- Molienda: para que la materia pueda ser introducida en la granuladora, es necesario que ésta tenga un diámetro inferior al tamaño del pellets que se desea fabricar. Para esto se utiliza un martillo triturador que reduce al tamaño, homogenizando la materia prima mezclando el aserrín y las astillas para que puedan ser introducidas en la granuladora y así obtener un pellets que cumpla con las características físicas necesarias.

5.- Granulado: se realiza con un aparato especial diseñado para compactar a altas presiones. En esta etapa la humedad y la composición del material son temas importantes, ya que la energía requerida para la transformación es proporcionada por la fricción, y por lo tanto, por el calor dentro del sistema. La energía de fricción es directamente relacionada con el contenido de humedad dentro del material, por lo que si el material está demasiado seco, es decir, bajo 10% de humedad (base seca) no hay nada que actúe como aglomerante, y por lo tanto, se debe agregar vapor. Por el contrario, si el material está demasiado húmedo, es decir, sobre 17%, la fricción es mucho menor y por lo tanto la energía mecánica no es suficiente para juntar las partículas.

En esta etapa la materia prima es arrastrada por un cilindro rotatorio. La presión lleva las partículas sobre una matriz agujerada, obteniéndose a la salida un diámetro característico a la matriz empleada. La alta presión y temperatura cercana a 70 °C hacen que la lignina³² y la humedad natural actúen como pegamento haciendo que el material se pegue, de modo que no se necesitan aditivos adicionales. A la salida de la matriz, un dispositivo compuesto de cuchillas, corta los cilindros, aún blandos, a la medida de la longitud deseada (Energías renovables de Chile, 2004).

6.- Enfriamiento: los pellets que salen de los moldes están calientes, blandos y algunas veces húmedos, lo que hace necesario un proceso de enfriamiento antes de su almacenado. El enfriamiento consiste en pasar los pellets a través de un enfriador, en este proceso el enfriamiento de la lignina permite que esta funcione como pegamento que endurece los pellets permitiendo que permanezca en una sola pieza. El equipo enfriador se basa en una cámara vertical con ventiladores donde los pellets caen por la aplicación de un flujo transversal de aire suave para evitar que se produzcan fisuras. En esta etapa se consigue aumentar la dureza y resistencia del pellets, lo que evita problemas en la manipulación en las etapas posteriores. El producto final posee un contenido de humedad del 7% al 9% y un contenido de cenizas de 0,5% al 1% (Energía renovable de Chile, 2004).

7.- Extracción de polvo: en esta etapa se extrae el polvo que se generó en el proceso de granulado, el cual es reutilizado en el proceso. Se realiza con un sistema de extracción y recolección de polvo.

8.- Empaque: los pellets son embalados en sacos de polietileno de 20 Kg. despachados o almacenados hasta su comercialización. A pesar de que el almacenamiento de este combustible seco es generalmente fácil y seguro, se debe tener precaución con los pellets recién compactados antes de ser almacenados. Principalmente esto está relacionado a incidentes debido al incremento de temperatura en las fases iniciales de almacenamiento por la falta de enfriamiento del material después del proceso de compactación.

9.- Almacenamiento: una de las principales preocupaciones del almacenamiento es mantener los pellets secos. El tamaño del almacén de pellets debe ser considerado cuidadosamente desde el principio, este lugar debe ser lo suficientemente grande para permitir la cantidad mínima, de entrega a los proveedores locales. El almacén debe ser completamente resistente al

³² Sustancia que aparece en los tejidos leñosos de los vegetales y que mantiene unidas las fibras de celulosa que los componen, constituyendo el 25% de la madera.

agua, ya que los pellets pueden absorber la humedad y convertirse en aserrín, se expandirán durante este proceso, lo que podría suponer una considerable presión sobre la estructura del almacén. Es necesaria la ventilación para evitar la acumulación de condensación. Sin embargo, la estructura debe ser lo suficientemente hermética, incluyendo sellos apropiados en las puertas de acceso, para evitar el escape de polvo a otras áreas, en particular, la sala de calderas.

10.- Transporte de pellets: se realiza en camiones, los pellets pueden ser entregados a usuarios particulares o al mercado del consumidor. Durante el proceso productivo es importante tener precaución con posibles explosiones de polvo. Las explosiones pueden ocurrir cuando las partículas de polvo con bajo contenido de humedad son mezclados con aire u oxígeno, en ciertas condiciones críticas la mezcla puede encender. El origen de la ignición puede ser la llama, una chispa eléctrica, reflejos o partículas calientes (la precaución se debe tener en las etapas de molienda y después de realizado la granulación).

La producción se calculará en base a una línea de producción de 1,2 ton/h. Para calcular la producción se estableció un turno de 8 horas diarias, 5 días laborales a la semana y un factor de eficiencia de las máquinas utilizadas en el proceso de elaboración de 0,9. Obteniéndose una meta de producción de aproximadamente 2070 toneladas anuales.

3.5.9.1 Requerimiento de maquinaria, equipos y personal del proceso productivo

A continuación, la tabla 3.5-5 muestra la lista de equipos necesarios para la línea del proceso de fabricación de pellets de madera.

TABLA 3.5-5. EQUIPOS DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN

Equipos de la línea de proceso	Cantidad
Molino triturador	1
Ciclón	1
Aire de bloqueo	1
Medida de Nivel de material	2
Tolva de material	1
Tornillo de alimentación	1
Molino de centrífuga eficiente de pellets	1
Elevador-cinta transportadora	1
Aire de bloqueo	1
Medidor nivel de material	2
Cuerpo enfriador	1
Ciclón	1
Aire de bloqueo	1
Simple screener	1
Tubo recolector de polvo y	
Sistema de control recoge polvo	1
Máquina empaquetadora	1
Sistema de control eléctrico	1

CONTINUACIÓN TABLA 3.5-5...

Equipos de la línea de proceso	Cantidad
Máquina astilladora	1
Cinta transportadora	1
Horno de calentamiento de aire	1
Secador rotatorio	1
Ventilador	3
Ciclón	1
Aire de bloqueo	1
Cinta transportadora magnética	1

Fuente: Elaboración Propia en base a proveedores Zhangqie Yulong Machine CO, LTD

La planta tendrá un alto grado de automatización, requiriendo 4 operarios por turno y un ayudante. Se requerirá un chofer para el transporte de los sacos de pellets a los clientes y un encargado de la recepción en la bodega de la materia prima y un encargado en la bodega de productos terminados que manejará una grúa horquilla. Para la mantención de las máquinas se contratará un servicio externo a la planta.

TABLA 3.5-6. PERSONAL ÁREA DE PRODUCCIÓN

Cargo	Nº
Ayudante	1
Operario	4
Encargado bodega MP	1
Encargado bodega PT	1
Chofer	1

Fuente: Elaboración propia en base a Muñoz (2012)

3.5.9.2 Requerimiento de materias primas e insumos

Para realizar el cálculo de la materia prima necesaria, se requiere conocer las equivalencias según las medidas en que las materias primas se venden en el mercado. En el caso de las dos materias primas a utilizar, aserrín y virutas, las medidas más utilizadas son el m³ estéreo. Se estimó a través de un análisis de disponibilidad real de materia prima en la región, suponiendo que se dispondrá de un 30% del aserrín y viruta y un 70% de desechos de raleo y poda para los requerimientos del proyecto. A su vez, los primeros tres años de producción se asume una línea de proceso con una carga de trabajo del 75%, desde el cuarto año en adelante la planta funcionará a un 100%. La tabla 3.5-7 indica cuántos m³ estéreos se requieren de aserrín, virutas y astillas para producir cierta cantidad de pellets.

TABLA 3.5-7. REQUERIMIENTO DE M³ ESTÉREO PARA PRODUCIR PELLETS

Materias primas	Kg. pellets	Cantidad m ³ de estéreo
Aserrín y viruta	1000	7
Astillas	1000	10

Fuente: Elaboración propia en base a “Pellets de madera” (Cadamda, 2011)

En el caso del aserrín se puede comprar en forma de m³ estéreo y en m³ sólido, el factor de conversión desde el primero al segundo es de 0,4 según la FAO en el año 2011. El aserrín necesario para la producción de pellets del proyecto se muestra en la tabla siguiente:

TABLA 3.5-8. ASERRÍN Y VIRUTA NECESARIAS PARA LA PRODUCCIÓN DE PELLETS ANUALMENTE

Materia prima	Años 1-3	Años 4-10
30% de pellets (kg/año)	466.425	621.900
Aserrín y Viruta (m ³ estéreo/año)	3.265	4.353
Aserrín y Viruta (m ³ ssc/año)	1.036	1.741

Fuente: Elaboración propia en base a Muñoz, 2012

La materia prima correspondiente a los desechos forestales de raleos y podas forestales se obtiene en el mercado como metro ruma. Un metro ruma de pino radiata corresponde a alrededor de 650 Kg. aprox. y el factor de conversión de un metro ruma a m³ estéreo de astilla es de 4,33 según la FAO en el año 2011. A su vez, el aserrín necesario para la producción de pellets se muestra en la tabla siguiente:

TABLA 3.5-9. ASTILLAS NECESARIAS PARA LA PRODUCCIÓN DE PELLETS ANUALMENTE

Materia prima	Años 1-3	Años 4-10
70% de pellets (kg/año)	1.088.325	1.451.100
Astillas (m ³ estéreo)	10.883	14.511
Metro Ruma	2.511	3.348
Madera kg	1.632.150	2.176.200

Fuente: Elaboración propia en base a Muñoz (2012)

3.5.9.3 Insumos

Entre los insumos requeridos para el proceso se encuentra la electricidad de las máquinas, los sacos de 20 kg. para empaquetar el pellets, los pallets para almacenaje y transporte de los sacos de pellets además del consumo de combustible a utilizar para transporte a los lugares de distribución. A continuación se detalla cada insumo requerido.

TABLA 3.5-10. CANTIDAD DE SACOS NECESARIOS ANUALMENTE

Insumos	Años 1-3	Años 4-10
Cantidad de sacos de 20 kg. (unidades/año)	77.738	103.650

Fuente: Elaboración propia en base a Muñoz (2012)

TABLA 3.5-11. ELECTRICIDAD REQUERIDA PARA EL ÁREA DE PRODUCCIÓN

Equipos de la línea de proceso	Potencia (kW)
Máquina astilladora	41,58
Cinta transportadora	1,05
Horno de calentamiento de aire	2,2
Secador rotatorio	5,5
Ventilador	11
Aire de bloqueo	3
Cinta transportadora magnética	3
Molino triturador	22
Ventilador	7,5
Aire de bloqueo	1,5
Medida de Nivel de material	0,02
Tolva de material	3
Tornillo de alimentación	2,2
Molino de centrifuga eficiente de pellets	91,75
Elevador-cinta transportadora	3
Aire de bloqueo	1,5
Medidor nivel de material	0,02
Cuerpo enfriador	0,27
Ventilador	7,5
Aire de bloqueo	0,75
Simple screener	0,25
Sistema de control recoge polvo	11
Máquina empaquetadora	0,75
Total consumo	220,34

Fuente: Elaboración propia

TABLA 3.5-12. CONSUMO ELÉCTRICO ANUAL DEL ÁREA DE PROCESOS

Consumo	Años 1-3	Años 4-10
Energía Eléctrica máquinas anual (MW)	313,1	423,1
Energía Galpón Anual (MW)	8,4	11,5

Fuente: Elaboración propia en base a Muñoz (2012)

TABLA 3.5-13. CANTIDAD DE PALLETS NECESARIOS ANUALMENTE

Insumos	Años 1-3	Años 4-10
Cantidad de pallets necesarios (unidades/año)	50	65

Fuente: Elaboración propia en base a Muñoz (2012)

En cuanto a transporte, se considera un camión con rendimiento de 5 km/Lt y con una carga máxima de 17 toneladas, en un viaje promedio de Cauquenes a Talca de alrededor de 250 km ida y vuelta.

TABLA 3.5-14. CONSUMO DE COMBUSTIBLE ANUAL

Ítem	Años 1-3	Años 4-10
Promedio de km en un viaje	250	250
Diesel requerido en un viaje	50	50
Cantidad de viajes	92	122
Cantidad total de combustible	4600	6100

Fuente: Elaboración propia en base a Muñoz (2012)

3.5.9.4 Requerimientos de espacios

Para establecer los espacios necesarios para la planta, primero se deben identificar las diferentes áreas a tomar en cuenta: producción, administración, almacén de MP, almacén de PT, estacionamiento, etc. Para el área de producción, la forma de distribución de la línea de procesos es un área semiautomatizada lineal. Cada proceso está unido al otro a través de distintas maquinas livianas como las correas, permitiendo un constante flujo de material. El lugar debe contar con suficiente espacio para el movimiento de los operarios, el movimiento de las materias primas y del producto final.

Línea de producción: 8 m de alto x 10 m de ancho x 27 m de largo = 270 m² aprox.

Para las zonas de almacenamiento se establecerá como un área capaz de contener un mes de producción la producción máxima estimada. La zona de productos terminados debe ser un área cerrada y protegida de la humedad, con la suficiente ventilación para mantener un lugar frío. El cálculo se realizó estableciendo que un pallets en un lugar estático puede soportar 3.000 kg, lo que permite apilar 150 sacos en un pallet.

Almacén de productos terminados: 70 m² (58 pallets x 1,2 m²).

El espacio de acopio de materias primas debe ser un lugar techado. Para su cálculo se utilizó un factor de 3,2 sobre el espacio establecido para el almacén de productos terminados.

Almacén de productos terminados: 225 m² (3,2 x 70 m²).

Para el estacionamiento se requiere un área para la carga y descarga del material producido. El área debe tener el suficiente espacio, requiriendo un espacio no menor a 9 m de largo, y 4 m de ancho para el ingreso de los camiones.

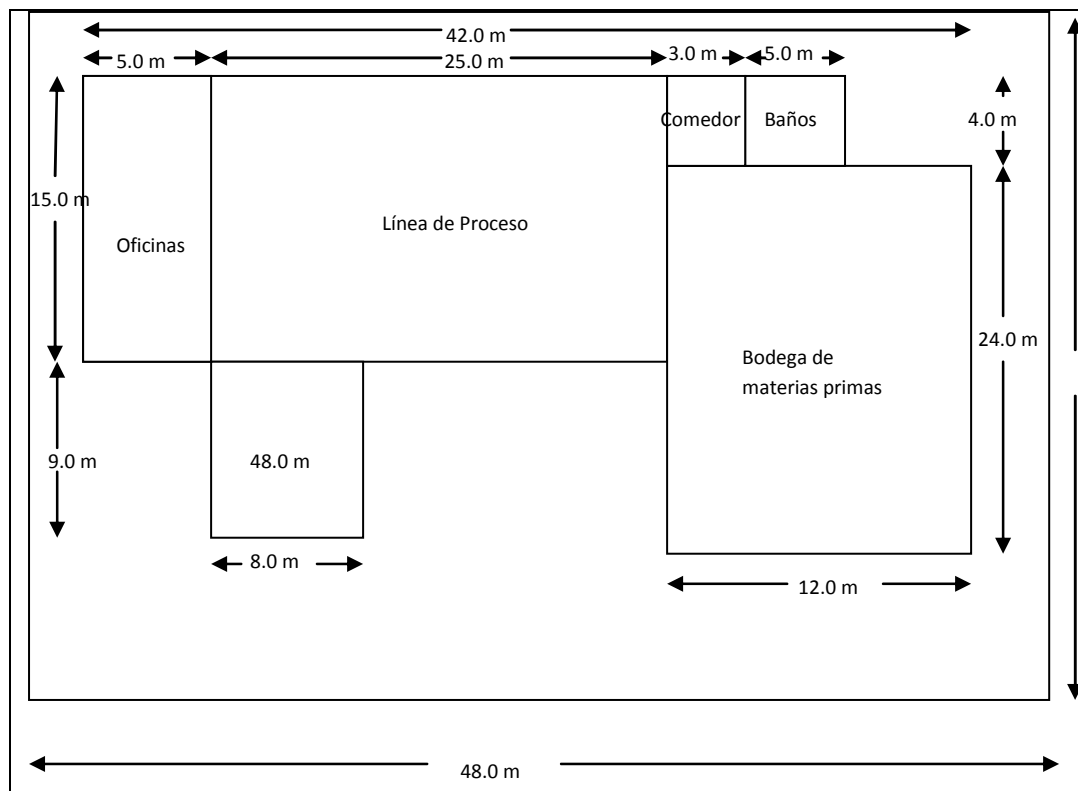
Se instalará un baño junto a un camarín con ducha que requerirá un espacio de 15 m². También un comedor para que los trabajadores pueden utilizar en la hora de colación con un espacio de 12 m².

Es necesario para el personal administrativo oficinas y mobiliario. Se consideraron 4 oficinas: gerente, jefes de área, vendedor y un lugar para la secretaría con espacio para recibir clientes y un baño para el personal. Se estima un área de 64 m².

En resumen, se estima un requerimiento total de espacio para la planta es de un mínimo de 1.036 m².

3.5.9.5 Layout de planta

A continuación se muestra el layout de la planta, incluyendo además de los espacios antes mencionados los espacios disponibles para estacionamiento y ampliaciones.



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.5-4. LAYOUT DE LA PLANTA

3.5.9.6 Línea de producción de pellets de madera

La línea de producción posee una distribución lineal en el orden y distribución de las máquinas que componen la línea. La tabla 3.5-15 indica los nombres de las máquinas según los números asignados para el proceso.

TABLA 3.5-15. ORDEN DE DISTRIBUCIÓN DE MÁQUINAS EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN

Equipos de la línea de proceso	Número
Máquina astilladora	101
Cinta transportadora	102
Horno de calentamiento de aire	103
Secador rotatorio	104
Ventilador	105
Ciclón	106
Aire de bloqueo	107
Cinta transportadora magnética	201
Molino triturador	202
Ventilador	203
Ciclón	204
Aire de bloqueo	205
Medida de Nivel de material	206
Tolva de material	207
Tornillo de alimentación	301
Molino de centrífuga eficiente de pellets	302
Elevador-cinta transportadora	401
Aire de bloqueo	402
Medidor nivel de material	403
Cuerpo enfriador	404
Ventilador	405
Ciclón	406
Aire de bloqueo	407
Simple screener	408
Tubo recolector de polvo	501
Sistema de control recoge polvo	502
Máquina empaquetadora	504

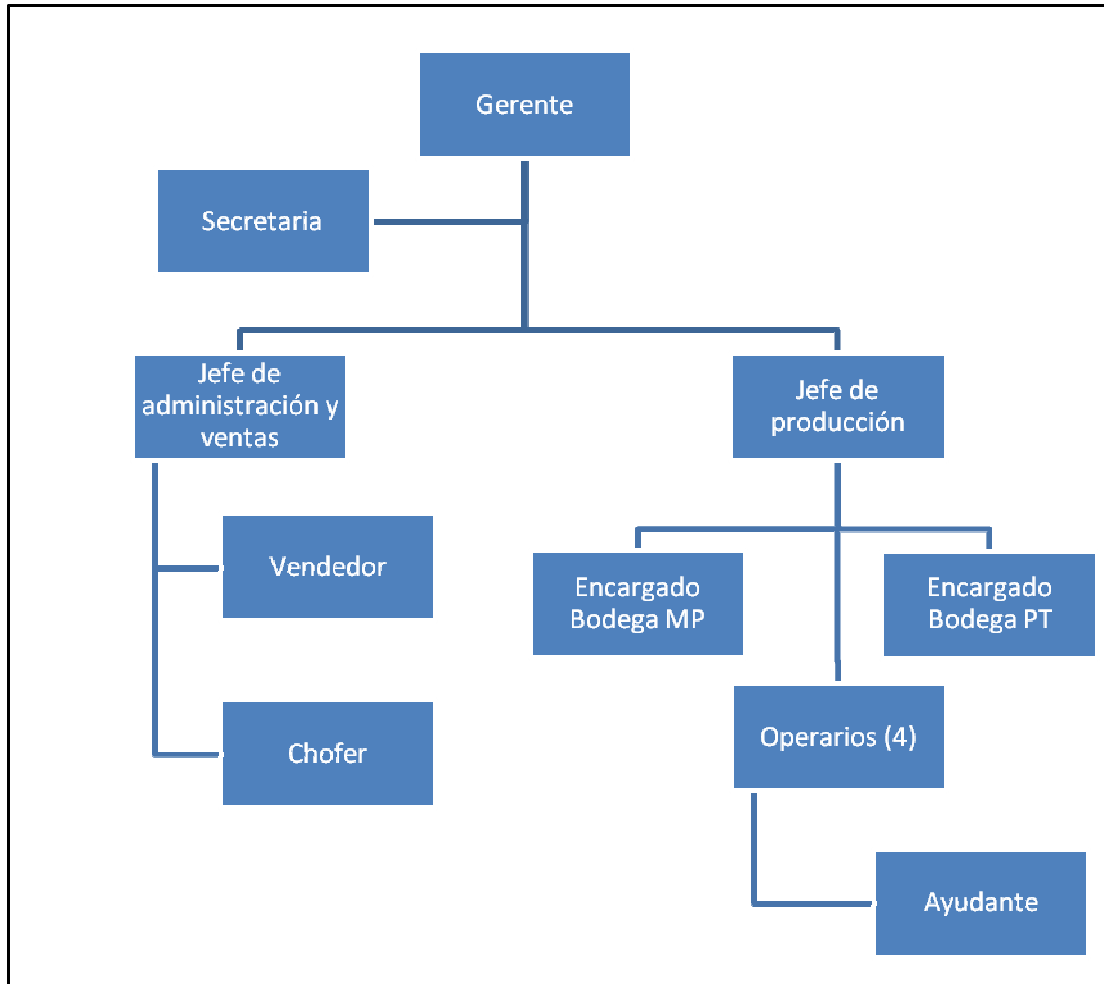
Fuente: Elaboración Propia en base a proveedores Zhangqie Yulong Machine CO, LTD

3.5.10 Estudio organizacional

El estudio organizacional caracteriza los aspectos relevantes de la administración y organización de la planta, determinando el personal necesario para la ejecución del proyecto.

3.5.10.1 Organigrama de la organización

A continuación se presenta el organigrama de la empresa



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.5-5- CONSUMO DE COMBUSTIBLES GENÉRICOS

3.5.10.2 Personal Administrativo

La tabla 3.5-16 muestra el requerimiento de personal del área administrativa de la planta.

TABLA 3.5-16. PERSONAL ADMINISTRATIVO DE LA PLANTA

Cargo	Nº
Gerente	1
Jefe de administración y ventas	1
Jefe de producción	1
Vendedor	1
Secretaria	1

Fuente: Elaboración propia en base a Muñoz, 2012

3.5.10.3 Diseño de cargos

- Gerencia: Ingeniero Civil Industrial
 - o Desarrollar la estrategia corporativa de la organización.
 - o Mantener y establecer un efectivo sistema de comunicación con los demás niveles jerárquicos.
 - o Establecer los objetivos, políticas y planes a seguir según los intereses de los inversionistas.
- Jefe de producción y abastecimiento: Ingeniero en Ejecución Mecánica
 - o Responsable de la compra de materias primas-
 - o Encargado del funcionamiento de la línea productiva, la logística interna y de las áreas de mantenimiento.
 - o Gestionar el control de calidad del proceso y del producto
- Jefe de Administración y Ventas: Ingeniero Comercial
 - o Encargado del contacto con clientes (ventas y cobranzas).
 - o Logística externa.
 - o Administración de recursos humanos.
 - o Abastecimiento de material administrativo.

3.5.11 Estudio de costos

El objetivo es cuantificar los costos necesarios para instalar la planta. Estos se obtienen de los estudios previos.

3.5.11.1 Requerimiento de maquinaria, equipos y personal del proceso productivo

Las inversiones de activo fijo son todos los bienes tangibles que se deben adquirir al inicio de la del proyecto. Estas inversiones serán contabilizadas en los flujos de caja en el año 0.

A continuación, la tabla 3.5-17 muestra la lista de equipos necesarios para la línea del proceso de fabricación de pellets que fueron cotizados a la empresa Zhangqiu Yulog Machine

CO, proveedor Chino. Para realizar el cálculo del valor de las maquinas fue necesario incluir los costos de flete, seguros y costos aduaneros del envío desde China a Chile³³.

TABLA 3.5-17. INVERSIÓN EN EQUIPOS DE LA LÍNEA DE PROCESO

Equipos de la línea de proceso	Cantidad	Costo total (US\$)	Costo total (Ch\$)
Máquina astilladora	1	20.526	10.374.867
Cinta transportadora	1	2.005	1.013.427
Horno de calentamiento de aire	1	13.659	6.903.942
Secador rotatorio	1	26.816	13.554.147
Ventilador	1	1.403	709.146
Ciclón	1	4.586	2.317.994
Aire de bloqueo	1	1.504	760.197
Cinta transportadora magnética	1	3.747	1.893.921
Molino triturador	1	4.073	2.058.698
Ventilador	1	1.316	665.172
Ciclón	1	1.147	579.751
Aire de bloqueo	1	877	443.280
Medida de Nivel de material	2	752	380.098
Tolva de material	1	4.636	2.343.266
Tornillo de alimentación	1	1.754	886.559
Molino de centrífuga eficiente de pellets	1	49.372	24.955.077
Elevador-cinta transportadora	1	2.757	1.393.526
Aire de bloqueo	1	1.103	557.511
Medidor nivel de material	2	752	380.098
Cuerpo enfriador	1	5.764	2.913.414
Ventilador	1	1.103	557.511
Ciclón	1	1.147	579.751
Aire de bloqueo	1	877	443.280
Simple screener	1	1.403	709.146
Tubo recolector de polvo y sistema de control recoge polvo	1	14.786	7.473.584
Máquina empaquetadora	1	11.278	5.700.465
Sistema de control eléctrico	1	15.037	7.600.452
Total			98.148.281

Fuente: Elaboración Propia en base a proveedores Zhangqie Yulong Machine CO, LTD

³³ Costo total expresado en pesos chilenos utilizando un valor de dólar promedio de \$505,45 correspondiente a Julio de 2012

TABLA 3.5-18. INVERSIÓN EN EQUIPOS AUXILIARES

Equipos Auxiliares	Cantidad	Costo unitario (Ch\$)	Costo total (Ch\$)
Computadores	4	250.000	1.000.000
Impresoras	2	50.000	100.000
Escritorios	2	150.000	300.000
Escritorios ejecutivos	3	200.000	600.000
Silla	2	60.000	120.000
Silla ejecutiva	3	80.000	240.000
Otros	-	1.000.000	1.000.000
Camión	1	32.880.500	32.880.500
Camioneta	1	7.500.000	7.500.000
Grúa Horquilla	1	12.800.000	12.800.000
Total			56.540.500

Fuente: Elaboración Propia en base a proveedores

TABLA 3.5-19. INVERSIÓN EN INFRAESTRUCTURA

Infraestructura	Costo total (Ch\$)
Galpón	75.000.000
Almacén materias primas	24.000.000
Almacén producto terminado	15.000.000
Baños y ducha	7.200.000
Oficinas generales	18.880.000
Comedor	5.000.000
Cierros	6.750.000
Obras generales	8.775.875
Total	160.605.875

Fuente: Elaboración Propia en base a una constructora

El costo del terreno corresponde a Ch\$24.148.325

3.5.11.2 Costos Fijos

En la tabla 3.5-20 se muestra el costo total del personal que trabajará en la planta. El cual se encuentra compuesto por el área de administración y producción. Los sueldos incluyen los costos destinados a salud, previsión, seguros, etc.

TABLA 3.5-20. REMUNERACIONES PERSONAL DE PLANTA

Cargo	Nº	Costo Mensual (Ch\$)	Costo total Anual (Ch\$)
Gerente	1	1.600.000	19.200.000
Jefe de Administración	1	950.000	11.400.000
Jefe de producción	1	950.000	11.400.000
Vendedor	1	620.100	7.441.200
Secretaria	1	413.400	4.960.800
Ayudante	1	310.050	3.720.600
Operario	4	1.800.000	21.600.000
Encargado Bodega MP	1	413.400	4.960.800
Encargado Bodega PT	1	413.400	4.960.800
Chofer	1	450.000	5.400.000
Total			95.044.200

Fuente: Elaboración propia en base al mercado laboral actual.

3.5.11.3 Depreciación

La depreciación no es un flujo real de caja, pero es necesario incluirlo como un gasto imputado para el cálculo de impuesto. Para su cálculo se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Depreciación anual} = \frac{\text{Inversión} - \text{Valor residual}}{n}$$

Donde n es el tiempo de depreciación del activo fijo, el cual se obtiene de la página de SII y se consideró un valor residual de cero.

TABLA 3.5-21. DEPRECIACIÓN DE ACTIVOS FIJOS

Equipo	Vida útil (años)	Depreciación (Ch\$)
Máquina astilladora	10	1.037.487
Cinta transportadora	6	168.905
Horno de calentamiento de aire	10	690.394
Secador rotatorio	10	1.355.415
Ventilador	6	118.191
Ciclón	10	231.799
Aire de bloqueo	6	126.699
Cinta transportadora magnética	6	315.654
Molino triturador	10	205.870
Ventilador	6	110.862
Ciclón	10	57.975
Aire de bloqueo	6	73.880
Medida de Nivel de material	6	63.350
Tolva de material	10	234.327
Tornillo de alimentación	6	147.760
Molino de centrífuga eficiente de pellets	10	2.495.508
Elevador-cinta transportadora	6	232.254
Aire de bloqueo	6	92.919
Medidor nivel de material	6	63.350
Cuerpo enfriador	6	485.569
Ventilador	10	55.751
Ciclón	6	96.625
Aire de bloqueo	10	44.328
Simple screener	6	118.191
Tubo recolector de polvo y Sistema de control recoge polvo	6	1.245.597
Máquina empaquetadora	10	570.047
Sistema de control eléctrico	6	1.266.742

CONTINUACIÓN TABLA 3.5-21 ...

Equipo	Vida útil (años)	Depreciación (Ch\$)
Computadores	6	166.667
Impresoras	6	16.667
Escritorios	7	42.857
Escritorios ejecutivos	7	85.714
Silla	7	17.143
Silla ejecutiva	7	34.286
Otros	7	142.857
Camión	9	3.653.389
Camioneta	9	833.333
Grúa Horquilla	7	1.828.571
Galpón, almacenes y cierros	25	4.830.000
Comedor, Baños y ducha	40	305.000
Oficinas generales y obras generales	40	691.397
TOTAL		24.353.328

Fuente: Elaboración propia en base a datos del SII

3.5.11.4 Costos variables

La tabla 3.5-22 muestra los desembolsos por el consumo de materia prima requerida para la elaboración de pellets de madera. Estos se realizaron en base a los precios mencionados en los capítulos anteriores.

TABLA 3.5-22. COSTO ANUAL MATERIA PRIMA

	Año 1-3	Año 4-10
Precio Aserrín (Ch\$)	2.692	2.692
Cantidad de pellets producidos al año (kg)	466.425	621.900
Aserrín (m ³ estéreo)	3.265	4.353
Costo total (Ch\$)	8.789.380	11.718.276
Precio metro rum (Ch\$)	22.055	22.055
Cantidad de metro ruma	2.511	3.348
Cantidad de pellets producidos al año (kg)	1.088.325	1.451.100
Astillas (m ³ estéreo)	10.883	14.511
Costo total (Ch\$)	55.380.105	73.840.140
Total Materia prima anual (Ch\$)	64.169.485	85.558.416

Fuente: Elaboración propia en base a datos del SII

TABLA 3.5-23. COSTO ANUAL SACOS

	Año 1-3	Año 4-10
Costo saco (Ch\$)	76	76
Cantidad de sacos	77.783	103.650
Costo total (Ch\$)	5.911.508	7.877.400

Fuente: Elaboración propia en base a proveedores

TABLA 3.5-24. COSTO ANUAL ELECTRICIDAD³⁴

	Año 1-3	Año 4-10
Costo energía eléctrica maquinarias (Ch\$)	31.861.056	43.054.656
Costo energía eléctrica galpón (Ch\$)	854.784	1.170.240
Costo total (Ch\$)	32.715.840	44.224.896

Fuente: Elaboración propia

TABLA 3.5-25. COSTO ANUAL TRANSPORTE³⁵

	Año 1-3	Año 4-10
Litros por viaje	50	50
Cantidad de viajes al año	92	122
Costo total (Ch\$)	2.856.600	3.788.100

Fuente: Elaboración propia

TABLA 3.5-26. COSTO ANUAL DE PALLETS

	Año 1-3	Año 4-10
Costo pallet (Ch\$)	1.695	1.695
Cantidad de sacos	50	65
Costo total (Ch\$)	84.750	110.175

Fuente: Elaboración propia en base a proveedores

³⁴ En base a costo de electricidad de \$101,76 kWh a Noviembre de 2012 entregado por la CNE y según consumo entregado por tabla 4-6.

³⁵ En base a camión con rendimiento de 5 km/lt y a un precio del diésel de \$621 correspondiente al mes de Julio de 2013.

3.5.11.5 Capital de Trabajo

La inversión en capital de trabajo consiste en el conjunto de recursos para la operación normal de la planta en su ciclo productivo, según las características de ventas y el periodo de tiempo en que se deben entregar las obligaciones con los proveedores. Según el método de desfase, el cual consiste calcular la cantidad de costos de operación que deben financiarse, desde que se efectúa el primer pago por adquisición de materias primas, hasta el momento que se recauda el ingreso por ventas del producto. El capital de trabajo (KT) se determina con la siguiente fórmula.

$$KT = \frac{\text{costo anual de producción}}{365} * \text{número de días de desfase}$$

TABLA 3.5-27. COSTOS ANUALES DE ADMINISTRACIÓN Y VENTAS

	Año 1-10
Sueldos administrativos (Ch\$)	43.002.000
Gastos (Ch\$) (5%)	2.150.100
Costo total (Ch\$)	45.152.100

Fuente: Elaboración propia

TABLA 3.5-28. COSTOS ANUALES DE OPERACIÓN

	Año 1-3	Año 4-10
Costos Operación Fijos		
Sueldos (Ch\$)	52.042.200	52.042.200
Energía eléctrica (Ch\$)	32.715.840	44.224.896
CO variables		
Transporte (Ch\$)	2.856.600	3.788.100
Sacos (Ch\$)	5.911.508	7.877.400
Pallet (Ch\$)	84.750	110.175
Compra materia prima (Ch\$)	64.169.485	85.558.416
Total (Ch\$)	157.780.383	193.601.187

Fuente: Elaboración propia

Sumando los costos totales de las tablas 3.5-27. y 3.5-8 se obtuvo un costo anual de producción para los primeros 3 años de \$182.176.149 y de \$219.208.418 para los siguientes años. Se determinó que el período de desfase es de 60 días, 30 para producir y 30 para recuperar los ingresos por ventas del mes. Obteniéndose un valor de capital de trabajo de \$ 25.936.501 para el año 0 y de \$ 5.888.351 en el año 3.

3.5.11.6 Intangibles e imprevistos

Las inversiones en intangibles son necesarias para la puesta en marcha del proceso. Se detallan a continuación se detallan.

TABLA 3.5-29. COSTOS DE INTANGIBLES

	Costo total (Ch\$)
Trámites legales	1.500.000
Gastos de puesta en marcha	5.000.000
Flete maquinaria	3.000.000
Publicidad	4.000.000
Costo total	13.500.000

Fuente: Elaboración propia

Se propone tener un monto de inversión para imprevistos, con el fin de evitar cualquier eventualidad que pueda retrasar o variar los flujos de caja.

Imprevistos (5% de los Gastos Operacionales) = \$ 7.889.019.

3.5.11.7 Costo de mantención para las máquinas de la línea del proceso

Se realizará un costo en mantención de las máquinas, el cual se realizará con un servicio externo, principalmente por posibles cambios de piezas de desgaste, en el año 6 corresponde un mayor desembolso de dinero para mantenciones por estimarse un periodo apto por el desgaste de las piezas para algunas máquinas.

TABLA 3.5-30. COSTOS DE MANTENCIÓN ANUAL

	Año 1-5	Año 6	Año 7-10
Mantenimiento (Ch\$)	500.000	2.500.000	500.000

Fuente: Elaboración propia

3.5.11.8 Amortización

La amortización de los intangibles se efectuará en 5 años con un monto de \$ 2.700.000 al año.

3.5.12 Evaluación económica

La evaluación económica permite hacer un análisis de la rentabilidad del proyecto. Para realizar la evaluación se analizará los métodos comúnmente utilizados. Específicamente los indicadores del valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR). Estos métodos consideran el valor del dinero en el tiempo que se desee evaluar el proyecto, con respecto a los flujos y una tasa de descuento establecida.

3.5.12.1 Parámetros de Evaluación

El horizonte de evaluación establecido para el proyecto es de 10 años, debido a que los equipos utilizados tienen una vida útil de 10 años o cercana a ésta, con excepción a las construcciones. Para estimar la tasa de descuento, en primera instancia se evaluó realizar el modelo del CAPM, el cual utiliza el riesgo y el retorno del mercado estimando un retorno esperado al riesgo relacionado a la inversión. Este modelo se basa en identificar una empresa representativa al proyecto en evaluación.

Al analizar el mercado chileno de energía renovable, se encuentra una empresa que posee proyectos enfocados a la generación de energía eléctrica desde la biomasa forestal en Chile, Energía Verde S.A. Esta posee tres centrales en el país que utilizan aserrín y corteza para generar electricidad a empresas del área forestal. Esta empresa pertenece a AES Gener, la cual tiene participación en el mercado accionario. Al analizar AES Gener, la participación de Energía Verde S.A. es muy baja, siendo su principal generación energética a través de hidroeléctricas. Considerado este tipo de empresas generadoras de tantas utilidades y con un alto nivel de rentabilidad, se decidió que esta empresa no es lo suficientemente representativa para calcular una tasa de descuento que pudiera ser utilizada para el proyecto en evaluación.

Finalmente, para establecer una tasa de descuento que fuera adecuada al proyecto, se consideró elegir una tasa de descuento obtenida desde la base de datos de Damodaran On-line, la cual está conformada por 5.891 industrias de Norteamérica y en especial por 32 industrias bajo el concepto de productos forestales, cuyo costo de capital promedio es de 10,08%. Dentro de los parámetros que se utilizan para obtener este valor se tiene que los bonos sin riesgo se fijan a una tasa de 1,87% y el premio por riesgo a una tasa de 6,04%.

En la evaluación económica todos los valores serán en pesos chilenos. Los valores en dólares serán cambiados a pesos chilenos con un valor de cambio de \$505 pesos el dólar. Para el caso de valores expresados en unidades de fomento se utilizó el valor de \$22.889 pesos las UF³⁶. La tasa impositiva de primera categoría que se exige en Chile a las empresas para las utilidades brutas es actualmente de 20%. La cual se mantendrá en ese porcentaje por los próximos años por lo menos hasta el 2014. Por lo cual, se utilizará la tasa de descuento de 20% para los flujos contables.

³⁶ Valores referenciales a Julio de 2013

Por último, la estimación del valor de venta del proyecto se estimó a través de la capacidad del proyecto de generar recursos en el futuro. Para el cálculo del valor de desecho se utilizó un método económico, en este caso el flujo contable del año 10, se restó la depreciación de ese año para incorporar el efecto de reemplazo de inversiones para mantener la capacidad de producción.

La siguiente formula detalla el cálculo necesario:

$$\text{Valor de desecho} = \frac{\text{Flujo perpetuo} - \text{Depreciación}}{\text{tasa}}$$

Ultimo flujo: Ch\$ 58.208.385

Depreciación: Ch\$ 24.353.328

Tasa: 10,08%

De acuerdo a los valores se estima que el valor de desecho del proyecto es de Ch\$ 335.863.661.

3.5.12.2 Evaluación de proyectos puro

Toda la información recopilada en los capítulos anteriores permite realizar los flujos de caja del proyecto. En la tabla 3.5.30. se presenta la estimación de los flujos de caja del proyecto puro, es decir, sin incorporación de financiamiento externo.

Para efecto del cálculo de ingresos se escogió un precio de venta de \$ 155.

3.5.12.3 Estimación de los índices de rentabilidad

De acuerdo a los flujos de caja presentados se obtienen los siguientes índices de rentabilidad para el proyecto puro. En la tabla K2, del Anexo K se presenta el detalle de la estimación de los flujos de caja del proyecto puro, es decir, sin incorporación de financiamiento externo.

- VAN (10,08%) = Ch\$ 81.082.325
- TIR = 13,3%

Por lo tanto, los resultados indican que el proyecto es rentable a la tasa propuesta.

NOTA: El precio del kg de pellet al cual el VAN (10,1%) = 0, es de \$ 150,2

TABLA 3.5-31. FLUJO CONTABLE DEL PROYECTO PURO EN PESOS CHILENOS (CH\$)

Concepto	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5
Ingresos	240.986.250	240.986.250	240.986.250	321.315.000	321.315.000
Costos Operacionales	-157.780.383	-157.780.383	-157.780.383	-193.601.187	-193.601.187
GAV	-45.152.100	-45.152.100	-45.152.100	-45.152.100	-45.152.100
Depreciación	-24.353.328	-24.353.328	-24.353.328	-24.353.328	-24.353.328
Amortización int.	-2.700.000	-2.700.000	-2.700.000	-2.700.000	-2.700.000
UAI	11.000.439	11.000.439	11.000.439	55.508.385	55.508.385
Impuesto	-2.200.088	-2.200.088	-2.200.088	-11.101.677	-11.101.677

Concepto	año 6	año 7	año 8	año 9	año 10
Ingresos	321.315.000	321.315.000	321.315.000	321.315.000	321.315.000
Costos Operacionales	-193.601.187	-193.601.187	-193.601.187	-193.601.187	-193.601.187
GAV	-45.152.100	-45.152.100	-45.152.100	-45.152.100	-45.152.100
Depreciación	-24.353.328	-24.353.328	-24.353.328	-24.353.328	-24.353.328
Amortización int.					
UAI	58.208.385	58.208.385	58.208.385	58.208.385	58.208.385
Impuesto	-11.641.677	-11.641.677	-11.641.677	-11.641.677	-11.641.677

Fuente: Elaboración propia

3.5.13 Análisis de sensibilidad

El análisis de sensibilidad se realizó para evaluar el efecto en los cambios de las variables más relevantes a los índices de rentabilidad realizados y conocer hasta qué punto de cambio en los valores de estas variables el proyecto puede ser rentable.

3.5.13.1 Sensibilidad en base al precio del pellet

El precio del pellets depende de varios factores que intervienen en la obtención del precio final luego pasar por todo el proceso productivo, desde la obtención de la materia prima, hasta el transporte a los distribuidores finales del producto. Estos factores pueden cambiar fácilmente, por ejemplo, ante alguna escasez de materia prima lo que aumentaría su precio de compra o un cambio en el valor de los insumos necesarios para el proceso. También el precio del pellets sufre variaciones propias de un producto inserto en el mercado, es decir, ante variaciones de la demanda o la oferta de este energético, el precio final puede disminuir o aumentar.

En la tabla siguiente se observa que el VAN es muy sensible ante el precio del pellets, lo que demuestra que ante una fuerte variación del precio de éste, el proyecto puede dejar de ser rentable para los inversionistas.

TABLA 3.5-32. VAN Y TIR EN BASE AL PRECIO DEL PELLETS

Precio (\$/Kg)	VAN (10,08%) (Ch\$)	TIR (%)
140	- 173.873.754	0,11
145	- 88.888.394	5,75
150	- 3.903.035	9,91
155	81.082.325	13,32
160	166.067.684	16,27
165	251.053.043	18,91
170	336.038.403	21,33

Fuente: Elaboración propia

3.5.13.2 Tasa de descuento v/s VAN

Según lo investigado, la tasa de descuento utilizada para evaluar este proyecto fue de un 10,08%. Sin embargo, esta podría ser distinta debido a correcciones en los supuestos que llevaron a la elección de ese valor.

TABLA 3.5-33. SENSIBILIDAD DEL VAN SEGÚN TASA DE DESCUENTO

Tasa de descuento (%)	VAN (Ch\$)
8,0	186.234.023
8,5	156.794.428
9,0	130.291.126
9,5	106.279.930
10,0	84.404.368
10,5	64.374.865
11,0	45.953.602
11,5	28.943.317
12,0	13.178.904
12,5	- 1.478.975
13,0	- 15.148.804
13,5	- 27.932.046
14,0	- 39.916.144

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar en la tabla 3.5-33 que el proyecto es sensible a la variación de la tasa de descuento, siendo solo rentable hasta un tasa del 12%, lo que permite un margen aproximado del 2% mayor de exigencia de rentabilidad de parte de los inversionistas.

3.5.14 Conclusiones

A través de la investigación desarrollada, se identifica a Chile como un país con una alta disponibilidad de biomasa forestal, la cual se proyecta con un constante aumento en los próximos años, siendo la especie que genera mayor desarrollo e interés la de pino radiata.

Las materias primas disponibles a utilizar en el proyecto son, aserrín húmedo, viruta y los desechos provenientes de podas y raleos de la especie pino radiata. Por su mayor disponibilidad para proyectos nuevos, su cercanía a las materias primas y centros de distribución se identificó justamente en la Región del Maule, provincia de Cauquenes el emplazamiento para planta de producción de pellets. El proceso de producción del pellets posee un alto grado de automatización, lo que permite un flujo constante de producción, su alta automatización requiere mantener mucha atención al funcionamiento de la máquinas, ya que la falla de una de éstas paraliza la producción completa.

El monto total de inversión total del proyecto es de Ch\$ 386.768.501, siendo la distribución mayor de este monto para los costos asociados a infraestructura y compra de maquinaria. Los costos anuales operacionales equivalen a Ch\$ 157.780.383 en los primeros tres años y ascienden a Ch\$ 193.601.187 en los siguientes 6 años.

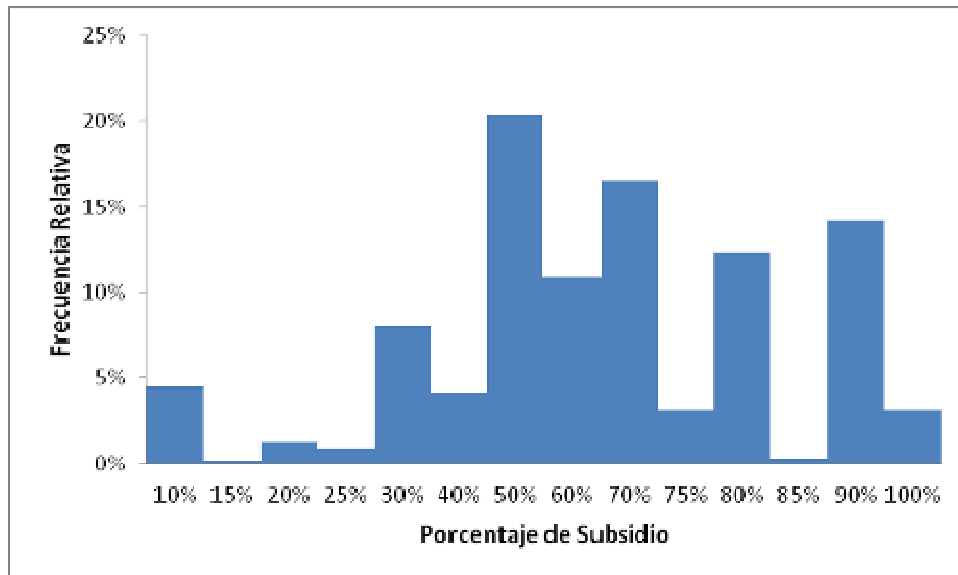
La evaluación se realizó para un proyecto puro, con una tasa de descuento del 10,08% obteniéndose un VAN de Ch\$ 81.082.325 y una TIR del 13,3% a un precio de venta del pellets de Ch\$155 por Kg. En base al análisis desarrollado, el proyecto es rentable y se recomienda su realización. Pero cabe destacar que según la demanda total estimada de pellets para Talca, suponiendo que toda la población (aproximadamente 30.000 hogares) se cambiase desde la leña hasta el pellets, se necesitarían al alrededor de 31.000 toneladas al año para suplir el cambio. Debido a la confección de una línea de producción y sólo un turno de trabajo en el estudio técnico realizado, se puede llegar a producir solamente 2.073 toneladas al año de pellets en la planta de estudio, esto equivale a satisfacer tan sólo el 6,7% de la demanda total.

La opción de pellets como combustible para la calefacción domiciliar es bastante atractiva en términos económicos ya que, el precio de producción al cual es factible comenzar a vender el kilogramo de pellets se determinó en Ch\$151 siendo el precio de mercado actual alrededor de Ch\$190 lo que deja un amplio margen de libertad para poder manejar la venta del producto. El factor negativo es la alta inversión por parte de los hogares que opten por la opción de cambio en quipos aptos para este energético, lo que puede amortiguarse con algún subsidio entregado por parte de Estado.

Finalmente, esta participación en el mercado puede ser suficiente pero a medida que entren en vigencia más normativas ambientales y la población comience a entender la importancia de la utilización de combustibles más limpios, la demanda por el pellets irá en aumento. Para ampliar la producción las alternativas son varias, desde instalar una segunda línea, doblar el turno o proyectar una nueva planta. Una buena opción es instalar una segunda línea de producción y a la vez doblar el turno, lo que llevaría a una producción anual de casi 8.300 toneladas al año lo que corresponde a más del 26% de la demanda total.

3.6 Actividad 4. Evaluar la disposición de la población de Talca a recibir un calefactor más limpio y eficiente a través de diversos grados de subsidio por parte del estado.

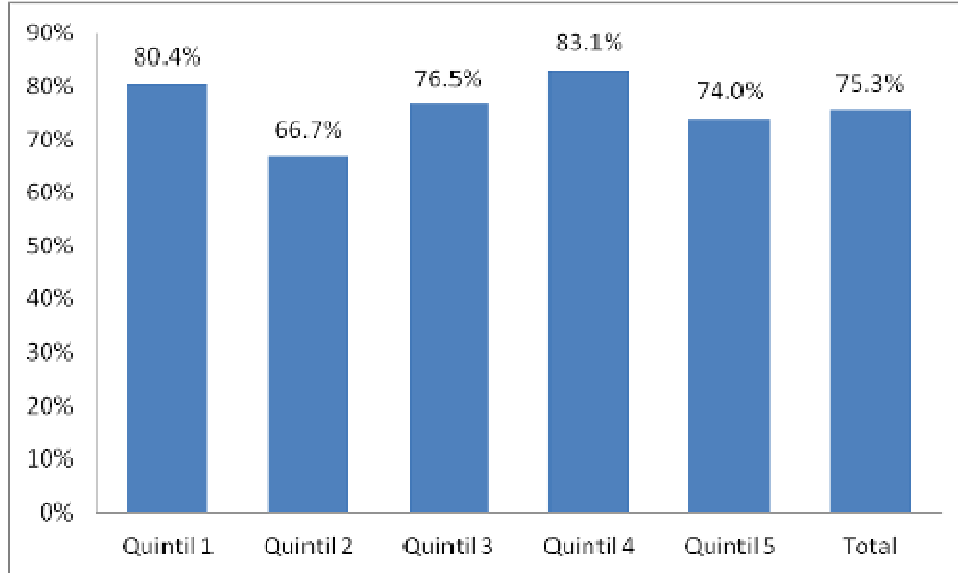
Para analizar el escenario de un eventual renovación de equipos a través de un programa de recambio subsidiado por el gobierno, a cada hogar encuestado que consumía leña se le preguntó por su disposición a cambiar su equipo actual por otro equipo certificado indicándoles que contaminaban menos y que existía un subsidio que correspondía a un porcentaje del valor comercial del equipo (aproximadamente Ch\$ 500.000). A cada hogar se le asignó aleatoriamente un porcentaje de subsidio sobre el valor comercial del equipo tal como se aprecia en la siguiente figura.



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.6-1. PORCENTAJE DE SUBSIDIO PROPUESTO A LOS HOGARES DE TALCA

Se observa que la disposición a participar en un programa de este tipo es bastante alta con un promedio de 75,3% de los hogares que consumen leña para calefacción residencial, pero además esta disposición es relativamente similar en todos los quintiles de ingreso. Lo anterior, a pesar que los hogares deberían contribuir con un co-financiamiento y que los equipos existentes en Talca y Maule son relativamente nuevos (de acuerdo a la encuesta de los hogares el 73,1% de los equipos tiene 5 años o menos de antigüedad).



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.6-2. DISPOSICIÓN A PARTICIPAR EN UN PROGRAMA DE RECAMBIO DE EQUIPOS POR QUINTIL DE INGRESO

La heterogeneidad en el monto del subsidio asignado permite la estimación de la sensibilidad al subsidio que tendrían los hogares, a distintos esquemas de programas de recambio en los cuales deban contribuir con algún monto de dinero para la renovación de equipos.

El diseño en la construcción de los escenarios de subsidio tiene por objetivo estimar un modelo tipo probit, en el cual se estima la probabilidad de que un hogar esté dispuesto a cambiar el equipo condicionado a distintos atributos como el porcentaje de subsidio del programa de recambio, el ingreso del hogar, el nivel de consumo de leña y si el equipo es para cocinar o para calefaccionar. Esta última variable trata de discriminar los hogares que al utilizar los equipos para cocinar podrían estar menos dispuestos a cambiarlo por un equipo que solo sirva para calefaccionar como los que normalmente se incluyen en los programas de recambio.

CUADRO 3.6-1. MODELO PROBIT PARA ESTIMAR LA PROBABILIDAD DE PARTICIPAR EN UN PROGRAMA DE RECAMBIO DE EQUIPOS

Probit regression			Number of obs	=	429	
			LR chi2(4)	=	110.10	
			Prob > chi2	=	0.0000	
Log likelihood = -176.69584			Pseudo R2	=	0.2376	

cambioequipo	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	

porcsubsidio	.0346907	.0037464	9.26	0.000	.0273479	.0420335
ingresomiles	.0004848	.0002858	1.70	0.090	-.0000753	.001045
consumoa~lkg	.0001851	.0001031	1.79	0.073	-.000017	.0003872
cocina	.2814253	.3544168	0.79	0.427	-.4132188	.9760694
_cons	-1.75205	.3183874	-5.50	0.000	-2.376078	-1.128022

Fuente: Elaboración propia

Los resultados demuestran que el porcentaje de subsidio asignado está estadísticamente relacionado a la disposición a participar en un programa de recambio con un nivel de significancia del 1%. También se concluye que el nivel de ingreso, el consumo de leña, y la tenencia de equipos para cocinar no afectan desde un punto de vista estadístico la decisión de participar en el programa de recambio. Además, al estimar el efecto marginal del subsidio sobre la decisión de participar en el programa es posible concluir que por cada 10% de subsidio la disposición a participar en el programa se eleva en 9,1%, tal como se aprecia en el siguiente cuadro para el coeficiente marginal asociado a la variable “porcsubsidio”.

CUADRO 3.6-2. EFECTOS MARGINALES DE MODELO PROBIT PARA ESTIMAR LA PROBABILIDAD DE PARTICIPAR EN UN PROGRAMA DE RECAMBIO DE EQUIPOS

Marginal effects after probit							
$y = \text{Pr}(\text{cambioequipo})$ (predict)							
= .82046136							

variable	dy/dx	Std. Err.	z	P> z	[95% C.I.]		X

porcsubsidio	.0090882	.00099	9.20	0.000	.007152	.011025	62.4009
ingresomiles	.000127	.00008	1.69	0.091	-.00002	.000274	401.64
consumoaño/kg	.0000485	.00003	1.80	0.072	-4.3e-06	.000101	1574.09
cocina*	.0654272	.07173	0.91	0.362	-.075157	.206011	.065268

(*) dy/dx is for discrete change of dummy variable from 0 to 1

Fuente: Elaboración propia

3.7 Actividad 5. Evaluar la factibilidad técnica y los costos (anualizado) asociados a un recambio del sistema de calefacción a leña por un sistema de calefacción basado en Energía Renovable No Convencional (ERNC).

3.7.1 Alternativas evaluadas

Para el cumplimiento de esta actividad se evaluaron distintas alternativas de implementación de energías renovables no convencionales para calefacción, factibles de implementar en una primera etapa destinada al reemplazo de artefactos que combustionan leña en el escenario actual (estufas y calderas para calefacción central). Las alternativas evaluadas se presentan en la siguiente tabla.

TABLA 3.7-1. ALTERNATIVAS EVALUADAS PARA CALEFACCIÓN MEDIANTE ENRC

	Sistema de calefacción reemplazado	
	Calderas (Calefacción central)	Estufas
Alternativa	Solar térmica	Estufa a pellets
	Caldera a pellets	Estufa a leña (Cumpliendo D.S N° 39/2011 MMA)
	Bomba de calor geotérmica	Bomba de calor aerotérmica

Fuente: Elaboración Propia

De los sistemas propuestos, el más innovador y probablemente menos conocido en Chile corresponde a las bombas de calor. Una bomba de calor es una máquina térmica que permite transferir energía mediante calor de un ambiente (aire o suelo) a otro. En la figura siguiente se presenta el esquema de funcionamiento de estos sistemas.

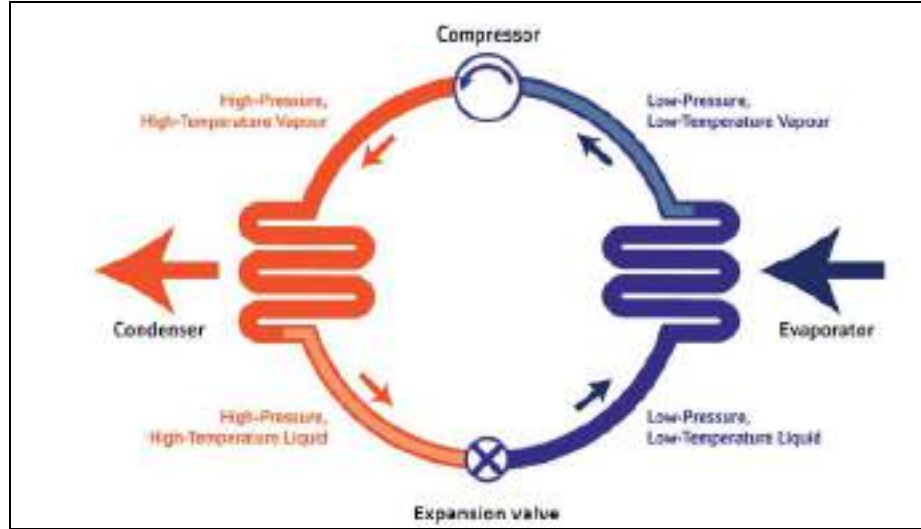


FIGURA 3.7-1. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE UNA BOMBA DE CALOR.³⁷

En estos sistemas, un fluido de trabajo (líquido, a baja temperatura y presión) capta calor desde una fuente (aire, agua o suelo) en el evaporador cambiando de estado (de líquido a vapor). El vapor (aún a baja temperatura y presión) pasa a un compresor en el cual al elevar la presión del vapor incrementa su temperatura y entalpía. Luego, el vapor a alta temperatura y presión pasa por un condensador donde el fluido al cambiar nuevamente de fase (de vapor a líquido) entrega calor al ambiente. Finalmente, el líquido (a alta presión) pasa por una válvula de expansión para retornar a su condición inicial y recomenzar el ciclo.

El coeficiente de desempeño de la bomba de calor (COP), indicador de la eficiencia del sistema, puede ser calculado como:

$$COP = \frac{T_1}{(T_1 - T_2)}$$

Donde:

T_1 : Corresponde a la temperatura del condensador (K)

T_2 : Corresponde a la temperatura en el evaporador(K)

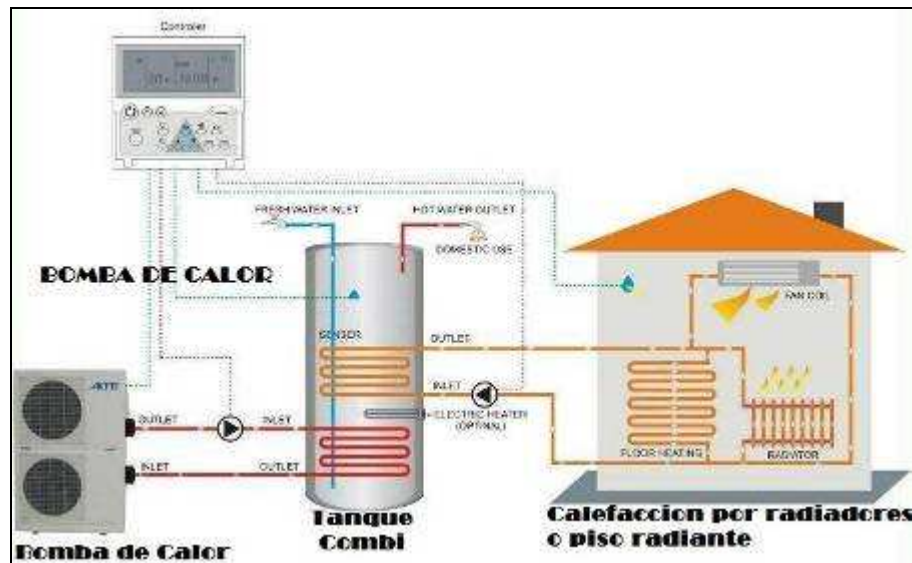
En consecuencia, el valor de COP indica cuantas unidades de calor pueden ser entregadas al ambiente por unidad de energía de entrada (normalmente electricidad). Existen varios tipos de bombas de calor, dependiendo del ambiente del cual se extrae el calor para la evaporación del fluido de trabajo. Las más comunes son las bombas geotérmicas (el calor se extrae del suelo) y las aerotérmicas (el calor se extrae del aire ambiente). Las primeras tienen valores de COP que fluctúan entre 2,8 y 5,0 (280 - 500% de eficiencia), mientras que las segundas el rango se sitúa entre 2,5 y 4,4 (250 - 440% de eficiencia)¹. Estos elevados valores

³⁷ Fawcett, T. "The future role of heat pumps in the domestic sector". Environment Change Institute, University of Oxford, UK (2011)

de eficiencia indican que por cada unidad de energía eléctrica que usa el sistema se obtienen entre 2,5 y 5,0 unidades de energía en forma de calor, dependiendo del tipo de bomba de calor.

Bomba de calor aerotérmica

Esta tecnología de basa en captar la energía contenida en el aire exterior (proveniente del sol) para ser aprovechada en los servicios térmicos que requiere una vivienda. Mediante el principio de funcionamiento de las bombas de calor antes descrito, se capta la energía del aire y se traslada a otra fuente interior (aire en sistemas aire-aire o agua en sistemas aire agua) elevando su temperatura. Los sistemas aire-agua requieren de la instalación de equipos de transferencia de calor similares a los sistemas de calefacción central tradicionales (acumuladores, radiadores y/o suelo radiante), mientras que los sistemas aire-aire transfieren la energía a los ambientes interiores mediante convectores, resultando en menores costos de inversión que los primeros.

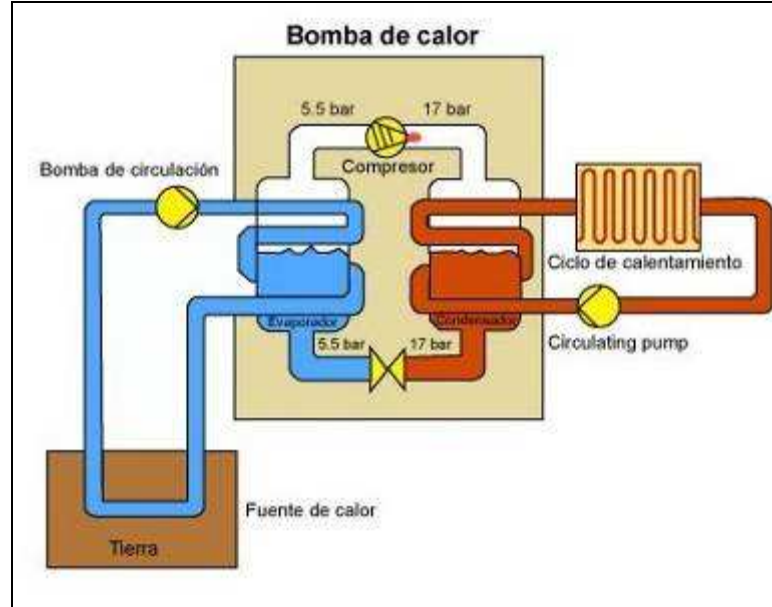


Fuente: www.solarproargentina.com

FIGURA 3.7-2. ALTERNATIVAS DE CALEFACCIÓN MEDIANTE SISTEMAS AEROTÉRMICOS

Bomba de calor geotérmica

En este caso, la energía captada corresponde al calor almacenado en el suelo. La energía captada es transferida, mediante el ciclo termodinámico descrito previamente, a otra fuente receptora, normalmente agua. Por lo tanto estos sistemas requieren de la instalación de circuitos de calefacción tradicionales (acumuladores, radiadores y/o suelo radiante), lo que se traduce en mayores costos de inversión que los sistemas aire-aire convectivos. Adicionalmente, se requerirá de mayor superficie de transferencia de calor (radiadores) que en los sistemas tradicionales de calefacción central por cuanto la fuente original de energía (suelo) es de baja temperatura.



Fuente: www.ecointeligencia.com

FIGURA 3.7-3. SISTEMAS DE CALEFACCIÓN MEDIANTE BOMBA DE CALOR GEOTÉRMICA

3.7.2 Evaluación Económica

3.7.2.1 Supuestos utilizados en la estimación de costos de Inversión y operación

Para la evaluación preliminar de los costos de inversión y operación de los distintos sistemas propuestos se ha supuesto que se reemplazará energía útil actualmente obtenida a través de los dispositivos actuales por la misma cantidad de energía útil generada por distintas alternativas de calefacción a partir de fuentes renovables.

A continuación se presentan los supuestos realizados en el cálculo de los costos de inversión y operación asociados a cada una de las alternativas evaluadas.

Situación actual

- Tipo de artefactos utilizados: De acuerdo a los resultados de la encuesta aplicada en este proyecto, la mayoría de los artefactos corresponden a estufas de combustión lenta con sistemas de templador, estufas de cámara simple sin templador y salamandras. A pesar de corresponder a un porcentaje menor, también se consideran calderas a leña para calefacción central de viviendas unifamiliares.
- Superficies considerados para tipos de viviendas : 70 m² y 140 m²
- Consumo anual de leña: 1.600 kg/año (viviendas de 70 m²), 3.000 kg/año (viviendas de 140 m²)

- Precio de la leña: 70 \$/kg³⁸
- Poder calorífico inferior de la leña: 3.500 kcal/kg (contenido de humedad 25% b.s.)
- Período calefaccionado al año: 5 meses/año
- Costo de mantención anual: \$50.000

Situación con reemplazo de artefactos

a) Reemplazo por estufas a pellets

- Potencia Bruta: 7,8 kW
- Eficiencia térmica: 90%³⁹
- Precio Pellets: \$198/kg⁴⁰
- Poder calorífico pellets: 4.200 kcal/kg³
- Período calefaccionado al año: 5 meses
- Inversión (Equipo + kit de instalación): \$1.410.000²
- Costos de mantención anual: 7% de la inversión inicial
- Vida útil para horizonte de evaluación: 10 años
- Tasa de descuento: 6% anual

b) Reemplazo por estufas a leña cumpliendo con D.S. N° 39/2011, Ministerio del Medio Ambiente.

- Potencia Bruta: 7 kW³
- Eficiencia térmica: 75%³
- Precio Leña : \$70/kg⁴¹
- Poder calorífico leña (máximo 25% de humedad b.s.): 3.500 kcal/kg
- Período calefaccionado al año: 5 meses/año
- Inversión: \$ 640.000 (Equipo + kit de instalación + instalación)³
- Costos de mantención anual: 7% de la inversión inicial
- Vida útil para horizonte de evaluación: 10 años
- Tasa de descuento: 6% anual

³⁸ Considera un valor de \$25340/m³ estereo desordenado

³⁹ Valor promedio para estufas a pellets de potencia bruta entre 7.8 y 8.5 kW. <http://www.biomass.cl>

⁴⁰ <http://www.biomass.cl>

⁴¹ Calculado como precio promedio actual en las comunas de Talca y Maule

c) Reemplazo de estufas por bomba de calor aerotérmica (viviendas unifamiliares)

- Eficiencia térmica: 280%⁴²
- Costo de electricidad: \$120/kWh
- Período calefaccionado al año: 5 meses/año
- Inversión (bomba + instalación): \$ 1.600.000⁵
- Costos de mantención anual: 7% de la inversión inicial
- Vida útil para horizonte de evaluación: 10 años
- Tasa de descuento: 6% anual

d) Reemplazo de calderas a leña por caldera a pellets

- Potencia bruta: 25 kW
- Eficiencia térmica: 90%⁴³
- Precio Pellets: \$198/kg⁴⁴
- Poder calorífico pellets: 4.200 kcal/kg³
- Período calefaccionado al año: 5 meses
- Inversión (equipo + kit de instalación): \$ 5.350.000²
- Costos de mantención anual: 7% de la inversión inicial
- Vida útil para horizonte de evaluación: 10 años
- Tasa de descuento: 6% anual

e) Reemplazo de calderas a leña por sistema solar térmico (agua caliente sanitaria y calefacción central)

- Consumo teórico para calefacción: 31,6 kWh/año
- Número de colectores extra para calefacción: 10
- Área de calefactores para calefacción: 22,4 m²
- Aporte a calefacción: 25% de los requerimientos totales
- Inversión Total: \$ 7.600.000⁴⁵
- Costos de mantención anual: 7% de la inversión inicial

⁴² Estudio de usos finales y curva de oferta de la conservación de la energía en el sector residencial. Programa País de Eficiencia Energética y Corporación de Desarrollo Tecnológico Cámara Chilena de la Construcción (2010)

⁴³ Valor promedio para estufas a pellets de potencia bruta entre 7.8 y 8.5 kW. <http://www.biomass.cl>

⁴⁴ www.biomass.cl

⁴⁵ Cotización directa Enersolar Ltda., www.ener-solar.cl

- Vida útil para horizonte de evaluación: 10 años
- Tasa de descuento: 6% anual

f) Reemplazo de calderas a leña por bomba de calor geotérmica (calefacción central)

- Eficiencia térmica: 400%⁵
- Costo de electricidad: \$120/kWh
- Período calefaccionado al año: 5 meses/año
- Inversión (bomba+ sistema de radiadores+instalación): \$ 10.900.000⁵
- Costos de mantención anual: 7% de la inversión inicial
- Vida útil para horizonte de evaluación: 10 años
- Tasa de descuento: 6% anual

3.7.2.2 Costos anualizados

A continuación se presentan los valores correspondientes a la evaluación económica correspondiente al reemplazo de actuales artefactos de combustión por distintas alternativas basadas en ERNC. Se describen 3 casos: 1) reemplazo de estufas de cámara simple y doble, 2) reemplazo de salamandras y 3) reemplazo de calderas a leña.

La Tabla 3.7-2. contiene los valores actuales correspondientes a los costos de inversión y operación de cada caso, mientras que la Tabla 3.7-3. informa los correspondientes valores anualizados. En ambas tablas se informan valores marginales, tanto para los costos anuales de combustibles como para los costos anuales de operación (Combustible + mantención). Estos costos marginales corresponden a la diferencia entre los costos actuales y los relativos al reemplazo y se interpretan como el incremento (o disminución) de los costos de operación de los usuarios al reemplazar los calefactores existentes por una nueva alternativa.

TABLA 3.7-2. COSTOS DE OPERACIÓN E INVERSIÓN DE DISTINTAS ALTERNATIVAS DE CALEFACCIÓN MEDIANTE ERNC. VALORES ACTUALES.

Alternativa	Inversión Total (Ch\$)	Costo consumo de combustible (Ch\$/año)	Costo de Mantenición (Ch\$/año)	Costo de Operación Total (Ch\$/año)	Costo Marginal (Ch\$/año)
Caso 1. Reemplazo de calefactores de combustión lenta					
Estufa pellets	1.410.000	176.000	98.700	274.700	64.000
Estufa leña (DS N° 39/2011)	640.000	89.600	44.800	134.400	-22.400
Bomba de calor aerotérmica	1.600.000	167.480 ¹	98.000	265.480	55.480
Caso 2. Reemplazo de salamandras					
Estufa pellets	1.410.000	102.667	98.700	201.367	-9333
Estufa leña (DS N° 39/2011)	640.000	52.267	44.800	97.067	-59733
Bomba de calor aerotérmica	1.600.000	97.697	98.000	195.697	-14303
Caso 3. Reemplazo de calderas a leña					
Caldera a pellets	5.350.000	495.000	374.500	869.500	285.000
Sistema térmico solar	7.600.000	157.500	532.000	689.500	-52.500
Bomba de calor geotérmica	10.900.000	293.900 ¹	762.190	1.056.090	83.090

Notas: 1. El consumo de una bomba de calor es eléctrico

Fuente: Elaboración propia

TABLA 3.7-3. COSTOS DE OPERACIÓN E INVERSIÓN DE DISTINTAS ALTERNATIVAS DE CALEFACCIÓN MEDIANTE ERNC. VALORES ANUALIZADOS

Alternativa	Inversión Anualizada (pesos/año)	Costo Total anualizado (Inversión+ Operación) (Ch\$/año)	Inversión anualizada+ Costo de Operación marginal (Ch\$/año)	Valor Presente Costo Operacional (Ch\$)	Valor Presente Costo Inversión Operación (Ch\$)	Costo marginal anualizado (Ch\$/año)
Caso 1.Reemplazo de estufas de combustión lenta						
Estufa pellets	191.574	466.274	305.574	2.021.816	3.431.816	2.249.050
Estufa leña (DS N° 39/2011)	86.955	221.355	114.555	989.196	1.629.196	843.138
Bomba de calor aerotérmica	217.389	482.869	322.869	1.953.956	3.953.956	2.376.342
Caso 2.Reemplazo de salamandras						
Estufa Pellets	191.574	392.040	132.240	1.482.076	2.892.076	973.302
Estufa leña (DS N° 39/2011)	86.955	184.022	-22.778	714.419	1.354.419	-167.647
Bomba de calor aerotérmica	217.389	413.085	235.085	1.440.345	2.840.345	1.862.731
Caso 3. Reemplazo de Calderas a leña						
Caldera a pellets	726.894	1.596.394	1.091.894	6.399.596	11.749.596	8.036.432
Sistema térmico solar	1.032.596	1.722.096	1.060.596	5.074.780	12.674.780	7.806.082
Bomba de calor geotérmica	1.480.961	2.537.051	2.700.141	7.772.914	18.672.914	19.873.271

Fuente: Elaboración propia

En general, los sistemas que remplazan a las calderas de calefacción (indicados en tabla 3.7-3) pueden tener su versión distrital, sin embargo esto no necesariamente implicaría una disminución de las emisiones. Hoy en día los equipos pequeños tienen eficiencias relativamente altas, similares a las eficiencias de los grandes equipos, por tanto desde este punto de vista no es muy atractivo ya que lo poco que se gana en aumento de la eficiencia se pierde en las ganancias por distribución. La implementación de alguno de estos sistemas, solo sería atractivo en el caso en que impliquen una disminución en los costos de inversión. Para los casos en que se quemé biomasa, la ventaja podría ser tener chimeneas más altas que permitan una mejor dispersión o sistemas de abatimiento de material particulado.

3.7.3 Análisis de Subsidio de las alternativas propuestas de ERNC comparadas con los programas actuales de recambio

El análisis de alternativas tecnológicas basadas en ERNC para el recambio de estufas en Talca ha entregado diversas opciones como son estufas a leña que efectivamente cumplan el D.S. 39, estufas a pellets, y bombas de calor. Para determinar una estrategia de subsidio, se comparan estas alternativas con los programas actuales de recambio llevados a cabo en diversas ciudades del país como Temuco, Curicó, Chillán y Osorno. De este modo es posible calcular cual sería el monto de subsidio requerido por las diversas alternativas propuestas.

Estufas muy similares a las que han participado en los programas de recambio y cuyas licitaciones han sido ganadas por productores nacionales según mediciones de laboratorio no cumplen el D.S.39 (Fuente: Medición de Material Particulado, Monóxido de Carbono y eficiencia térmica para diferentes estufas del mercado nacional, 2012). Por lo tanto, compararemos los equipos recién mencionados con las alternativas propuestas en este estudio, para determinar sus índices de costo efectividad y estimar los montos de subsidios requeridos para que sean igualmente atractivas en términos de sus indicadores de costo efectividad.

Para la comparación se utilizan los siguientes supuestos:

- Se utilizan los factores de emisión promedio para estufas a leña según condiciones de operación de leña seca del estudio “Medición de Material Particulado, Monóxido de Carbono y eficiencia térmica para diferentes estufas del mercado nacional” para los modelos Amesti Rondo 450 y Bosca Limit 450.
- Para los factores de emisión de una estufa a leña con mayor eficiencia aunque no necesariamente cumple con el D.S. 39 se utiliza una estufa Haas & Sohn medidos según el estudio del estudio “Medición de Material Particulado, Monóxido de Carbono y eficiencia térmica para diferentes estufas del mercado nacional”. Este tipo de estufa se escoge porque efectivamente tiene doble cámara de combustión y no solamente un templador, además su tecnología limita el grado de operación que puede realizar la persona que la manipula.
- Se asume que existe un 19,3% promedio de mala utilización de la estufa, dato que proviene de los hogares de la encuesta residencial de Talca y Maule que afirman utilizar el tiraje completamente cerrado.

A partir de los supuestos anteriores es posible estimar el potencial de reducción de emisiones y los costos de las alternativas de ERNC con respecto a los equipos actuales, de este modo se puede estimar un índice de costo efectividad para cada alternativa respecto a los programas de recambio actuales.

TABLA 3.7-4. COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS DE ERNC CON EQUIPOS UTILIZADOS ACTUALMENTE EN PROGRAMAS DE RECAMBIO

Tipo de Equipo	Estufa DS N° 39/2011	Pellets	Aerobomba
Delta Compra Equipo (\$)	320.000	830.000	1.230.000
Delta Instalación (\$)	0	160.000	50.000
Delta Costo Inversión Total (\$)	320.000	990.000	1280.000
Delta Costo Operación (\$)	-22.400	64.000	55.480
Delta Mantención equipo (\$)	0	64.400	77.700
Delta Costo Total Anualizado (\$)	21.078	262.909	307.091
Millones \$ por tonelada reducida de MP10	1,60	14,32	15,32

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados muestran claramente que de las alternativas propuestas la más costo-efectiva es el recambio por una estufa a leña más eficiente que se acerque al cumplimiento del D.S. N° 39/2011. Las otras alternativas como estufas a pellets y aerobombas por una misma tonelada reducida de MP10 involucran costos que se elevan varios millones de pesos más que la opción de recambio con una estufa similar a una Haas & Sohn.

Finalmente, para encontrar el monto de subsidio que pueda equiparar la costo efectividad de la mejor alternativa se estimó a través de un procedimiento iterativo cuál sería la cantidad de dinero inicial requerida. El análisis arroja que con un monto de subsidio inicial de \$1.718.817 una estufa a pellets podría generar el mismo indicador de costo efectividad que la estufa a leña D.S. N° 39/2011 y que con un monto de subsidio inicial de \$2.024.107 una aerobomba podría arrojar el mismo indicador de costo efectividad mencionado anteriormente, es decir, 1,6 millones por tonelada reducida de MP10.

A partir de estos antecedentes se concluye que la alternativa más económica para reducir emisiones es una estufa a leña con tecnología similar a una de la marca Haas & Sohn.

3.8 Actividad 6. Identificar y evaluar desde el punto de vista técnico y económico medidas tecnológicas orientadas a la valorización energética de residuos agrícolas orientados a la prevención de las quemas agrícolas

3.8.1 Métodos Alternativos a la Quema para el Control de Heladas

Actualmente la gran mayoría de los agricultores del país, protegen sus cultivos de las heladas con sistemas de calor seco, estos métodos rayan lo ilógico y sorprenden debido al alto riesgo al que se ve expuesto la plantación, la poca eficiencia de estos y el grado de contaminación que generan. Por ejemplo se utilizan tarros con petróleo, fuegos (neumáticos o cualquier objeto inflamable) y calefactores artesanales.

Estos métodos son los más utilizados en Chile, quedando a la vista el gran riesgo de estos métodos. La pérdida parcial o completa de toda la inversión a manos del fuego, además de los riesgos para la comunidad, muchas de las plantaciones se ubican en las cercanías de carreteras importantes del país y existen numerosos casos de accidentes en la ruta debido a que estos métodos de control de heladas se escaparon de sus manos. Otra desventaja fundamental de este método es el negativo impacto ambiental, debido a la quema de combustibles que es de aproximadamente dos litros de petróleo por tarro cada hora o los peligrosos humos emitidos por la quema de neumáticos. Sumado a la considerable cantidad de tarros o neumáticos necesarios, debido a la poca eficiencia de estos, que solo envían calor vertical por sobre el tarro y no distribuyen el calor por la superficie de la plantación, multiplicado por la gran cantidad de agricultores que ocupan estos métodos.

Los métodos alternativos a las quemas para el control de heladas ayudan a reducir considerablemente las emisiones contaminantes dado que evitan la realización de fogatas y quema de materiales altamente contaminantes como neumáticos, con el fin de compensar la pérdida de calor ocasionada por las heladas.



FIGURA 3.8-1. FOGATAS PARA EL CONTROL DE HELADAS

A continuación se describirán tres métodos alternativos para el control de heladas y se analizarán sus inversiones y costos para determinar un indicador de costo-efectividad para la reducción de emisiones por material particulado.

1. Riego por Aspersión

1.a) Descripción Técnica

El riego por aspersión es un método de protección de los cultivos frente a las heladas mediante el cual el agua llega a las plantas en forma de lluvia más o menos intensa, uniforme y localizada con el objetivo de que se infiltre en el mismo punto donde cae. Tiene como principio evitar el enfriamiento de los tejidos vegetales a través de la entrega de energía calórica por parte del agua. La energía liberada por el agua se utiliza como un medio de protección ante la presencia de una helada. Cuando la temperatura desciende bajo los 0 °C el agua liberada forma una película de hielo alrededor de las hojas y ramas que proporciona la protección necesaria para mantener la temperatura alrededor de los 0 °C aislándolas parcialmente de la temperatura exterior.

En la zona frutícola de Chile las heladas generalmente se producen bajo condiciones de completa calma y con humedades relativas por sobre el 80% (heladas por radiación), por lo que las cantidades de agua a aplicar no son muy superiores a los 11 a 12 m³/ha/h. El sistema de riego por aspersión da mayor protección en comparación con otros sistemas de prevención de heladas, sin embargo trae consigo un mayor riesgo de enfermedades por el aumento de humedad circundante y daños mecánicos de la planta frente al peso ejercido por el hielo sobre las ramas.

Otro tipo de riego por aspersión es por debajo de la cubierta vegetal, este tipo de riego consiste en la presencia de microaspersores. En este caso además de aprovechar el elevado calor latente del agua se utiliza el calor sensible que se genera al vaporizarse agua en el ambiente. Existe menor riesgo de enfermedades ya que la cantidad de agua que debe aplicarse es la mitad con respecto al utilizado en el riego por aspersión encima de la cubierta vegetal.

El momento para iniciar el sistema de riego debe ser justo antes de que la planta llegue a su temperatura crítica, es decir, entre 1,7 a 2,0 °C y se finaliza cuando haya agua líquida entre el hielo y las plantas, o sea media hora a una hora luego de la salida del sol, con el objetivo de garantizar que la temperatura esté en ascenso y que la temperatura del aire fuera de la zona protegida es superior a 0 °C, para saber el momento justo se utiliza un termómetro húmedo. Si el día está nublado o con viento, debe mantenerse el sistema durante el día. La protección finaliza cuando la temperatura esta 5 ó 6 °C por encima de la crítica.

La aplicación del método de riego por aspersión necesita de una gran cantidad de agua, en el caso de no poder implementarlo permanentemente es mejor no utilizar este sistema ya que la interrupción en la aspersión del agua puede causar grandes daños a los cultivos. A pesar de que este método requiere de una inversión relevante es altamente eficiente y no produce emisiones contaminantes de material particulado.

1.b) Requerimientos Técnicos y Económicos

Para el proceso de riego por aspersión se necesita la implementación de aspersores de agua en los sitios de cultivos. Las rociadas emitidas por el aspersor deben distribuirse de forma que el impacto de las gotas y la intensidad de lluvia no perjudiquen al cultivo ni al suelo, logrando la máxima uniformidad posible. Los microaspersores que se utilizan para disminuir las heladas son de baja presión. Por otro lado, es recomendable utilizar sistemas fijos ya que son de más fácil manejo y automatización, y por ende necesitan menos mano de obra, lo que reduce los costos, a pesar de que se realiza una mayor inversión, ésta reducción en los costos de mano de obra es significativa.

También se debe considerar el espaciamiento entre los aspersores, ya que para tener una ubicación óptima entre ellos es necesario considerar el diámetro efectivo del aspersor, ya que dependiendo de éste se deberá determinar la distancia entre los aspersores. Bajo un área de estudio de 1 hectárea (10.000 m²) y considerando la instalación de micro-aspersores con un alcance de 3 metros, necesitaríamos 361 aspersores, ubicando para su mejor distribución 19 aspersores en cada fila con un total de 19 filas.



FIGURA 3.8-2. MICRO-ASPERSORMARCA “ORBIT”

Los aspersores con las características antes mencionadas se pueden encontrar en tiendas como Sodimac o Easy. También se pueden encontrar proveedores especializados en la venta de artículos de riego para cultivos agrícolas, como VYR, Olivos, AITEC, y Aberiego.

Para tener el riego en el momento adecuado, ya sea cuando se inicia el riego (cuando la temperatura alcanza los 1,7 °C a 2 °C), o cuando se detiene el riego (media hora a una hora de que salió el sol), es necesario utilizar un sistema de control de riego automático. Para esto existen programadores eléctricos que controlan el inicio y término del riego dependiendo de las condiciones que se necesiten. Los programadores activan y desactivan las zonas de riego designadas según los tiempos de riego programados.

Para la instalación de aspersores es necesario realizar una instalación de tuberías, conectadas a una fuente de agua. Estas tuberías se conectan a los distintos aspersores para el riego de los cultivos. En muchos casos el aprovechamiento de aguas subterráneas para riego es muy necesario para obtener un ahorro general de agua.

Para bombear el agua de pozo se utiliza una bomba eléctrica. Se puede utilizar una electrobomba sumergible de 4" Pedrollo (resistente a la arena) instalándole un motor, la cual tiene una capacidad de 22.500 lt/h, con la que hipotéticamente se podrían abastecer 3 hectáreas. Por lo que no es necesaria la instalación de un estanque, ya que se utiliza directamente el agua bombeada cuando se necesite.

La red de tuberías que conduce el agua por la superficie a regar se compone de ramales de alimentación que conducen el agua principal para suministrar a los ramales secundarios que conectan directamente con los aspersores. Las tuberías de polietileno de alta densidad son ocupadas en todos los procesos prácticos ya que son químicamente inherentes y su vida útil puede llegar a los 50 años para el transporte de agua. Para el riego deberá determinarse qué fuente de agua se utilizará, para este caso se considerará extracción de agua subterránea ya que de ésta forma se disminuyen los costos mediante pozos de extracción.

La energía eléctrica utilizada en este sistema será la que se utiliza para el funcionamiento del sistema de control automático, además para el funcionamiento de la bomba eléctrica. Para esto se considera el funcionamiento de estos artefactos por un periodo de 5 a 6 horas diarias, lo que nos daría un total de 150 horas mensuales aproximadamente con un consumo de energía eléctrica de 0,8 kWh aprox. para la bomba y para el control de riego automático.

En primera instancia es necesaria mano de obra para realizar la extracción de agua a través de punteras y realizar la instalación de la bomba. También se podría requerir a alguien para cumplir la función de cuidador ya que estos implementos que serán instalados, como los controladores, son equipos costosos que pueden estar expuestos a robos. La mantención que se debe realizar a la instalación es mensual, en esta mantención se deben revisar filtros, que las conexiones de las tuberías no tengan fugas, revisar semestralmente la bomba, pozo y los aspersores. Para estas labores se necesita de una mano de obra temporal que sea experta en el funcionamiento de estos equipos.

1.c) Valor Anual Uniforme Equivalente de los Costos

El riego por aspersión involucra una inversión inicial de \$13.446.165; un costo de mantención anual de \$804.800 y un valor de salvamento al año 5 de \$317.612. Luego al considerar una tasa de descuento social del 6% es posible afirmar que el valor anual uniforme equivalente (VAUE) de los costos es de \$3.940.528.

TABLA 3.8-1. FLUJOS DE CAJA DE LOS COSTOS (CH\$) DE RIEGO POR ASPERSIÓN

	Año 0	Año 1-4	Año 5
Sistema de bombeo	429.685		
Aspersores, tuberías y equipamiento	2.708.480		
Construcción de pozo	336.000		
Mano de obra instalación	9.972.000		
Costos de Mantención		804.800	804.800
Valor salvamento			-317.612
Total	13.446.165	804.800	487.188

Fuente: Elaboración propia

1.d) Reducción de Emisiones y Costo-efectividad

Si no se utilizara el riego por aspersión una opción utilizada para controlar las heladas es la quema de neumáticos. Por lo anterior, podemos utilizar el criterio de costo-efectividad ya que existen beneficios ambientales que no se han considerado cuantitativamente.

Si se considera un peso aproximado de un neumático de 9 kg y que se queman anualmente 70 neumáticos por día de helada en una hectárea, considerando 24 días de heladas, aproximadamente se quemarán 15.120 kg de neumáticos por año. Según los factores de emisión de la EPA se emiten 113.500 mg/kg de neumático quemado (obtenido de EPA, Air emissions from scrap tire combustion), por lo cual se emitirían 1,72 ton de MP10.

Luego, se puede calcular el índice de costo-efectividad, para lo que ocupamos el VAUE mencionado anteriormente que arroja un valor de \$2.291.005 por tonelada de MP10 reducida.

2. Calefacción de Predios

2.a) Descripción Técnica

Los calefactores de predio son un desarrollo natural de los tarros o chonchones que se han fabricado desde comienzos del siglo pasado hasta hoy en día. Se comenzó con burdos tarros de acero galvanizado, los cuales evolucionaron a calefactores de doble llama con una buena eficiencia y gases de combustión transparentes, gracias a que queman un 90% del petróleo consumido.

Este es un método que sirve para reemplazar las pérdidas de energía en un cultivo ante una situación de helada, compensándola con un uso masivo de combustible (sólido, líquido o gas) quemado en estufas de varios tipos. La radiación emitida es interceptada directamente por varias partes de la planta, lo que provoca un aumento de la temperatura de ésta evitándose así un daño o la posible muerte del vegetal.



FIGURA 3.8-3. CALEFACTORES DE PREDIOS

Comparando estos principios con los tarros que habitualmente se usan en los predios (quemando petróleo o similares a “boca abierta” o bien quemando neumáticos) podemos establecer dos grandes diferencias. Primero, la llama del tarro común es de combustión totalmente incompleta, genera gas de petróleo y CO_2 , despidiendo al aire de un 70% a 80% del combustible tornándolo ineficiente, contaminante y antieconómico. Segundo, el tarro no irradia calor hacia los costados, o sea, hacia los cultivos, sino que el poco calor que emite se pierde hacia la atmósfera (el espacio).

2.b) Requerimientos Técnicos y Económicos

Los recursos para llevar a cabo este proyecto son fundamentalmente las máquinas, combustible y la mano de obra (operacional y por conceptos de instalación y mantención).

Mediante el uso de calefactores especializados es posible reducir las emisiones considerablemente al utilizar combustibles menos contaminantes y aprovecharlos de mejor manera disminuyendo la cantidad utilizada en aproximadamente dos tercios.



FIGURA 3.8-4. CALEFACTORES DE PREDIOS

La oferta en el mercado de estos equipos no es muy variada por lo que para las características técnicas se considerará el modelo ofrecido por la empresa Tecnipak.

- Modelo: Doble combustión.
- Tipo: Calefactor radiante exterior.
- Material de fabricación: Chapa de acero laminado de 0,9 mm.
- Potencia: 18.000 Kcal/hora con petróleo diesel.
- Consumo: 2,0 litros/Hora a régimen.
- Emisión: 0,2 grs/min a régimen.
- Combustible: Petróleo diesel.
- Capacidad: 27 litros.
- Autonomía: 13 a 14 hrs.
- Estructura: Chapa de acero 0,9 mm.
- Radio de acción: 6 metros.
- Peso: 11 kilogramos aprox.
- Peso con carga: 34 kg aprox.

Los principios de funcionamiento del calefactor son los siguientes:

El calor generado por el calefactor de predios corresponde a aproximadamente 6 veces el generado por un calefactor artesanal abierto utilizando la mitad del combustible (según datos entregados por las empresas consultadas). De este modo, serán necesarios entre 65 y 80 calefactores para cubrir un área de una hectárea cuando para una superficie equivalente normalmente se utilizan 300 o más tarros.

Teniendo en cuenta que se debe evitar que se emita una cantidad excesiva de gas caliente, ya que se irá hacia arriba y se perderá, es recomendable repartir los calefactores en líneas separadas por 15 metros y a una distancia de 10 metros entre calefactores. Lógicamente estas distancias están sujetas a cambios dadas las posibles variaciones en la inclinación del terreno y lo extremo de las temperaturas; además, es recomendable reforzar la distribución en el borde del predio donde ingresa la helada, esto es, ubicar calefactores cada 7 metros en la primera línea y disponer la segunda línea a 10 metros de la primera.

Para predios con arboledas, la distribución debe ser tal que cada árbol tenga visibilidad a algún calefactor de modo de beneficiarse de la radiación emitida por las chimeneas. Tomando en cuenta los datos expuestos y las recomendaciones de la empresa proveedora, para efectos de cálculo de costos se considerará una hectárea con 70 calefactores; lo cual sería un caso promedio.

Para ser capaces de estimar los costos es de suma importancia poder conocer un valor aproximado del número de heladas que podrían esperarse para el próximo año pues los costos de mano de obra y combustible están directamente relacionados con el número de veces que se utilizan los calefactores. Aún cuando es muy difícil saber con certeza cuántas heladas se van a producir, es posible estimar el promedio de heladas captadas por la Dirección meteorológica de Chile desde el año 1980 en la Región del Maule estimando un valor promedio de 24 heladas por temporada. Además, se puede asumir que cada helada dura en promedio 8 horas.

Según las especificaciones técnicas de los equipos se requieren dos litros de diesel por hora de funcionamiento. Considerando 70 calefactores que requieren 2 litros de diesel por hora, asumiendo 24 días con heladas de 8 horas de duración es posible estimar el gasto anual en combustible.

2.c) Valor Anual Uniforme Equivalente de los Costos

Considerando los montos de inversión, costos de operación mantención y valor residual es posible construir un flujo de caja para el periodo de análisis. Luego de algunos cálculos utilizando una tasa de descuento relevante se puede obtener el Valor Anual Uniforme Equivalente (VAUE) de \$19.091.799.

TABLA 3.8-2. FLUJOS DE CAJA DE LOS COSTOS (CH\$) DE LA CALEFACCIÓN DE PREDIOS

	Año 0	Año 1-9	Año 10
Inversión en calefactores	3.719.903		
Galpón	4.592.760		
Mano de obra		900.000	748.800
Combustible		17.068.800	17.068.800
Valor salvamento			-84.700
Total	8.312.663	17.968.800	17.732.900

Fuente: Elaboración propia

2.d) Reducción de Emisiones y Costo-efectividad

Si se emplean 70 calefactores que consumen $16 \frac{\text{Lt Diesel}}{\text{helada}}$, para cada día de helada se necesitarán $1.120 \frac{\text{Lt Diesel}}{\text{hectárea}}$. Asumiendo un total de 24 días con heladas se requerirían 26.880 litros de diesel por hectárea. Si se considera la densidad del diesel y que la combustión de 1 kg. de diesel genera 0,000203 kg de MP10, se generarían 0,0045 ton MP10 por hectárea calefaccionada. Bajo la situación alternativa de quema de neumáticos involucra una reducción de 1,705 ton MP10.

Además, la generación de energía en forma de calor es más eficiente en los calefactores que en las fogatas. La fogata genera 8.300 kcal/kg de neumático mientras que el uso de calefactores genera 10.843 kcal/kg de diesel. Luego, se puede calcular el índice de costo-efectividad, para lo que ocupamos el VAUE mencionado anteriormente que arroja un valor de Ch\$11.197.536 por tonelada de MP10 reducida.

3. Ventiladores Mecánicos para el control de heladas

3.a) Descripción Técnica

Estos ventiladores son grandes torres con una altura de aproximadamente 10 a 12 metros, sobre las cuales se ubica una hélice en forma casi vertical (5° a 6° grados de inclinación con respecto a la vertical). Esta hélice está conformada normalmente por 2 a 4 aspas de diámetro entre 3 a 6 m y es accionada por un motor industrial (de 125 a 154 CV, el cual puede ser alimentado con gas licuado o diesel) que le permite entregar un gran flujo tubular de aire. Giran a unas 550 a 600 revoluciones por minuto lo que provoca el movimiento de masas de aire, mezclando zonas con diferentes temperaturas, es decir, genera una circulación forzada en sentido vertical de aire más frío cercano al suelo y del más caliente de la capa de inversión térmica. Por consiguiente, los mejores resultados de estos ventiladores se consiguen cuando esta capa está baja y cuando la atmósfera está en calma. Además, el cabezal completo gira describiendo una circunferencia (360°) en unos 4,5 minutos. Esto garantiza que el tiempo máximo entre dos pasadas del flujo de aire por un mismo punto del predio es de 4,5 minutos, tiempo suficiente para garantizar una mezcla efectiva, evitando que la inversión se restituya.

Por lo tanto, la turbulencia que provoca debe ser suficiente como para romper arriba la inversión de temperatura del aire, mezclar los componentes cálidos y fríos, transportar la mezcla, y a la vez empujar el aire frío fuera del área. Estos ventiladores provocan una corriente de aire de unos 100 metros de alcance lateral (excepcionalmente este alcance puede sobrepasar ligeramente los 125 metros). El máximo de aumento de temperatura que se puede lograr con este sistema es de un 50% de la diferencia de temperatura entre 2 y 20 metros. Si esta diferencia es menor a 1,5 °C este sistema es poco eficiente.

Se recomienda un ventilador de 75 kW de potencia para cada 4 a 5 hectáreas, o bien, un ventilador de 15 KW por hectárea. Si se desea proteger solo una hectárea, se sugiere un ventilador de 18,8 KW de potencia del motor. Los ventiladores deben encenderse temprano, cuando una helada está prevista. Dependiendo del terreno, el criterio de encendido puede fijarse cuando la temperatura esté entre 2 °C y 5 °C (esta anticipación se debe a que el sistema no produce calor). Si los tejidos vegetales están mojados los ventiladores deben ser encendidos antes para tratar de secarlos. El apagado normalmente se realiza después de la salida del sol, cuando la T° comienza a subir por sobre 0 °C.

3.b) Requerimientos Técnicos y Económicos

Ventiladores Mecánicos

Existen diversos modelos de ventiladores mecánicos en el mercado, la principal diferencia entre ellas es el combustible que utilizan para su funcionamiento como se aprecia en la siguiente tabla.

TABLA 3.8-3. ESPECIFICACIONES DE MODELOS DE MÁQUINAS DE VIENTO MARCA AMARILLO

	Modelo Gas	Modelo Gas	Modelo Diesel
Motor	Chevrolet 454	Ford V10	Cummins Tier II
Radio de cobertura	150 m	150 m	150 m
Cobertura nominal	7 Ha	7 Ha	7 Ha
Hélice de fibra de vidrio	6 m	6 m	6, m
Consumo medio	63 lt/hr	63 lt/hr	30 lt/hr

Fuente: Elaboración propia



FIGURA 3.8-5. VENTILADOR MECÁNICO FUNCIONANDO CON UN TANQUE DE GAS PROPANO

Según la empresa Tekmain Agro un operador puede ocuparse de cuatro máquinas. Por lo que el número de operadores dependerá de las dimensiones del predio y el radio de cobertura necesario.

Para la instalación de un ventilador mecánico viento se necesitan pilotes de cemento. Un pilote de cemento es un elemento constructivo utilizado para la cimentación de obras, que permite trasladar las cargas hasta un estrato resistente del suelo. Tiene forma de columna colocada en vertical en el interior del terreno sobre la que se apoya el elemento que le transmite las cargas y que transmite la carga al terreno, apoyando la punta en capas más resistentes o por ambos métodos a la vez.

El principal insumo es el combustible, el cual varía según el motor del modelo de la máquina (Gas o Diesel). Para este caso, se escogió el gas dado su bajo costo de operación, baja contaminación y sistema expedito de abastecimiento. El gas propano a granel se suministra mediante recargas de gas en estanques o baterías de estanques desde 190 a 5.000 litros. El estanque es propiedad de la compañía distribuidora de gas y es reabastecido periódicamente (de manera programada o a demanda del cliente) con camiones especialmente acondicionados para tales fines y con personal capacitado en materias de seguridad.

3.c) Valor Anual Uniforme Equivalente de los Costos

Inversiones

Según recomendación de una empresa proveedora de ventiladores mecánicos, para 10 hectáreas se requieren 3 ventiladores, cuyo valor unitario es US\$ 33.349, además se requieren

US\$ 2.318,9 por instalación y conexión de estanque de cada ventilador. Esto implica una inversión total de Ch\$ 47.446.799.

En cuanto a los costos de mantención, la empresa realiza anualmente o cada 100 hrs. de funcionamiento un cambio de aceite y engrases a los engranajes que significan para los tres ventiladores un costo total de Ch\$ 449.563 por año.

El tiempo de encendido de los ventiladores es relativo, puesto que uno no puede afirmar con certeza que días habrá helada ni cuánto durará esta. Además al ser un fenómeno estacional su frecuencia varía enormemente entre estaciones. Es por esto que para llegar a los costos operacionales se consideró que en promedio los ventiladores están prendidos 8 horas por día y operan 24 días al año en el cual existen heladas. Bajo estos supuestos y considerando que 1 kg de propano es equivalente 1,8 litros de propano los costos operacionales corresponden a Ch\$ 247.665. Con respecto a la mano de obra, sabemos que un operador puede manejar 3 máquinas, por lo que sólo consideraremos un empleado a jornada completa con un costo total de Ch\$ 2.793.489 por año.

Al no encontrar una máquina equivalente usada en el mercado, para estimar el valor de salvamento asumiremos que se vende como chatarra, este ventilador tiene un peso aproximado de 4,8 ton así que se podría obtener un precio de venta de Ch\$ 528.000. También se asume que el sistema tiene una vida útil de 25 años.

3.c) Valor Anual Uniforme Equivalente de los Costos

Para un área de 10 hectáreas de cultivos, los tres ventiladores mecánicos involucran una inversión inicial de \$47.446.799, un costo de mantención anual de \$449.563, un costo de operación de \$3.041.154 y un valor de salvamento al año 25 de \$528.000. Luego al considerar una tasa de descuento social del 6% es posible afirmar que el valor anual uniforme equivalente (VAUE) de los costos es de Ch\$ 7.192.701.

3.d) Reducción de Emisiones y Costo-efectividad

Si no se utilizaran los ventiladores mecánicos una opción utilizada para controlar las heladas es la quema de neumáticos. Por lo anterior, podemos utilizar el criterio de costo-efectividad ya que existen beneficios ambientales que no se han considerado cuantitativamente.

Si consideramos un peso aproximado de un neumático de 9 kg y que se queman anualmente 70 neumáticos por día de helada en una hectárea, considerando 24 días de heladas, aproximadamente se quemarán 15.120 kg de neumáticos por año. Según los factores de emisión de la EPA se emiten 113.500 mg/kg de neumático quemado (obtenido de EPA, Air emissions from scrap tire combustion), por lo cual se emitirían 1,72 ton de MP10. Finalmente, como el área de estudio corresponde a 10 hectáreas se estarían emitiendo 10,72 ton de MP10. Luego, se puede calcular el índice de costo-efectividad, para lo que ocupamos el VAUE mencionado anteriormente que arroja un valor de Ch\$ 670.961 por tonelada de MP10 reducida.

A pesar que esta alternativa resulta ser la más atractiva en términos económicos para reducir las emisiones de MP10, los montos de inversión requeridos están fuera del alcance de pequeños y posiblemente algunos medianos agricultores⁴⁶.

Resumen de Métodos Alternativos a la Quema para el Control de Heladas

A partir de los antecedentes previos es posible construir una tabla que resume las características de costos y reducción de emisiones de las alternativas para el control de heladas. Las distintas alternativas propuesta pueden ser escalables a distintos tamaños de agricultores sin embargo los costos anualizados que involucran pueden hacerlas prohibitivas para muchos agricultores.

TABLA 3.8-4. ESPECIFICACIONES MÉTODOS ALTERNATIVOS PARA EL CONTROL DE HELADAS

Indicador/Técnica	Riego por Aspersión	Calefacción de Predios	Ventiladores Mecánicos
Costo Anualizado (VAUE Ch\$)	3.940.528	19.091.799	7.192.701
Reducción ton/año de MP10	1,7	1,7	10,7
Costo Anual Ch\$/ton MP10	2.291.005	11.197.536	670.961

Fuente: Elaboración Propia

3.8.2 Métodos Alternativos a la Quema de Desechos Agrícolas

Las prácticas de manejo de cultivo han sido evaluadas en el último tiempo de manera de promover un manejo más sustentable de las labores de sembradío ya sea para agricultores a un nivel menor como también para cultivos de gran escala. Además, estas prácticas como la incorporación de rastrojos, labranza cero, vermicompostaje u otras alternativas surgen como una buena opción a la quema de rastrojos evitando los problemas de contaminación al aire por material particulado. Cada una de estas técnicas alternativas de eliminación de rastrojos son evaluadas a continuación.

1. Incorporación de Rastrojos

1.a) Descripción Técnica

Los rastrojos son el conjunto de restos de tallos y hojas que quedan en el terreno tras cortar y cosechar un cultivo, los cuales son importantes y no se debieran desperdiciar, ya que tienen efectos positivos sobre el suelo. En general, constituyen entre el 50% y 75% del follaje del cultivo que queda en los potreros. En cuanto al manejo de rastrojos en el suelo, no existe una técnica que sea superior a las otras en todo sentido. Debe identificarse el problema que provoca la acumulación de rastrojos y los beneficios que trae el manejo elegido de los mismos. Por ejemplo, existen enfermedades que se transmiten vía rastrojos, lo que implicaría que una opción de manejo sería la quema de éstos o bien la incorporación al suelo. Por otra parte, donde existan suelos erosionados, degradados, o con déficit de agua en el ciclo de cultivo, la

⁴⁶ La definición de tipo de agricultor es la siguiente: pequeños agricultores desde 0 há hasta 50 há, medianos agricultores desde 50 há hasta 500 há, y grandes agricultores más de 500 há.

incorporación de rastrojos surge como una opción a la mejora de la calidad del terreno para su futura siembra.

El manejo de rastrojos comienza durante la cosecha, regulando la altura de corte de la máquina y esparciendo homogéneamente los residuos sobre el área. Los tallos cortados por la cosechadora son triturados en diferentes partes en el interior de la máquina y salen expulsados por los ventiladores. El material expulsado por la cosechadora se puede triturar aún más, se desparrama conservando el ancho de la máquina; para ello, la cosechadora debe estar equipada con triturador y desparramador de paja, tener altura de corte y aletas regulables, para lograr anchos variables. Todo esto con el objeto de desparramar los rastrojos formando una capa homogénea en todo el potrero.

Los residuos de cosecha pueden tener volúmenes bajos o altos pero de fácil descomposición (tallos delgados o no lignificados), por lo que se podría incorporar sin tratamiento previo. También puede darse el hecho de tener bajos o grandes volúmenes de difícil descomposición (lignificados, como el maíz). Para este caso se debe proceder a realizar un tratamiento de picado antes de incorporar. En el caso de rastrojos abundantes de difícil descomposición, se requiere picar el rastrojo previo a su incorporación. El rastrojo se tritura en trozos de 10 cm a 15 cm de largo y se deja sobre la superficie del suelo, si las cantidades son grandes se debe picar más fino, con el fin de disminuir el volumen y facilitar la siembra.

Los implementos que se pueden utilizar para picar el rastrojo son chopper (cosechadora de forraje), rana (Triturador de rastrojo) y/o picadora de rastrojo. Los rastrojos abundantes y muy lignificados, como el del maíz, deben ser picados finamente. Por tal razón, no se recomienda el uso de una "rana" ya que no cumple con el objetivo de picar finamente el residuo. Una vez que el material ha sido picado, se usa un rastrillo de lado que acumula el residuo en filas cada 7 a 10 metros. La siembra se realiza entre hileras, dejando sin sembrar el área ocupada por las líneas de rastrojo. La incorporación se realiza mediante una aradura, ya sea con arado de vertedera o de discos, sin embargo se debe considerar que el arado de vertedera es más eficiente. La profundidad de trabajo debe ser de 25 cm, ya que profundidades mayores implicarían una ineficiente descomposición, luego del arado debe realizarse un rastraje.

En las etapas iniciales de la descomposición de la materia orgánica incorporada, se produce un aumento de la población de microorganismos, los cuales requieren de nitrógeno mineral para su desarrollo. A medida que se degrada el material se reduce el alimento disponible y con ello una parte de la población microbiana muere, hasta reducir la relación a 32:1. A partir de ese momento se inicia la liberación de nitrógeno mineral, dando lugar a la mineralización.

En la práctica es necesario conocer la cantidad de residuos y su facilidad de descomposición, para poder realizar labores complementarias, como lo son el picado y la aplicación de nitrógeno, con el objetivo de acelerar el proceso de descomposición.

1.b) Requerimientos Técnicos y Económicos

Para la incorporación de rastrojos al suelo se necesitan maquinarias de uso específicas para las distintas etapas del proceso, además de instalaciones, insumos, mano de obra, entre otros.

La cosechadora de forraje (chopper) es una de las maquinarias más importantes, ya que ella puede cortar y picar finamente el rastrojo, dejándolo listo para su incorporación, también cabe destacar el gran ahorro en mano de obra, que realiza, así como el de tiempo.

El triturador de rastrojo es un equipo diseñado para el triturado de rastrojos de maíz, trigo, maravilla, etc. Viene equipada con un doble juego de contra cuchillas y cuchillas de ventilación que garantizan un picado muy fino y una fácil incorporación y degradación del material en el suelo.

Las cortadoras rotativas (rana) son usadas para cortar pasto, maleza y materias tales como residuo de cosechas, ya sea maíz, trigo, heno, caña, etc. Es una máquina de mucha utilidad ya que pica el rastrojo en la tierra sin la necesidad de moverse, dejándolo encima de la tierra, lo que no asegura su buena descomposición y mezcla con la tierra. En comparación con la cosechadora de forraje y el triturador de rastrojo, la Rana es de menor costo.

La incorporación se realiza mediante una aradura, ya sea con arado de vertedero o de discos, sin embargo se debe considerar que el arado de vertedera es más eficiente.

La maquinaria debe ser ensamblada a un tractor para realizar el trabajo. El tractor se encarga de mover el equipo que realiza el picado e incorporación. Para estas tareas es suficiente con tractores de entre 35 y 60 HP (caballos de fuerza). El arriendo de tractores para fines agrícolas tiene valores entre los \$35.000 y \$90.000 dependiendo de la potencia y de si se arrienda con chofer o no.

El agricultor, de acuerdo al costo implicado tiene la opción de comprar maquinaria o arrendarla para picar rastrojo. Si decide arrendarla sólo necesitaría de las bodegas propias del trabajo agrícola, para guardar insumos y maquinaria. Si el agricultor compra maquinaria para picar e incorporar rastrojo deberá contar con bodegas de mayor tamaño para poder guardarlas.

Se necesitarán fertilizantes ricos en nitrógeno para restablecer el equilibrio del suelo donde se planea sembrar. Por ejemplo, Urea (46% N, 0% P, 0% K). Existen una gama de proveedores para todo tipo de insumos e inversiones que pudiera realizar un productor agricultor. Éstos se pueden clasificar en proveedores de maquinaria y de fertilizantes, que serían los más relevantes para este estudio. Entre los proveedores de fertilizantes podemos encontrar las siguientes empresas como SQM, Agroquímica, Bramell, entre otras.

Para llevar a cabo todo el procedimiento se necesitan temporeros para los trabajos de aplicar fertilizantes y el arado del suelo. Las actividades realizadas por los trabajadores serían aplicar fertilizante, el arado efectuado y el manejo de la maquinaria si el caso lo amerita, también se necesitaría de capacitaciones si los trabajadores no tienen experiencia en este rubro o si llegan maquinarias nuevas o se incorporan nuevos procesos.

1.c) Valor Anual Uniforme Equivalente de los Costos

Caso 1: Agricultor pequeño

A continuación se analizará el caso de un pequeño agricultor, el cual posee 10 hectáreas de cultivo de trigo. Para este caso conviene que el agricultor arriende la maquinaria necesaria para cultivar el rastrojo, ya que es muy poco probable que posea los recursos necesarios para

poder adquirirlas, ya que además del elevado precio de éstas, hay que considerar el espacio físico para almacenarlas. De esta forma se obtendrán los siguientes costos asociados para un cultivo de rastrojo.

Considerando que la mayoría de los pequeños agricultores no poseen un nivel avanzado de educación, se deberá incurrir en un curso de capacitación para el uso de fertilizantes nitrogenados, ya que un mal uso de éstos puede implicar grandes consecuencias, tanto por la salud de la persona que lo aplique, como del medio ambiente. El costo de este curso es de \$4.000/hora, y tiene una duración de 8 horas. Por lo que la inversión total para el curso de capacitación será de \$32.000 (valor que anualizado a perpetuidad es \$1.920 dado que se asume que una vez que se adquiere este conocimiento no se pierde).

El costo de arrendar la maquinaria incluye la máquina con su respectivo combustible y el chofer de ésta. Esta alternativa tiene un valor de \$25.000/ha por picar el rastrojo y \$25.000/ha por incorporarlo al suelo. De esta forma el costo total de arrendar la maquinaria será de \$50.000/ha.

Considerando 3,7 ton de rastrojo por hectárea cultivada de trigo y teniendo en cuenta que se requieren 12 kg. de Nitrógeno por cada tonelada de rastrojo, se puede calcular que se requieren en total 44,4 kg. de Nitrógeno por hectárea de trigo cultivado, para conseguir la relación C/N = 32:1. Finalmente, considerando que una bolsa de fertilizante de 1 Kg. contiene 460 gr. de Nitrógeno (según las especificaciones del producto), se puede obtener la cantidad total de fertilizante que se requiere la cual corresponde a 96,6 kg por hectárea de cultivo. Dado que 1Kg. de fertilizante cuesta \$500, se puede obtener el costo total para la aplicación de fertilizante que corresponde a \$48.300 por hectárea de trigo.

Para el caso de aplicar fertilizante se requieren de dos personas, una que cabe un pequeño hoyo para incorporar el fertilizante, y otra para llevar el fertilizante, echarlo en el hoyo, por lo que el costo total de mano de obra para este estudio sería aproximadamente de \$60.000 por hectárea de trigo cultivada. A partir de todos los costos antes descritos, se puede calcular el costo total por cultivo, éste se ve reflejado en la siguiente fórmula:

$$\text{VAUE Costo Total (Ch\$)} = (50.000/\text{ha} + 48.300/\text{ha} + 60.000/\text{ha}) * (\text{N}^\circ \text{ de hectáreas}) + 1.920$$

Luego, se puede determinar que un agricultor pequeño que cultive una superficie de 10 hectáreas de trigo, tendrá un costo asociado de Ch\$1.584.920 por cultivo de 10 ha. Si decide realizar la alternativa de incorporar el rastrojo en el suelo.

Caso 2: Agricultor mediano

Ahora se procede a analizar la alternativa de un agricultor mediano. Si decide optar por la alternativa de comprar la maquinaria para realizar la incorporación del rastrojo. Los costos asociados a esta alternativa son los siguientes:

En este caso se ha considerado la capacitación para el uso de fertilizantes nitrogenados y para el uso de la maquinaria. El costo de la capacitación para el uso del fertilizante será la misma será la misma cifra nombrada que en el caso del agricultor pequeño, ésta corresponde a \$32.000. Para el caso de la capacitación para el uso de maquinaria, ésta tiene un costo de

\$128.000 e incluye 32 horas de clases. Por lo tanto la inversión total en capacitación será de \$160.000.

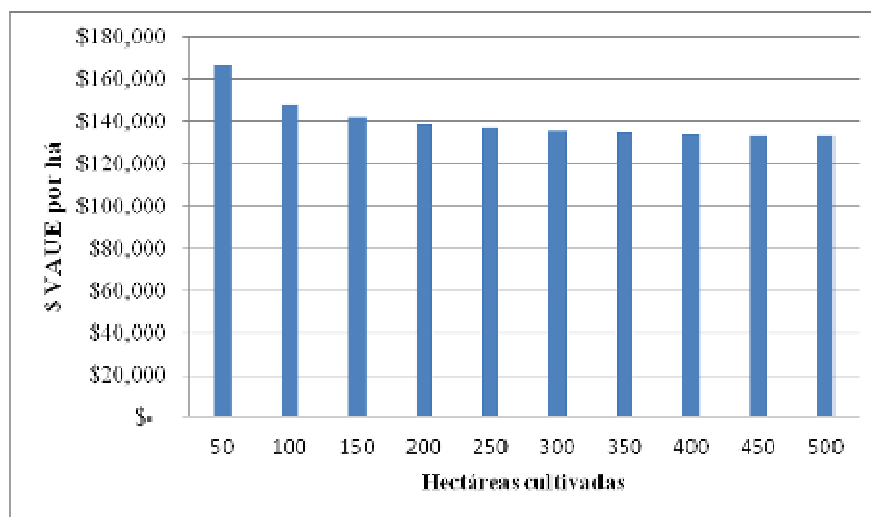
Para las inversiones en activos fijos y maquinarias se pueden considerar los siguientes valores. El precio por un galpón de 25 m² es de aproximadamente \$1.148.190, una trituradora ALCE 3200 marca Falc puede obtenerse por un precio de \$4.500.000 y un tractor 4060 2010 marca New Holland por un valor de \$5.500.000. Se asume un valor residual de los equipos de un 20% de su valor de inversión.

Los costos de mantención del triturador de rastrojo sería de aproximadamente \$100.000 cada 3 años. Además, la mantención del tractor se realiza cada vez que se are el suelo, es decir una vez al año lo cual involucra un costo de \$200.000.

El costo asociado a la compra de fertilizantes nitrogenados corresponde al mismo calculado para un agricultor pequeño, y éste equivale a \$48.300 por hectárea cultivada de trigo.

Para el caso de aplicar fertilizantes y el arado el costo de mano de obra será el mismo que el incurrido por el pequeño agricultor, que es de \$60.000 por hectárea cultivada de trigo. Para el caso del pago para el operario de la máquina, éste se estimará en \$4.000/hora para el manejo de maquinaria pesada (tractores), además considerando que el tiempo aproximado de manejo de un tractor es de 4 hrs/ha, se puede calcular que el costo por el manejo de la maquinaria sería de \$16.000 por hectárea. Por lo tanto, el costo total de mano de obra será aproximadamente de \$76.000 por hectárea de trigo cultivado.

Utilizando los valores anteriores y calculando el VAUE de los costos es posible establecer la siguiente relación entre VAUE y hectáreas cultivadas, de tal forma de encontrar la escala óptima para la incorporación de rastrojos. De estos resultados se desprende que la compra del equipamiento para agricultores que poseen más de 100 hectáreas puede ser más atractivo que el arriendo del equipamiento. El VAUE promedio por hectárea es cercano a los \$140.612.



Fuente: Elaboración Propia

FIGURA 3.8-6. VAUE DE INCORPORACIÓN POR HECTÁREA SEGÚN TAMAÑO DEL PREDIO

1.d) Reducción de Emisiones y Costo-efectividad

De acuerdo a factores de desechos agrícolas y factores de emisión proporcionados por la EPA, ajustando el nivel de desechos por hectáreas de acuerdo a la realidad de Chile (85% según CONAF, DICTUC 2007). Es posible determinar que por cada hectárea de rastrojo quemado de trigo se producen 0,024 ton de MP10. Por lo tanto, para un agricultor pequeño el indicador de costo efectividad es \$6.603.833 por tonelada reducida de MP10, mientras para un agricultor mediano en promedio el indicador de costo efectividad es Ch\$ 5.858.833 por tonelada reducida de MP10.

2. Cero Labranza

2.a) Descripción Técnica

La cero labranza es un conjunto de técnicas utilizadas en la agricultura de conservación, con el fin de mejorar y hacer sostenible la producción agrícola mediante la conservación y mejora de los suelos, el agua y los recursos biológicos. En Chile la superficie sembrada con cero labranza se ha estimado en 200.000 ha concentradas entre la VIII y IX Región⁴⁷.

La cero labranza parte del principio general de mantener los rastrojos y remover el suelo lo menos posible, manteniendo una cubierta orgánica permanente o semipermanente del suelo (por ejemplo, un cultivo en crecimiento o una capa de rastrojo) para protegerlo del sol, la lluvia y el viento, además de permitir que los microorganismos y la fauna del suelo se ocupen de "arar" y mantengan el equilibrio de los elementos nutritivos, procesos naturales que perjudica el arado mecánico. De esta forma, se almacena el CO₂ en el suelo; se evita la pérdida de materia orgánica por oxigenación; se conservan las propiedades físicas, químicas y biológicas; y se minimiza o evita la erosión del suelo; además, se conserva mejor el agua del suelo y se recuperan nutrientes al evitarse el laboreo tradicional.

Una vez sembrada la semilla, se procede al proceso de cuidado y riego de esta. Debido al uso de la técnica cero labranza, los suelos tienden a compactarse, debido al peso de la sembradora, esto implica una menor velocidad de infiltración en comparación con un suelo bajo labranza tradicional. Por tal razón, el tiempo de riego debe ser mayor y la cantidad de agua aplicada debe ser menor, para evitar inundación y anoxia (completa falta de oxígeno), interrumpiéndose la respiración aeróbica.

La fertilización de los cultivos en cero labranza debe considerar al menos un 30% más de la dosis anual de nitrógeno durante el periodo que tarde el suelo en alcanzar un nuevo equilibrio (un 10% más en el caso de la sexta y la séptima región), debido a una disminución de la disponibilidad de nitratos. Los fertilizantes deben aplicarse principalmente en cobertura.

Podemos ordenar cronológicamente el proceso de cero labranza de la siguiente forma:

⁴⁷El Laboratorio de Relación Suelo-Agua-Planta (SAP) de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile.

1. Se coloca cal en el terreno, para lo que se hace uso de una encaladora
2. Se coloca un herbicida de pre-siembra que se denomina Round-up, para lo cual se hace uso de un pulverizador.
3. Para el proceso se sembrándose coloca la semilla con fertilizante de mezcla especial. Para este proceso se utiliza la sembradora cero labranza, que mientras ubica la semilla coloca el fertilizante.
4. Luego, se deja pasar un tiempo hasta que la semilla esté en la etapa conocida como “inicio de macolla” (cuando posee 3-4 hojas). Cuando esto sucede, se aplica fertilizante (urea), para lo cual se hace uso de la máquina denominada Trompo.
5. Luego de aplicar el fertilizante, se aplican los productos herbicidas y fungicidas con la máquina pulverizadora.
6. Finalmente, se cosecha con la cosechadora automotriz con picadora, la cual va picando el rastrojo.

A través del proceso de cero labranza se elimina la quema de rastrojos por lo que las emisiones contaminantes a la atmósfera disminuyen y aumenta la capacidad de almacenamiento de nutrientes en el suelo. Por ejemplo, en un suelo agrícola con alto rendimiento (7 toneladas de trigo/ha), en que se realiza labranza tradicional con quema, la contribución de MP10 a la atmósfera podría llegar a ser del orden de 0,171 ton/MP10/ha-año. Dado que en el proceso cero labranza no se realiza quema de rastrojo, esta reducción de emisiones corresponde a un 100%.

2.b) Requerimientos Técnicos y Económicos

Existe una vasta disponibilidad de maquinaria agrícola adecuada para realizar cero labranza, tanto en grandes extensiones como en pequeños predios. Para una siembra es necesario un tractor, una sembradora, en este caso una sembradora cero labranza, la cual va acoplada al tractor y funciona con la potencia que le entrega el tractor. Al momento de la siembra la sembradora realiza un corte lo suficientemente grande para que entre la semilla y luego pasa una placa que junta el suelo.

Para la cero labranza se debe utilizar en la siembra una mezcla especial, urea para la incorporación del nitrógeno al suelo, y cal agrícola para controlar la acidez de los suelos, ya que cuando se utilizan métodos de conservación de suelo, especialmente en la labranza cero, la descomposición de la materia orgánica y la nitrificación de los fertilizantes nitrogenados amoniacales bajan el pH en la superficie del suelo. También se deben utilizar productos fitosanitarios como herbicidas y pesticidas.

2.c) Valor Anual Uniforme Equivalente de los Costos

Para realizar el análisis de costos de este proceso es indispensable decidir si se comprarán o arrendarán las maquinarias requeridas para realizar la siembra a través del método de cero labranza, además de definir si se usará el método mecánico o trabajo-hombre para el proceso. En primer lugar, se evaluó la compra de maquinaria, cuyos costos de mercado aproximados son:

- Tractor: \$16.720.000
- Sembradora: \$16.250.000
- Pulverizador: \$4.167.081
- Trompo: \$1.100.000
- Encaladora: \$6.737.661
- Cosechadora: \$35.000.000

Sumado a esto, se deben considerar los costos de almacenamiento, mantención y cuidado de dichas máquinas, además del costo de oportunidad que presentan dichos equipos.

Otro factor importante, al momento de decidir es la limitación de tiempo que se presenta para realizar la siembra de la semilla. Si bien pudiese parecer que para extensiones de terreno considerable, con lo desembolsado por concepto de arriendo de una máquina podría incluso cubrir la compra de esta, este cálculo se torna engañoso, pues para las restricciones de tiempo y superficies a trabajar, se requiere de un mayor número de ellas, además de operarios que realicen el proceso de siembra, combustible y mantenciones a las máquinas, por lo que su compra sigue siendo no factible económicamente hablando.

Para el caso de optar entre trabajo-hombre o mecanización del proceso, se opta por la mecanización, ya que por una misma potencia de trabajo se ahorraría un 83,3% de costos al elegir maquinaria agrícola vs. trabajo-hombre, además de una reducción en los tiempos requeridos para alcanzar una potencia equivalente.

Análisis arrendar versus comprar maquinarias

Para el caso de evaluar la compra o arriendo de maquinaria agrícola, lo principal es establecer ciertos parámetros, como las restricciones de tiempo del proceso y extensión del terreno a sembrar. Una vez definido esto, se debe realizar una evaluación para determinar el número de máquinas que deberán operar en paralelo para realizar el proceso de cultivo del trigo.

Basados en la información proporcionada por una empresa proveedora de maquinaria agrícola, se presenta a continuación una tabla que muestra el número de hectáreas que realiza cada tipo de máquina en una jornada de 8 horas de trabajo, cabe mencionar que el tiempo que se demoren no afecta el precio de arriendo, pues se cobra por número de hectáreas realizadas

TABLA 3.8-5. NÚMERO DE HECTÁREAS POR JORNADA DE TRABAJO

Máquina	Nº Hectáreas
Sembradora	8
Cosechadora	15
Pulverizador	15
Trompo	15
Encaladora	15

Fuente: Elaboración propia

Para un pequeño agricultor (ej. 25 hectáreas) el número de días que se demora en tener los procesos listos de acuerdo a la utilización de dos máquinas fluctúa entre 0,8 y 1,6 días. Cabe mencionar que al ser un pequeño agricultor probablemente no tenga el capital para realizar las inversiones requeridas para la compra de máquina, además su periodo de utilización es muy bajo por lo cual optará por arrendar el servicio. Para el caso de un mediano agricultor (ej. 225 hectáreas) el número de días que se demora en tener los procesos listos de acuerdo a la compra de 6 máquinas sembradoras y 4 del resto de las máquinas fluctúa entre 3,8 y 4,7 días.

Finalmente, para el gran agricultor (ej. 750 hectáreas) el número de días que se demora en tener los procesos listos de acuerdo a la compra de 8 máquinas fluctúa entre 6,3 y 11,7 días. En consecuencia independiente del tipo de agricultor se necesitarían muchas máquinas simultáneas, por lo que sería necesario comprar diversas máquinas de cada tipo para obtener los procesos a tiempo.

Por lo anterior, en realidad es más conveniente arrendar las máquinas y no comprarlas, esto es debido a que aunque pueda salir conveniente comprar 1 máquina de cada tipo, esta se demoraría un tiempo excesivo en realizar los procesos para grandes agricultores, si se demora mucho tiempo la realización de los procesos el producto no es óptimo, por ejemplo una vez maduro el producto debe cosecharse en el menor tiempo posible, para así venderlo a un buen precio, pues luego comienza a bajar su precio debido al aumento en la oferta de este o el producto se deteriora con el paso de los días.

Así por las razones mencionadas anteriormente, podemos concluir que para evaluar económicamente la cero labranza consideraremos que las máquinas son arrendadas por el agricultor, por lo que no existirán valores de salvamento de equipos, depreciaciones, ni costos por concepto de combustible ni operarios asociados a las máquinas, ya que estos dos últimos se incorporan en el precio de arriendo. Bajo este contexto los costos anuales por hectárea corresponden a \$443.800.

TABLA 3.8-6. COSTOS POR HECTÁREA BAJO EL MÉTODO CERO LABRANZA

Item	Costo (Ch\$)
Fertilizantes	295.000
Pesticidas	41.800
Arriendo de Encaladora	3.000
Arriendo de cosechadora	55.000
Arriendo de sembradora cero labranza	25.000
Arriendo de pulverizador	16.000
Arriendo de trompo	8.000
Mano de obra	0
Costo Total por hectárea	443.800

Fuente: Elaboración propia

Supuestos: Dado que se aplica herbicida en la pre-siembra y herbicidas con fungicidas post siembra, es necesario pulverizar por hectárea 2 veces. El costo de la mano de obra no es

mayor que bajo labranza tradicional por lo cual los costos marginales de mano de obra en cero labranza son cero.

2.d) Reducción de Emisiones y Costo-efectividad

De acuerdo a factores de desechos agrícolas y factores de emisión proporcionados por la EPA, ajustando el nivel de desechos por hectáreas de acuerdo a la realidad de Chile (85% según CONAF, DICTUC 2007). Es posible determinar que por cada hectárea de rastrojo quemado de trigo se producen 0,024 toneladas de MP10. Por lo tanto, para un agricultor el indicador de costo efectividad es Ch\$ 18.491.667 por tonelada reducida de MP10.

3. Combustión de Biomasa

3.a) Descripción Técnica

En las últimas décadas el uso de la biomasa como fuente de energía ha estado presente en el escenario internacional, como una atractiva y promisoría vía para producir energía con mínimo impacto ambiental. Sin lugar a dudas, grandes potencialidades de biomasa se concentran en los residuos agrícolas. Para el análisis económico el enfoque será solo en la combustión de residuos de cosecha. Los distintos usos que pueda brindar este proceso quedaran fuera del análisis el secado de productos agrícolas, calefacción, procesos industriales, generación de energía eléctrica, entre otros.

La agricultura genera cantidades considerables de desechos (rastros). Se estima que en cuanto a desechos de campo el porcentaje es más del 60%, y en desechos de proceso, entre 20% y 40%. Al igual que en la industria forestal, comúnmente los residuos de la agroindustria son dejados en el campo. Es importante recalcar que si bien se puede utilizar todo tipo de residuo agrícola sin que hayan restricciones de dimensiones para estos en la combustión, las dimensiones son relevantes para el diseño de la cámara de combustión distinguiéndose cámaras para quemar el material en suspensión (combustible fino) o directamente en parrillas (combustible en masa).

Atendiendo a la tecnología empleada, se distinguen, en general de menor a mayor eficiencia:

- Calderas de lecho fijo o parrilla. El combustible, en astillas o trozos de varios centímetros, se introduce sobre unas placas vibrantes o parrillas inclinadas, en las que se quema al tiempo que se desplaza hacia un colector de cenizas en el extremo opuesto a la inyección.
- Calderas de lecho fluido. El combustible se reduce a tamaños menores (milímetros, típicamente) y se mantiene en suspensión junto con partículas de arena («lecho»). En ocasiones se añade al lecho un ciclón y el flujo es circulante, siendo arrastradas por el aire usado en la combustión sólo las partículas de ceniza.
- Calderas de combustible pulverizado o lecho arrastrado. El combustible se muele hasta tamaños típicamente menores de un milímetro, y se introduce en la caldera a través de quemadores junto con el aire de combustión. Las partículas se van quemando a lo largo de la caldera, y salen junto con los gases hacia las etapas de filtrado y limpieza.

La biomasa, de la forma que se obtiene en sus lugares de producción, no posee, generalmente las características (tamaño, humedad o forma) requeridas por las tecnologías de

conversión de energía. Por lo cual requieren procesos generalmente físicos, con el propósito de acondicionar la biomasa.

Los principales procesos físicos están relacionados con la preparación de biocombustibles sólidos, para su utilización en procesos de combustión. Entre estos se destacan los siguientes:

- Cortado o troceado
- Astillado
- Molienda
- Secado
- Densificación

Para el productor el uso de la combustión directa de residuos de cosecha en el propio predio le permite reducir costos por uso de combustible y además le permite eliminar residuos agrícolas, dándole un uso que implica una reducción de los costos.

3.b) Requerimientos Técnicos y Económicos

Como se ha señalado el proyecto consiste en la instalación de una caldera para producción de calor, el cual podrá ser utilizado para una serie de acciones posteriores que van desde el secado de productos agrícolas hasta la generación de energía eléctrica.

La caldera a utilizar puede ser una del tipo SV-VL modelo 1500 ésta es una unidad para quemar biomasa en su fogón con el quemador SV y carga manual. Produce 1500 kilogramos de vapor por hora y tiene una eficiencia de combustión de un 80%. Además puede trabajar con biomasa de hasta un 50% de humedad, sin humos visibles en escape en todo el rango de operación y requiere de un solo operador. Tiene una potencia térmica útil de 1051 KW, un consumo máximo de 365 kg por hora, un peso de 6730 kg y una vida útil de 15 años.



FIGURA 3.8-7. CALDERA SV-VL 1500 EN FUNCIONAMIENTO

Este equipo será instalado en un recinto cerrado, más específicamente en un galpón con una superficie aproximada de 500 m².

Como insumo se utilizarán los restos de poda corresponden a los desechos derivados de los diferentes cortes y supresiones que se les realiza a los sarmientos, brazos y excepcionalmente el tronco, así como también a las partes herbáceas como son los pámpanos, hojas, racimos, etc. Los restos de poda de vid, frutales u otros poseen un elevado poder calorífico y su recolección puede ser mecanizada con facilidad. Otro insumo relevante es la energía eléctrica que es utilizada para la iluminación del galpón y módulos eléctricos que podría poseer la caldera para su funcionamiento.

Se requiere personal a cargo del buen funcionamiento de la caldera, que por lo demás es un trabajo constante que se recomienda no sea interrumpido, es decir, mantener en forma continua operando la caldera durante el año. Para ello son necesarios 3 operadores de caldera para la mantención de la caldera (1 por turno) y 3 “ayudantes de operador” que facilitan y apoyan en todas las actividades necesarias para el óptimo desempeño de la caldera.

3.c) Valor Anual Uniforme Equivalente de los Costos

Un valor estimativo de la caldera está en el rango de los \$30 millones, este valor incluye la caldera, transporte e instalación de ésta. La construcción del galpón metálico cerrado cubierto en PV-4 tiene un valor de \$19.000.000 que incluye la mano de obra necesaria para el diseño, fabricación y montaje del galpón. La construcción del radiador, red eléctrica, tuberías y red de agua, implementos del baño, incluyendo los costos de mano de obra e insumos se puede estimar en \$5.738.378.

Cada año se debe realizar el cambio o limpieza de algunos componentes de la caldera para mantener su buen funcionamiento y eficiencia, todo esto tiene como consecuencia incurrir en costos que se detallan a continuación. El costo de los componentes para cambiar en la caldera como quemador piloto, válvulas, parrillas, entre otros incluyendo la mano de obra se estima en \$2.000.000. Este último costo incluye el cambio de partes de la caldera, y además limpieza o reparación de conductos de vapor y gases, chimenea, entre otros.

El costo estimado para la limpieza y reparación (mano de obra y compra de implementos) de las cañerías, válvulas o llaves, para el abastecimiento de agua al galpón se estima en \$300.000. También se estima un costo de \$300.000 para anomalías que puedan surgir en la red eléctrica. Se estima que cada 5 años (dentro de los 15 años de vida útil técnica de la caldera) se incurrirá en un costo de reparación de la estructura del galpón estimado en \$ 800.000.

El costo de la energía eléctrica para los clientes regulados en Talca el año 2012 fue de \$112,58 el kWh. Dado que se estima que el proyecto consumirá un total de 4,40 kWh al año (esto incluye lo consumido por la caldera y además por la iluminación del galpón) se traduce en un costo total anual en energía eléctrica de \$462.028.

Los costos totales por año de \$673.794 incluyen 6 implementos de cada tipo (overol, guantes, casco y pala), esto es debido a que se necesitan 3 operadores de caldera y 3

ayudantes. Además, se considera que durante el año serán necesarios 2 pares de guantes por cada ayudante.

Se estima un costo total anual por mano de obra de Ch\$ 36.000.000 que incluye 3 operadores y 3 ayudantes.

Para nuestro caso la caldera SV-VL 1500 que sería comprada nueva en el mercado a un precio de \$ 30.000.000, al terminar su vida útil de 15 años existen 2 posibilidades:

- Vender la caldera como chatarra, es decir tasar su valor respecto al precio del kilo de acero que es US\$ 0,30. En total la caldera pesa 6.730 kg, por lo tanto, la caldera será vendida en el mercado a Ch\$ 944.347 que correspondería a su valor de salvamento.
- Vender la caldera al mejor postor en un remate. Probablemente vender la caldera en el remate nos dará más ganancias que venderla como chatarra, puesto que la caldera al terminar su vida útil igual puede seguir utilizándose como tal, eso sí, con una eficiencia de combustión más baja, menor potencia térmica utilizable y producción de vapor, por lo tanto seguirá siendo un activo útil para el mercado y tendrá una valorización mayor que la caldera tasada como chatarra. Sin embargo, bajo esta alternativa no es posible estimar con exactitud este valor.

Otro activo a considerar es el galpón utilizado para almacenar los residuos agrícolas, implementar la caldera y además el centro de operaciones de ésta, pero para éste activo consideramos existen dos posibles alternativas a realizar luego de transcurridos los 15 años de vida útil de la caldera, ellas son:

- La primera posibilidad es arrendarlo para generar ganancias en un futuro sin proyecto (sin caldera). En el mercado industrial un galpón de 500 m² de dimensión y con las características estructurales de éste, puede ser arrendado pero este valor depende de muchos factores como la ubicación estratégica del galpón, la cercanía relativa a proveedores y clientes, además de la calidad y dimensiones de éste.
- La segunda opción es venderlo como chatarra, al igual que la caldera. El peso del galpón se estima en 12.000 kg, así entonces obtenemos un valor de salvamento del galpón de Ch\$ 1.691.028.

3.c) Valor Anual Uniforme Equivalente de los Costos

Considerando los montos de inversión, costos de operación, mantención y valor residual es posible construir un flujo de caja para el periodo de análisis. Luego de algunos cálculos utilizando una tasa de descuento relevante se puede obtener el Valor Anual Uniforme Equivalente de Ch\$ 45.466.264.

TABLA 3.8-7. FLUJOS DE CAJA DE LOS COSTOS (CH\$) COMBUSTIÓN DE BIOMASA

Periodo	Año 0	Años 1-4, 6-9, 11-14	Año 5 y 10	Año 15
Inversión	54.738.378			
Costo de operación anual		37.135.822	37.135.822	37.135.822
Costo de mantenimiento anual		2.600.000	3.400.000	3.400.000
Valor de salvamento				-1105375
Costo total	54.738.378	39.735.822	40.535.822	39.430.447

Fuente: Elaboración propia

3.d) Reducción de Emisiones y Costo-efectividad

Teniendo en cuenta que la caldera quema en promedio 2.628 toneladas de residuos al año y bajo la situación de que estamos en presencia de un mediano agricultor (50 a 500 hectáreas cultivadas) con tendencia al cultivo de frutales debido a que justifica de mejor manera el proyecto de instalación de una caldera, podemos estimar la cantidad de hectáreas cultivadas para cada tipo de residuo agrícola (restos de maíz, restos de poda de vid y restos de poda de frutales).

Por lo tanto, considerando el siguiente escenario se puede alcanzar un promedio de 2.628 toneladas de residuos al año:

TABLA 3.8-8. ESCENARIO DE HECTÁREAS CULTIVADAS Y RESIDUOS QUEMADOS

Residuo Agrícola	Residuos en (ton/ha)	Hectáreas Cultivadas (ha)	Residuos quemado (ton)
Rastrojo de Maíz	14	17,21	241
Restos de Poda de Viñas	3,5	191,71	671
Restos de Poda de Frutales de Pepita	4,8	121,04	581
Restos de Poda de Frutales de Hueso	4,6	137,61	633
Restos de Poda de Cítricos	1,6	313,75	502
Total			2.628

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a factores de desechos agrícolas y factores de emisión proporcionados por la EPA, ajustando el nivel de desechos por hectáreas de acuerdo a la realidad de Chile (85% según CONAF, DICTUC 2007). Es posible determinar que por 2.628 ton de de rastrojo y restos de podas quemados se generarían 10,75 toneladas de MP10.

Para realizar la comparación con la situación base de quema tradicional versus aquella en que se utiliza la caldera para realizar tal combustión tenemos que incluir el costo asociado a una tecnología de fin de tubo a la caldera que tiene una eficiencia de hasta un 99% en el caso de un filtro de mangas cuyo costo anualizado es de 28,7 millones por año según las funciones de costos actualizadas utilizadas por Ponce y Chavez (2005). En consecuencia, el VAUE total

de la caldera sería Ch\$74.166.264 que permitiría reducir 10,64 ton/MP10. Por lo tanto, para un agricultor mediano el indicador de costo efectividad es Ch\$6.968.876 por tonelada reducida de MP10.

4. Vermicompostaje

4a) Descripción Técnica

El vermicompostaje es una técnica utilizada en la agricultura para convertir los residuos de una cosecha en abono orgánico. Este proceso se lleva a cabo mediante la utilización de lombrices, específicamente lombrices rojas californianas, las que se alimentan de los residuos transformándolos en humus. Para llevar a cabo este proceso, lo primero es la recolección de residuos orgánicos como restos de la cosecha. Además se necesitan las lombrices para que se alimenten de estos residuos.

La primera fase del proceso es chipear los residuos, esto es introducirlos en una maquina chipeadora que los corta para reducir su tamaño y así hacer facilitar el trabajo que deben hacer las lombrices sobre el residuo. Una vez reducido el tamaño de los residuos, estos se depositan dentro de los lechos que son las unidades de producción donde se desarrolla el vermicompostaje. Estos lechos consisten en cajones de 0,5 m de profundidad, 1 m de ancho y 2 m de largo. Una vez contruidos los lechos y con los residuos ya descompuestos, estos se depositan en los cajones junto con las lombrices californianas las que comienzan a actuar transformando los residuos en abono. Durante este proceso, es necesario mantener una humedad cercana al 75% la que se debe controlar mediante riego constante que puede ser en forma manual o por un sistema de aspersión. También se debe ir alimentando semanalmente las lombrices, por lo se debe incorporar constantemente nuevos residuos orgánicos frescos. Al incorporar más residuos, no es necesario complementarlo con más lombrices, ya que las que se incluyen en el principio del proceso, entre 600 y 700 lombrices, se van reproduciendo de manera constante.

Al terminar el proceso, aproximadamente 6 meses después del inicio del mismo se debe recolectar el producto obtenido. Para esto es necesario separar las lombrices del residuo orgánico, lo que se lleva a cabo aplicando una capa de residuos orgánico en la superficie del lecho. Después de 3 días todas las lombrices estarán en esta capa por lo que al retirarla solo se encuentra el material compostado. Luego este material debe ser tamizado.

El proceso de vermicompostaje evita que los residuos orgánicos sean quemados. También el producto del vermicompostaje, que se denomina vermicompost, tiene efectos positivos en el suelo donde es aplicado ya que le aporta materia orgánica, mejora sus propiedades físicas, mejora la infiltración, permeabilidad y capacidad de retención del agua, reduce la compactación y la erosión. Debido a estas propiedades el uso de este producto disminuye los costos en compra de fertilizantes generando un beneficio económico para quien lo usa.

El modo de aplicación es extendiendo el material sobre la superficie a tratar acompañado de abundante agua para que la flora bacteriana se incorpore rápidamente al suelo. Además, el vermicompost se puede comercializar ya que es un producto de alta calidad y que puede alcanzar buenos precios en el mercado.

Este tratamiento no debe estar expuesto al sol en ningún momento por lo que se requiere que se realice en un lugar con sombra en todo momento, lo que hace necesario la construcción de un techo en caso de que no se tenga otro sitio con sombra. También es necesario que exista un lugar en el que se puedan almacenar los residuos que se irán incorporando durante el proceso, el que es recomendable que se encuentre ubicado en un lugar cercano al de los lechos para reducir costos en transporte de estos mismos.

En Chile existen empresas proveedoras de la lombriz californiana como también pequeños productores que realizan ventas a menor escala. Estos proveedores se pueden contactar vía internet.

4.b) Requerimientos Técnicos y Económicos

La instalación para la implementación del vermicompostaje para un pequeño o mediano productor consiste en primer lugar en un cierre perimetral del terreno mediante postes de pino impregnado y mallas marca Vector. Para la implementación de los lechos se requiere el material para fabricar los mismos: ladrillos, cemento, las lombrices californianas, aspersores y mangueras para los aspersores, además para la infraestructura que rodea los lechos se requiere de pilares, vigas y malla Raschel para el techo. Una vez acabado el proceso de conversión de residuos a abono orgánico, se lleva el vermicompost a containers tipo bodega.

4.c) Valor Anual Uniforme Equivalente de los Costos

Para llevar a cabo el proyecto es necesario de incurrir es costos de equipamiento e infraestructura. A continuación se muestra la lista de costos de inversión:

TABLA 3.8-9. INVERSIÓN PARA VERMICOMPOSTAJE

Inversión	Cantidad	Costo unitario (Ch\$)	Costo total (Ch\$)
Cierre perimetral			
Poste de pino impregnado	8	1.490	11.920
Malla 2 m de altura	130	2.190	284.700
Riego			
Mangueras 3/4"	1	46.990	46.990
Herramientas			
Palas	2	3.600	7.200
Rastrillo	1	6.590	6.590
Chuzo	1	12.200	12.200
Carretilla	1	18.670	18.670
Harnero	1	3.890	3.890
Infraestructura para implementación lechos			
Ladrillos	1500	120	180.000
Cemento	20	3.350	67.000
Malla Raschel	1	45.000	45.000
Vigas techo	4	7.460	29.840
Pilares	4	7.460	29.840
Mangueras aspersores	28	3.290	92.120
Aspersores	6	1.090	6.540
Infraestructura almacenamiento			
Bodega Container	1	1.590.000	1.590.000
Maquinaria			
Chipeadora	1	723.000	723.000
Elemento de protección personal (epp)	1	32478	32.478
Mano de obra construcción de lechos			400.000
Total Inversiones			3.587.978

Fuente: Elaboración propia

Los costos anuales incluyen mano de obra, agua, energía y la materia prima. La mano de obra se supone un trabajador a jornada completa. Para obtener el gasto mensual del suministro de agua potable, se considera un consumo aproximado de 38 m³ que equivale aproximadamente a \$30.000 mensuales. Para obtener el gasto por consumo eléctrico se considera un precio de \$112,58 el kWh. Luego, el sistema de regadío operará diariamente durante 6 horas aproximadamente para mantener húmedas a las lombrices, la carga de la batería de la chipeadora es ocasional. Por lo tanto, mensualmente se obtiene un consumo aproximando de \$24.000.

La materia prima necesarias para realizar el proceso son las lombrices, y el material orgánico para alimentarlas. La compra de lombriz se realiza una vez al año, en la temporada que se realiza la producción del humus, el costo es de \$13.800 para cada lecho de 2 metros cuadrados. El costo del material orgánico para alimentar a las lombrices es de \$700 por kilogramo, y la aplicación se realiza de 20 a 25 kilogramos por metro cuadrado cada 10 días, dado a que los lechos son de 2 metros cuadrados el costo para alimentar las lombrices es de \$84.000 mensual. Con los flujos ya obtenidos se procede a calcular el VAUE que equivale a \$3.647.990.

TABLA 3.8-10. FLUJO DE CAJA (CH\$) PARA EL VERMICOMPOSTAJE

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Inversión inicial	3587978								
Mano de obra		1389600	1389600	1389600	1389600	1389600	1389600	1389600	1389600
Costo fijos		648000	648000	648000	648000	648000	648000	648000	648000
Lombrices		27600	27600	27600	27600	27600	27600	27600	27600
Alimento lombriz		1008000	1008000	1008000	1008000	1008000	1008000	1008000	1008000
Valor salvamento									-29730
Flujo de caja	3587978	3073200	3073200	3073200	3073200	3073200	3073200	3073200	3043470

Fuente: Elaboración propia

En un kg de gusanos hay aproximadamente 4.000 gusanos, por lo cual en cada lecho se utilizan 500 gramos de gusanos. Considerando dos lechos de dos metros cuadrados existen en total 1 kg de gusanos, los cuales pueden tratar en entre 0,5 kg y 0,8 kg de residuos por día, lo que significa un total entre 182,5 kg y 292,0 kg de residuos al año. Una hectárea de cultivos puede generar distintas cantidades de desechos dependiendo del cultivo, así que tomaremos el supuesto de 3 ton/ha de desechos. En consecuencia, se requerirían entre 10 y 16 veces el proyecto analizado para tratar una hectárea de cultivos, es decir, el VAUE promedio de los costos para tratar una hectárea de desechos de cultivos sería \$47.423.865.

A pesar del alto valor del VAUE de los costos no hemos incorporado el valor de la venta del producto que se puede comercializar, que serían entre 1.500 kg y 2.400 kg de vermicompost, así en promedio se obtendrían unos 1.950 kg de vermicompost cuyo precio de venta a nivel nacional es de aproximadamente \$90 por kilo, disminuyendo un 35% este valor por empaque, costos de transporte, comercialización, entre otros, es posible determinar que los ingresos generados serían en promedio \$175.500 que ayudan a reducir el VAUE de los costos a \$47.248.365.

4.d) Reducción de Emisiones y Costo-efectividad

De acuerdo a factores de desechos agrícolas y factores de emisión proporcionados por la EPA, ajustando el nivel de desechos por hectáreas de acuerdo a la realidad de Chile (85% según CONAF, DICTUC 2007). Es posible determinar que en promedio para distintos tipos de cultivos por cada hectárea de rastrojo quemado se producen 0,017 toneladas de MP10. Por lo tanto, para el indicador de costo efectividad del vermicompostaje es \$2.779.315.588 por tonelada reducida de MP10, transformándose en la alternativa menos atractiva para reducir la contaminación por material particulado. Se concluye que para un pequeño agricultor realizar

esta técnica a pequeña escala bajo los supuestos utilizados, no parece atractiva la realización de vermicompostaje como método para reducir emisiones de MP10.

5. Compostaje en Pilas de Volteo

5.a) Descripción Técnica

El proceso de compostaje consiste en la descomposición biológica aeróbica, con alta presencia de oxígeno, de residuos orgánicos los cuales se someten bajo condiciones específicas de humedad, temperatura y ventilación para convertirse en abono. El compostaje es un proceso lento, pero que conserva la calidad del material residual de la agricultura.

La técnica de compostaje en pilas con volteo es uno de los sistemas más simples y viables económicamente, la técnica consiste en voltear las pilas de manera regular cada 6 a 10 días para homogeneizar la mezcla y su temperatura, durante un tiempo determinado que puede durar de tres meses a un año dependiendo si se realiza de forma manual o mecánica. El volteo se debe realizar cuando se alcanza una temperatura que varía entre los 45 °C y 65 °C dentro de la pila. Luego de cada volteo, la temperatura baja hasta los 10 °C aproximadamente, volviendo a subir en el caso que el proceso no haya llegado a su término. Esto se hace con el fin de aumentar la porosidad de la pila y la homogeneidad de los residuos.

Para realizar este proceso se necesitan tres requerimientos técnicos. Un volumen mínimo de residuos orgánicos que debe ser mayor que un metro cúbico. Un espacio físico que se encuentre en un lugar elevado del terreno para que tenga buen drenaje. No existe una superficie mínima o máxima, ya que esto depende de la cantidad de residuos orgánicos que se desea compostar. Un período de tres meses a un año para realizar el tratamiento completo de compostaje, el cual como se dijo anteriormente depende de la forma en que se realice el compostaje, de la cantidad de residuos y de la época del año en el que se lleve a cabo.

Una vez finalizado el proceso de compostaje en pilas con volteo se obtiene un volumen de producto equivalente al 50% aproximadamente del volumen original de residuos utilizados. Este producto obtenido se utiliza como abono orgánico para el suelo, con el fin de hacerlo más nutritivo y mejorar su estructura creando cavidades para aire, agua y lombrices, lo que provoca innecesaria la aplicación de fertilizantes u otros químicos, ya que el abono por si solo mejora el rendimiento de los suelos.

5.b) Requerimientos Técnicos y Económicos

Para el caso “Agricultor de subsistencia y pequeño agricultor” puede realizarse el compostaje en pilas con volteo, ya que no se requiere de una gran mecanización puesto que solo se debe disponer de:

- Carretilla
- Pala
- Horqueta para el volteo de las pilas (baja producción de residuos)
- Manguera para el riego de las pilas
- Hornero (puede construirse artesanalmente, se utiliza para el proceso final para separar el material compostado de las fracciones sin compostar).

En caso de tener resto de podas se debe disponer de una chipeadora doméstica de al menos 2 HP.

Para el caso “Agricultor mediano” si se desea aplicar a mayor escala se debe considerar adicional a los requerimientos previos un cargador frontal o volteadora (que permita mezclar y voltear las pilas). Para el caso “Agricultor grande” se debe disponer de un porcentaje de área del predio para poder establecer una zona de compostaje.

5.c) Valor Anual Uniforme Equivalente de los Costos

Para llevar a cabo el proyecto es necesario incurrir en costos de equipamiento e infraestructura. A continuación se muestra la lista de costos de inversión.

TABLA 3.8-11. INVERSIONES DE COMPOSTAJE

Inversiones	Costos (Ch\$)
Cierre perimetral (mano de obra, postes y alambrado)	870.968
Emparejamiento terreno (arriendo maquinaria y operario)	120.000
Mano de obra carpeta de cemento (4 albañiles)	5.040.000
Arena y cemento	1.178.600
Infraestructura Almacenamiento y pilas (bodega y mallas)	1.238.000
Cargador frontal	12.000.000
Chipeadora	5.500.000
Total	25.947.568

Fuente: Elaboración propia

Los costos operacionales anuales se presentan a continuación:

TABLA 3.8-12. COSTOS OPERACIONALES DE COMPOSTAJE

Ítem	Cantidad	Precio (Ch\$)	Total (Ch\$)
Total herramientas			379.020
Palas	4	3.600	14.400
Rastrillos	4	4.790	19.160
Chuzo	2	8.790	17.580
Carretillas	4	28.890	115.560
Harnero	4	5.190	20.760
Mangueras 3/4	200 m	630	126.000
Termómetro	2	8.800	17.600
Horquera	4	11.990	47.960
Total implementos			58.680
Guantes	4	650	2.600
Mascarillas	4	2.290	9.160
Antiparras	4	1.290	5.160
Casco	4	1.950	7.800
Zapatos de seguridad	4	8.490	33.960
Diesel para chipeadora y cargador frontal	31104 lt		19.595.520
Mano de Obra (jornada completa)	4	320.000	15.360.000
Agua	720 m ³	600	432.000
Total Costos Operacionales			35.825.220

Fuente: Elaboración propia

Para poder determinar el valor de salvamento se requiere del valor de mercado de la máquina actualmente y del valor de una máquina igual o parecida usada, además de los años de uso que lleva la máquina correspondiente.

Considerando los montos de inversión, costos de operación, y valor residual es posible construir un flujo de caja para el periodo de análisis. Luego de algunos cálculos utilizando una tasa de descuento relevante se puede obtener el Valor Anual Uniforme Equivalente de Ch\$ 39.260.952.

5.d) Reducción de Emisiones y Costo-efectividad

Si se considera un mediano o gran agricultor, por ejemplo con un área a explotar de 500 hectáreas de residuos de árboles frutales. Con los datos asociados a los desechos y factores de emisión de MP10 proporcionados por la EPA se puede estimar un potencial de reducción de 6,6 ton/MP10. Pero además, se podrían generar con el compostaje 750 ton de compost. A un precio de mercado aproximado de \$90 por kilo de compost, pero reduciendo este valor en un 35% por costos de transporte, comercialización, embalaje, entre otros, se traduce en \$43.875.000 de ingresos anuales, por lo cual los beneficios netos alcanzan un valor de

\$4.614.047, es decir, \$9.228 anuales por hectárea, pero además esta técnica permite la reducción de emisiones de MP10, generando una externalidad positiva sobre el medioambiente. Sin embargo, considerando los beneficios privados entregados por esta alternativa a la quema de rastrojos, y los montos de inversión requeridos, difícilmente un gran agricultor llevaría a cabo el proceso como una ampliación al giro de su negocio.

Resumen de Métodos Alternativos a la Quema de Desechos Agrícolas

A partir de los antecedentes previos es posible construir una tabla que resume las características de costos y reducción de emisiones de las alternativas para evitar las quemas de desechos agrícolas. Algunas alternativas propuestas pueden ser escalables a distintos tamaños de agricultores, lo que permitiría incluso construir un ranking de las menos costo-efectivas. La alternativa de compostaje en pilas de volteo podría generar incluso ingresos (costos negativos) en la medida que se venda el compost, sin embargo ganar a partir del compost aproximadamente 9 mil pesos por hectárea podría ser poco atractivo para la mayoría de los agricultores considerando las labores y actividades necesarias para producirlo y comercializarlo.

TABLA 3.8-13. ESPECIFICACIONES MÉTODOS ALTERNATIVOS A LA QUEMA DE DESECHOS AGRÍCOLAS

Indicador/Técnica	Incorporación de Rastrojos Agricultor Pequeño	Incorporación de Rastrojos Agricultor Mediano	Cero Labranza Gran Agricultor	Combustión de Biomasa	Vermicompostaje	Compostaje en Pilas de Volteo
Costo Anualizado (VAUE Ch\$)	1584920	14061200	443800	74166264	47248365	-4614000
Reducción Ton/año de MP10	0,240	2,400	0,024	10,640	0,017	6,600
Costo Anual Ch\$/ton MP10	6603833	5858833	18491667	6970514	2779315588	-699091

Fuente: Elaboración Propia

3.9 Objetivo 2: Identificar las medidas de reducción de emisiones incluidas en la estrategia de industrias y que se adecuan a la realidad de la zona.

De acuerdo al inventario de emisiones de Ambiosis (2009) se consideraron 174 fuentes industriales que corresponden a 40 calderas industriales, 33 grupos electrógenos, 29 calderas de calefacción, 1 proceso de producción de hierro y acero, 1 proceso de producción de cobre y bronce, además de 68 panaderías. La estimación total de emisiones de MP10 corresponde a 76,5 ton/año y 28,5 de MP2.5. Cabe destacar que de este total un 83,3% de las emisiones son de fuentes que utilizan leña y sus derivados como combustible.

A partir de estos datos se concluye que las emisiones de fuentes industriales representan solo un 5,2% del total de emisiones de MP10 y un 2,1% del total de emisiones de MP2.5 estimadas por el inventario de emisiones.

Por otro lado, se actualizó el inventario de emisiones de fuentes industriales y comerciales considerando las declaraciones de emisiones del D.S. N° 138/05 del MINSAL para el año 2012 para las comunas de Talca y Maule de la Región del Maule. Con esta información se actualizó el inventario de emisiones considerando la información de tipos de fuentes, combustibles, tasas de actividad, junto con el uso de factores de emisión para estimar las emisiones atmosféricas de MP10, MP2,5, CO, NO_x, SO_x, COV y NH₃. El listado de las fuentes incluidas en el inventario junto con los factores de emisión se muestra en el *Anexo I* del informe.

3.9.1 Fuentes estacionarias

De acuerdo a las declaraciones del D.S. N° 138/05, del Ministerio de Salud para el año 2012 se encontraron 208 fuentes activas para las comunas de Talca (194 fuentes) y Maule (14 fuentes). Las fuentes declaradas se clasificaron según la tipología de fuente cómo se muestra a continuación.

EL: Equipos Electrógenos
 CA: Calderas calentar agua
 PC: Procesos de Combustión
 IN: Calderas Igneotubular
 PA: Panaderías industriales

El detalle de la cantidad de tipos de fuentes estacionarias por comuna se muestra en la tabla siguiente:

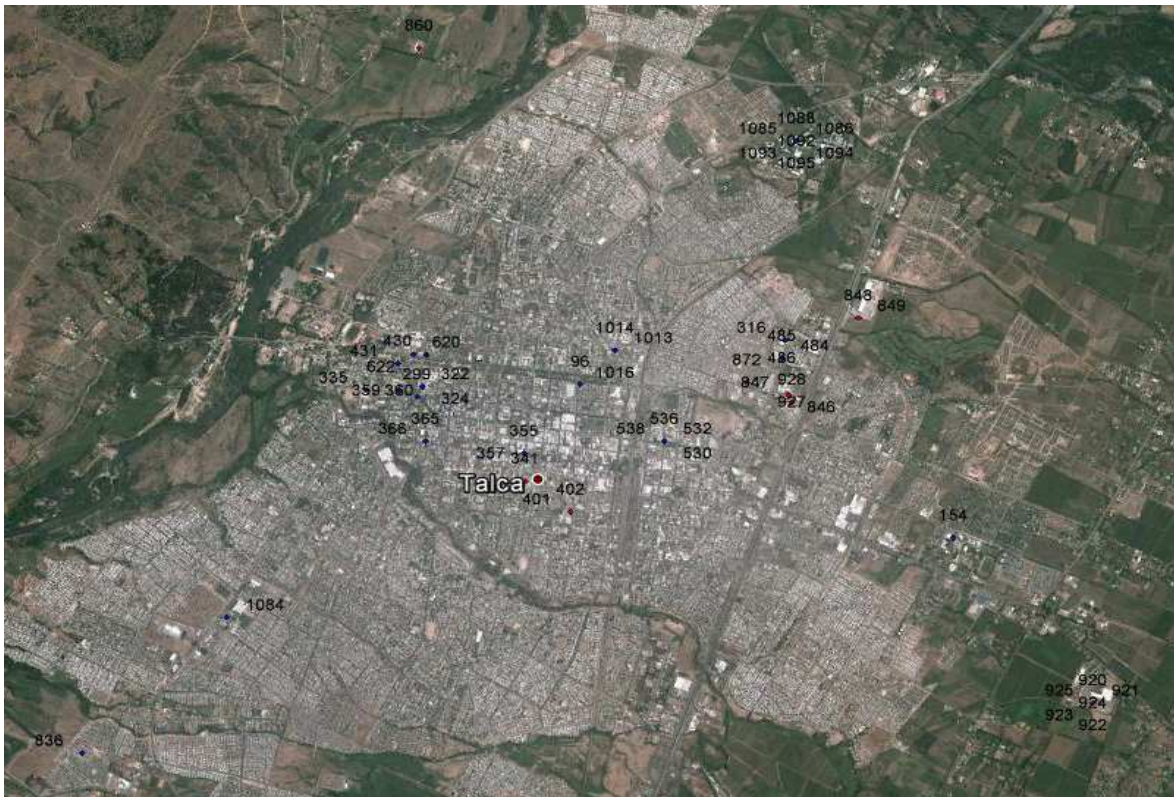
TABLA 3.9-1. NÚMERO Y TIPO DE FUENTES DE COMBUSTIÓN COMERCIAL E INDUSTRIAL PARA TALCA Y MAULE

Comuna	Número de fuentes según tipología					
	EL	CA	PC	IN	PA	Total
TALCA	80	50	4	31	29	194
MAULE	4	3	1	6	0	14
TOTAL	84	53	5	37	29	208

Fuente: Elaboración propia

Para el caso de las panaderías industriales (PA), estas corresponden principalmente a panaderías establecidas dentro de cadenas de supermercado y que utilizan como combustible GLP (gas licuado de petróleo) y petróleo diesel. Para el caso de las panaderías artesanales que no se consideraban en este registro del D.S. N° 138/05, se levantó información del consumo de combustible mediante la aplicación de un cuestionario a 10 panaderías artesanales establecidas en la ciudad de Talca y luego se extrapoló al resto de las panaderías.

La distribución espacial (geográfica) de las fuentes industriales dentro de la comuna de Talca se muestra en las figuras siguientes agrupadas por tipos de fuentes, calderas y panaderías. Como se puede apreciar muchas de las calderas industriales se ubican dentro del radio urbano de la ciudad y están asociadas a industrias y/o actividades comerciales que operan en Talca. Esto también se puede apreciar en cuanto a la distribución de los hornos de panadería industrial localizados en la comuna de Talca como se muestra en la figura siguiente.



Fuente: Elaboración propia con imagen de Google Earth

FIGURA 3.9-1. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS CALDERAS DENTRO DE LA COMUNA DE TALCA



Fuente: Elaboración propia con imagen de Google Earth

FIGURA 3.9-2. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS PANADERÍAS INDUSTRIALES DENTRO DE LA COMUNA DE TALCA

Por otro lado la cantidad de fuentes de combustión agrupadas por tipo de combustible se muestran en la Tabla 3.9-2. en ella al igual que en la tabla anterior se puede que la mayor cantidad de fuentes industriales y/o comerciales utilizan como combustible gas licuado y petróleo diesel para los procesos de combustión tanto en equipos eléctrico (EL), hornos panaderos (PA) y calderas para calentar agua (CA), mientras que las calderas industriales para generar vapor de tipo igneotubular (IN) utilizan principalmente combustibles como carbón mineral y biomasa vegetal (aserrín, viruta, chips, etc).

TABLA 3.9-2. NÚMERO DE FUENTES DE COMBUSTIÓN INDUSTRIALES Y/O COMERCIALES POR TIPO DE COMBUSTIBLE PARA TALCA Y MAULE

Tipo combustible	CA	EL	IN	PA	PC	Total
Biomasa vegetal	7	0	12	0	0	19
Carbón	0	0	9	0	0	9
Gas Licuado	25	0	4	28	4	61
Leña	4	0	0	0	0	4
Petróleo N 2 (Diesel)	17	82	2	1	0	102
Petróleo N 5	0	0	5	0	0	5
Petróleo N 6	0	2	5	0	1	8
Total	53	84	37	29	5	208

Fuente: Elaboración propia

Del total de fuentes industriales, el 11,1% de las fuentes (23 fuentes) utiliza leña y/o biomasa como combustible, principalmente en caldera para calentar agua (CA) y/o generar vapor (IN). El total de combustible utilizado por tipología de equipo, y según comuna se muestra en las tablas siguientes. Como se puede apreciar el consumo total de leña en fuentes industriales y comerciales corresponde a 5.393 ton/año la cual es utilizada en calderas. Con respecto al consumo de biomasa vegetal en forma de aserrín, viruta y/o restos de aserrío, existe un consumo declarado de 41.300 ton/año. Por tanto, se tiene un consumo total de biomasa vegetal de 46.693 ton/año.

Por otro lado las panaderías industriales (PA) que declaran sus actividades en el D.S. N°1 138/05 del MINSAL, utilizan gas licuado en los hornos industriales y sólo corresponden a actividades comerciales ubicadas en la comuna de Talca. En este estudio también se levantó información de consumo de energéticos de panaderías artesanales, mediante la aplicación de encuestas a comerciantes de este rubro, a través del contacto realizado con la Asociación de Panaderos Industriales de Talca.

3.9.2 Estimación de las emisiones atmosféricas de las fuentes industriales y comerciales de las comunas Talca y Maule

En la Tabla 3.9-3 se presenta el resumen de las emisiones atmosféricas estimadas para Talca y Maule por tipo de fuente para el año 2012. Como se puede apreciar, el total de las emisiones atmosféricas de MP10 y MP2,5 estimadas para las fuentes industriales y comerciales que declaran el D.S. N° 138/05 son 187,75 ton/año y 134,22 ton/año, respectivamente.

TABLA 3.9-3. RESUMEN DE LAS EMISIONES ATMOSFÉRICAS DE LAS FUENTES INDUSTRIALES Y COMERCIALES PARA LAS COMUNAS TALCA Y MAULE

Emisiones atmosféricas (ton/año)							
Talca	MP10	MP2.5	NOx	CO	COV	NH ₃	SOx
CA	33,46	28,23	9,66	80,06	1,31	12,94	0,88
EL	7,11	1,71	201,93	43,61	16,03	0,36	10,71
IN	78,40	55,44	74,66	146,28	5,17	26,11	462,87
PA	0,04	0,04	1,11	0,23	0,04	0,01	0,00
PC	0,02	0,02	0,59	0,10	0,01	0,01	0,04
Subtotal	119,03	85,45	287,94	270,29	22,56	39,43	474,51
Emisiones atmosféricas (ton/año)							
Maule	MP10	MP2.5	NOx	CO	COV	NH ₃	SOx
CA	48,67	41,06	12,89	114,95	1,86	18,60	1,00
EL	0,24	0,06	6,86	1,48	0,54	0,01	0,36
IN	19,35	7,32	24,51	19,61	0,20	5,63	360,17
PA	-	-	-	-	-	-	-
PC	0,45	0,33	2,38	0,21	0,21	0,04	8,33
Subtotal	68,72	48,77	46,65	136,25	2,82	24,28	369,86
Total	187,75	134,22	334,59	406,54	25,37	63,71	844,37

Fuente: Elaboración propia

El aporte total de emisiones de las fuentes industriales y comerciales estimadas a través de las declaraciones del D.S. N° 138/05 del MINSAL del año 2012, son comparables con las estimaciones realizadas en el inventario de emisiones desarrollado para Talca con base año 2006 (AMBIOSIS, 2009).

TABLA 3.9-4. RESUMEN INVENTARIO DE EMISIONES, FUENTES INDUSTRIALES DE TALCA, AÑO BASE 2006

Emisiones atmosféricas (ton/año)							
Categoría de Fuente	MP10	MP2,5	CO	NOx	COV	SOx	NH ₃
Fijas combustión	68,97	26,72	439,07	147,37	8,06	398,37	71,52
Fijas procesos+evap	7,56	1,81	32,43	6,72	0,57	2,22	5,18
Total	76,56	28,53	471,50	154,42	8,63	400,59	76,7

Fuente: Adaptado de CONAMA VII Región-AMBIOSIS (2009)

Al comparar las emisiones de MP10 y MP2,5 entre el inventario de emisiones con base al año 2006 y las estimaciones realizadas para el año 2012, se observa un crecimiento de un 4,9% y 89,2% para las emisiones de MP10 y MP2,5, respectivamente. Como se observa, el mayor aporte de las emisiones de material particulado, tanto en su fracción respirable, MP10, como en su fracción fina, MP2,5 proviene de procesos de combustión tanto en calderas de vapor (IN) o para agua caliente (CA). Sin embargo, al considerar las emisiones de MP10 y MP2,5 según el tipo de combustible el mayor aporte de emisión de estos contaminantes del aire proviene del uso de biomasa forestal y carbón mineral como combustible como se observa en la siguientes tablas.

TABLA 3.9-5. RESUMEN DE LAS EMISIONES ATMOSFÉRICAS DE MP10 SEGÚN TIPO DE COMBUSTIBLE PARA LAS FUENTES INDUSTRIALES Y COMERCIALES DE LAS COMUNAS TALCA Y MAULE

Talca	Emisiones atmosféricas MP10 (ton/año)					Subtotal
	CA	EL	IN	PA	PC	
Biomasa vegetal	33,42		51,98			85,41
Carbón			18,37			18,37
GLP	0,02		0,01	0,04	0,02	0,10
Petróleo N2	0,01	7,10	0,14			7,26
Petróleo N5			1,85			1,85
Petróleo N6		0,01	6,04			6,05
Subtotal	33,46	7,11	78,40	0,04	0,02	119,03
Maule	CA	EL	IN	PA	PC	Subtotal
Biomasa vegetal	48,66					48,66
Carbón			19,35			19,35
GLP			0,00			0,00
Petróleo N2	0,01	0,24				0,25
Petróleo N5						
Petróleo N6					0,45	0,45
Subtotal	48,67	0,24	19,35		0,45	68,72

Fuente: Elaboración propia

TABLA 3.9-6. RESUMEN DE LAS EMISIONES ATMOSFÉRICAS DE MP2,5 SEGÚN TIPO DE COMBUSTIBLE PARA LAS FUENTES INDUSTRIALES Y COMERCIALES DE LAS COMUNAS TALCA Y MAULE

Talca	Emisiones atmosféricas MP2,5 (ton/año)					Subtotal
	CA	EL	IN	PA	PC	
Biomasa vegetal	28,20	0,00	43,86	0,00	0,00	72,06
Carbón			6,95			6,95
GLP	0,02		0,01	0,04	0,02	0,10
Petróleo N2	0,00	1,71	0,03			1,75
Petróleo N5			1,35			1,35
Petróleo N6		0,00	3,24			3,24
Subtotal	28,23	1,71	55,44	0,04	0,02	85,45
Maule	CA	EL	IN	PA	PC	Subtotal
Biomasa vegetal	41,06					41,06
Carbón			7,32			7,32
GLP			0,00			0,00
Petróleo N2	0,00	0,06				0,06
Petróleo N5						
Petróleo N6					0,33	0,33
Subtotal	41,06	0,06	7,32		0,33	48,77

Fuente: Elaboración propia

Las emisiones atmosféricas de MP10 y MP2,5 de las fuentes industriales y comerciales provienen principalmente de 15 fuentes que emiten más de una tonelada de MP10 al año, entre ellas, empresas de alimentos, rubro forestal y agroindustrias. En total, estas 15 fuentes representan el 90,3% y 93,7% del total de las emisiones de MP10 y MP2,5. Estas emisiones corresponden a fuentes el tipo calderas para generar vapor y/o agua caliente y que utilizan como combustible, biomasa vegetal, carbón mineral y petróleo N°6.

Se pueden reducir las emisiones de material particulado de calderas industriales que utilizan carbón y/o biomasa vegetal mediante la utilización de tecnologías del tipo “fin de tubo”, las cuales consisten en filtros de manga, o bien precipitadores electrostáticos. Estos sistemas de control de emisiones de material particulado tienen eficiencias superiores al 95% para abatir (eliminar) las emisiones de material particulado. Por otro lado, se puede optar por el uso de combustibles más limpios, entre ellos el petróleo diesel, el gas licuado de petróleo (GLP) y el gas natural (GN).

TABLA 3.9-7. RESUMEN DE LAS EMISIONES ATMOSFÉRICAS DE MP10 Y MP2,5 PARA LAS 15 FUENTES INDUSTRIALES Y COMERCIALES CON MAYORES NIVELES DE EMISIÓN DE LAS COMUNAS TALCA Y MAULE

No	Empresa	Comuna	Descripción	Combustible	Emisiones (ton/año)	
					MP10	MP2,5
1	Venturelli	Maule	Caldera calefacción	Biomasa vegetal	48,66	41,06
2	Najle	Talca	Caldera Industrial	Biomasa vegetal	37,54	31,67
3	Agroindustrias Cepia S,A,	Talca	Caldera Industrial	Carbón	15,04	5,69
4	Forestal Rio Claro Limitada	Talca	Caldera calefacción	Biomasa vegetal	14,15	11,94
5	San Clemente Foods S,A,	Maule	Caldera Industrial	Carbón	11,59	4,38
6	Sociedad Maderera y Transportes 3 Volcanes	Talca	Caldera calefacción	Biomasa vegetal	9,69	8,17
7	Sociedad Maderera y Transportes 3 Volcanes	Talca	Caldera calefacción	Biomasa vegetal	7,92	6,68
8	San Clemente Foods S,A,	Maule	Caldera Industrial	Carbón	4,87	1,84
9	Productos Fernández S,A,	Talca	Caldera Industrial	Biomasa vegetal	4,39	3,71
10	Bionovo Chile Agroindustria Limitada	Talca	Caldera Industrial	Biomasa vegetal	3,88	3,28
11	Coca Cola Embonor S,A,	Talca	Caldera Industrial	Biomasa vegetal	3,88	3,27
12	Coexca S,A,	Maule	Caldera Industrial	Carbón	2,89	1,09
13	Sugal Chile Ltda,	Talca	Caldera Industrial	Carbón	1,83	0,69
14	Sugal Chile Ltda,	Talca	Caldera Industrial	Petróleo N6	1,60	1,17
15	Sugal Chile Ltda,	Talca	Caldera Industrial	Petróleo N6	1,60	1,17
SubTotal (ton/año)					169,53	125,81
Porcentaje (%) del total					90,30	93,73

Fuente: Elaboración propia

Considerando que la realidad de la zona de Talca y Maule refleja una pequeña participación de emisiones industriales y comerciales pero que se requiere que no aumente a través del tiempo se propone un sistema de compensación de emisiones que puede ser por un 100% de las nuevas fuentes de combustión o fugitivas. Pero también que las fuentes industriales existentes que utilizan leña y sus derivados como combustibles puedan reducir su aporte actual, para lo cual se sugiere poner una norma de emisión industrial para las fuentes existentes que las obligue a instalar alternativas de reducción de emisiones atmosféricas mediante la implementación de tecnologías de fin de tubo, y/o el uso de combustibles limpios. Las opciones de reducción de emisiones atmosféricas sería material de decisión técnica y económica por parte del titular de la empresa.

3.10 Objetivo 3: Identificar las medidas de reducción de emisiones incluidas en la estrategia de transporte y que se adecuan a la realidad de la zona.

Según los resultados del Estudio Pacin III (Investigación de instrumentos de planificación en ciudades intermedias) desarrollado por DICTUC (2007-2008) es posible concluir que las emisiones estimadas para Talca corresponden a 19 ton/año de MP10 con un parque vehicular estimado para el año 2005 de 27.895 unidades (87,9% vehículos livianos, 4,9% taxis colectivos, 2,3% buses, 3,8% camiones y 1,2% de motos). Por otro lado, según el inventario de emisiones de la comuna de Talca, desarrollado por Ambiosis (2009) y con año base 2006 las fuentes móviles generan emisiones atmosféricas de material particulado de 23,4 ton/año de MP10 y 22,4 ton/año de MP2.5. (Tabla 116, Ambiosis, 2008)

A partir de estos datos se concluye que las emisiones de fuentes móviles de la comuna de Talca representan solo un 2,2% del total de emisiones atmosféricas de MP10 y un 1,8% del total de emisiones de MP2.5 y un 2,9% y 2,7% de las emisiones de MP10 y MP2,5 de las comunas del área de influencia.

La actualización de las emisiones atmosféricas de las fuentes móviles de las comunas de Talca y Maule al año 2012 considerando el número de vehículos según información INE 2012. Se observó una tasa de crecimiento anual del parque automotriz de Talca de un 10,3%. Con esta información se calculó los porcentajes de vehículos según tecnología de acuerdo a los datos del inventario de emisiones y luego se aplicó un factor de emisiones de g/km recorrido considerando la metodología utilizada en el AGIES de la región Metropolitana, desarrollado por el DICTUC (2008). El resumen de las emisiones atmosféricas de las fuentes móviles de las comunas de Talca y Maule para el año 2012 se muestra en la tabla siguiente:

TABLA 3.10-1. EMISIONES ATMOSFÉRICAS ESCENARIO PARA EL 2012 DE FUENTES MÓVILES EN TALCA Y MAULE.

Comuna	MP10	MP2,5	CO	SO ₂	NOX	HCT
Talca	27,4	21,6	245,4	0,9	472,6	97,4
Maule	5,4	4,3	40,8	0,2	96,2	17,5
Total	32,8	25,9	286,2	1,1	568,7	114,9

Fuente: Elaboración propia en base a AGIES RM (2008)

Como se observa de los datos de la tabla, las emisiones totales de MP10 de las fuentes móviles de la comuna de Talca han experimentado un crecimiento de un 17,1 %. Sin embargo, las emisiones de material particulado fino (MP2,5) experimentaron una reducción de 3,5% en igual periodo. Esto se puede explicar con la incorporación de vehículos nuevos al parque automotriz y la salida de vehículos más antiguos.

Considerando que la realidad de la zona de Talca y Maule refleja una pequeña participación de emisiones móviles pero que por el aumento del parque vehicular y congestión pudiera crecer en el futuro se sugieren las siguientes medidas que se complementan con diversas normativas a nivel nacional cuyo objetivo es la reducción de emisiones de fuentes móviles a través de estándares más exigentes para los nuevos vehículos que ingresan al país. Recientemente entró en vigencia la norma Euro V para los vehículos motorizados con motores que utilizan petróleo diesel. Esta norma exige que los vehículos petroleros emitan menor

partículas (90% menos), respecto de las tecnologías que Euro 3 y Euro 4 actualmente vigente en nuestro país. La disminución de emisiones de esta tecnología se debe a una combinación de bajo contenido de azufre (15 ppm) el combustible (petróleo) y la incorporación de filtro de partículas, que atrapa y quema las emisiones de hollín de los motores diesel.

Dentro de las medidas específicas para la zona de Talca y Maule podemos mencionar la reducción progresiva de los niveles de azufre en los combustibles, esto con el fin de reducir la formación de partículas, la introducción de indicadores ambientales en futuras licitaciones del transporte público que favorezca una renovación del parque de buses de transporte urbano, así como también la creación de programas de recambio voluntario de camiones antiguos a través de fondos FNDR. Finalmente, se sugiere como programa complementario aumentar la fiscalización en las plantas de revisión técnica para evitar que vehículos que no cumplan con la actual normativa estén en circulación producto de revisiones técnicas fraudulentas. Las medidas asociadas a las fuentes móviles serán evaluadas en las próximas secciones del informe.

3.11 Objetivo 4: *Evaluar la factibilidad técnica y económica de la aplicación de las medidas de reducción de emisiones de material particulado necesarias para dar cumplimiento a la normativa vigente MP10 y MP2,5, identificadas en los objetivos anteriores.*

A partir de los antecedentes recopilados en los estudios desarrollados para la zona saturada de Talca y Maule se generó una revisión y clasificación de potenciales medidas de reducción material particulado y sus precursores para ser consideradas en el Anteproyecto de Plan de Descontaminación Atmosférico (PDA) de Talca y Maule.

Se estimó que las emisiones atmosféricas de MP10 y MP2,5 de las fuentes industriales y comerciales de Talca y Maule generan un aporte total de 187,75 ton/año y 134,22 ton/año, respectivamente. Las emisiones de material particulado provienen principalmente de 15 fuentes que emiten más de una tonelada de MP10 al año, entre ellas, empresas del rubro alimentos, forestal y agroindustrias. En total, estas fuentes representan el 90,3% y 92,9% del total de las emisiones totales de MP10 y MP2,5, según el inventario de emisiones actualizado al año 2012. Estas emisiones corresponden a fuentes del tipo calderas industriales para generar vapor y/o agua caliente y que utilizan como combustible, biomasa vegetal, carbón mineral y petróleo N°6.

Una estrategia para reducir las emisiones de material particulado (MP10 y MP2,5) de las calderas industriales que utilizan carbón y/o biomasa vegetal podría ser la exigencia de la implementación de tecnologías del tipo “fin de tubo” para abatir las material particulado atmosférico. Entre las opciones tecnológicas se encuentran, filtros de manga, precipitadores electrostáticos y sistemas de lavado de partículas (scrubber) de tipo Venturi. Estos equipos pueden alcanzar eficiencias superiores al 95% para abatir (atrapar) material particulado en un flujo de gases. Por otro lado, también se puede lograr reducir emisiones de material particulado atmosférico mediante el uso de combustibles limpios, entre ellos el gas licuado de petróleo (GLP), el gas natural (GN) y el petróleo diesel.

Considerando que las fuentes industriales y comerciales de la zona declarada saturada de las comunas de Talca y Maule tienen una menor participación (8,8% y 10,3% del total de MP10 y MP2,5) en el inventario de emisiones, y dado que se requiere que estas emisiones no aumenten a través del tiempo se propone un sistema de compensación de emisiones para las nuevas fuentes industriales que ingresan a la zona saturada.

Las fuentes industriales existentes que utilizan carbón, leña y sus derivados como combustibles podrían reducir su aporte actual. Para lo cual se sugiere establecer una norma de emisión a los equipos industriales que se encuentran operando dentro de la zona saturada, entre ellas calderas u hornos industriales. Esto obligaría a que las empresas deban implementar alternativas de reducción de emisiones atmosféricas mediante la implementación de tecnologías de fin de tubo, y/o el uso de combustibles limpios. Las opciones de reducción de emisiones atmosféricas sería material de decisión técnica y económica por parte del titular de la empresa.

Por otro lado, las emisiones de MP10 y MP2,5 provenientes de los tubos de escape de las fuentes móviles de las comunas de Talca y Maule, representan solo un 2,2% y 1,8% del total de emisiones atmosféricas. Sin embargo, las emisiones de polvo fugitivo producto del desplazamiento de los vehículos en las calles sin pavimentar representan 38,1% del total de las

emisiones de MP10. Considerando que las comunas de Talca y Maule tienen un bajo aporte de material particulado provenientes de los gases de escape de los vehículos que se desplazan en las calles, y dado que el principal aporte de material particulado proviene de las emisiones fugitivas de polvo de las calles sin pavimentar (fracción gruesa $2,5 \mu\text{m} < \text{MP} < 10 \mu\text{m}$) se sugieren considerar complementar el PDA con normativas, medidas y programas de incentivo existentes a nivel nacional. Cabe señalar, que recientemente entró en vigencia de la norma Euro V para los vehículos motorizados con motores Diesel lo que representa una reducción importante de las emisiones de material particulado fino desde el tubo de escape.

Dentro de las medidas orientadas a las fuentes móviles para la zona de Talca y Maule se puede mencionar la introducción de indicadores ambientales en futuras licitaciones del transporte público que favorezca una renovación del parque de buses y colectivos de transporte urbano, así como también la creación de programas de recambio voluntario de camiones antiguos a través de fondos FNDR. Otra medida con el potencial de reducción de emisiones de MP10 es la pavimentación de calles mediante la priorización de proyectos por parte del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, o a través de su Programa de Pavimentos participativos. También existen fondos de desarrollo regional por lo cual se podría generar una priorización de estos fondos para comunas que pertenezcan a la zona saturada.

En consecuencia, según este análisis se diferencian medidas con potencial de reducción, instrumentos económicos y programas complementarios. Particularmente, las medidas con potencial de reducción debiesen permitir una reducción considerable de emisiones de material particulado respirable tanto en su fracción MP10, como MP2,5, y además, debiesen cumplir con las características de ser realizables en el largo plazo, verificables, fiscalizables y tener un fundamento económico desde el punto de vista de beneficio-costos.

3.11.1 Medidas con Potencial de Reducción de Emisiones de material particulado

En esta sección se describen detalladamente cada una de las medidas con potencial de reducción de emisiones de material particulado para las comunas de Talca y Maule. En la tabla siguiente se incluye una descripción breve de la medida y las actividades y tipos de contaminantes que se ven afectados.

TABLA 3.11-1. RESUMEN DE MEDIDAS PROPUESTAS PARA EL ANTEPROYECTO DEL PDA DE TALCA Y MAULE

N°	Nombre	Descripción	Actividad y Contaminantes Afectados
1	NEQUIPOS	Exigencia en el cumplimiento de norma de emisión (D.S. No 39/2011) para calefactores nuevos de combustión a leña.	<p>Actividad: residencial</p> <p>Contaminantes: MP10, MP2,5, SO₂, CO y COV</p> <p>Potencial máximo de reducción: 4,4% de total MP10 y 6,2% de total MP2,5</p> <p>Organismo responsable: <i>Implementación:</i> Seremi MMA <i>Coordinación:</i> Seremi MMA <i>Fiscalización:</i> - Municipalidades de Talca y Maule - Esta norma la fiscaliza la SEC Art. 5° DS 39/2011 y Ley 18.410 Art. 3°</p>
2	RLEÑA	Regular el mercado de la leña en las zonas circundantes a las comunas de Talca y Maule para dar cumplimiento a la NCh 2907 del INN (leña seca) y dar cumplimiento a la ordenanza de leña para la comuna de Talca.	<p>Actividad: residencial, comerciantes y productores de leña</p> <p>Contaminantes: MP10, MP2,5, CO y COV</p> <p>Potencial máximo de reducción: 2,5% de total MP10 y 5,6% de total MP2,5</p> <p>Organismo responsable: <i>Implementación:</i> Municipalidad de Talca y Maule <i>Coordinación:</i> Seremi de MMA <i>Fiscalización:</i> - Seremi de Salud - Carabineros, y SII - CONAF. - Se sugiere la SEC.</p>
3	CEQUIPOS	Recambio de calefactores a leña antiguos por nuevos equipos más limpios de parte del Estado. Se evaluarán equipos que cumplen con el D.S.N° 39/2011 vs equipos a pellets.	<p>Actividad: residencial</p> <p>Contaminantes: MP10, MP2,5, CO y COV</p> <p>Potencial máximo de reducción: 19,4% de total MP10 y 27,6% de total MP2,5</p> <p>Organismo responsable: <i>Implementación y coordinación:</i> Seremi MMA <i>Fiscalización:</i> Esta norma la fiscaliza la SEC Art. 5° DS 39/2011 y Ley 18.410 Art. 3 <i>Financiamiento:</i> FNDR</p>

CONTINUACIÓN TABLA 3.11-1 ...

N°	Nombre	Descripción	Actividad y Contaminantes Afectados
4	PCHIMENEAS	Prohibición de uso de chimeneas abiertas en zona urbana.	<p>Actividad: residencial</p> <p>Contaminantes: MP10, MP2,5, SO₂, CO y COV</p> <p>Potencial máximo de reducción: 0,6% de total MP10 y 0,7% de total MP2,5</p> <p>Organismo responsable: <i>Implementación y coordinación:</i> Seremi MMA <i>Fiscalización:</i> Seremi Salud - Inspectores municipales - Superintendencia del Medio Ambiente (SMA) - Denuncias ciudadanas</p>
5	CONGEQUIPOS	Se prohíbe la comercialización e instalación de nuevos calefactores a biomasa a menos que sean equipos a pellets.	<p>Actividad: residencial</p> <p>Contaminantes: MP10, MP2,5, SO₂, CO y COV</p> <p>Potencial máximo de reducción: 0,7% de total MP10 y 1,0% de total MP2,5</p> <p>Organismo responsable: <i>Implementación y coordinación:</i> Seremi MMA <i>Fiscalización:</i> Seremi Salud - SMA</p>
6	PROHIBLEÑA	Restricción de uso para todo artefacto a leña en cualquier episodio crítico de contaminación por MP2,5. - Emergencia: Restricción total a partir del año inicial del PDA - Preemergencia: Restricción total a partir del 3er año del PDA	<p>Actividad: residencial</p> <p>Contaminantes: MP10, MP2,5, SO₂, CO y COV</p> <p>Potencial máximo de reducción: 3,0% de total MP10 y 4,2% de total MP2,5</p> <p>Organismo responsable: <i>Implementación y coordinación:</i> Seremi MMA <i>Fiscalización:</i> Seremi Salud - SMA</p>

CONTINUACIÓN TABLA 3.11-1 ...

N°	Nombre	Descripción	Actividad y Contaminantes Afectados
7	TERMICOVIV	Mejoramiento térmico de las viviendas nuevas y existentes.	<p>Actividad: residencial</p> <p>Contaminantes: MP10, MP2,5, SO₂, CO y COV</p> <p>Potencial máximo de reducción: 2,8% y 2,4% de total MP10 y 4,0% y 3,7% de total MP2,5, para existentes y nuevas, respectivamente.</p> <p>Organismo responsable: <i>Implementación y coordinación:</i> Seremi MINVU <i>Fiscalización:</i> - SMA</p>
8	TERMICOPLUS	Elevar el estándar de aislación térmica para nuevos proyectos inmobiliarios por sobre los requerimientos actuales como medida de compensación de los nuevos proyectos inmobiliarios.	<p>Actividad: construcción</p> <p>Contaminantes: MP10 y MP2,5</p> <p>Potencial máximo de reducción: 0,3% de total MP10 y 0,5% de total MP2,5</p> <p>Organismo responsable: Seremi MINVU y Seremi MMA <i>Fiscalización:</i> - SMA</p>
9	NORMAIND	Establecimiento de límites de emisión para calderas y hornos industriales que se encuentran operando dentro de la zona declarada saturada	<p>Actividad: Industrial</p> <p>Contaminantes: MP10, MP2,5, NO_x y SO_x</p> <p>Potencial máximo de reducción: 6,0% de total MP10 y 6,4% de total MP2,5</p> <p>Organismo responsable: <i>Implementación:</i> Seremi MMA <i>Coordinación:</i> Seremi Salud <i>Fiscalización:</i> - SMA</p>
10	COMPEMIND	Las nuevas emisiones de MP deben ser compensadas en un 120%.	<p>Actividad: Industrial</p> <p>Contaminantes: MP10 y MP2,5</p> <p>Potencial máximo de reducción: 3,8% de total MP10 y 4,0% de total MP2,5</p> <p>Organismo responsable: <i>Implementación y Coordinación:</i> Seremi MMA <i>Fiscalización:</i> - SMA</p>

CONTINUACIÓN TABLA 3.11-1 ...

N°	Nombre	Descripción	Actividad y Contaminantes Afectados
11	EMINDFUG	Incorporación de medidas para reducir y minimizar emisiones fugitivas e implementar un programa de buenas prácticas de operación.	Actividad: Industrial Contaminantes: MP10 y MP2,5 Potencial máximo de reducción: ya incorporadas en COMPEMIND. Organismo responsable: <i>Implementación y Coordinación:</i> Seremi MMA <i>Fiscalización:</i> SMA
12	SUBSGAS	Subsidio al precio del gas, con el objetivo de reducir la penetración de la leña elevando su precio relativo por kilocaloría.	Actividad: residencial Contaminantes: MP10, MP2,5, SO ₂ , CO y COV Potencial máximo de reducción: 8,0% de total MP10 y 11,4% de total MP2,5 Organismo responsable: <i>Implementación:</i> Seremi MMA <i>Coordinación:</i> Seremi MMA y FNDR (financiamiento). <i>Fiscalización:</i> - SMA
13	SUBCALALT	Subsidio a equipos con tecnologías de combustión alternativas del tipo ERNC. Esta medida apunta a un programa piloto que puede eventualmente sustituir a CEQUIPOS si los equipos comercializados no pueden cumplir factores de emisión establecidos en el D.S.N° 39/2011.	Actividad: residencial Contaminantes: MP10, MP2,5, SO ₂ , CO y COV Potencial máximo de reducción: 1,6% de total MP10 y 2,3% de total MP2,5 Organismo responsable: Se sugiere y <i>Implementación y Coordinación:</i> Seremi MMA Financiamiento: FNDR <i>Fiscalización:</i> SMA (Se sugiere como organismo Subprogramado a la SEC)

CONTINUACIÓN TABLA 3.11-1 ...

N°	Nombre	Descripción	Actividad y Contaminantes Afectados
14	TRANSPUB	Establecimiento de condiciones mínimas para que buses presten servicio, incentivo para ingreso de buses con filtro de partículas-y/o norma Euro V.	<p>Actividad: transporte</p> <p>Contaminantes: MP10, MP2,5, SO₂, CO, NOX y NH₃</p> <p>Potencial máximo de reducción: 0,0% de total MP10 y 0,0% de total MP2,5</p> <p>Organismo responsable: <i>Implementación y coordinación:</i> Seremi Transporte <i>Fiscalización:</i> La Municipalidad al controlar los permisos de circulación / SMA.</p>
15	TRANSCARGA	Programa voluntario de retiro de camiones antiguos que carecen de sistemas de certificación de emisiones, a través de la utilización de distintos fondos públicos. Fiscalizar el cumplimiento de normativa que impide circulación de camiones con más de 28 años. Establecimiento de norma para camiones nuevos que cumplan con estándar Euro V o filtros de partículas.	<p>Actividad: transporte</p> <p>Contaminantes: MP10, MP2,5, SO_x, CO, NOX y NH₃</p> <p>Potencial máximo de reducción: 0,0% de total MP10 y 0,0% de total MP2,5</p> <p>Organismo responsable: <i>Implementación y coordinación:</i> Seremi Transporte <i>Fiscalización:</i> La Municipalidad al controlar los permisos de circulación /SMA</p>
16	PAVIMENFUG	Pavimentación de calles para evitar emisiones fugitivas de MP10	<p>Actividad: transporte</p> <p>Contaminantes: MP10 y MP2,5</p> <p>Potencial máximo de reducción: 20,9% de total MP10 y 3,1% de total MP2,5</p> <p>Organismo responsable: <i>Implementación y Coordinación:</i> MOP y el MINVU <i>Financiamiento:</i> FNDR <i>Fiscalización:</i> SMA</p>

CONTINUACIÓN TABLA 3.11-1 ...

N°	Nombre	Descripción	Actividad y Contaminantes Afectados
17	PQUEMAS	Prohibición de quemas agrícolas y forestales en toda la zona saturada	<p>Actividad: productores agrícolas</p> <p>Contaminantes: MP10, MP2,5, SO₂, CO, NOx y COV</p> <p>Potencial máximo de reducción: 4,5% de total MP10 y 5,5% de total MP2,5</p> <p>Organismo responsable: <i>Implementación:</i> SAG <i>Coordinación:</i> CONAF <i>Fiscalización:</i> CONAF y Carabineros de Chile/ SMA</p>
18	AREASVERDES	Elevar estándar de m ² de áreas verdes por habitante para nuevos proyectos inmobiliarios. Aumento y mantenimiento de áreas verdes públicas.	<p>Actividad: construcción y municipios</p> <p>Contaminantes: MP10 y MP2,5</p> <p>Potencial máximo de reducción: 1,0% de total MP10 y 0,1% de total MP2,5</p> <p>Organismo responsable: <i>Implementación:</i> MINVU <i>Coordinación:</i> Municipalidades <i>Fiscalización:</i> SMA <i>Financiamiento:</i> FNDR.</p>

Fuente: Elaboración Propia

Las 18 medidas de reducción de material particulado propuestas preliminarmente para el Anteproyecto del PDA de Talca y Maule poseen distintos potenciales de reducción de emisiones de MP10 y MP2,5 (posteriormente en el AGIES se incluye una medida adicional relativa al subsidio de equipos de calefacción basados en energías sustentables). Por tanto, es recomendable que los mayores esfuerzos en este estudio se centren en aquellas medidas con alto potencial de reducción que sea cuantificable claramente, con el fin de alcanzar los objetivos de concentraciones ambientales. Además, es necesario identificar y cuantificar económicamente las medidas que modifiquen el escenario base temporal de estimación de emisiones, es decir, identificar aquellas medidas cuya reducción de emisiones sean atribuibles al Plan de Descontaminación y no aquellas que corresponden a normativas implementadas a nivel nacional. En este último caso, lo que se modifica es el escenario base temporal de emisiones, pero sus costos o beneficios no son atribuibles al PDA.

Las medidas a priorizar en este estudio para su evaluación dado el potencial de reducción de emisiones son: RLEÑA, CEQUIPOS⁴⁸, PCHIMENEAS, CONGEQUIPOS,

⁴⁸ El aporte del recambio de calefactores es altamente dependiente a que los equipos nuevos cumplan con los factores de emisión en condiciones normales de operación. Si este no es el caso se deberían priorizar medidas de recambio alternativas. Por lo anterior, se sugiere un programa piloto de recambio por tecnologías alternativas en la medida SUBCALALT.

PROHIBLEÑA, TERMICOVIV, TERMICOPLUS, SUBSGAS, SUBCALALT, NORMAIND, COMPEMIND y PQUEMAS. El aporte de cada medida a la reducción de MP2,5 y MP10, pero ordenadas según el aporte de emisiones para el primer contaminante se presenta en la siguiente tabla.

TABLA 3.11-2. MEDIDAS A PRIORIZAR SEGÚN EN RELACIÓN A SU POTENCIAL DE REDUCCIÓN DE EMISIONES EN EL ESCENARIO MÁS AGRESIVO

Medida	% Reducción	
	MP2.5	MP10
CEQUIPOS	27,6	19,4
SUBSGAS	11,4	8,0
NORMAIND	6,4	6,0
NEQUIPOS	6,2	4,4
RLEÑA	5,6	2,5
PQUEMAS	5,5	4,5
PROHIBLEÑA	4,2	3,0
COMPEMIND	4,0	3,8
TERMICO ANTIG	4,0	2,8
TERMICO NUEVA	3,7	2,4
PAVIMENFUG	3,1	20,9
SUBCALEFALT	2,3	1,6
CONGEQUIPOS	1,0	0,7
PCHIMENEAS	0,7	0,6
TERMICOPLUS	0,5	0,3
AREAVERD	0,1	1,0
TRANSCARGA	0,0	0,0
TRANSPUB	0,0	0,0

Fuente: Elaboración Propia

Las medidas que no serán evaluadas económicamente por ser independientes del PDA, en el sentido que están vinculadas a normativas a nivel nacional y por lo tanto sus costos y beneficios no son atribuibles al Plan corresponden a NEQUIPOS, TRANSPUB, y TRANSCARGA. No obstante, dada su importancia en el cambio de las emisiones del escenario base en su perspectiva temporal, sí se considera la disminución de emisiones atmosféricas asociada a estas medidas. Adicionalmente, existen otras tres medidas (EMINDFUG, PAVIMENFUG, y AREASVERDES) que en estudios previos realizados en otras zonas con similares problemas de calidad del aire (Rancagua, Chillán y Chillán Viejo) han mostrado ser poco costo-efectivas debido al alto costo por tonelada reducida de MP10, de difícil cuantificación en cuanto al aporte real en reducción, pero que de todas formas se cuantificará su aporte en la zona de estudio.

A continuación se presenta una clasificación de las medidas propuestas según el tipo de fuente emisora.

TABLA 3.11-3. CLASIFICACIÓN DE MEDIDAS PROPUESTAS POR FUENTE PARA EL ANTEPROYECTO DEL PDA DE TALCA Y MAULE

Fuentes	Sub-Categoría	Medidas Propuestas
Quema de leña-biomasa	Calefacción residencial leña	NEQUIPOS RLEÑA CEQUIPOS PCHIMENEAS CONGEQUIPOS PROHIBLEÑA TERMICOVIV TERMICOPLUS SUBSGAS SUBCALALT
	Quemas agrícolas e incendios forestales	PQUEMAS
Fuentes Fijas	Combustión	NORMAIND COMPEMIND
	Procesos	EMINDFUG COMPEMIND
Fuentes Móviles	Buses	TRANSPUB
	Camiones	TRANSCARGA
Otras Fuentes de Área	Caminos sin Pavimentar Áreas verdes	PAVIMENFUG AREASVERDES

Fuente: Elaboración Propia

3.11.2 Supuestos de Ordenamiento para la Aplicación de las Medidas Propuestas

En cualquier evaluación económica es muy importante establecer adecuadamente los diversos escenarios alternativos (medidas aplicadas en el plan) así como también el escenario base (Business as usual). Esto requiere que los cambios en el escenario base generados por diversas medidas que ocurren al mismo tiempo, sean aditivas, en el sentido que uno pueda ir estableciendo un orden de aplicación de tal forma que cada medida adicional aplicada vaya modificando el escenario anterior. Esto es importante, porque combinar medidas que son dependientes unas de otras, se puede interpretar matemáticamente como un problema de sistemas de ecuaciones con variables desconocidas y endógenas, pero con más incógnitas que ecuaciones, lo cual se traduce en que existen infinitas soluciones posibles.

Para entender lo anterior, a modo de ejemplo, si hubieran solo tres medidas CEQUIPOS, RLEÑA y TERMICOVIV. Se podría asumir que se cambian Y% equipos, pero el cambio de equipos disminuye el consumo de leña en X%, lo cual si existe un Z% de casas aisladas, pero a su vez si la casa está aislada se podría reducir el consumo de leña o tal como muestran los resultados de este estudio los hogares podrían consumir lo mismo porque la temperatura original no estaba en el nivel de confort, así que el consumo de leña se modifica en W%. En este sencillo ejemplo se establecen que existen solo tres ecuaciones de comportamiento

(CEQUIPOS, RLEÑA y TERMICOVIV), pero que existen 4 incógnitas (Y%, X%, Z% y W%)⁴⁹. Por lo cual, existen infinitas soluciones para tres variables, dado el valor de una. Esto significa que necesariamente se debe asumir un valor de algunas variables y establecer un ordenamiento, para encontrar una solución al problema.

Por lo anterior, el procedimiento utilizado en este estudio es establecer un orden de aplicación de las medidas permitiendo una interacción de las medidas, pero logrando que cada medida sea aditiva, esto último es muy importante, para no doble contabilizar los beneficios de una medida (por ejemplo, no contabilizar varias veces el efecto de la aislación).

El ordenamiento utilizado e interacción de las medidas es el siguiente:

- Primero, se incluye la medida NEQUIPOS que es independiente de las otras (si se incluyera menor contenido de humedad de la leña se estaría doble contabilizando la reducción de RLEÑA).
- Segundo, se incluye la medida de CEQUIPOS, esta medida interactúa con TERMICOVIV antigua (si se incluyera menor contenido de humedad de la leña se estaría doble contabilizando la reducción de RLEÑA).
- Tercero, se incluye la medida PCHIMENEAS que es independiente de las otras.
- Cuarto, se incluye la medida RLEÑA.
- Quinto, se incluye la medida TERMICOVIV antigua, la cual depende del número de equipos cambiado cada año establecido en CEQUIPOS, y de la disminución en el consumo de leña húmeda de acuerdo a RLEÑA.
- Sexto, se incluye la medida TERMICOVIV nueva.
- Séptimo, se incluye la medida CONGEQUIPOS que analiza el diferencial entre emisiones con DS39 vs pellets de los equipos nuevos que ingresen al parque de acuerdo a NEQUIPOS.
- Octavo, se incluye la medida PROHIBLEÑA que toma a partir del escenario de la caída en los factores de emisión promedio a partir del cambio en la composición de equipos y humedad de la leña.
- Noveno, se incluye la medida COMPEMIND que es una medida industrial independiente de las anteriores, que regula el incremento natural de las emisiones industriales.
- Décimo, se incluye la medida, NORMAIND que regula las emisiones existentes, por lo cual es independiente de la medida anterior.
- Décimo primero, se incluye la medida, EMINDFUG cuya reducción de nuevas emisiones ya están incluidas en COMPEMIND.
- Décimo segundo, se incluye la medida PQUEMAS que es aplicada a los agricultores y es independiente de las medidas previas.
- Décimo tercero, se incluye la medida PAVIMENFUG que es aplicada a los caminos sin pavimentar y es independiente de las medidas previas.
- Décimo cuarto, se incluye la medida TRANSPUB que es aplicada a los buses y es independiente de las medidas previas.
- Décimo quinto, se incluye la medida TRANSCARGA que es aplicada a los camiones y es independiente de las medidas previas.

⁴⁹ Como si esto no fuera suficiente uno podría imaginar que el problema se vuelve más complejo al modificarse el consumo de leña, ya que también se vuelve a modificar el porcentaje de leña húmeda utilizada.

- Décimo sexto, se incluye la medida AREASVERDES que es aplicada a los camiones y es independiente de las medidas previas.
- Décimo séptimo, se incluye la medida SUBGAS que es aplicada sobre el escenario de la caída en los factores de emisión promedio a partir del cambio en la composición de equipos y humedad de la leña.
- Décimo octavo, se incluye la medida de SUBCALALT que es aplicada sobre el escenario de la caída en los factores de emisión promedio a partir del cambio en la composición de equipos y humedad de la leña.

En el caso de las dos últimas medidas no sería posible discriminar sobre cual medida es más conveniente en términos económicos si se estableciera un orden de aplicación, ya que se disminuirían los beneficios en términos de reducción de emisiones a la medida que se incluya posteriormente, por lo cual se decidió analizar como independientes a partir del cambio en los factores de emisión promedio a partir del cambio en la composición de equipos y humedad de la leña.

3.11.3 Instrumentos Económicos Preliminares el Anteproyecto del PDA de Talca y Maule

Bajo los antecedentes levantados en los estudios se identifican algunas propuestas que pueden ser interpretadas como instrumentos económicos para el Anteproyecto del PDA de Talca y Maule. Estas medidas apuntan a incentivos para el recambio de calefactores a leña para las viviendas, desarrollo de centros de acopio, y secado de leña, infraestructura y regularización de productores de leña, regulación de las quemas agrícolas y programas de compensación de emisiones atmosféricas por parte de las nuevas fuentes industriales y/o nuevos proyectos inmobiliarios. A continuación se describen cada una de las propuestas para el Anteproyecto del plan:

- En el plazo desde doce meses de la publicación en el Diario Oficial del Plan de Descontaminación Atmosférico, en conjunto con los organismos competentes, habrá identificado y diseñado los instrumentos económicos más adecuados para fomentar el recambio de calefactores a leña existentes.
- En el plazo contado desde doce meses de la publicación en el Diario Oficial del Plan de Descontaminación Atmosférico, en conjunto con los organismos competentes, se diseñará y pondrá en marcha un programa de recambio de calefactores a leña existentes, que contendrá elementos para focalizar los instrumentos económicos diseñados, priorizar los beneficiarios e implementar un sistema de seguimiento del recambio. Dicho programa deberá contemplar un recambio de al menos 1.500 calefactores por año en el período de implementación del PDA.
- En el plazo de seis meses desde la publicación en el Diario Oficial del Plan de Descontaminación Atmosférico, definirá un procedimiento para incorporar el recambio de calefactores a leña como una alternativa para compensar emisiones de material particulado de proyectos con exigencias de compensación surgidas en el marco del SEIA. Así los proyectos que ingresen al SEIA deberán presentar dentro del plazo que establezca la respectiva resolución que califique ambientalmente el proyecto un programa de compensación de emisiones, que en todo caso no podrá ser superior a un

año contado desde la notificación de la misma.

- Transcurridos doce meses desde la publicación en el Diario Oficial del Plan de Descontaminación Atmosférico, se desarrollará un programa de fomento a la aplicación del subsidio a la incorporación de sistemas de calefacción basados en ERNC, en diversos tipos de viviendas.
- Transcurridos doce meses desde la publicación en el Diario Oficial del Plan de Descontaminación Atmosférico, la Secretaría Regional Ministerial del Medio Ambiente Región del Maule concretará acciones con los Municipios de la zona saturada y con otros diversos organismos, tales como, Consejo de Producción Limpia (CLP), SERCOTEC, CORFO y otras para generar y promover instrumentos de incentivo para el desarrollo de centros de acopio y secado de leña, nuevas leñerías, mejoras y regularización del modelo de negocio del sector productor leñero de la zona, y en general, para crear de manera conjunta un programa de apoyo a la formalización, mejoramiento de infraestructura y condiciones de comercialización de los comerciantes de leña, a fin de mejorar y ordenar el comercio de la leña en las áreas urbanas de estas comunas.
- Los proyectos y/o actividades, y sus modificaciones, que deban someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental y que deban compensar sus emisiones, deberán presentar un Programa de Compensación de Emisiones (PCE) que contemple la estimación de sus emisiones por año, señalando el año y etapa (construcción, operación y abandono), las medidas de compensación que se proponen (la naturaleza de dichas fuentes y la forma en que se produce la compensación), y el cronograma que grafique el período de tiempo o plazo en que se harán efectivas.

Considerando todas las propuestas anteriores para el anteproyecto del plan y dada la situación particular de las zonas urbanas de las comunas de Talca y Maule (en la que las principales fuentes emisoras de MP10 y MP2,5 corresponden a hogares que utilizan artefactos de calefacción a leña) la recomendación es que los instrumentos económicos deberían apuntar a dos objetivos principales.

- Primero, modificar el comportamiento del gran número de pequeñas fuentes, como son los hogares que utilizan artefactos a leña. Este cambio puede ser conseguido mediante la incorporación de subsidios y/o créditos blandos para el recambio de artefactos antiguos por otros sistemas de calefacción limpios, entre ellos equipos que cumplan con la normativa de artefactos a leña, y sistemas de calefacción basados en ERNC y/o que utilicen combustibles limpios. Para ellos se deberá considerar subsidios y/o créditos blandos para el cambio a otras tecnologías de calefacción (pellets, bombas de calor, etc) y/o combustibles menos contaminantes (como gas, parafina o electricidad).
- Segundo, se debería lograr que las fuentes industriales y los proyectos inmobiliarios internalicen el costo ambiental de sus emisiones atmosféricas, a través de impuestos a las emisiones, compensaciones o bien dado ciertos estándares ambientales generar las facilidades para que las fuentes con menores costos de abatir sean aquellas que realicen los mayores esfuerzos de reducción, lo cual se puede lograr simplemente con un sistema de compensación de emisiones o bien con un mecanismo de mercado más

sofisticado como los permisos de emisión (o de concentraciones ambientales) transable.

Por lo anterior, recomendamos para el PDA evaluar los siguientes instrumentos económicos aplicables para la particularidad de la zona saturada de Talca y Maule, los cuales son:

Instrumento Económico Nº 1: instrumentos de incentivo a la renovación o cambio de artefactos a leña.

Un programa gubernamental que incluya algún tipo de subsidio parcial o total para la renovación o cambio de equipos a leña, acelerará el recambio tecnológico natural, sin embargo, es necesario determinar dadas las condiciones de variabilidad de la operación de los equipos a leña y el contenido de humedad de esta, si pudiese ser más eficiente para la reducción de emisiones permitir flexibilidad para cambiar un equipo que utilice leña por combustibles limpios y que genere menores emisiones de contaminantes del aire. Por ello, en el plazo de doce meses contados desde la publicación en el Diario Oficial del Plan, la Seremi del MMA desarrollará un estudio referido al diseño de detalle y un estudio de factibilidad técnico económica de un sistema de calefacción centralizada para conjuntos habitacionales (calefacción distrital) aplicable a las realidades de las comunas de Talca y Maule.

Instrumento Económico Nº 2: subsidio para cambio de combustible para calefacción

Básicamente, los principales motivos para la alta penetración de la leña en los hogares son la costumbre, la capacidad para calefaccionar y porque la leña es considerado un combustible económico y de fácil acceso. Dado que los agentes económicos responden a los incentivos basados en precios (aunque se puede discutir el grado en función de la elasticidad de la demanda) otro instrumento económico que debiese ser evaluado por las autoridades es subsidiar un combustible sustituto más limpio, como el gas, kerosene, pellet, y/o electricidad durante los meses de invierno. Por ello, en el plazo de doce meses contados desde la publicación en el Diario Oficial del Plan, la Seremi del MMA desarrollará un estudio referido al diseño de detalle, montos de subsidios requeridos y mecanismos de asignación que maximice la reducción de emisiones en las comunas de Talca y Maule, y además, gestionará los recursos a nivel del FNDR o a nivel central.

Instrumento Económico Nº 3: fortalecer y simplificar el sistema de compensación de emisiones

El alto atractivo que surge del sistema para compensar emisiones es que es menos costoso que regulaciones que especifiquen requerimientos tecnológicos, ya que los agentes regulados pueden escoger aquellas alternativas de reducción que sean más económicas dado un cierto nivel de emisiones a compensar. Este mecanismo para ser eficiente requiere que los costos de transacción sean bajos, por lo tanto, una simplificación del procedimiento para autorizar esta compensación, bases de datos con información de fuentes que deseen ser parte del sistema, entre otros esfuerzos, unidos a un nivel de fiscalización suficiente para el cumplimiento de las regulaciones, facilitará su utilización como instrumento económico. Por ello, en el plazo de seis meses contados desde la publicación en el Diario Oficial del Plan, la Seremi del MMA deberá tener implementado el diseño de mecanismos para los proyectos desarrollados en la zona saturada.

3.11.4 Programas Complementarios para el Anteproyecto del PDA de Talca y Maule

Dentro del marco de la elaboración del anteproyecto del PDA de Talca y Maule se propone considerar actividades o programas complementarios que sin tener un potencial de reducción de emisiones directo, permitiría facilitar alcanzar las metas de reducción propuestas. Los programas complementarios se detallan a continuación:

Programa Complementario N° 1: Monitoreo de emisiones atmosféricas del sector industrial

Las fuentes industriales y comerciales existentes y nuevas deberán realizar mediciones de las emisiones para material particulado (MP), dióxido de azufre (SO₂), óxidos de nitrógeno (NOx) y de otros parámetros de interés según las exigencias de la Tabla siguiente:

TABLA 3.11-4. EXIGENCIAS DE MONITOREO DEL ANTEPROYECTO DEL PDA DE TALCA Y MAULE

Potencia térmica	Exigencias de Monitoreo
< 3MWt	<ul style="list-style-type: none"> - Valores son indicativos, utilizables p.e. para efectos de compensaciones - Mínimo de 1 medición puntual al año. - Fuentes que demuestran usar combustibles limpios por más del 95% de sus horas de operación, se eximen de medir.
3 a < 25MWt	<ul style="list-style-type: none"> - Mínimo de 2 mediciones puntuales por año - Mínimo de 1 medición por año para fuentes que utilicen combustibles limpios
25 a < 50MWt	<ul style="list-style-type: none"> - Mínimo de 2 mediciones puntuales por año. - Mínimo de 1 medición por año para fuentes que utilicen combustibles limpios. - Valores norma y exigencia de monitoreo, aplican a fuentes que operen regularmente, más de un 75% de las horas del año.
≥ 50MWt	<ul style="list-style-type: none"> - Operen con combustibles sólidos o petróleos 5/6, en forma exclusiva o mezclas con otros combustibles más limpios, deberán implementar CEMS. - Fuentes que operen exclusivamente, es decir más de 95% del tiempo de operación, con combustibles limpios podrán optar por métodos continuos alternativos a los CEMS. A definir por protocolo casos de excepción.

Fuente: Elaboración propia

Programa Complementario N° 2: Registro del sector industrial

El objetivo del registro del sector industrial es facilitar el seguimiento de las fuentes existentes y nuevas en términos de sus emisiones y cumplimiento a las medidas del Plan. El registro que se implemente será operado por la SEREMI del Medio Ambiente.

La información base del registro del sector industrial se encuentra disponible en la declaración de emisiones exigida a través del D.S. N° 138/2005, del MINSAL. Sin embargo, la información base deberá ser complementada para los complejos industriales y extendidas a otras fuentes que hoy no tienen exigencia de reportar, por ejemplo fuentes emisoras relevantes

como producción de madera y productos derivados de la madera, hornos de panaderías a leña, u hornos ahumadores.

Programa Complementario Nº 3: Vigilancia de la calidad del aire y seguimiento de los parámetros meteorológicos

La vigilancia permanente de la calidad del aire permite a las autoridades tomar medidas oportunas para enfrentar los problemas de contaminación atmosférica e informar a la comunidad sobre la calidad del aire que se respira, hacer seguimiento de largo plazo de los impactos de las estrategias implementadas, el logro de las medidas y evaluar el impacto que la contaminación produce sobre la salud de las personas.

Actualmente, las comunas de Talca y Maule cuentan con 3 estaciones de monitoreo de calidad del aire (UC Maule, La Florida, Universidad de Talca) que reportan datos en línea de calidad del aire al Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire, SINCA (<http://sinca.mma.gob.cl>). Todas las estaciones de monitoreo de calidad del aire miden la fracción respirable y fina de material particulado, mientras que la estación La Florida registra otros parámetros como se observa en la siguiente tabla:

TABLA 3.11-5. PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AIRE MEDIDOS POR LAS ESTACIONES DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE LAS COMUNAS DE TALCA Y MAULE

Estación/ Parámetro	MP10	MP2,5	CO	NO	NO ₂	O ₃	SO ₂
U.C. Maule	X	X					
La Florida	X	X	X	X	X	X	X
Universidad de Talca	X	X					

Fuente: SINCA

Cada una de estas estaciones de monitoreo de calidad del aire cuentan con una estación meteorológica para registrar en línea los parámetros; presión atmosférica, humedad relativa, temperatura ambiente, dirección y velocidad del viento. Adicionalmente, la SEREMI de Medio Ambiente del Maule cuenta con equipos para caracterizar la distribución del tamaño de las partículas, entre ellos sistemas de impactadores de cascada.

Para mejorar, la gestión de la información generada en las estaciones y como una medida de poder evitar periodos críticos de calidad del aire se recomienda avanzar en la implementación de sistemas ya operativos como el descrito a continuación.

Por ejemplo, la Región Metropolitana ha utilizado modelos de pronóstico de calidad del aire desarrollados por Joseph Cassmassi entre los años 1997 y 1998. Este modelo fue mejorado y actualizado (Cassmassi 2.0) para ser implementado el año 2011.

Actualmente existe Convenio de Colaboración Técnica entre la Dirección Meteorológica de Chile y el Ministerio del Medio Ambiente con el fin de generar reportes oficiales sobre el Potencial Meteorológico de Contaminación Atmosférica (PMCA) y Pronóstico de Calidad del Aire para Material Particulado MP10 para la Región Metropolitana.

El objetivo de este convenio es generar los pronósticos meteorológicos y de calidad del aire, en los períodos establecidos en el PPDA de La región Metropolitana que sería entre 1° de

abril y el 31 de agosto de 2013. La Dirección Meteorológica de Chile trabajó en la implementación del modelo Cassmassi 2.0. Los resultados de las predicciones del modelo se remiten diariamente a la Seremi del Medio Ambiente de la región Metropolitana y al Departamento de Planes de Descontaminación del Ministerio del Medio Ambiente.

Un indicador relevante para la calidad del aire es el factor de ventilación o Índice de ventilación. Este factor se obtiene como el producto entre la altura de capa de mezcla y la velocidad del viento a nivel de la superficie. Tanto la velocidad del viento como la altura de la capa límite tiene incidencia en este índice, en particular durante periodos de invierno donde la altura de capa límite es menor debido a la menor incidencia de la radiación solar. Cabe señalar, que en las noches el índice de ventilación suele ser bajo debido a que se genera la capa estable (o nocturna) que solo alcanza unos pocos metros sobre la superficie y, además, la velocidad del viento tiende a disminuir considerablemente en el valle central de la región del Maule.

Para construir el indicador se puede medir la velocidad del viento en la superficie utilizando un anemómetro. La altura de capa límite puede ser determinada mediante equipos perfiladores (SODAR) que miden entre otros parámetros la temperatura de la atmósfera en función de la altura. En función de estas mediciones se puede determinar los puntos de inflexión de temperatura para establecer la altura de la capa de inversión térmica (capa de mezcla). También se puede lograr similares mediciones mediante el uso de radio sondas. Sin embargo, dado que se quiere anticipar cuales serán las condiciones de ventilación y, a través de ello, los niveles de calidad del aire (material particulado fino), se podrían utilizar pronósticos meteorológicos generados por la Dirección Meteorológica de Chile para la zona del valle central de la región del Maule con el fin de anticipar episodios críticos de calidad del aire en los meses de invierno tanto en las comunas de Talca y Maule, como en las de Curicó que también presentan problemas similares de calidad del aire.

En consecuencia, como la generación de estos pronósticos de ventilación requiere del procesamiento de información por profesionales especializados (meteorólogos) para obtener boletines diarios durante el periodo crítico del año en las comunas de Talca y Maule sería recomendable establecer un convenio con la Dirección Meteorológica de Chile para extender los pronósticos de ventilación a la Región del Maule.

Por otro lado, considerando que las variables externas a la zona circundante del PDA son fundamentales para la gestión de la calidad del aire, la SEREMI del Medio Ambiente de la región del Maule en conjunto con los organismos técnicos competentes, deberán gestionar los recursos presupuestarios que se requieran para la implementación de una red de monitoreo meteorológico regional que incluyan estaciones de background (línea de base regional), y un modelo de pronóstico de calidad del aire para evitar episodios críticos de calidad del aire en las zonas pobladas bajo estudio.

Con cargo al presupuesto regular del Plan, se propone implementar auditorías técnicas nacionales y/o internacionales que permitan un proceso de mejoramiento continuo y flexible de esta red.

Programa Complementario N° 4: Generación de información estratégica para la gestión de la calidad del aire

Se deberán desarrollar estudios para la caracterización del Material Particulado MP10 incluyendo fracciones fina (MP2,5) y ultrafina (MP1,0), según se priorice, en distintos lugares dentro de la región, atendidos los criterios de emplazamiento de estaciones en uso y de acuerdo con las recomendaciones de diseño de red disponibles. En particular, se deberá mejorar la caracterización de sitios de monitoreo urbanos y establecer sitios representativos de la situación de background regional y en sitios directamente afectados por actividades industriales, transporte y/o quemas agrícolas.

También se deberán generar estudios de análisis de riesgo y epidemiológicos de tipo panel, que incluyan gradientes de toxicología, para distintas áreas directamente afectadas. Por ejemplo, la combustión residencial de leña, las emisiones del transporte, quemas agrícolas y/o actividades industriales las que podrían resultar de mayor importancia relativa en términos de impacto en salud de la población afectada. Para lo anterior, se requieren diseñar e implementar bases de datos de morbilidad y mortalidad en el tiempo que antecedan al desarrollo de estudios epidemiológicos e indicadores de seguimiento asociados.

Por otro lado, es necesario abordar el diseño e implementación de un modelo de exposición a contaminantes atmosféricos para la zona saturada en particular, dada las condiciones meteorológicas propias de la zona y el perfil epidemiológico de sus habitantes y que dé cuenta del tipo de exposición al que se ven expuestos habitantes de Talca y Maule. Este tipo de información permitirá precisar niveles de contaminación intradomiciliario (Indoor) y ambiental (Outdoor) lo que ayudará en la priorización de acciones en términos de impacto a la salud de la población.

Adicionalmente, se debe considerar la definición de criterios para las exigencias del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. Esto ha de permitir la obligatoriedad de entrega de información para determinadas actividades comerciales específicas dentro de la zona de influencia, tales como la venta de equipos de calefacción a leña. Así como también, la obligatoriedad de efectuar un seguimiento de la evolución de la matriz energética regional, específicamente en lo concerniente a consumos de combustibles.

Programa Complementario N° 5: Registro de calefactores

La SEREMI del Medio Ambiente Región del Maule en conjunto con la SEC, la SEREMI de Salud, la SEREMI de Energía y el Gobierno Regional deberán coordinar el desarrollo de los procedimientos para establecer un catastro de calefactores a leña en uso instalados en las zonas urbanas de Talca y Maule en un plazo de seis meses antes de la entrada en vigencia del Plan. Esta medida se desarrollará de forma preliminar ya que sirve de insumo para los programas de recambio de calefactores que se puedan iniciar antes de la entrada en vigencia del PDA.

Una vez que el catastro haya entrado en funcionamiento, toda nueva instalación en las zonas urbanas de Talca y Maule de un artefacto residencial de combustión de leña, u otro combustible de biomasa vegetal deberá ser declarada por el usuario a la SEREMI del Medio Ambiente. Se mantendrá este registro actualizado, el que será utilizado como insumo del Programa de Recambio Tecnológico. En consecuencia, aquellas personas que registren su

calefactor podrán optar al recambio de su calefactor en uso. La sugerencia de los consultores con respecto a este programa es que para que sea efectivo debe involucrar un registro total de los calefactores y no solo un registro voluntario.

Programa Complementario N° 6: Información al consumidor de leña

La Dirección Regional del SERNAC dará a conocer mensualmente a la comunidad los establecimientos que cuentan con stock de leña seca, según lo establecido en la Norma Chilena (NCh) Oficial N° 2907/2005. Dicha información será proporcionada al SERNAC por la Secretaría Regional Ministerial del Medio Ambiente Región del Maule, en coordinación con el órgano fiscalizador respectivo, el Consejo de Certificación de Leña (COCEL).

Además, el SERNAC con la colaboración de la SEREMI del Medio Ambiente Región del Maule, adoptará todas las medidas, en el ámbito de sus competencias, a fin de elaborar un listado actualizado de carácter público, respecto de todos los modelos de calefactores que hayan sido certificados bajo el D.S. N° 39/2011 del Ministerio del Medio Ambiente. Dicho listado tendrá como objetivo entregar información al consumidor respecto de las emisiones de los equipos que presentan menor emisión de contaminantes a la atmósfera según su tipo, además de informar y promover el recambio a equipos de baja emisión.

Programa Complementario N° 7: Cumplimiento de la ordenanza municipal para el comercio de leña

El Municipio de Maule deberá tener homologada la ordenanza Municipal de comercialización de leña de la comuna de Talca, Decreto Alcaldicio N° 5381 publicada el 29 de agosto de 2011, con el fin de poder regular la venta de leña con un bajo contenido de humedad en las zonas pobladas de Talca. Esta ordenanza tiene que incluir sanciones para el comercio de leña que no cumpla con la norma NCh N° 2907/2005 (que define como leña seca aquella que tiene un contenido de humedad $\leq 25\%$ en base seca), que no cuente con un xilohigrómetro para verificar el cumplimiento de esta norma a solicitud o requerimiento del cliente, o que no comercialice leña usando como unidad de medida el metro cúbico (m³) o kilogramo (kg).

La sugerencia con respecto a este programa es que aún cuando parece adecuado, debería involucrar los suficientes recursos humanos y materiales para ser eficazmente fiscalizado y sancionado, de tal forma que cumpla con sus objetivos.

Programa Complementario N° 8: Mejoramiento Térmico

Transcurridos seis meses contados desde la fecha de publicación en el Diario Oficial del Plan de Descontaminación, el MINVU en coordinación con el Programa País de Eficiencia Energética, desarrollará un programa de fomento a la aplicación del subsidio a la incorporación de calefactores solares de agua, elaborará un estudio destinado a evaluar posibles intervenciones para el reacondicionamiento térmico del parque habitacional construido, desarrollará un modelo y una herramienta de certificación térmica de viviendas nuevas, un programa de difusión de buenas prácticas en esta materia, los instrumentos de financiamiento disponibles, y un programa de capacitación orientado a comités de vivienda con el objeto de entregar recomendaciones de habitabilidad interior y soluciones constructivas posibles de realizar con el subsidio de mejoramiento térmico.

Este programa sería complementario al actual subsidio contemplado en el artículo 6 bis del DS N° 255, dictado por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) en 2006, también como de aquéllos del Título II del Programa de Protección del Patrimonio Familiar (PPPF). Este subsidio permite mejorar la aislación térmica de viviendas sociales o cuya tasación no supere las 650 UF y que sean pertenecientes a familias que cuentan con máximo de 13.484 puntos en su Ficha de Protección Social. Este subsidio permite que las familias beneficiadas accedan a ahorros en calefacción y que disminuyan los efectos de condensación al interior de las viviendas.

Programa Complementario N° 9: Mejoramiento de información para eliminación de quemas agrícolas y/o forestales

Transcurrida la publicación del Plan de Descontaminación Atmosférico, se iniciará un proceso de estudios y/o desarrollos que compatibilicen la prohibición de las autorizaciones de las quemas con nuevos métodos para el manejo o destino de la biomasa vegetal descartada. Este proceso de fomento e innovación deberá ser liderado por CONAF con apoyo de la Secretaría Regional Ministerial del Medio Ambiente Región del Maule. Además, CONAF deberá mantener estadísticas adecuadas que permitan mejorar las estimaciones de emisión producto de las quemas agrícolas y forestales de la zona.

Programa Complementario N° 10: Mejoramiento de información para reducción de emisiones en el sector transporte

Se debería complementar el inventario de emisiones de las fuentes móviles con un estudio de diagnóstico de las emisiones vehiculares medidas en plantas de revisión técnica de tipo A1, A2 y B. En base a los resultados del estudio, se elaborará una propuesta de fortalecimiento del sistema de inspección y mantención vehicular para el área circundante a las comunas de Talca y Maule

Se desarrollarán estudios y programas piloto necesarios para evaluar la incorporación de tecnologías de postcombustión en los vehículos de locomoción colectiva tales como filtros de partículas y/o conversión a combustibles limpios entre ellos gas natural y/o gas licuado de petróleo (GLP). Para esto se requerirá disponer de recursos FNDR. En base a los resultados, se podrá evaluar la factibilidad de establecer programas de financiamiento para la incorporación de tecnologías de mejoras para los vehículos de carga existentes (retrofit).

Programa Complementario N° 11: Introducción del componente medioambiental en licitación del transporte público

El tamaño de la flota, límites de edad de los buses, tecnologías, formas de operación, trazados, frecuencias y restricciones para los buses que prestan servicios de transporte público está establecido por el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. Sería conveniente revisar estas disposiciones para introducir objetivos ambientales en el próximo proceso de licitación del transporte público en la ciudad de Talca.

Programa Complementario Nº 12: Estudios y fomento de áreas verdes

Realización de estudios para mejorar la información de áreas verdes existentes que incluya información relativa a áreas verdes consolidadas, sitios eriazos, cobertura vegetal actual y proyectada, tipos de especies presentes, etc., que sirva de base al diseño y aplicación de instrumentos de gestión, pero además que especifique un diseño de la red de áreas verdes más eficaz para la obtención de los objetivos ambientales de remoción de contaminantes del aire y sociales, entre ellas la recreación, y esparcimiento.

La Secretaría Regional de Vivienda y Urbanismo coordinará el programa de generación de áreas verdes, de manera que los responsables asociados a cada instrumento cumplan con las acciones encomendadas; mantendrá y actualizará la información referente a áreas verdes, incluyendo ubicación (referenciada geográficamente), el organismo responsable de la mantención, grado de consolidación del área, cobertura arbórea, nivel de madurez, etc.; gestionará la asignación de recursos presupuestarios que permitan crear y mantener áreas verdes, y fomentará la canalización e inversión de recursos privados en áreas verdes; fomentará la creación, mantención y cuidado de las áreas verdes y el arbolado urbano; propondrá nuevos instrumentos de gestión que permitan cumplir con los objetivos anteriores.

Los Municipios incorporarán la temática de áreas verdes en diversos instrumentos tales como: la mantención de un catastro actualizado de los terrenos que pueden ser utilizados para la creación de áreas verdes; los fondos de desarrollo vecinal, FONDEVE podrán o deberán incorporar la generación de áreas verdes en los distintos sectores poblacionales; los Municipios postularán proyectos de Mejoramiento Urbano para la creación de áreas verdes de acuerdo a los catastros construidos, priorizando por sectores más carenciados; y los Municipios deberán informarse y postular a Fondos Concursables o financiamientos disponibles para la construcción de áreas verdes.

También se deberán generar facilidades para que los privados inviertan en la construcción y mantención de áreas verdes. Puede ser mediante la incorporación en los programas de responsabilidad social empresarial líneas de apoyo a las organizaciones sociales para la creación de áreas verdes u oficiar como asociados en postulaciones a Fondos Concursables que aborden esta temática.

Sin embargo, consideramos que esta medida es poco costo efectiva y sus efectos son más bien de largo plazo en cuanto a la capacidad de remoción de contaminación del aire.

Programa Complementario Nº 13: Programa de Fortalecimiento de las Capacidades para la Implementación del PDA

Para la adecuada gestión del Plan de Descontaminación de Talca y Maule, se considera incorporar los siguientes elementos:

- Desarrollo de programas de acreditación y/o certificación que cuenten con experticia y/o capacidades para el caso de certificación de emisiones de equipos a leña y acreditación de las características de las tecnologías de los calefactores para los programas de recambio.
- Desarrollo de programas de capacitación de profesionales y técnicos involucrados en el diseño e implementación del PDA, tanto a nivel público como privado.

- Fortalecimiento y capacitación de los equipos técnicos encargados del diseño, implementación y seguimiento del PDA en los organismos competentes.
- Apoyo a proyectos y programas dirigidos a lograr mayor eficiencia energética, tanto en bienes públicos como de propiedad privada.

Un último elemento de interés para esta línea de acción se relaciona con la posibilidad del establecimiento de instancias de cooperación con entidades internacionales para los distintos aspectos constitutivos del PDA de Talca y Maule, pero especialmente respecto a experiencias de desarrollo y utilización de ERNC limpias para calefacción domiciliar e institucional.

Programa Complementario N° 14: Programa de Fortalecimiento de la Gestión Ambiental Local

A partir de la entrada en vigencia del Plan, la SEREMI de Medio Ambiente junto a la Intendencia Regional y a los Servicios competentes, iniciará el diseño, desarrollo e implementación de los siguientes programas, que a su vez serán parte integral del Planes Comunes de Educación para el Desarrollo Sustentable:

- Programa de fortalecimiento de la gestión ambiental local y acceso a la información.
- Acciones de educación ambiental y calidad del aire combinado con el programa de Eficiencia Energética.
- Énfasis en el tema de contaminación atmosférica dentro del Sistema de Certificación Ambiental de Establecimientos Educativos.

La SEREMI del Medio Ambiente y los organismos competentes, con el objetivo de fortalecer las capacidades de gestión ambiental local de los Municipios y de la comunidad en general, sistematizarán la información generada en el proceso de implementación y seguimiento del Plan de Descontaminación y promoverán la participación de los ciudadanos en la ejecución de la dimensión local de las medidas del PDA, para lo cual desarrollarán las siguientes actividades:

- Plan de capacitación a los (as) funcionarios(as) municipales:** A partir de la entrada en vigencia del Plan de Descontaminación, se implementará un plan de capacitación para los funcionarios municipales en la creación, gestión, promoción y aplicación de instrumentos de gestión ambiental local, con énfasis en la implementación de medidas del PDA incluyendo formación técnica.
- Plan de capacitación a los(as) líderes socio ambientales:** A partir de la entrada en vigencia del PDA de Talca y Maule, se implementará un plan de capacitación a través de distintas metodologías tales como, talleres, charlas educativas, foros, post títulos y seminarios, para establecer estrategias de trabajo consensuadas y participativas en las instancias comunales para el cumplimiento de las medidas en torno a la implementación del PDA.
- Diseño e implementación de instrumentos de gestión a niveles local:** La SEREMI del Medio Ambiente, junto a las Municipalidades de Talca y Maule, iniciarán a partir de la entrada en vigencia del PDA, el diseño e implementación de herramientas de control de gestión a nivel local, para evaluar el avance y la eficiencia de las medidas implementadas

en cada municipio y que se relacionen, a nivel local, con la prevención en la generación y exposición a contaminantes atmosféricos.

- d) **Implementación de un portal de Internet para la Gestión Ambiental Local:** A partir de la entrada en vigencia del PDA, la Superintendencia del Medio Ambiente, iniciará el diseño, desarrollo e implementación de un sistema de manejo de denuncias ciudadanas que permitan establecer canales de derivación y seguimiento de la información referente al PDA, generada en los niveles ciudadanos, municipal y regional.
- e) **Plan Comunicacional Anual:** A partir de la entrada en vigencia del PDA de Talca y Maule, la SEREMI del Medio Ambiente junto a la Intendencia Regional, desarrollarán e implementarán un Plan Comunicacional anual, que definirá actividades de difusión en medios de comunicación, tales como radio de transmisión local y regional, y canales de televisión, desarrollo de festivales y campañas informativas. Lo anterior con objeto de informar a la ciudadanía sobre el avance y efectividad de las medidas del PDA.
- f) **Actividades de divulgación:** A partir de la entrada en vigencia del PDA, la SEREMI del Medio Ambiente junto a los Servicios competentes, diseñarán, y desarrollarán material de divulgación con información referente a los resultados de los estudios o antecedentes técnicos generados en el PDA. Así mismo, se difundirán estos contenidos a través de la realización de actividades en terreno, Oficina de Información Reclamos y Solicitudes (OIRS) municipales y de la SEREMI del Medio Ambiente.

Programa Complementario Nº 15: Programa de Educación para el Desarrollo Sustentable

Con el objetivo de fortalecer la gestión educativa local relativa al PDA de Talca y Maule, la SEREMI de Medio Ambiente en conjunto con las Unidades de Medio Ambiente y las Corporaciones o Direcciones Municipales de Educación, y con el apoyo del Comité Regional de Certificación (SEREMI de Medio Ambiente, SECREDUC, CONAF, MINSAL y DGA), diseñarán, desarrollarán e implementarán actividades de educación ambiental orientados a fortalecer la incorporación del tema de control de la contaminación atmosférica en la gestión y vida escolar. Las actividades a desarrollar serán:

- a) **Plan de capacitación docente:** A partir de la entrada en vigencia del PDA, la SEREMI de Medio Ambiente junto la SEREMI de Educación, y las Corporaciones y/o Direcciones Municipales de Educación, desarrollará un Plan de Capacitación docente orientado al mejoramiento de herramientas pedagógicas que permitan una mejor comprensión de la contaminación atmosférica, sus impactos en salud y alternativas de control, en coordinación con el SNCAE.
- b) **Red Escolar de Información Calidad del Aire:** A partir de la entrada en vigencia del Plan, la SEREMI del Medio Ambiente junto a las municipalidades, SEREMI de Educación y el Comité Regional de Certificación, implementará una red escolar de información del estado diario de la calidad del aire en el las comunas de Talca y Maule. La información estará orientada a educar respecto de los impactos en salud, la eficiencia energética, conductas preventivas y acciones concretas para descontaminar.
- c) **Elaboración de Material Didáctico:** La SEREMI del Medio Ambiente en conjunto con la SEREMI de Educación y los servicios competentes, diseñarán, desarrollarán y entregarán a la comunidad escolar material didáctico relacionado con el PDA, y del uso correcto de estufas domiciliarias con leña seca.

Programa Complementario N° 16: Programa de Fiscalización de la Implementación del PDA de Talca y Maule

La Superintendencia de Medio Ambiente, además de los Servicios competentes del Estado desarrollarán e implementarán un plan de fiscalización que contemplará la elaboración de indicadores de cumplimiento de las medidas del PDA, dando cuenta de cada una de las medidas establecidas.

Cada Servicio deberá solicitar anualmente los requerimientos de presupuesto, fiscalización, inspección y medición asociados al Plan, estableciendo los mecanismos de aseguramiento de calidad y cumplimiento de las actividades desarrolladas.

Las actividades de fiscalización y los organismos responsables serán:

- Combustibles: Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC).
- Fuentes Móviles: SEREMI de Transportes y Telecomunicaciones.
- Fuentes Fijas: Superintendencia del Medio Ambiente - Autoridad Sanitaria Región del Maule.
- Quemadas Agrícolas y Forestales: Ministerio de Agricultura, a través de la Corporación Nacional Forestal (CONAF) y Servicio Agrícola y Ganadero (SAG).
- Calefactores residenciales a leña: SEC

La sugerencia con respecto a este programa es que sea considerado de máxima prioridad para lograr los objetivos del plan, por lo cual se deben tener a disposición todos los recursos necesarios en términos de personal, vehículos y materiales.

Programa Complementario N° 17: Programa de Seguimiento de la Implementación del PDA de Talca y Maule

En el Artículo. 2 LOC de la Superintendencia de Medio Ambiente, Ley N° 20.417, señala “La Superintendencia del Medio Ambiente tendrá por objeto ejecutar, organizar y coordinar el seguimiento y fiscalización de las Resoluciones de Calificación Ambiental, de las medidas de los Planes de Prevención y/o de Descontaminación Ambiental, del contenido de las Normas de Calidad Ambiental y Normas de Emisión, y de los Planes de Manejo, cuando corresponda, y de todos aquellos otros instrumentos de carácter ambiental que establezca la ley.”⁵⁰

⁵⁰ Para el año 2014, se dictó la Resolución N° 3, Programa y subprogramas sectoriales de fiscalización ambiental de planes de prevención y/o descontaminación para el año 2014.

Esta resolución fija las actividades de fiscalización ambiental que deberá ejecutar directamente la SMA o a través de organismos subprogramados, los presupuestos asignados a la ejecución de dichas actividades, así como los indicadores de desempeño asociados para la fiscalización ambiental de planes de prevención y/o descontaminación para el año 2014. Los organismos subprogramados para este año son:

Servicio Agrícola y Ganadero.

Subsecretaría de Salud Pública.

Superintendencia de Electricidad y Combustibles.

Corporación Nacional Forestal.

Con el objetivo de desarrollar un seguimiento continuo de la implementación de las distintas medidas definidas en el Plan y las actividades asociadas, así como su efectividad en el cumplimiento de las metas establecidas, la SEREMI de Medio Ambiente de la Región del Maule implementará un sistema de control de gestión del Plan. Este sistema facilitará el seguimiento de las actividades comprometidas y la generación de reportes internos y reportes públicos que faciliten la consulta de la ciudadanía.

La SEREMI del Medio Ambiente consolidará un informe anual que dé cuenta de los avances en calidad del aire, impactos en salud y desempeño de las medidas y disposiciones del Plan, así como de la ejecución presupuestaria asociada, para lo cual solicitará los informes pertinentes a los organismos competentes.

La SEREMI del Medio Ambiente consolidará un informe anual que dé cuenta de los avances en calidad del aire, impactos en salud y desempeño de las medidas y disposiciones del Plan, así como de la ejecución presupuestaria asociada, para lo cual solicitará los informes pertinentes a los organismos competentes.

La SEREMI del Medio Ambiente y los Órganos de la Administración del Estado competentes, elaborarán un plan de financiamiento total de las medidas, actividades, programas y estudios asociados a la implementación, seguimiento y fiscalización del PDA para períodos de cinco años, con el fin de dar continuidad al proceso de descontaminación de la zona Saturada de Talca y Maule. Los principales aspectos que deben ser contemplados son:

- Programa de Mejoramiento de la Información para la Gestión de la Calidad del Aire.
- Programa de Fortalecimiento de las Capacidades Locales para la Implementación del PDA.
- Programa de Fiscalización y Seguimiento de la Implementación de las Medidas del PDA.

Cada servicio deberá dimensionar anualmente los requerimientos de fiscalización, inspección y medición asociados al PDA para solicitar el financiamiento que asegure el cumplimiento de las actividades establecidas en este anteproyecto.

3.11.5 Programas y/o subsidios existentes a considerar para el Anteproyecto del PDA de Talca y Maule

Dadas las características de la zona saturada de Talca y Maule se identifican los siguientes programas y/o subsidios que pueden apoyar el las medidas del Anteproyecto del PDA de Talca y Maule. Estas medidas apuntan a incentivos para el mejoramiento térmico de los hogares y el recambio la flota de vehículos en el sector transporte público.

La SMA podrá, en el uso de sus facultades, disponer la realización de inspecciones o exámenes de información no contempladas en los programas y subprogramas fijados a través de la presente resolución, en caso de denuncias o reclamos y en los demás casos en que tome conocimiento, por cualquier medio, de incumplimientos o infracciones de su competencia

Programa de Protección al Patrimonio Familiar (PPPF).

Este es un programa con muchos recursos invertidos. Se aplica a sectores de bajos recursos y permite financiar prácticamente en su totalidad (cerca del 98% de la inversión) proyectos que mejoren la eficiencia energética de las viviendas. Los montos del subsidio varían de acuerdo la zona, pero están bastante cerca de financiar por completo el proyecto de “vivienda con buena aislación” estudiado antes y que cuesta cerca de 3 millones de pesos.

Este tipo de programa debería ser extensivo a viviendas de clase media, para facilitar el proceso de mejora del envolvente térmico del mayor número de viviendas de la zona saturada de Talca y Maule.

Programa Renueva tu Micro

La Ley N° 20.378 creó un mecanismo de subsidio destinado a compensar los menores pagos que realizan los estudiantes en los servicios de transporte público remunerado de pasajeros, con el objeto de promover el uso del transporte público remunerado de pasajeros. Esta nueva ley otorgó, en su artículo Cuarto Transitorio, un aporte especial a los Gobiernos Regionales para el transporte y conectividad, para lo cual se constituyó una provisión especial en el presupuesto anual de la Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo del Ministerio del Interior. Los recursos mencionados se distribuyen entre los distintos Gobiernos Regionales y abarcan el período 2011-2016.

Entre los gastos que se pueden realizar con cargo a estos recursos, se encuentran programas especiales para convocar a un proceso de renovación de buses, minibuses, trolebuses y taxibuses. Por expresa disposición de la Ley, el proceso debía contemplar la compra de los vehículos reemplazados, para su posterior destrucción y conversión en chatarra. Es así como se da origen al Programa Renueva Tu Micro, dependiente del MTT y ejecutado por los Gobiernos Regionales de cada Región. Para facilitar la generación de estos recursos se debe tener el compromiso por parte del Gobierno Regional para comprometer fondos a través del FNDR.

3.11.6 Costos públicos asociados a los Programas Complementarios

Los costos públicos asociados a fiscalización y programas regulatorios se describen a continuación.

La operación de red de monitoreo incluye la operación de red de monitoreo, equipamiento adicional necesario para la red, auditorias de implementación, participación de expertos internacionales. Una estimación del costo de los equipos, instalación, calibración, operación y mantención de una red de monitoreo involucra aproximadamente un costo anualizado de aproximadamente \$143 millones (Fuente: AGIES del PPACM). También se considera la realización de un estudio al inicio del plan el cual debería actualizarse por ejemplo cada 5 años para la caracterización del material particulado respirable, fino y ultrafino, cada estudio por un monto de \$55.000.000 según una licitación similar realizada en Mercado Público (1856-14-LP09). Se considera la generación de información, operación diaria, y mantención de

un modelo de pronóstico por un monto de \$22.000.000 de acuerdo a montos de una licitación similar realizada en Temuco (608897-12-LE13).

La evaluación del impacto de la contaminación sobre la salud de la población debería ser cuantificada cada cierta cantidad de años para determinar las tasas relativas de mortalidad y morbilidad utilizando el enfoque de series de tiempo, para ello se estima un costo aproximado de \$17.000.000 (1856-28-LE08). Mientras para la evaluación de los impactos “indoor” y “outdoor” se requieren estudios epidemiológicos que sigan a muestras representativas de la población por largos periodos de tiempo por lo que su costo es mucho más elevado estimándose aproximadamente en \$180.000.000 (no existen estudios referenciales por lo cual el valor es estimado de acuerdo al costo de elaboración de un estudio a pequeña escala).

Para el registro y actualización de emisiones se utilizan valores referenciales asociados a los costos de licitaciones sobre elaboración de inventarios de emisiones en ciudades similares por un monto total (por ejemplo cada 5 años) de \$17.000.000 (ejemplo licitación 613419-4-LE13 para actualización de inventario de emisiones y medidas para reducir la contaminación en Chillán y Chillán Viejo).

El registro de calefactores a leña, requiere la participación de la SEREMI del MMA y SEREMI de Salud. La fiscalización de mercado de leña requiere de la participación de carabineros, la SEREMI del MMA y SEREMI de Salud, además se sugiere la incorporación de la SEC. Para la fiscalización de quemas agrícolas y forestales, se requiere la participación de CONAF y el SAG. Para la licitación y aplicación del programa de cambio de equipos se requiere personal de la SEREMI del MMA. Todas las actividades previas incluyen personal, equipos y materiales para que cada servicio desarrolle sus acciones enmarcadas dentro del PPDA. Estos costos se incluyen en la sección Costos para el Estado de Fiscalización y Cumplimiento para cada una de las medidas evaluadas en la sección 4.3.

Para la implementación de un recambio de calefactores a leña antiguos por nuevos equipos más limpios que cumplan el D.S. N° 39/2011 se requiere que los organismos públicos, en especial SEREMI del Medio Ambiente, Municipalidades y SEREMI de Salud, impulsen una serie de gestiones que van desde definir los mecanismos de asignación de los equipos a recambiar, generar listados, verificar en terreno, difundir, licitar la compra y supervisar la instalación y destino de los equipos recambiados, entre otras. Todo lo anterior ha implicado en casos similares costos aproximados del orden de los \$15.000.000 anuales, sólo en costos operacionales y administrativos. Además de unas 1.600 HH/año, con un costo bruto aproximado de \$12.800.000.

Para la campaña de educación se utiliza como valor referencial el costo de licitación sobre talleres de capacitación (1588-74-LE09) por un monto de \$17.000.000 anuales, el costo de campaña comunicacional (2122-17-L111) por \$4.000.000, el costo de una campaña de educación por \$30.000.000 (608897-62-LE13) y el costo de difusión de frases radiales por \$18.000.000 (1852-20-L110) y de televisión por \$36.000.000 (1657-94-LE10) anuales. Además, se incluyen actividades de educación ambiental de la SEREMI del Medio Ambiente y unidades educacionales, que incluyen capacitación a docentes, red de información escolar, elaboración de material didáctico, encuentros anuales. Como valor referencial se utiliza el costo de licitación sobre producción e implementación de talleres de capacitación (1588-6-LE09) por un monto de \$15.000.000 anuales.

El desarrollo de nuevas bases de licitación, mediante resolución del ministerio de transporte y telecomunicaciones sobre la regulación de la operación del sistema de transporte público urbano en Talca y Maule, no incluye recursos adicionales.

Para el estudio de áreas verdes se utiliza el 50% del costo de licitación sobre un catastro de bosques regional (633-69-LP10) por un monto de \$45.000.000.

Se debe considerar la realización de análisis y estudios específicos para el seguimiento del plan. Como valor referencial se utilizan los costos publicados para el año 2013 por la SMA, para fiscalización del PDA de Temuco y Padre Las Casas por un monto estimado (entre directos y subprogramados) de \$25.000.000 anuales.

TABLA 3.11-6. COSTOS PÚBLICOS DE PROGRAMAS COMPLEMENTARIOS

Clasificación		2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Estaciones de monitoreo		143	143	143	143	143	143	143	143
Modelo de Pronóstico		22	22	22	22	22	22	22	22
Caracterización MP			55					55	
E. Epid. series tiempo									
E. Epid. panel			180						
Registro de emisiones							17		
Recambio calefactores		27.8	27.8	27.8	27.8	27.8	27.8	27.8	27.8
Fiscalización y cumplim.		689	689	689	689	689	689	689	689
Campaña educación		120	120	120	120	120	120	120	120
Estudios áreas verdes			45						
Seguimiento Plan		25	25	25	25	25	25	25	25
Total Anual		1027	1307	1027	1027	1027	1044	1082	1027
		2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Estaciones de monitoreo	143	143	143	143	143	143	143	143	143
Modelo de Pronóstico	22	22	22	22	22	22	22	22	22
Caracterización MP				55					55
E. Epid. series tiempo		17							
E. Epid. panel									
Registro de emisiones			17					17	
Recambio calefactores	27.8	27.8	27.8	27.8	27.8	27.8	27.8	27.8	27.8
Fiscalización y cumplim.	689	689	689	689	689	689	689	689	689
Campaña educación	120	120	120	120	120	120	120	120	120
Estudios áreas verdes									
Seguimiento Plan	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Total Anual	1027	1044	1044	1082	1027	1027	1027	1044	1082

Fuente: Elaboración Propia

Todas las actividades anteriores enmarcadas en el contexto del Plan arrojan un VAN de los costos totales para el Estado de \$11.128,5 millones de pesos, o alternativamente un costo anual uniforme equivalente de \$1.062,2 millones.

3.12 Actividad 2 (Objetivo 4). Potencial de reducción de consumos de combustible y potencial de reducción emisiones en términos absolutos y relativos, para cada una de las medidas estudiadas.

3.12.1 Establecimiento de las Medidas a ser Evaluadas

En esta sección se presenta para cada medida a evaluar las actividades afectadas, la identificación de contaminantes, características, reducción de emisiones, forma de cálculo, disponibilidad local de la tecnología, y aceptabilidad. Para evitar doble conteos en la evaluación se asume un orden de aplicación de las medidas.

3.12.1.1 Medida NEQUIPOS

Actividades afectadas por la medida: Las actividades emisoras afectadas corresponden a los hogares que compren o bien renueven su equipo actual de biomasa una vez la entrada en vigencia de la norma nacional de artefactos a combustión a leña (D.S. N° 39/2011 del MMA).

Contaminantes afectados por la medida: Los contaminantes afectados por esta medida corresponden principalmente a MP10, MP2,5, CO y COV, emitidos desde el sector residencial que compre o renueve sus equipos a leña.

Características de la medida: Todos los calefactores nuevos que se comercialicen en Chile, sean fabricados, construidos o armados en el país, o importados, que utilicen leña y otros energéticos de biomasa, deberán cumplir con la norma nacional de artefactos a biomasa.

Reducción probable: La reducción no es atribuible al plan pero si afecta el escenario base temporal.

Al entrar en vigencia la norma de artefactos eleva el costo de los equipos a leña, pero aun así este combustible es más económico que otros medios de calefacción. Para determinar el crecimiento en la penetración por comuna se debe considerar también que el crecimiento de la población y hogares en el análisis obtenido del INE.

Con estos antecedentes, bajo el supuesto que la norma empezará a regir el año 2015 de tal forma que todos los equipos nuevos que entran en operación cumplen con la normativa, usando consumos promedio por comuna y asumiendo que la leña utilizada mantiene su humedad promedio por comuna, se generó un escenario de reducción potencial para el largo plazo (el año 2030). Se asume también que existe un recambio anual de los equipos antiguos.

El detalle metodológico del cálculo es el siguiente: 1) a partir de los datos de tenencia de equipos de la CASEN (2006), se actualiza el número de equipos a nivel comunal basado en el presente estudio de consumo de leña IIT-UDEC (2013) con las tasas de crecimiento anual que cumplen con los supuestos de penetración no mayor a 100%; 2) se calcula el aumento en el parque de equipos a leña hasta el año 2030; 3) el consumo de leña por comuna se obtiene al multiplicar el número de equipos nuevos ingresados con el consumo promedio de leña por

comuna; 4) se utiliza un factor de emisión sin norma a partir del promedio ponderado de los contenidos de humedad de la leña; 5) la reducción en las emisiones se obtiene al multiplicar el consumo total de leña por el diferencial en los factores de emisión de equipos que cumplen la normativa versus la situación sin norma⁵¹; 6) finalmente, a partir de todos estos cálculos de reducción de emisiones por año.

TABLA 3.12-1. PENETRACIÓN DE ARTEFACTOS A LEÑA POR COMUNA

Comuna	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Talca	47,1%	47,2%	47,3%	47,4%	47,5%	47,6%	47,8%	47,9%
Maule	79,6%	79,8%	80,0%	80,2%	80,3%	80,5%	80,7%	80,9%
Total	49,6%	49,7%	49,8%	50,0%	50,1%	50,2%	50,3%	50,4%
Comuna	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Talca	48,0%	48,1%	48,2%	48,3%	48,4%	48,5%	48,6%	48,8%
Maule	81,1%	81,3%	81,5%	81,7%	81,8%	82,0%	82,2%	82,4%
Total	50,5%	50,7%	50,8%	50,9%	51,0%	51,1%	51,2%	51,4%

Fuente: Elaboración Propia

El supuesto utilizado sobre el número nuevo de equipos a leña en las comunas del Plan es de 3.401 en Talca y 483 en Maule al año 2015, mientras para el año 2030 se asume un stock de 8.737 nuevos equipos ingresados a Talca y 1.240 a Maule⁵².

El recambio de equipos que entran al mercado (2015 a 2030) y que deben cumplir la normativa reduciría en el largo plazo 120,9 ton MP10/año y 117,7 ton MP2,5/año. La reducción se basa en el la diferencia (delta) respecto al escenario base hasta el año 2030. Los costos incurridos por esta medida corresponden al diferencial del equipo debido a la normativa. Sin embargo, como esta norma se aplica a nivel nacional, no deberían incluirse estos costos en el Plan. Los costos se entregan sólo a nivel informativo para comparar el costo-efectividad de la medida, pero la reducción de emisiones sí debe considerarse como un cambio en el escenario base.

Para los cálculos se considera el valor de consumo promedio de leña en cada comuna, se utiliza un promedio ponderado de los factores de emisión de los calefactores a leña sujetos a recambio con respecto al factor de emisión del calefactor que cumple el D.S. N° 39/2011, pero ajustando ambos factores por el contenido de humedad de la leña.

⁵¹ Los factores de emisión de MP10 utilizados para las estufas que cumplen con el D.S. N° 39/2011 según humedad de la leña son 3,7 g/kg para leña seca, 7,8 g/kg para leña semi-húmeda, y 22,6 g/kg para leña húmeda (fuente: elaboración propia).

⁵² El número de equipos que se recambian es determinado a partir del crecimiento en el número de hogares y la penetración de los equipos, además como en el mercado no estarán disponibles equipos antiguos aquellos hogares que quieran comprar para renovar debido a depreciación solo podrán adquirir uno que cumpla con el D.S. N° 39/2011. Para estimar el crecimiento anual en la penetración se estima a partir del crecimiento en la penetración de la encuesta Casen 2006 versus la penetración estimada en el presente estudio el año 2013, además se asume una tasa de depreciación de 2%.

TABLA 3.12-2. REDUCCIÓN DE EMISIONES DE MP10 Y COSTOS CON MEDIDA NEQUIPOS AÑO 2015

Comuna	Nº Familias	Delta Ton MP10/Año	Costo Equipo Anual \$MM	Ahorro leña \$MM	Costo \$MM/ton
Talca	327	6,6	10,7	7,2	0,53
Maule	46	0,9	1,5	1,0	0,56
Total	374	7,5	12,2	8,1	0,54

Fuente: Elaboración Propia

TABLA 3.12-3. REDUCCIÓN DE EMISIONES DE MP2,5 Y COSTOS CON MEDIDA NEQUIPOS AÑO 2015

Comuna	Nº Familias	Delta Ton MP2,5/Año	Costo Equipo Anual \$MM	Ahorro leña \$MM	Costo \$MM/ton
Talca	327	6,4	10,7	7,2	0,54
Maule	46	0,9	1,5	1,0	0,57
Total	374	7,3	12,2	8,1	0,56

Fuente: Elaboración Propia

TABLA 3.12-4. REDUCCIÓN ACUMULADA DE EMISIONES DE MP10 Y COSTOS CON MEDIDA NEQUIPOS AÑO 2030

Comuna	Nº Familias	Delta Ton MP10/Año	Costo Equipo Anual \$MM	Ahorro leña \$MM	Costo \$MM/ton
Talca	5.987	106,2	184,7	124,4	0,57
Maule	850	14,8	26,2	17,4	0,60
Total	6.837	120,9	210,9	194,5	0,14

Fuente: Elaboración Propia

TABLA 3.12-5. REDUCCIÓN ACUMULADA DE EMISIONES DE MP2,5 Y COSTOS CON MEDIDA NEQUIPOS AÑO 2030

Comuna	Nº Familias	Delta Ton MP2,5/Año	Costo Equipo Anual \$MM	Ahorro leña \$MM	Costo \$MM/ton
Talca	5.987	103,4	184,7	124,4	0,58
Maule	850	14,4	26,2	17,4	0,61
Total	6.837	117,7	210,9	145,1	0,56

Fuente: Elaboración Propia

Fórmula de Cálculo:

$$\Delta E_{NEQUIPOS} = \left(\sum_i H_i^a \cdot g \cdot fe^n + \sum H_i^a \cdot r \cdot fe^n \right) - \left(\sum_i H_i^a \cdot g \cdot fe^a + \sum H_i^a \cdot r \cdot fe^a \right)$$

Donde,

 H_i^a = Nº de equipos existentes

g = tasa de crecimiento de equipos

fe^n = factor de emisión por equipo que cumple normativa

r = tasa de recambio de equipos

fe^a = factor de emisión por equipo que no cumple normativa

Costos para el Estado de Fiscalización y Cumplimiento:

Para implementar esta normativa a nivel nacional, según Gomez-Lobos (2008) la SEC requeriría de más personal para efectos de ser contraparte, autorizar la norma, obtener el protocolo y cuestiones administrativas como autorizaciones y realizar seguimiento. Sin embargo, desde la perspectiva del PDA, los costos para el Estado no incluyen el diseño de la medida, ni el rotulado, certificación o registro de los artefactos ya que estos costos están incluidos en el anteproyecto de la norma de artefactos a leña a nivel nacional y no pueden asignarse a este PDA. Como costo asociado a este PDA, puede considerarse sólo adicionalmente 1 fiscalizador del comercio para la zona en la que interviene el PDA a un costo para la mano de obra de \$18,4 millones anual y de \$4,8 millones como costo anualizado para herramientas de trabajo, movilización, entre otros.

Disponibilidad local de la tecnología:

La Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC), es la entidad que esta facultada para regular la certificación de los calefactores a leña en nuestro país. Esto en virtud de la Ley 20.586, publicada en el Diario Oficial el 16 de mayo de 2012, y que Regula la certificación de los artefactos para combustión de leña y otros productos dendroenergéticos. Actualmente la SEC está en pleno proceso de certificación de los Organismos de Certificación y los Laboratorios de Ensayos que verifican el cumplimiento de la norma de emisión establecida en el D.S. N° 39/2011 del Ministerio del Medio Ambiente. Esta norma estaba originalmente contemplada que entraría en vigencia en el 1 de octubre de 2013.

Actualmente el único organismo certificador es la empresa Sical Ingenieros S.A., mediante la resolución exenta No 1852 emitida por la SEC. Por otro lado, existe un solo laboratorio acreditado por este organismo para realizar ensayos de calefactores a leña con fines regulatorios, correspondiente a la empresa SERPRAM S.A.

Aceptabilidad de la Medida:

Esta medida debería ser atractiva para los hogares debido a que podría acceder a calefactores de mejor tecnología en cuanto al control de la combustión y entrega de calor. Sin embargo, dependiendo de los modelos y la procedencia del equipo, éstos pueden subir de precio en comparación con los calefactores tradicionales que no cumplan el nuevo estándar. Sin embargo, una vez promulgada la norma los hogares no tendrán más alternativa que incurrir en mayores gastos para la adquisición de un nuevo calefactor a leña que cumpla el estándar.

3.12.1.2 Medida RLEÑA

Actividades afectadas por la medida: Todos los oferentes de leña de la zona saturada deben dar cumplimiento de la NCh N° 2907 Of.2005 del INN.

Contaminantes afectados por la medida: Los contaminantes afectados por esta medida corresponden principalmente a MP10, MP2,5, CO y COV, emitidos desde el sector residencial.

Características de la medida: Toda la leña que sea comercializada en las comunas de la zona saturada deberá cumplir los requerimientos técnicos de la Norma Chilena Oficial (NCh) N° 2907 Of.2005, la cual define como leña seca aquella que tiene un contenido de humedad menor o igual a 25% en base seca. La verificación del contenido de humedad de la leña se realizará acorde a lo establecido en la Norma Chilena Oficial NCh N° 2965 Of.2005. Además, se deberá comercializar la leña usando como unidad de comercialización el metro cúbico (m³) o astillas, y contar con un xilohigrómetro que permita verificar el cumplimiento de esta norma, que deberá ser utilizado a requerimiento del cliente. Esta regulación debería ser implementada con incremento en los niveles de fiscalización.

Reducción probable: Se generaría una disminución en los factores de emisión de los hogares que utilizan leña húmeda y semi-húmeda a un factor de emisión de leña seca de los distintos artefactos existentes en la zona del plan. Como supuesto adicional, se considera que al reducirse la humedad, el poder calorífico de la leña aumentaría en 15% (UdeC, 2002).

Considerando los consumos de leña promedio por comuna, así como también los porcentajes de leña seca, semi-húmeda y húmeda generados en el estudio consumo residencial IIT-UDEC (2013) se llega a la conclusión que las emisiones podrían reducirse en 69,5 ton MP10/año y 106,1 ton MP2,5/año considerando la actualización de equipos al año 2030 y un perfecto cumplimiento en la utilización de leña seca (la reducción mayor de MP2,5 se explica por la utilización de factores de emisión promedio según contenido de humedad). Este bajo potencial de reducción se explica porque se determinó de acuerdo a mediciones realizadas en los hogares durante este estudio que la leña mayoritariamente se encuentra seca al momento de su utilización. Sin embargo, para generar escenarios realistas y determinar la reducción efectiva de emisiones que se logrará se debe tomar en consideración que un cumplimiento perfecto de la medida es difícil en el corto plazo, por los elevados costos de fiscalización⁵³ e incentivo privado a no cumplir.

En este informe se propone que se evalúe como escenario pasivo un cumplimiento de entre 0% y 60% de la leña húmeda para el año 2015 y 2030, lo que implicaría una reducción de MP10 de 0 ton/año y 41,7 ton/año de reducción, respectivamente, y además se propone que en el escenario normal de plan un cumplimiento del 30% al inicio y 60% al final del periodo de evaluación con una reducción de 16,6 ton/año y 41,7 ton/año de reducción de MP10 respectivamente. Para el contaminante MP2,5 implicaría una reducción de 27,3 ton/año y 63,7 ton/año, respectivamente.

⁵³ Los costos de fiscalización incluyen actividades de registro, materiales, fiscalizadores, vehículos de fiscalización y combustible que a modo estimativo según el AGIES del Concepción Metropolitano serían aproximadamente 290 millones anuales”.

Se utiliza el supuesto que un 96,5% de la leña está seca, 2,0% de la leña está semi-húmeda y 1,5% de la leña está húmeda⁵⁴. Como aproximación a los costos del mercado regulado se toman como referencia los valores de precios de leña en la zona de estudio más el potencial incremento de costos por vender leña certificada, que según los productores de la zona correspondería a un 22% del precio actual. También se produce un ahorro de costos ya que al utilizar leña seca es posible disminuir el consumo de leña para generar el mismo nivel de calefacción, ya que al reducirse la humedad se eleva el poder calorífico.

TABLA 3.12-6. REDUCCIÓN DE EMISIONES DE MP10 MEDIDA RLEÑA AÑO 2015 Y COSTOS CON 30% DE CUMPLIMIENTO

Comuna	Total leña húmeda	Costo \$ MM Compra Leña Seca	Ahorro por menor compra de leña \$ MM	Costo \$MM Real	Ahorro kg leña	Reducción ton MP10	Costo \$MM/ton
Talca	532.719	8,6	4,2	4,4	79.908	14,6	0,30
Maule	74.360	1,2	0,6	0,6	11.154	2,0	0,30
Total	607.079	9,8	4,8	5,0	91.062	16,6	0,30

Fuente: Elaboración Propia

TABLA 3.12-7. REDUCCIÓN DE EMISIONES DE MP2,5 MEDIDA RLEÑA AÑO 2015 Y COSTOS CON 30% DE CUMPLIMIENTO

Comuna	Total leña húmeda	Costo \$ MM Compra Leña Seca	Ahorro por menor compra de leña \$ MM	Costo \$MM Real	ahorro kg leña	Reducción ton MP2,5	Costo \$MM/ton
Talca	532.719	8,6	4,2	4,4	79.908	23,9	0,18
Maule	74.360	1,2	0,6	0,6	11.154	3,3	0,18
Total	607.079	9,8	4,8	5,0	91.062	27,3	0,18

Fuente: Elaboración Propia

TABLA 3.12-8. REDUCCIÓN DE EMISIONES DE MP10 MEDIDA RLEÑA AÑO 2030 Y COSTOS CON 60% DE CUMPLIMIENTO

Comuna	Total leña húmeda	Costo \$ MM Compra Leña Seca	Ahorro por menor compra de leña \$ MM	Costo \$MM Real	ahorro kg leña	Reducción ton MP10	Costo \$MM/ton
Talca	1.242.843	20,1	9,9	10,2	186.427	36,6	0,28
Maule	173.484	2,8	1,4	1,4	26.023	5,1	0,28
Total	1.416.327	22,9	11,3	11,6	212.449	41,7	0,28

Fuente: Elaboración Propia

⁵⁴ El porcentaje de humedad se obtiene con mediciones de humedad a partir del estudio IIT-UDEC (2013) sobre consumo residencial. Los valores de humedad utilizados corresponden a las mediciones con xilohigrómetro de la leña utilizada en los hogares, no a los valores en base a la opinión subjetiva de los hogares.

TABLA 3.12-9. REDUCCIÓN DE EMISIONES DE MP2,5 MEDIDA RLEÑA AÑO 2030 Y COSTOS CON 60% DE CUMPLIMIENTO

Comuna	Total leña húmeda	Costo \$ MM Compra Leña Seca	Ahorro por menor compra de leña \$ MM	Costo \$MM Real	ahorro kg leña	Reducción ton MP2,5	Costo \$MM/ton
Talca	1.242.843	20,1	9,9	10,2	186.427	55,9	0,18
Maule	173.484	2,8	1,4	1,4	26.023	7,8	0,18
Total	1.416.327	22,9	11,3	11,6	212.449	63,7	0,18

Fuente: Elaboración Propia

TABLA 3.12-10. REDUCCIÓN DE EMISIONES DE MP10 MEDIDA RLEÑA AÑO 2030 Y COSTOS CON 100% DE CUMPLIMIENTO

Comuna	Total leña húmeda	Costo \$ MM Compra Leña Seca	Ahorro por menor compra de leña \$ MM	Costo \$MM Real	ahorro kg leña	Reducción ton MP10	Costo \$MM/ton
Talca	2.071.406	33,5	16,5	17,0	310711	61,0	0,28
Maule	289.139	4,7	2,3	2,4	43371	8,5	0,28
Total	2.360.545	38,2	18,8	19,4	354082	69,5	0,28

Fuente: Elaboración Propia

TABLA 3.12-11. REDUCCIÓN DE EMISIONES DE MP2,5 MEDIDA RLEÑA AÑO 2030 Y COSTOS CON 100% DE CUMPLIMIENTO

Comuna	Total leña húmeda	Costo \$ MM Compra Leña Seca	Ahorro por menor compra de leña \$ MM	Costo \$MM Real	ahorro kg leña	Reducción ton MP2,5	Costo \$MM/ton
Talca	2.071.406	33,5	16,5	17,0	310711	93,1	0,18
Maule	289.139	4,7	2,3	2,4	43371	13,0	0,18
Total	2.360.545	38,2	18,8	19,4	354082	106,1	0,18

Fuente: Elaboración Propia

Fórmula de Cálculo:

$$\Delta E_{RLEÑA} = \sum_i H_i \cdot A (fe^h - fe^s) - \sum_i H_i \cdot A (fe^h)$$

Donde,

H_i = Consumo de Leña húmeda en kg. hogar i

A = porcentaje de ahorro de consumo de leña húmeda en kg. por aumento de poder calorífico

fe^h = factor de emisión de leña húmeda

fe^s = factor de emisión de leña seca

Costos para el Estado de Fiscalización y Cumplimiento:

Según el PDA de Temuco el organismo público encargado de la fiscalización y cumplimiento corresponde a las municipalidades. Sin embargo, una visión distinta es aportada por el estudio “Diseño y evaluación de nuevas atribuciones en materia de reglamentación técnica y fiscalización relativas a la calidad de la leña y artefactos de uso residencial que utilizan este combustible en la Superintendencia de Electricidad y Combustibles” en el cual se sugiere que cada fiscalizador de la SEC podría realizar entre 20 y 25 fiscalizaciones al mes. Por razones operativas, podría ser conveniente que los fiscalizadores operaran en equipos de dos personas (para el trabajo requerido en remover la leña, tomar las muestras, etc.). Así, cuatro fiscalizadores permiten fiscalizar entre 40 y 50 oferentes durante los meses de marzo a septiembre.

Aparte de los cuatro fiscalizadores, se requerirán también oficinas y equipamiento (computadores); 2 xilohigrómetros; 1 centro de acopio en la zona saturada para la leña requisada por los fiscalizadores; y 2 vehículos para que los fiscalizadores puedan desplazarse hacia los sitios a fiscalizar

De acuerdo a los requerimientos antes mencionados, existiría un costo adicional total anual de 115 millones (73,4 millones en personal y 9,6 millones en transporte, consumos básicos, materiales e insumos) más 32 millones en inversión en capital (valor anualizado).

Adicionalmente se sugiere la fiscalización a los vendedores ambulantes de leña intensificando los controles en calles y carreteras, en centros de acopio, móviles y en puntos de venta a través de un control de Carabineros de Chile, SII y CONAF.

Disponibilidad local de la tecnología:

Actualmente se encuentra vigente a nivel nacional la NCh No 2907 del INN (leña seca) y a nivel local (comuna de Talca) la ordenanza de leña, Decreto Alcaldicio No 5381 publicada el 29 de agosto de 2011). La NCh N° 2907 Of.2005 establece las condiciones que la leña debe tener en cuanto al contenido de humedad (< 20% en base húmeda ó < 25% en base seca) y estar libre de residuos entre ellos barnices, pinturas y preservantes, entre otros. Similarmente, la ordenanza Municipal de la leña prohíbe la venta informal de leña y la venta de este energético con un contenido de humedad superior al 25% en base seca. Se establece además, que la medición del contenido de humedad de la leña deberá ser realizada por funcionarios competentes, mediante la utilización del instrumental técnico idóneo.

La NCh N° 2907 establece que se puede medir el contenido de humedad de la leña mediante el uso de los procedimientos establecidos en la NCh N° 176/1 o el señalado en la NCh N° 2827 del INN. Este último establece el uso de un instrumento portátil llamado xilohigrómetro, el cual mide el contenido de humedad de la madera en base a la conductividad del material. Este instrumento puede ser calibrado y ajustado acorde a lo establecido en la norma (NCh N° 2827 del INN). El instrumento se encuentra disponible en el mercado nacional y el valor comercial es del orden de los \$150.000.

Aceptabilidad de la Medida:

Actualmente en la región del Maule existen 15 comerciantes de leña que han sido certificados mediante el Sistema de Certificación de Leña por lo que existe actualmente una oferta de leña certificada para las comunas de Talca y Maule.

Por otro lado, en el presente estudio se encuestó a hogares sobre su disposición a comprar leña certificada considerando el un valor promedio de \$26.604 por un m³ ordenado, y un precio de \$3.260 por saco. Los resultados obtenidos reflejaron que los hogares tienen una menor disposición a pagar por leña certificada en los quintiles de ingresos más bajos.

3.12.1.3 Medida CEQUIPOS

Actividades afectadas por la medida: Las actividades emisoras afectadas corresponden a los hogares que combustionan leña para la calefacción (según proyecciones al año 2013 para las comunas afectadas se estiman 30.776 y 4.369 equipos en Talca y Maule, respectivamente que utilizan equipos poco eficientes, entre ellos salamandras 4,6%, estufas de cámara simple sin templador 15,6%, cocina de fierro 7,9%, estufas de lata 3,7% y que además cumplan con los requisitos establecidos para postular a dicho programa de incentivo, por ejemplo, puntaje de ficha de protección social, tipo de artefacto, zona geográfica u otra condición. Si se considera a los equipos de combustión lenta con sistema de templador existentes como los menos contaminantes, podemos restringir las fuentes potencialmente afectadas al porcentaje de los hogares que no utilizan estos equipos, es decir, un 32,5% de los hogares que utilizan leña en Talca y Maule (para esta medida no se contempla el recambio en hogares con chimeneas).

Contaminantes afectados por la medida: Los contaminantes afectados por esta medida corresponden principalmente a MP10, MP2,5, SO₂, CO y COV, emitidos desde el sector residencial.

Características de la medida: La SEREMI del Medio Ambiente Región del Maule en el plazo de doce meses contados desde la publicación en el Diario Oficial del Plan de Descontaminación, en conjunto con los organismos competentes, diseñará y pondrá en marcha un programa de recambio de calefactores a leña existentes, que contendrá elementos para focalizar los instrumentos económicos diseñados, priorizar los beneficiarios e implementar un sistema de seguimiento del recambio. Dicho programa deberá contemplar un recambio de al menos 1.500 calefactores a leña por año en el periodo de implementación del Plan, este número se sustenta en antecedentes que se presentarán en secciones siguientes del informe que respaldan el cumplimiento de la norma de MP10, y especialmente, el cumplimiento de la norma de MP2,5.

Reducción probable: Cada equipo reduciría su factor de emisión desde el factor actual hasta el factor de la norma señalada en la medida NEQUIPOS. Con el fin de lograr el máximo de eficiencia en la reducción se debería priorizar el recambio de equipos por aquellos que sean más contaminantes, cuyas familias utilicen más leña, y que exista mayor población potencialmente afectada por la emisión de ese material particulado.

Suponiendo que se cumple completamente con un recambio de 1.500 equipos anuales a partir del año 2015 hasta el año 2030, asumiendo que los equipos sujetos a recambio son aquellos que tienen mayores emisiones de contaminantes del aire, como salamandras, estufas de cámara simple, cocinas a leña y que el número de equipos nuevos se distribuye con igual ponderación que los equipos viejos en cada comuna, se pueden llegar a reducir 30,2 ton/año de MP10 el año inicial hasta llegar al año final de evaluación con una reducción total de 450,0 ton/año de MP10⁵⁵. Alternativamente, bajo los mismos supuestos se estima que se pueden llegar a reducir 29,4 ton/año de MP2,5 el año inicial hasta llegar al año final de evaluación con una reducción total de 438,2 ton/año de MP2,5.

Para los cálculos se considera el valor de consumo promedio de leña en cada comuna, se utiliza un promedio ponderado de los factores de emisión de los equipos sujetos a recambio con respecto al factor de emisión del equipo nuevo el cual varía cada año de acuerdo a la normativa, pero ajustando ambos factores por el contenido de humedad de la leña disponible en la zona de estudio. A continuación se presenta una tabla resumen con la evolución de los factores de emisión a medida que se renueva el parque de equipos y disminuye el porcentaje de leña húmeda.

TABLA 3.12-12. EVOLUCIÓN DEL FACTOR DE EMISION A PARTIR DE LOS CAMBIOS EN EL PARQUE DE EQUIPOS

Año	Factor de Emisión, MP2,5
2014	17,4
2015	15,7
2016	15,6
2017	15,5
2018	15,4
2019	15,3
2020	15,2
2021	15,1
2022	14,9
2023	14,8
2024	14,7
2025	14,6
2026	14,5
2027	14,4
2028	14,3
2029	14,2
2030	14,1

Fuente: Elaboración Propia

⁵⁵ Si bien es cierto que la composición del tipo de artefactos puede variar en función de la disponibilidad al cambio que tengan los hogares de Talca y Maule, afectando el potencial de reducción de emisiones, tal como efectivamente ha sucedido en otras zonas como Temuco y Coyhaique. La sugerencia para lograr el mayor impacto de reducción de emisiones es escoger equipos con alto factor de emisión, que utilice altas cantidades de leña, y bajo contenido de humedad, de tal forma de optimizar el cambio de equipo, lo cual incluso podría ir en contra de principios de distribución del ingreso.

TABLA 3.12-13. REDUCCIÓN DE EMISIONES ACUMULADA DE MP10 A 2030 Y COSTOS MEDIDA CEQUIPOS

Comuna	Nº Familias beneficiadas	Delta Ton MP10/Año	Costo Anual Equipo \$MM	Ahorro leña \$MM	Costo \$MM/ton
Talca	21017	394,9	1827,5	461,6	3,46
Maule	2983	55,1	259,4	64,4	3,54
Total	24000	450,0	2086,9	522,7	3,48

Fuente: Elaboración Propia

TABLA 3.12-14. REDUCCIÓN DE EMISIONES ACUMULADA DE MP2,5 A 2030 Y COSTOS MEDIDA CEQUIPOS

Comuna	Nº Familias beneficiadas	Delta Ton MP2,5/Año	Costo Anual Equipo \$MM	Ahorro leña \$MM	Costo \$MM/ton
Talca	21017	384,6	1827,5	461,6	3,55
Maule	2983	53,7	259,4	64,4	3,63
Total	24000	438,2	2086,9	522,7	3,57

Fuente: Elaboración Propia

Fórmula de Cálculo:

$$\Delta E_{CEQUIPOS} = \sum_i H_i^n \cdot C_i (fe^n - fe^a)$$

Donde,

H_i^n = equipos en el hogar i que se recambia

C_i = consumo de leña por hogar i

fe^n = factor de emisión de equipo que cumple normativa

fe^a = factor de emisión de equipo actual

Costos para el Estado de Fiscalización y Cumplimiento:

Los costos para el Estado además de financiar la mayor parte del valor del equipo incluyen también el diseño de la medida con los respectivos criterios de asignación a las familias cuyo costo se estima en \$18.000.000 y para la implementación del programa \$120.000.000.

Disponibilidad local de la tecnología:

Actualmente existen calefactores de fabricación nacional que tienen un sello voluntario como parte del programa sello voluntario del Ministerio del Medio Ambiente. El D.S. N° 66/2009 de Minsejpres, que Revisa, Reformula y Actualiza el Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica de la Región Metropolitana (PPDA), establece en el Capítulo V "Control de emisiones asociadas a la calefacción residencial de leña y otros dendroenergéticos en la Región Metropolitana", Artículo N° 99, letra B), el Programa de Sello Voluntario. Este Programa tiene por objeto acordar el uso voluntario de un sello en aquellos calefactores nuevos que sean comercializados en la Región Metropolitana y que cumplan con el nivel máximo de 2,5 g/h de emisión de Material Particulado (MP). La obtención del Sello Voluntario permite acreditar que el

equipo cumple el nivel máximo de emisiones establecido por el Artículo 102 del PPDA (2,5 g/h de MP).

Actualmente existen 5 modelos de calefactores a leña que cumplen con este sello voluntario, entre ellos los modelos Rondo 440, Nordic 350, Nordic 360, Classic 400 y Scantek 380, todos ellos fabricados por la empresa nacional Amesti. Estos calefactores se mantienen en el rango de precios entre los \$155.000 a \$210.000. Es de esperar que en los próximos meses otros fabricantes nacionales puedan obtener este sello para calefactores tanto fabricados a nivel nacional, como calefactores importados.

Aceptabilidad de la Medida:

Existen experiencias de recambios de calefactores en el sur del país, específicamente en Temuco, Padre las Casas, Osorno, Coyhaique, Rengo, Curicó, Chillán y Chillán Viejo. En el caso de Temuco recientemente hubo una mala experiencia con una empresa (SAME) que se adjudicó un plan de recambio debido a que los calefactores presentaron fallas en su instalación y también tuvo problemas con los tiempos de entrega de los calefactores comprometidos en el recambio. Esta empresa también se había adjudicado el recambio de calefactores en Curicó, donde el programa fue suspendido temporalmente debido a los problemas experimentados en Temuco. Cabe señalar, que estos problemas generaron una seguidilla de reclamos por parte de la población inscrita en los programas de recambio por lo que puede afectar la aceptabilidad de futuros programas de recambio en Talca y Maule por parte del Estado.

Sin embargo, en el presente estudio se consultó mediante encuestas por la disposición de los hogares para cambiar su equipo de calefacción a través de un programa de recambio. Bajo distintos escenarios de subsidios se pudo determinar que un 75,3% de los hogares estaría dispuesto a participar en el programa, y que esta participación sería similar para todos los quintiles de ingreso.

3.12.1.4 Medida PCHIMENEAS

Actividades afectadas por la medida: Las actividades emisoras afectadas corresponden a los hogares que poseen chimeneas al año 2015 en las comunas del plan, es decir, aproximadamente 597 chimeneas. El número de chimeneas se obtuvo a partir de la proyección del número total de equipos a leña en la zona de estudio. Mientras el porcentaje de chimeneas se obtuvo del informe sobre consumo de leña residencial IIT-UDEC (2013).

Contaminantes afectados por la medida: Los contaminantes afectados por esta medida corresponden principalmente a MP10, MP2,5, SO₂, CO, COV y NO_x, emitidos desde el sector residencial que utiliza chimeneas de hogar abiertas destinadas a calefacción.

Características de la medida: A partir de doce meses de la publicación del Plan de Descontaminación, se prohíbe la utilización de chimeneas de hogar abierto destinadas a la calefacción de viviendas y de establecimientos públicos o privados instalados al interior del límite urbano de las comunas incluidas en la zona declarada saturada.

Reducción probable: Bajo este escenario lo más lógico es que esos hogares se cambien a otro equipo a biomasa que cumpla con la nueva norma cuyo costo de compra es asumido por estos hogares. Por lo tanto, podemos estimar el cambio en el factor de emisión de una chimenea respecto al factor de emisión de un nuevo equipo que cumple con la norma, bajo un escenario de leña seca (para no doble contabilizar la reducción de la medida RLEÑA). Considerando estos supuestos es posible estimar una reducción de 16,3 ton/año de MP10 y 13,5 ton/año de MP2,5 si todas las chimeneas existentes se renuevan por nuevos equipos.

TABLA 3.12-15. REDUCCIÓN DE EMISIONES DE MP10 Y COSTOS MEDIDA PCHIMENEAS

Comuna	Nº Familias	Delta Ton MP10/Año	Costo \$MM	Costo \$MM/ton
Talca	597	16,3	51,9	3,18
Maule	0	0,0	0,0	-
Total	597	16,3	51,9	3,18

Fuente: Elaboración Propia

TABLA 3.12-16. REDUCCIÓN DE EMISIONES DE MP2,5 Y COSTOS MEDIDA PCHIMENEAS

Comuna	Nº Familias	Delta Ton MP2,5/Año	Costo \$MM	Costo \$MM/ton
Talca	597	13,5	51,9	3,84
Maule	0	0,0	0,0	-
Total	597	13,5	51,9	3,84

Fuente: Elaboración Propia

Fórmula de Cálculo:

$$\Delta E_{CEQUIPOS} = \sum_i H_i^n \cdot C_i (fe^n - fe^a)$$

Donde,

H_i^n = chimenea en el hogar i que se recambia

C_i = consumo de leña por hogar i

fe^n = factor de emisión de equipo que cumple normativa

fe^a = factor de emisión de chimenea

Costos para el Estado de Fiscalización y Cumplimiento:

Los costos para el Estado corresponden solo a fiscalización por lo que puede considerarse 1 fiscalizador para la zona en la que interviene el PDA a un costo para la mano de obra de \$18,4 millones anual y de \$4,8 millones como costo anualizado para herramientas de trabajo, movilización, entre otros.

Disponibilidad local de la tecnología:

La prohibición del uso de chimeneas abiertas puede implicar la instalación de un inserto o bien una estufa en la caja de la chimenea. También podría ocurrir que el hogar opte por buscar otro medio de calefacción que no implique utilizar el espacio de la chimenea abierta. Para todas las opciones existe una alternativa tecnológica local la cual permitiría buscar una solución. Para el caso de los insertos para chimeneas, estos existen en el mercado y los valores se encuentran en el orden de los \$600.000 a \$2.000.000.

Aceptabilidad de la Medida:

En el estudio se estimó que aproximadamente el 1,9% de los hogares de Talca utilizan chimeneas abiertas como medio de calefacción. Es por ello que no serían muchos los hogares que tendrían que optar por instalar un sistema alternativo de calefacción. Además, algunos de estos hogares podrían ser partícipes de la medida de recambio de calefactores para optar por un sistema más limpio de calefacción para el hogar.

3.12.1.5 Medida CONGEQUIPOS

Actividades afectadas por la medida: Las actividades emisoras afectadas corresponden a los hogares que deseen comprar un equipo a biomasa para calefacción.

Contaminantes afectados por la medida: Los contaminantes afectados por esta medida corresponden principalmente a MP10, MP2,5, SO₂, CO y COV, emitidos desde el sector residencial que compre o renueve sus equipos a leña.

Características de la medida: Todos los calefactores nuevos que se comercialicen e instalen en las comunas de Talca y Maule deben ser a pellets de madera u otro tipo de energético no contaminante. No permitiéndose la comercialización e instalación de equipos a leña que no cumplan con este requisito.

Reducción probable: La reducción es incremental respecto a la medida NEQUIPOS. Al entrar en vigencia la norma se debe pagar un costo incremental por un equipo a pellet que es más caro que uno a leña D.S. N° 39/2011, y además, el costo diferencial por el combustible utilizado.

Bajo el supuesto que la medida empezará a regir a partir del año 2015 de tal forma que todos los equipos nuevos sean a pellets, se estima un consumo de pellet que asegura un nivel de calefacción similar a los consumos promedio de leña por comuna. Se asume también que existe un recambio anual de los equipos antiguos. El supuesto utilizado sobre el número nuevo de equipos es idéntico a la medida NEQUIPOS.

El recambio de equipos a pellets que se instalan en la zona (2015 a 2030) reduciría en el largo plazo 19,1 ton MP10/año y 18,6 ton MP10/año las cuales son adicionales a las toneladas de material particulado que son removidas si solo se permite la comercialización de equipos que cumplen D.S. N° 39/2011. Esta reducción se basa en el delta respecto al escenario base hasta el año 2030 con respecto a la situación de entrada en vigencia de NEQUIPOS. Los costos incurridos por esta medida corresponden al diferencial del costo del equipo debido a la

normativa más exigente, pero además se generan costos producto del mayor precio del pellet. Como esta norma se aplica por sobre la norma a nivel nacional deben incluirse los costos como relevantes y generados por el Plan.

A continuación se presenta el potencial de reducción para MP10 y MP2,5 según escenario de humedad para el corto y largo plazo.

TABLA 3.12-17. REDUCCIÓN DE EMISIONES DE MP10 Y COSTOS MEDIDA CONGEQUIPOS AÑO 2015

Comuna	Nº Familias	Consumo Kg. Leña	Consumo pellet kg	Delta g/Kg leña	DeltaTon MP ₁₀ /Año	Costo \$MM/ton
Talca	327	528.635	293.679	1.600.600	1,6	35,27
Maule	46	73.790	40.984	223.439	0,2	35,62
Total	374	602.425	334.672	1.824.021	1,8	35,31

Fuente: Elaboración Propia

TABLA 3.12-18. REDUCCIÓN DE EMISIONES DE MP2,5 Y COSTOS MEDIDA CONGEQUIPOS AÑO 2015

Comuna	Nº Familias	Consumo Kg. Leña	Consumo pellet kg	Delta g/Kg leña	DeltaTon MP _{2,5} /Año	Costo \$MM/ton
Talca	327	528.635	293.679	1.557.636	1,6	36,24
Maule	46	73.790	409.84	217.441	0,2	36,60
Total	374	602.425	334.672	1.775.060	1,8	36,28

Fuente: Elaboración Propia

A continuación se presenta el potencial de reducción para el largo plazo.

TABLA 3.12-19. REDUCCIÓN DE EMISIONES DE MP10 Y COSTOS MEDIDA CONGEQUIPOS AÑO 2030

Comuna	Nº Familias	Consumo Kg. Leña	Consumo pellet kg	Delta g/Kg leña	DeltaTon MP ₁₀ /Año	Costo \$MM/ton
Talca	3.430	9.145.475	5.080.694	16.770.194	16,8	35,27
Maule	487	1.276.581	709.033	2.341.070	2,3	35,62
Total	3.916	10.422.056	5.789.887	19.111.079	19,1	35,31

Fuente: Elaboración Propia

TABLA 3.12-20. REDUCCIÓN DE EMISIONES DE MP2,5 Y COSTOS MEDIDA CONGEQUIPOS AÑO 2030

Comuna	Nº Familias	Consumo Kg. Leña	Consumo pellet kg	Delta g/Kg leña	DeltaTon MP _{2,5} /Año	Costo \$MM/ton
Talca	3.430	9.145.475	5.080.694	16.320.039	16,3	36,24
Maule	487	1.276.581	709.033	2.278.225	2,3	36,60
Total	3.916	10.422.056	5.789.887	18.598.089	18,6	36,28

Fuente: Elaboración Propia

Fórmula de Cálculo:

$$\Delta E_{NEQUIPOS} = \left(\sum_i H_i^a \cdot g \cdot fe^n + \sum H_i^a \cdot r \cdot fe^n \right) - \left(\sum_i H_i^a \cdot g \cdot fe^a + \sum H_i^a \cdot r \cdot fe^a \right)$$

Donde,

H_i^a = N° de equipos existentes

g = tasa de crecimiento de equipos

fe^n = factor de emisión por equipo a pellets

r = tasa de recambio de equipos

fe^a = factor de emisión por equipo que cumple con DS 39

Costos para el Estado de Fiscalización y Cumplimiento:

Los costos para el Estado corresponden solo a fiscalización por lo que puede considerarse 1 fiscalizador para el comercio de artefactos a leña de la zona en la que interviene el PDA a un costo para la mano de obra de \$18,4 millones anuales y de \$4,8 millones como costo anualizado para herramientas de trabajo, movilización, entre otros. Adicionalmente se podría complementar la fiscalización a los vendedores de artefactos que no cumplen la normativa intensificando los controles en puntos de venta a través de un control de Carabineros y SII.

Disponibilidad local de la tecnología:

Esta medida consiste en prohibir la comercialización e instalación de nuevos calefactores a leña/ biomasa en hogares localizados dentro de la zona declarada saturada, con la excepción de calefactores y/o equipos que utilicen pellets como combustible. Actualmente en el mercado nacional se comercializan calderas y calefactores residenciales a pellets, por lo que la tecnología estaría disponible para la zona en estudio. Los valores de las calderas a pellets están en el orden de los \$5.300.000, mientras los costos de los calefactores a pellets se encuentran entre los \$600.000 a \$1.500.000.

En el informe de avance N°2 de este estudio se analizó la factibilidad técnica y económica de producir pellet en la región del Maule. Las materias primas disponibles serían, aserrín húmedo, viruta y los desechos provenientes de podas y raleos de la especie pino radiata. La opción del pellets como combustible para la calefacción domiciliar es bastante atractiva en términos económicos ya que, el precio de producción al cual es factible comenzar a vender se determinó en \$151/kg siendo el precio de mercado actual alrededor de \$190/kg lo que deja un margen para poder comercializar el producto en los hogares a un precio atractivo.

Aceptabilidad de la Medida:

Esta medida puede significar una mayor inversión por parte de los hogares que opten por instalar un calefactor a pellet en el hogar. Este costo afectaría principalmente a aquellos hogares que tengan restricciones de presupuesto por lo que no podrían optar por invertir en un

calefactor de estas características. Sin embargo, esta medida puede complementarse con subsidios orientados a alternativas de calefacción basadas en energías renovables limpias.

3.12.1.6 Medida PROHIBLENA

Actividades afectadas por la medida: Los hogares que no pueden encender sus equipos a leña en días de preemergencia y emergencia en los horarios establecidos.

Contaminantes afectados por la medida: Los contaminantes afectados por esta medida corresponden principalmente a MP10, MP2,5, SO₂, CO y COV, emitidos desde el sector residencial que incrementa el parque de equipos a leña.

Características de la medida: Se establecerá una restricción de uso para todo artefacto a leña en cualquier episodio crítico de contaminación por MP2,5. Existirá una restricción total a partir del año inicial del PDA para los días en que a través de un modelo predictivo se establezca una emergencia. Pero a contar del tercer año de vigencia del PDA la restricción total de uso será para los días en que el modelo prediga emergencia o preemergencia. Los horarios de prohibición serán entre las 17 hrs. y 23 hrs.

Debe contemplarse para esta medida el desarrollo de una herramienta predictiva validada previamente, para no generar “falsos positivos” que podrían llevar al desprestigio de la eficiencia de la medida. Superado el problema anterior, entonces deben enfocarse los esfuerzos en una estrategia eficiente de fiscalización, que prevenga también el desprestigio de la medida y finalmente su incumplimiento masivo.

Otro factor a considerar es que en los últimos años en la zona se vienen produciendo un promedio de 25 episodios de preemergencia o emergencia ambiental por MP2,5, esto implica la necesidad de generar una estructura operativa para esta cantidad de días aproximados en la temporada.

Los costos en los que incurrirían las familias por los días de prohibición están asociados a la compra de un artefacto de calefacción con un combustible alternativo, por ejemplo, estufas a gas, más el costo del combustible.

Reducción probable: Considerando la información histórica se puede proyectar el número de días de pre-emergencia y emergencia, además utilizando información sobre la intensidad en el consumo de leña para los meses de mayo, junio, julio y agosto que son aquellos en los cuales se presentan estos episodios (86,1% del consumo de leña estimado con datos de Talca, IIT-UDEC 2013), y la intensidad en el consumo de leña entre las 17 y 23 hrs (48,2% del consumo de leña estimado con datos de Talca, IIT-UDEC 2013), es posible generar una aproximación de las emisiones reducidas por esta medida.

TABLA 3.12-21. REDUCCIÓN DE EMISIONES DE MP10 Y COSTOS MEDIDA PROHIBLENA

Comuna / Año	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Red. MP10 Talca	30,4	30,5	69,5	69,7	69,8	70,0	70,2	70,4	70,6	70,8	71,0	71,2	71,4	71,6	71,8	72,0
Red. MP10 Maule	4,2	4,3	9,7	9,7	9,7	9,8	9,8	9,8	9,9	9,9	9,9	9,9	10,0	10,0	10,0	10,1
Red. MP10 Total	34,6	34,7	79,2	79,4	79,6	79,8	80,0	80,3	80,5	80,7	81,0	81,2	81,4	81,6	81,9	82,1
MM\$/Ton Talca	36,4	36,7	31,7	32,0	32,2	32,5	32,7	33,0	33,2	33,5	33,7	34,0	34,2	34,5	34,7	35,0
MM\$/Ton Maule	37,0	37,3	32,3	32,5	32,8	33,0	33,3	33,5	33,8	34,0	34,3	34,5	34,8	35,0	35,3	35,6
MM\$/Ton Total	36,5	36,7	31,8	32,1	32,3	32,5	32,8	33,0	33,3	33,5	33,8	34,0	34,3	34,5	34,8	35,1

Fuente: Elaboración Propia

TABLA 3.12-22. REDUCCIÓN DE EMISIONES DE MP2,5 Y COSTOS MEDIDA PROHIBLENA

Comuna / Año	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Red. MP2,5 Talca	29,5	29,6	67,5	67,7	67,9	68,1	68,3	68,5	68,7	68,9	69,1	69,3	69,4	69,6	69,8	70,0
Red. MP2,5 Maule	4,1	4,1	9,4	9,5	9,5	9,5	9,5	9,6	9,6	9,6	9,6	9,7	9,7	9,7	9,7	9,8
Red. MP2,5 Total	33,7	33,8	77,0	77,2	77,4	77,6	77,8	78,0	78,3	78,5	78,7	78,9	79,1	79,4	79,6	79,8
MM\$/Ton Talca	37,4	37,7	32,7	32,9	33,1	33,4	33,6	33,9	34,2	34,4	34,7	34,9	35,2	35,5	35,7	36,0
MM\$/Ton Maule	38,1	38,3	33,2	33,5	33,7	34,0	34,2	34,5	34,7	35,0	35,3	35,5	35,8	36,1	36,3	36,6
MM\$/Ton Total	37,5	37,8	16,8	33,0	33,2	33,5	33,7	34,0	34,2	34,5	34,7	35,0	35,3	35,5	35,8	36,1

Fuente: Elaboración Propia

Costos para el Estado de Fiscalización y Cumplimiento:

Los costos para el Estado corresponden a fiscalización por lo que puede considerarse al igual que en Temuco 20 fiscalizadores por el periodo de prohibición a un costo para la mano de obra de \$122,4 millones anual y de \$48,0 como costo anualizado para herramientas de trabajo, movilización, entre otros.

Disponibilidad local de la tecnología:

Dado que esta medida considera la restricción de uso de artefactos a leña dentro de la zona saturada de Talca y Maule durante los episodios crítico de contaminación por MP2,5. Los hogares tendrán que optar por otros medios de calefacción durante los periodos de prohibición. Para ello, deberán optar por un medio de calefacción alternativo a la leña, entre ellos calefactores que utilicen electricidad, gas, parafina o pellets como energético. Estos calefactores están disponibles en el mercado local, por lo que la opción de calefactor/energético sería materia de decisión de cada uno de los hogares.

Aceptabilidad de la Medida:

La medida de prohibición del uso de la leña para calefacción durante episodios críticos de calidad del aire fue recientemente implementada en la ciudad de Temuco. Esta medida fue impulsada por La Seremi de Salud y la Seremi de Medio Ambiente para revertir los elevados niveles de material particulado fino (MP2,5) durante los meses de invierno. El Estudio de

Opinión realizado por la Universidad Mayor reveló que el 35% de los habitantes de Temuco y Padre Las Casas no estaría dispuesto a acatar la restricción en el uso de la leña, como medida preliminar del nuevo Plan de Descontaminación Atmosférica, PDA de Temuco y Padre Las Casas. Sin embargo, el 60% de los habitantes apoyan la medida y aquellos que la rechazan lo hacen principalmente por razones económicas, pues no ven una solución alternativa real y viable a sus necesidades de calefacción.

Por otro lado, cuando se encuestó a los hogares de Talca y Maule, se estableció que los motivos principales por los cuales utilizaban la leña como energético radica principalmente en que es un combustible económico, porque existe una sensación de que la leña calienta más, y por costumbre o hábito. Además, se detectó que el 13,4% de los hogares encuestados en Talca y Maule la leña es recolectada o bien regalada, por lo que estos hogares no incurrir en grandes costos para obtener este energético.

El hecho de aplicar una medida de prohibición temporal del uso de la leña en periodos críticos de calidad del aire podría generar mayores gastos en aquellos hogares que deban optar por otros energéticos para calefaccionar su vivienda dado que acceden a la leña a un bajo precio, o bien ésta se les regala.

La medida de prohibición temporal del uso de la leña en Talca y Maule puede generar un rechazo por parte de la población en un comienzo, pero en la medida que apliquen sanciones y se fiscalice a la población, la medida de prohibición podría tener los resultados esperados en cuanto a lograr revertir los malos niveles de calidad del aire. Al observar una mejora en la calidad del aire debido a la restricción del uso de la leña, la medida tendría una mayor aceptación por parte de la población.

3.12.1.7 Medida TERMICOVIV

Actividades afectadas por la medida: En el caso de viviendas antiguas las actividades afectadas son hogares que presentan problemas de déficit en su materialidad o aislación. En el caso de viviendas nuevas las actividades afectadas son las constructoras y los hogares.

Contaminantes afectados por la medida: Los contaminantes afectados por esta medida corresponden principalmente a MP10, MP2,5, SO₂, CO, COV y NO_x, emitidas desde el sector residencial que posee deficiencias en la aislación de sus viviendas.

Características de la medida: Una vez que entre en vigencia el PDA, La SEREMI de Vivienda y Urbanismo (MINVU) focalizará en las comunas de Talca y Maule el subsidio especial para el mejoramiento térmico de la vivienda existente, ello de acuerdo al Programa de Protección del Patrimonio Familiar (PPPF).

Reducción probable: Considerando los antecedentes de Ambiente Consultores (2006) se estimó que un subsidio que permitiera la aislación de muros y cielo, generaría una reducción del 35% en el consumo de leña por hogar, con el consiguiente impacto en reducción de emisiones atmosféricas. Sin embargo, en el presente estudio se estimó este potencial de reducción a un 42%, lo anterior, de acuerdo a las características de los hogares de Talca y Maule.

Suponiendo un número de 500 subsidios por año y utilizando una vivienda promedio que consume leña se estimó las potencialidades de este subsidio en términos de reducción de emisiones de MP10 y MP2,5 que alcanza respectivamente 5,3 ton/año y 5,2 ton/año, por 500 viviendas el año 2015, este potencial de reducción va disminuyendo en función de la caída en la reducción de los factores de emisiones por el recambio normal de los equipos, llegando al año final de evaluación a una reducción total de 77,0 ton/año de MP10 y 74,8 ton/año de MP2,5 por 8.000 viviendas al final del año 2030. El costo de la aislación por vivienda se asume en \$1,46 millones y un ahorro máximo de 42,0% por menor consumo de leña.

TABLA 3.12-23. REDUCCIÓN DE EMISIONES MP10 Y COSTOS MEDIDA TERMICOVIV PARA VIVIENDAS ANTIGUAS

Año	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Nº Viv. antiguas	500	1.000	1.500	2.000	2.500	3.000	3.500	4.000
Ahorro 42% Leña	339.150	678300	1017450	1.356.600	1.695.750	2.034.900	2.374.050	2.713.200
Red. Emis. ton	5,3	10,6	15,9	21,0	26,1	31,1	36,0	40,8
Costo \$MM/ton	5,6	5,6	5,7	5,7	5,7	5,8	5,8	5,9
Año	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Nº Viv. antiguas	4.500	5.000	5.500	6.000	6.500	7.000	7.500	8.000
Ahorro 42% Leña	3.052.350	3.391.500	3.730.650	4.069.800	4.408.950	4.748.100	5.087.250	5.426.400
Red. Emis. ton	45,6	50,3	54,9	59,5	63,9	68,3	72,7	77,0
Costo \$MM/ton	5,9	5,9	6,0	6,0	6,1	6,1	6,2	6,2

Fuente: Elaboración Propia

TABLA 3.12-24. REDUCCIÓN DE EMISIONES MP2,5 Y COSTOS MEDIDA TERMICOVIV PARA VIVIENDAS ANTIGUAS

Año	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Nº Viv. antiguas	500	1.000	1.500	2.000	2.500	3.000	3.500	4.000
Ahorro 42% Leña	339.150	678.300	1.017.450	1.356.600	1.695.750	2.034.900	2.374.050	2.713.200
Red. Emis. ton	5,2	10,3	15,4	20,4	25,4	30,2	35,0	39,7
Costo \$MM/ton	5,8	5,8	5,8	5,9	5,9	5,9	6,0	6,0
Año	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Nº Viv. antiguas	4.500	5.000	5.500	6.000	6.500	7.000	7.500	8.000
Ahorro 42% Leña	3.052.350	3.391.500	3.730.650	4.069.800	4.408.950	4.748.100	5.087.250	5.426.400
Red. Emis. ton	44,3	48,9	53,4	57,8	62,2	66,4	70,7	74,8
Costo \$MM/ton	6,1	6,1	6,2	6,2	6,3	6,3	6,3	6,4

Fuente: Elaboración Propia

Según el análisis de mejoramiento térmico de las viviendas nuevas de Talca desarrollado en este estudio, mejorar la capacidad aislante de muros y ventanas, generaría un ahorro cercano al 30%, todo lo anterior con un costo de \$0,9 millones por vivienda.

TABLA 3.12-25. REDUCCIÓN DE EMISIONES MP10 Y COSTOS MEDIDA TERMICOVIV PARA VIVIENDAS NUEVAS

Año	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Nº Viv. nuevas	578	1.161	1.749	2.342	2.939	3.541	4.147	4.759
Ahorro 30% Leña	280.236	562.714	847.452	1.134.468	1.423.780	1.715.407	2.009.366	2.305.677
Red. Emis. ton	4,4	8,8	13,2	17,6	21,9	26,2	30,5	34,7
Costo \$MM/ton	4,3	4,3	4,3	4,4	4,4	4,4	4,5	4,5
Año	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Nº Viv. nuevas	5.375	5.997	6.623	7.255	7.891	8.532	9.179	9.831
Ahorro 30% Leña	2.604.359	2.905.430	3.208.910	3.514.817	3.823.172	4.133.993	4.447.302	4.763.116
Red. Emis. ton	38,9	43,1	47,2	51,3	55,4	59,5	63,5	67,5
Costo \$MM/ton	4,5	4,6	4,6	4,6	4,7	4,7	4,7	4,8

Fuente: Elaboración Propia

TABLA 3.12-26. REDUCCIÓN DE EMISIONES MP2,5 Y COSTOS MEDIDA TERMICOVIV PARA VIVIENDAS NUEVAS

Año	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Nº Viv. nuevas	574	1.152	1.735	2.323	2.915	3.512	4.114	4.721
Ahorro 30% Leña	278.012	558.248	840.726	1.125.464	1.412.480	1.701.792	1.993.419	2.287.378
Red. Emis. ton	4,7	9,0	12,8	17,1	21,3	25,4	29,6	33,7
Costo \$MM/ton	4,0	4,2	4,4	4,5	4,5	4,5	4,6	4,6
Año	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Nº Viv. nuevas	5.949	6.571	7.197	7.828	8.465	9.106	9.753	10.405
Ahorro 30% Leña	2.882.371	3.183.442	3.486.922	3.792.829	4.101.184	4.412.005	4.725.314	5.041.128
Red. Emis. ton	41,9	45,9	49,9	53,9	57,8	61,7	65,6	69,5
Costo \$MM/ton	4,7	4,7	4,7	4,8	4,8	4,8	4,9	4,9

Fuente: Elaboración Propia

Fórmula de Cálculo:

$$\Delta E_{AISLACION} = \sum_i H_i^{subsidio} \cdot C \cdot fe_j \cdot R$$

Donde,

$H_i^{subsidio}$ = hogar i con subsidio de aislación térmica (1 tiene subsidio y 0 no tiene subsidio)

C = consumo promedio de leña por hogar

fe_j = factor de emisión de equipo tipo j existente en el hogar

R = reducción porcentual de consumo de leña gracias a mejor aislamiento

Costos para el Estado de Fiscalización y Cumplimiento:

No existen costos adicionales al financiamiento del programa (ya descrito en las secciones previas) para el Estado ya que el programa ya está implementado. La normativa asociada corresponde a la Ley N° 16.391 Orgánica del MINVU, Ley General de Urbanismo y

Construcciones, Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones. La fiscalización corresponde a la SEREMI del MINVU.

Disponibilidad local de la tecnología:

Esta medida está asociada a la Ley N° 16.391 Orgánica del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU), Ley General de Urbanismo y Construcciones, Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones. Además, los requerimientos de aislación para las nuevas construcciones están ya establecidos en el Artículo 4.1.10 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, (D.S. N° 47), decreto que ha sido modificado estableciendo requerimientos de aislación térmica según la zona geográfica.

Esta medida sería complementaria al actual subsidio contemplado en el artículo 6 bis del DS N° 255, dictado por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) en 2006, también como de aquéllos del Título II del Programa de Protección del Patrimonio Familiar (PPPF). Este subsidio permite mejorar la aislación térmica de viviendas sociales o cuya tasación no supere las 650 UF y que sean pertenecientes a familias que cuentan con máximo de 13.484 puntos en su Ficha de Protección Social. Este subsidio permite que las familias beneficiadas accedan a ahorros en calefacción y que disminuyan los efectos de condensación al interior de las viviendas.

Aceptabilidad de la Medida:

El Programa de Protección al Patrimonio Familiar (PPPF) es un programa con muchos recursos invertidos. Se aplica a sectores de bajos recursos permitiendo financiar casi en su totalidad (98% de la inversión) proyectos que mejoren la eficiencia energética de las viviendas. Los montos del subsidio varían de acuerdo la zona, pero permitirían financiar gran parte del de un proyecto de reacondicionamiento térmico cuyo valor esta en el orden de los 3 millones de pesos.

A nivel país, este programa ha funcionado bastante bien, y en su aplicación se han logrado ahorros reales medidos del orden del 28%. Dado que el problema de la aislación de viviendas existentes es conocido a nivel nacional se podría simplificar la entrega de subsidios para las mejoras en aislación, tanto en su diseño como en su operatoria. Por ejemplo, se puede tener un primer subsidio para la aislación del techo y luego un segundo subsidio para instalar 5 cm de aislación en los muros. Eso puede materializarse con montos fijos por subsidio y según la superficie a intervenir (m²). Se debería reglamentar que no se pueda postular a un segundo subsidio, si no se tiene ejecutada la primera mejora (aislación del techo), o bien ejecutar ambos acondicionamientos en forma simultánea.

Por otro lado, una crítica a todos estos programas es que los subsidios están orientados a familias de escasos recursos, que en la práctica son los que menos consumen leña, por tanto tienen un menor impacto. Si se quiere lograr reducir los niveles de emisiones de material particulado, se deben considerar todos los niveles de ingresos. Por lo tanto, para que este programa sea más efectivo y tenga una mayor aceptabilidad por parte de la población debería ser extensivo a viviendas de clase media, para facilitar el proceso de mejora del envolvente térmico del mayor número de viviendas de la zona saturada de Talca y Maule.

3.12.1.8 Medida TERMICOPLUS

Actividades afectadas por la medida: Las actividades afectadas son las constructoras, inmobiliarias y los hogares.

Contaminantes afectados por la medida: Los contaminantes afectados por esta medida corresponden principalmente a MP10, MP2,5, SO₂, CO, COV y NO_x, emitidas desde viviendas nuevas que poseen deficiencias en la aislación.

Características de la medida: Elevar el estándar de aislación térmica para nuevos proyectos inmobiliarios por sobre los requerimientos actuales como medida de compensación.

Reducción probable: A partir de los resultados del presente estudio se pudo llegar a la conclusión que para elevar el estándar de aislación térmica de las viviendas nuevas se requeriría un aislante extra para los muros, techos y ventanas DVH con una inversión total de \$1,3 millones. Este incremento en la aislación térmica podría generar un ahorro potencial de hasta 34% en los requerimientos de energía para calefaccionar la vivienda.

A continuación se muestra el máximo potencial de reducción de la medida, pero cabe recordar que es una alternativa para la compensación de emisiones de las empresas constructoras e inmobiliarias, por lo tanto, no es obligatoria ya que estas firmas podrían optar por otros mecanismos de compensación menos costosos. Una alternativa a este escenario sería la exigencia que los nuevos proyectos inmobiliarios compensen completamente las emisiones de los nuevos equipos que serán instalados en las viviendas que ellos están comercializando, para lo cual se requerirían estimaciones de penetración y consumo de leña con el objetivo de exigirles una compensación por cada tonelada emitida luego de que las viviendas comiencen a ser habitadas. Obviamente esto elevaría los precios de las viviendas pero se repartirían en una cantidad considerable de años, por lo tanto, el incremento en los dividendos de los créditos hipotecarios se esperaría que no se elevaran de forma muy significativa.

TABLA 3.12-27. REDUCCIÓN DE EMISIONES MP10 Y COSTOS MEDIDA TERMICOPLUS PARA VIVIENDAS NUEVAS

Año	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Nº Viv. antiguas	578	1.161	1.749	2.342	2.939	3.541	4.147	4.759
Ahorro Leña	37.365	75.029	112.994	151.262	189.837	228.721	267.915	307.424
Red. Emis. ton	0,6	1,2	1,8	2,3	2,9	3,5	4,1	4,6
Costo \$MM/ton	22,5	22,6	22,8	22,9	23,1	23,2	23,4	23,6
Año	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Nº Viv. antiguas	5.375	5.997	6.623	7.255	7.891	8.532	9.179	9.831
Ahorro Leña	347.248	387.391	427.855	468.642	509.756	551.199	592.974	635.082
Red. Emis. ton	5,2	5,7	6,3	6,8	7,4	7,9	8,5	9,0
Costo \$MM/ton	23,8	23,9	24,1	24,3	24,5	24,6	24,8	25,0

Fuente: Elaboración Propia

TABLA 3.12-28. REDUCCIÓN DE EMISIONES MP2,5 Y COSTOS MEDIDA TERMICOPLUS PARA VIVIENDAS NUEVAS

Año	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Nº Viv. antiguas	578	1.161	1.749	2.342	2.939	3.541	4.147	4.759
Ahorro Leña	37.365	75.029	112.994	151.262	189.837	228.721	267.915	307.424
Red. Emis. ton	0,6	1,1	1,7	2,3	2,8	3,4	3,9	4,5
Costo \$MM/ton	23,2	23,3	23,4	23,6	23,7	23,9	24,1	24,3
Año	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Nº Viv. antiguas	5.375	5.997	6.623	7.255	7.891	8.532	9.179	9.831
Ahorro Leña	347.248	387.391	427.855	468.642	509.756	551.199	592.974	635.082
Red. Emis. ton	5,0	5,6	6,1	6,7	7,2	7,7	8,2	8,8
Costo \$MM/ton	24,4	24,6	24,8	25,0	25,2	25,4	25,5	25,7

Fuente: Elaboración Propia

Fórmula de Cálculo:

$$\Delta E_{AISLACION} = \sum_i H_i \cdot C \cdot fe_j \cdot R$$

Donde,

$H_i^{subsidio}$ = hogar i al cual se le incrementa aislación térmica a nivel "C"

C = consumo promedio de leña por hogar

fe_j = factor de emisión de equipo tipo j existente en el hogar

R = reducción porcentual de consumo de leña gracias a mejor aislamiento

Costos para el Estado de Fiscalización y Cumplimiento:

No existen costos adicionales para el Estado ya que utiliza los recursos de la SEREMI del MMA destinados al funcionamiento del SEIA.

Disponibilidad local de la tecnología:

Los requerimientos mínimos de aislación para las nuevas construcciones están establecidos en el Artículo 4.1.10 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, (D.S. Nº 47), decreto que ha sido modificado estableciendo requerimientos de aislación térmica según la zona geográfica. Adicionalmente, la Calificación Energética está en sus comienzos en nuestro país e implicaría una serie de procedimientos para la calificación y etiquetado energético de las viviendas. Es decir, la metodología permitiría evaluar que tan eficiente es una vivienda al compararla con la línea base. Esto permite evaluar el impacto de cada elemento de eficiencia energética a considerar. Existe un sistema de calificación para viviendas nuevas y otro para viviendas existentes. Por el momento, el sistema es de aplicación voluntaria y estaría recién comenzando a implementarse, por tanto no se tiene conocimiento de cómo se comportará en la práctica.

Aceptabilidad de la Medida:

Una característica importante de esta medida es la forma en que se determinará el mínimo para hacer obligatoria la compensación, podría por ejemplo utilizarse el mismo criterio que los proyectos que deberán ingresar al SEIA, con lo que esta medida, podría ser refundida con aquella, previa modificación del artículo h) del SEIA, el que establece los criterios para el ingreso de los proyectos inmobiliarios al SEIA, medida adoptada en otros planes similares. Adicionalmente, se sugiere tener previamente evaluada una cantidad mínima de medidas, disponibles para los titulares de proyectos donde por ejemplo se puede privilegiar la compensación a través de recambio de calefactores, dando consistencia a las medidas del Plan.

Una medida complementaria con la anterior, es que una vez establecida la obligatoriedad de ingreso (valor cercano al 100% del universo de los nuevos proyectos inmobiliarios en la zona) se debe establecer un mecanismo de incentivo a la compensación efectiva de emisiones en la propia concepción del proyecto inmobiliario, este incentivo consistiría básicamente en la tramitación expedita en el SEIA para aquellos proyectos que en su concepción puedan demostrar que tienen compensadas sus potenciales emisiones, de acuerdo a metas u objetivos de reducción.

La exigencia de compensación para reducir emisiones de material particulado en el caso de los proyectos inmobiliarios puede ser analizada considerando dos grandes tipos de mercado, los proyectos para la construcción de viviendas sociales y aquellos dirigidos a viviendas para personas con mayores niveles de ingreso. En el caso de la construcción de viviendas sociales el SERVIU licita proyectos por un determinado número de soluciones habitacionales con ciertos requerimientos y establece un valor estimativo para la licitación. Así el mayor costo debería ser cargado por todas las constructoras en su presupuesto de tal modo que bajo el esquema de licitación actual sucederían dos opciones, se incrementan los valores de las ofertas económicas sin afectar los márgenes de las empresas si es que están licitando bajo el monto sugerido por el SERVIU, o bien todas estarían licitando por valores mayores al monto sugerido si no hay espacio para reducir márgenes.

En el caso de los proyectos inmobiliarios que son para personas de mayores ingresos, bajo un mercado competitivo todas las empresas enfrentan los mismos costos incrementales, por lo cual terminarían traspasándolos a los precios de sus clientes.

3.12.1.9 Medida COMPEMIND

Actividades afectadas por la medida: Aquellos proyectos o actividades nuevas y sus modificaciones, en cualquiera de sus etapas, que tengan asociadas una emisión total anual que implique un aumento sobre la situación base superior a 1 ton/año de material particulado, deberán compensarlas en un 120%.

Contaminantes afectados por la medida: Los contaminantes afectados por esta medida corresponden principalmente a MP10 y MP2,5.

Características de la medida: Todas las nuevas emisiones de material particulado deberán ser compensadas en un 120%. Las alternativas disponibles para compensar emisiones de MP serán las siguientes:

- Reemplazo de calefactores domiciliarios a leña.
- Fuentes fijas existentes, equivalentes en origen y naturaleza de las emisiones.
- Implementación o reemplazo de sistemas de calefacción distrital o de edificaciones.
- Otras alternativas presentadas por los proponentes, que serán evaluadas por la SEREMI de Medio Ambiente de la Región del Maule.

Reducción probable: De acuerdo al crecimiento de la actividad industrial del 3,3% promedio anual (calculado en base al crecimiento anual del Producto Interno Bruto de la industria manufacturera de la región del Maule, Fuente: Banco Central de Chile), la reducción corresponderá al incremento que hubiera ocurrido en las fuentes industriales.

Los costos anuales de las tecnologías de abatimiento por tonelada reducida de MP10 son de \$4,3 millones (Actualizado por IPC en base a Alegría et al., 2013). La reducción de emisiones, costos totales y los costos por tonelada reducida de MP10 y MP2,5 se muestran en las siguientes tablas.

TABLA 3.12-29. REDUCCIÓN DE EMISIONES MP10 Y COSTOS MEDIDA COMPEMIND

Año	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Esc. Base, ton	203,3	208,8	214,4	220,2	226,2	232,3	238,6	245,0
Red. Emis. ton	5,3	10,8	16,5	22,3	28,2	34,3	40,6	47,0
Esc. Medida, ton	198,0	198,0	198,0	198,0	198,0	198,0	198,0	198,0
Costo en MM\$	23,0	46,6	70,8	95,7	121,3	147,6	174,5	202,2
MM\$ ton/MP10	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3

Año	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Esc. Base, ton	251,6	258,4	265,4	272,6	279,9	287,5	295,2	303,2
Red. Emis. ton	53,6	60,4	67,4	74,6	81,9	89,5	97,3	105,2
Esc. Medida, ton	198,0	198,0	198,0	198,0	198,0	198,0	198,0	198,0
Costo en MM\$	230,7	259,9	289,9	320,7	352,3	384,8	418,2	452,5
MM\$ ton/MP10	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3

Fuente: Elaboración Propia

TABLA 3.12-30. REDUCCIÓN DE EMISIONES MP2,5 Y COSTOS MEDIDA COMPEMIND

Año	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Esc. Base.,ton	145,4	149,3	153,3	157,5	161,7	166,1	170,6	175,2
Red. Emis. ton	3,8	7,7	11,8	15,9	20,2	24,5	29,0	33,6
Esc. Medida, ton	141,5	141,5	141,5	141,5	141,5	141,5	141,5	141,5
Costo en MM\$	17,2	34,8	52,9	71,5	90,6	110,2	130,3	151,0
MM\$ ton/MP2,5	145,4	149,3	153,3	157,5	161,7	166,1	170,6	175,2

Año	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Esc. Base, ton	179,9	184,8	189,7	194,9	200,1	205,5	211,1	216,8
Red. Emis. ton	38,4	43,2	48,2	53,3	58,6	64,0	69,5	75,2
Esc. Medida, ton	141,5	141,5	141,5	141,5	141,5	141,5	141,5	141,5
Costo en MM\$	172,2	194,0	216,4	239,4	263,0	287,3	312,2	337,8
MM\$ ton/MP2,5	179,9	184,8	189,7	194,9	200,1	205,5	211,1	216,8

Fuente: Elaboración Propia

Fórmula de Cálculo:

$$\Delta E_{COMPEMIND} = \sum_i (F_i^{actual} - F_i^{actual} \cdot (1 + \delta))$$

Donde,

 F_i^{actual} = emisiones industria i δ = tasa de crecimiento de emisiones por incremento de actividad industrial**Costos para el Estado de Fiscalización y Cumplimiento:**

No existen costos adicionales para el Estado ya que utiliza los recursos destinados al funcionamiento del SEIA. Cabe señalar que actualmente en el marco del SEIA, se debe someter a evaluación cualquier proyecto industrial o inmobiliario que modifique o se ejecute dentro de zonas declaradas latentes o saturadas. Siendo la SEREMI del MMA y de SEREMI de Salud los responsables de su fiscalización.

Disponibilidad local de la tecnología:

Para el correcto funcionamiento de esta medida se requiere una adecuada fiscalización para dar seguimiento a las compensaciones y a los programas de buenas prácticas de operación. Los organismos responsables de esta medida serían la Seremi de Medio Ambiente y la Seremi de Salud. Adicionalmente, el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) deberá facilitar el proceso de incorporación en la Resolución de Calificación Ambiental (RCA).

Se debe establecer el mínimo para hacer obligatoria la compensación de los nuevos proyectos que ingresan al SEIA. Adicionalmente se sugiere tener previamente evaluada opciones de medidas de compensación, disponibles para los titulares de proyectos donde por ejemplo se puede privilegiar la compensación a través de recambio de calefactores, dando consistencia a las medidas del Plan.

Aceptabilidad de la Medida:

Para que la medida de compensación sea efectiva y tenga una mayor aceptación por parte de los titulares de los proyectos se deberá generar un mecanismo de compensación de emisiones que requiera homologar emisiones de distintos tipos de fuentes y permitir un cierto grado de flexibilidad para la realización de las compensaciones. La medida debe estar pensada en términos de eficiencia económica, es decir, que los titulares que deban compensar sus emisiones puedan reducir emisiones donde les resulte más económico hacerlo evitando así incurrir en mayores costos.

3.12.1.10 Medida NORMAIND

Actividades afectadas por la medida: Fuentes emisoras existentes y nuevas, que incluyan procesos de combustión que se realicen en calderas y hornos.

Contaminantes afectados por la medida: Los contaminantes afectados por esta medida corresponden principalmente a MP10, MP2,5, SO₂ y NO_x. Esta medida reduciría en el tiempo las emisiones de estos contaminantes desde las fuentes industriales que utilizan calderas y reduciría las emisiones de MP10 y MP2,5 para el caso de los hornos industriales.

Características de la medida: Se establece un límite máximo de emisión de material particulado para las calderas y hornos entre $3 \leq$ y <50 MWt. Los límites para las calderas y hornos existentes y nuevos serán de 50 mg/m³N para combustibles sólidos y líquidos, considerando una corrección de oxígeno del 6% y 3%, para combustibles sólidos y líquidos, respectivamente.

La implementación de este tipo de medida requiere previamente de definir formas y estrategias de fiscalización, es muy probable que se puedan extrapolar experiencias principalmente de la Región Metropolitana.

Se debe definir, la posibilidad de establecer la obligatoriedad de reportes, en frecuencia y forma, inicialmente se sugiere esto se realice mediante mediciones discretas al menos 2 veces al año.

Reducción probable: Según la actualización del inventario de emisiones realizado en este estudio existen 31 fuentes que sobrepasarían la norma, por lo tanto, para 6 fuentes se puede cumplir la norma instalando un filtro de mangas, para 14 fuentes instalando un precipitador electrostático y para 11 fuentes se sugiere el cambio de combustible.

Se asume que no existe crecimiento en sus emisiones, porque este ya se está contabilizando en la medida COMPEMIND. La reducción de emisiones, costos totales y los costos por tonelada reducida se muestran en la siguiente tabla.

TABLA 3.12-31. REDUCCIÓN DE EMISIONES MP10 Y COSTOS MEDIDA NORMAIND

Año	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Esc. Base, ton	187,7	187,7	187,7	187,7	187,7	187,7	187,7	187,7
Red. Emis. ton	22,1	22,1	22,1	22,1	22,1	22,1	22,1	22,1
Costo en MM\$	4.796	4.796	4.796	4.796	4.796	4.796	4.796	4.796
MM\$ ton/MP10	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0

Año	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Esc. Base, ton	187,7	187,7	187,7	187,7	187,7	187,7	187,7	187,7
Red. Emis. ton	22,1	22,1	22,1	22,1	22,1	22,1	22,1	22,1
Costo en MM\$	4.796	4.796	4.796	4.796	4.796	4.796	4.796	4.796
MM\$ ton/MP10	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0

Fuente: Elaboración Propia

TABLA 3.12-32. REDUCCIÓN DE EMISIONES MP2,5 Y COSTOS MEDIDA NORMAIND

Año	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Esc. Base, ton	134,2	134,2	134,2	134,2	134,2	134,2	134,2	134,2
Red. Emis. ton	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0
Costo en MM\$	4.796	4.796	4.796	4.796	4.796	4.796	4.796	4.796
MM\$ ton/MP2,5	39,6	39,6	39,6	39,6	39,6	39,6	39,6	39,6

Año	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Esc. Base	134,2	134,2	134,2	134,2	134,2	134,2	134,2	134,2
Red. Emis. ton	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0
Costo en MM\$	4.796	4.796	4.796	4.796	4.796	4.796	4.796	4.796
MM\$ ton/MP2,5	39,6	39,6	39,6	39,6	39,6	39,6	39,6	39,6

Fuente: Elaboración Propia

Fórmula de Cálculo:

$$\Delta E_{NORMAIND} = \sum_i (F_i^{c/lim} - F_i^{s/lim})$$

Donde,

 $F_i^{c/lim}$ = emisiones de horno o caldera i que cumple límite máximo de emisión

 $F_i^{s/lim}$ = emisiones de horno o caldera i que supera límite máximo de emisión
Costos para el Estado de Fiscalización y Cumplimiento:

No existen costos adicionales para el Estado ya que la implementación está a cargo de la SEREMI del MMA y la fiscalización a cargo de la SEREMI de Salud. La normativa e institucionalidad asociada se establecen en la Ley 19.300, D.S. N° 94/95 del MINSEGPRES.

Disponibilidad local de la tecnología:

Los titulares de fuentes industriales que operan calderas y/o hornos pueden cumplir con la norma de emisión instalando tecnologías de “fin de tubo”. Específicamente, para el abatimiento de material particulado se puede optar por instalar filtros de mangas, precipitadores electrostáticos y scrubbers del tipo lavador Venturi. Estudios previos en Chile sobre MP10 han considerado opciones adicionales entre ellas ciclones y multiciclones (O’Ryan y Bravo, 2001; Ponce y Chávez, 2005; Alegría et al., 2013). Sin embargo, estos equipos tienen una baja eficiencia para remover partículas finas ($\leq 2,5 \mu\text{m}$). Estas tecnologías se encuentran disponibles en Chile al igual que las empresas de ingeniería que puedan realizar los estudios correspondientes.

Otra opción para reducir emisiones es generar cambios en el proceso productivo, específicamente la sustitución hacia combustibles más limpios, entre ellos gas licuado, gas natural y/o petróleo diesel.

Aceptabilidad de la Medida:

Los límites para las emisiones de material particulado propuestos en la norma de emisión para las fuentes industriales de Talca y Maule son similares a los límites establecidos en otros Planes de Descontaminación y/o Prevención Atmosféricas recientemente promulgados en nuestro país, y/o en proceso de anteproyecto, entre ellos:

En el Artículo 19 del Plan de Descontaminación Atmosférica para el valle central de la Región del Libertador Bernardo O’Higgins (D.S. N° 15/2013 del MMA), se establecen límites para calderas industriales existentes y nuevas entre $3 \leq y < 50$ MWt. Los límites para material particulado en equipos existentes son $50 \text{ mg/m}^3\text{N}$ para combustibles sólidos (corrección 6% oxígeno) y líquidos (corrección al 3% oxígeno), mientras que para las calderas nuevas el límite de emisión de material particulado se reduce a $30 \text{ mg/m}^3\text{N}$, considerando los mismos valores de corrección de oxígeno para los combustibles sólidos y líquidos.

En el Artículo 19 del Plan de Descontaminación Atmosférica de Temuco y Padre Las Casas (D.S. N° 78/2011 del MINSEGPRES), se establece que fuentes puntuales y grupales existentes, y calderas de calefacción grupales existentes, estarán obligadas a cumplir con los siguientes valores como concentración máxima de emisión de material particulado MP. Los límites para material particulado en equipos existentes son $112 \text{ mg/m}^3\text{N}$ para fuentes grupales, puntuales y/o calderas de calefacción grupal.

Para el caso de las nuevas fuentes grupales, puntuales y/o calderas de calefacción grupal que ingresen a la zona declarada saturada el límite de emisión sería de $56 \text{ mg/m}^3\text{N}$. Al igual que en el PDA de la región de O’Higgins, estos valores deben ser ajustados al exceso de aire, según el tipo de combustible.

Por otro lado el punto 2.4.7 del Anteproyecto del Plan de Prevención Atmosférico para las Comunas del Gran Concepción (Resolución Exenta No 1612 de 2011) se establecen límites máximos de emisión para material particulado que aplican a fuentes industriales existentes y nuevas, e incluyen procesos de combustión que se realicen en calderas y hornos. La norma de emisión establece los siguientes límites de emisión de material particulado en función de la potencia térmica del equipo, tanto para fuentes existentes como para nuevas fuentes.

- 3 a 25 MWt establece un límite de 300 mg/m³N para equipos existentes y 100 mg/m³N para equipos nuevos.
- 25 a < 50 MWt establece un límite de 100 mg/m³N para equipos existentes y 50 mg/m³N para equipos nuevos.
- > 50 MWt establece un límite de 50 mg/m³N para equipos existentes y 30 mg/m³N para equipos nuevos.

La norma establece una corrección por oxígeno de 6% para combustibles sólidos y 3% para combustibles líquidos y gaseosos.

3.12.1.11 Medida EMINDFUG

Actividades afectadas por la medida: Fuentes que generen emisiones fugitivas.

Contaminantes afectados por la medida: Los contaminantes afectados por esta medida corresponden principalmente a MP10 y MP2,5.

Características de la medida: Se establecen medidas de control para evitar que se incrementen las emisiones fugitivas de las actividades industriales y/o comerciales existentes y en el caso de nuevas fuentes se deberá velar por el control y mitigación de emisiones fugitivas de material particulado, y/o compensar las emisiones según corresponda.

Por otro lado, se sugiere al igual que en otras medidas que se potencie a través del establecimiento de una cartera de proyectos, previamente evaluados por la autoridad, lo que facilite su materialización. Otra alternativa es explorar mecanismos de apoyo, como por ejemplo la generación de un APL, que permita clarificar la cuantía de algunas de las medidas posibles de implementar en este tipo de emisiones.

Reducción probable: La reducción de nuevas emisiones fugitivas ya está incorporada en la medida COMPEMIND, por lo cual, no se incluyen para evitar la doble contabilización.

Costos para el Estado de Fiscalización y Cumplimiento:

No existen costos adicionales para el Estado siendo la SEREMI del MMA y de SEREMI de Salud los responsables de su fiscalización.

Disponibilidad local de la tecnología:

Actualmente en la región del Maule han existido experiencias de Acuerdo de Producción Limpia (APL) para diversos sectores productivos, entre ellos:

- Cadena Comercial de Berries de la Región del Maule (2012).
- Packing de la región del Maule (2011).
- Industria MIPyME primaria y secundaria de la madera Región del Maule (2009).
- (2004) Industria del Aserrío y Remanufactura de Madera (2004) (APL Finalizado).
- Industria Vitivinícola (2003) (APL Finalizado).

Los APL son un convenio celebrado entre un sector empresarial, empresas y los organismos públicos con competencia en las materias, cuyo objetivo es aplicar producción limpia a través de metas y acciones específicas. Se caracteriza porque esta suscrito por una asociación empresarial representativa del sector, o bien por cada empresa en forma individual.

Los Acuerdo de Producción Limpia, incentivan a las empresas adscritas, no sólo al cumplimiento de las normas ambientales, sino que a realizar mejoras en el proceso y las prácticas que van más allá que lo de carácter obligatorio.

Por lo anterior, se concluye que el establecimiento de planes de acción y medidas de gestión controlar y/o reducir las fuentes fugitivas de material particulado de las actividades comerciales e industriales de la zona saturada de Talca y Maule.

Aceptabilidad de la Medida:

Existen experiencias exitosas de APL en la región. Por lo tanto, es de esperar que la implementación de medidas de gestión para reducir las emisiones fugitivas de material particulado de las actividades industriales y comerciales en la zona saturada de Talca y Maule pueda tener una buena aceptabilidad por parte de los entes regulados.

3.12.1.12 Medida SUBSGAS

Actividades afectadas por la medida: El sector residencial vería incrementada sus opciones de calefacción con el gas a un precio subsidiado, de tal forma que se transforme en una alternativa económicamente atractiva y desplace el consumo de leña. El Estado se vería afectado al tener que transferir recursos para mantener el subsidio.

Contaminantes afectados por la medida: Los contaminantes afectados por esta medida corresponden principalmente a MP10, MP2,5, SO₂, CO, COV y NO_x, emitidas desde las viviendas que opten por el cambio de combustible.

Características de la medida: Esta medida consiste en subsidiar el precio del gas GLP por parte del Estado. A pesar que el gas se puede utilizar como un combustible para cocinar, y por lo tanto, el subsidio se puede destinar a este último fin, se estima que su penetración llegue a ser mucho mayor que un subsidio a la parafina, el cual involucra la compra en estaciones de servicio, lo cual podría frenar el cambio tal como lo ha evidenciado un estudio realizado en Concepción sobre disposición a cambiarse de leña a parafina bajo distintos escenarios de subsidio al precio de este último combustible. Para evitar incentivos perversos se requeriría la entrega del equipo actual a leña, el cual sería reemplazado por un número equivalente en términos energéticos de artefactos a gas.

Reducción probable: La reducción de la medida planteada es difícil de identificar porque se requiere conocer el subsidio que estaría dispuesto a entregar el Estado, y la elasticidad de la demanda por combustibles. Sin embargo, como aproximación preliminar se puede simular el impacto en las emisiones bajo ciertos escenarios. En el caso extremo de subsidiar completamente el precio del gas tipo GLP en la época de invierno, la reducción de emisiones

dependería de cuantos hogares decidirán cambiarse a este combustible en vez de utilizar la leña, ante la incertidumbre se generan cuatro escenarios con un recambio potencial de 25%, 50%, 75% y 100% de los hogares.

TABLA 3.12-33. REDUCCIÓN DE EMISIONES MP10 Y COSTOS MEDIDA SUBSGAS

Año	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Resumen Escenario 25% de Cambio por Subsidio a Gas																
Red. ton/año	211,9	212,5	213,0	213,6	214,3	214,9	215,5	216,1	216,7	217,3	217,9	218,5	219,1	219,7	220,4	221,0
\$MM/ton	25,45	25,64	25,84	26,03	26,22	26,42	26,62	26,82	27,02	27,22	27,42	27,63	27,83	28,04	28,25	28,46
Resumen Escenario 50% de Cambio por Subsidio a Gas																
Red. ton/año	423,7	424,9	426,1	427,3	428,5	429,7	430,9	432,1	433,3	434,6	435,8	437,0	438,3	439,5	440,7	442,0
\$MM/ton	24,06	24,24	24,42	24,61	24,79	24,98	25,16	25,35	25,54	25,73	25,92	26,12	26,31	26,51	26,71	26,91
Resumen Escenario 75% de Cambio por Subsidio a Gas																
Red. ton/año	635,6	637,4	639,1	640,9	642,8	644,6	646,4	648,2	650,0	651,9	653,7	655,5	657,4	659,2	661,1	663,0
\$MM/ton	23,60	23,77	23,95	24,13	24,31	24,49	24,68	24,86	25,05	25,23	25,42	25,61	25,81	26,00	26,19	26,39
Resumen Escenario 100% de Cambio por Subsidio a Gas																
Red. ton/año	847,4	849,8	852,2	854,6	857,0	859,4	861,8	864,3	866,7	869,1	871,6	874,0	876,5	879,0	881,5	883,9
\$MM/ton	23,37	23,54	23,72	23,89	24,07	24,25	24,43	24,62	24,80	24,99	25,17	25,36	25,55	25,74	25,94	26,13

Fuente: Elaboración Propia

TABLA 3.12-34. REDUCCIÓN DE EMISIONES MP2,5 Y COSTOS MEDIDA SUBSGAS

Año	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Resumen Escenario 25% de Cambio por Subsidio a Gas																
Red. ton/año	206,0	206,6	207,1	207,7	208,3	208,9	209,5	210,1	210,6	211,2	211,8	212,4	213,0	213,6	214,2	214,8
\$MM/ton	26,18	26,37	26,57	26,77	26,97	27,17	27,38	27,58	27,79	28,00	28,21	28,42	28,63	28,85	29,06	29,28
Resumen Escenario 50% de Cambio por Subsidio a Gas																
Red. ton/año	412,0	413,1	414,3	415,4	416,6	417,8	418,9	420,1	421,3	422,5	423,7	424,9	426,0	427,2	428,4	429,6
\$MM/ton	24,75	24,93	25,12	25,31	25,50	25,69	25,88	26,07	26,27	26,47	26,67	26,87	27,07	27,27	27,47	27,68
Resumen Escenario 75% de Cambio por Subsidio a Gas																
Red. ton/año	618,0	619,7	621,4	623,2	624,9	626,7	628,4	630,2	631,9	633,7	635,5	637,3	639,1	640,9	642,6	644,4
\$MM/ton	24,27	24,45	24,63	24,82	25,01	25,19	25,38	25,57	25,76	25,96	26,15	26,35	26,55	26,74	26,94	27,15
Resumen Escenario 100% de Cambio por Subsidio a Gas																
Red. ton/año	824,0	826,3	828,6	830,9	833,2	835,6	837,9	840,2	842,6	845,0	847,3	849,7	852,1	854,5	856,9	859,3
\$MM/ton	24,03	24,21	24,39	24,58	24,76	24,95	25,13	25,32	25,51	25,70	25,89	26,09	26,28	26,48	26,68	26,88

Fuente: Elaboración Propia

Fórmula de Cálculo:

$$\Delta E_{DISTRGAS} = \sum_i (F_i^{c/gas} - F_i^{s/gas})$$

Donde,

$F_i^{c/gas}$ = emisiones de fuente i que realiza cambio de combustible a gas

$F_i^{s/gas}$ = emisiones de fuente i que sigue utilizando leña

Costos para el Estado de Fiscalización y Cumplimiento:

Los costos para el Estado además de financiar el subsidio incluyen también el estudio de la penetración de la medida y la elasticidad de la demanda al precio del combustible para ajustar el diseño del programa, todo por un monto aproximado de \$30.000.000.

Disponibilidad local de la tecnología:

Están establecidos en las comunas de Talca y Maule puntos de venta para los principales oferentes de gas licuado de petróleo (GLP), en formato de cilindro individual y/o a granel. Entre ellos, Abastible, Gasco, Lipigas entre otros. Cabe señalar, que existen numerosos puntos de venta en los negocios en los barrios, estaciones de servicios y camiones repartidores de gas.

Aceptabilidad de la Medida:

La implementación de un subsidio al gas licuado permitiría poner a disposición de los hogares un energético alternativo a la leña a un precio atractivo desde el punto de vista de sustitución. Sin embargo, en un estudio previo realizado por los consultores en Concepción detectó que frente a la oferta a un menor precio de un combustible sustituto como el kerosene, las personas encuestadas no están dispuestas a dejar de utilizar la leña para calefacción. Las razones más comunes que explican esta respuesta fue el tipo de calor que emite la estufa a leña. Sin embargo, esta medida podría tener una mayor aceptación si se complementa con restricciones al uso de los equipos a leña en la zona bajo estudio (por ejemplo la prohibición del uso de leña durante episodios críticos de calidad del aire).

3.12.1.13 Medida SUBCALALT

Actividades afectadas por la medida: El sector residencial vería incrementada sus opciones de calefacción con tecnologías nuevas alternativas a la leña. El Estado se vería afectado al tener que transferir recursos para subsidiar la inversión de los equipos y/o consumo.

Contaminantes afectados por la medida: Los contaminantes afectados por esta medida corresponden principalmente a MP10, MP2,5, SO₂, CO, NO_x y COV, emitidas desde las viviendas que opten por el cambio de equipo.

Características de la medida: Esta medida está pensada como un programa piloto de subsidio al recambio de equipos por nuevas tecnologías alternativas a la leña. A diferencia de

CEQUIPOS no depende de las condiciones de operación normal para los equipos por lo cual es menos sensible en su capacidad de reducción de emisiones. Este programa piloto debería apuntar a casas que ya posean un nivel adecuado de aislación para que sea más efectiva.

Reducción probable: La reducción depende de la tecnología escogida para el recambio de calefactores a leña. Según los antecedentes generados en el Informe N°2 de este estudio entre opciones tecnológicas como calefacción distrital, bombas de calor geotérmicas, bombas de calor VRF, estufas a pellets y calefacción solar, la mejor alternativa por su capacidad de remoción y costo corresponde a las bombas de calor VRF tal como se aprecia en la siguiente tabla.

TABLA 3.12-35. REDUCCIÓN DE EMISIONES Y COSTOS POR HOGAR DE TECNOLOGÍAS DE CALEFACCIÓN ALTERNATIVAS A LA LEÑA

	Calefacción solar	Bomba de calor geotérmica	Bomba de calor VRF	Calefacción distrital	Pellet
Costo Anualizado Inv. y Op. (\$MM)	2,8	0,6	0,2	0,7	0,3
Costo efectividad (\$MM/ton reducida)	101,8	22,2	5,8	25,7	13,2

Fuente: Elaboración Propia

Si se realiza un programa piloto para 1.000 equipos en Talca y 1.000 equipos en Maule destinado a hogares con un buen nivel de aislación de las viviendas a partir del año 2015 se deberían observar los siguientes escenarios de reducción de emisiones.

TABLA 3.12-36. REDUCCIÓN DE EMISIONES MP10 Y COSTOS MEDIDA SUBCALALT

Año	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Red. ton/año	50,4	50,1	49,7	49,3	49,0	48,6	48,2	47,9
\$MM/ton	6,3	6,4	6,4	6,5	6,5	6,6	6,6	6,7

Año	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Red. ton/año	47,5	47,2	46,8	46,5	46,1	45,8	45,4	45,1
\$MM/ton	6,7	6,8	6,8	6,9	6,9	7,0	7,0	7,1

Fuente: Elaboración Propia

TABLA 3.12-37. REDUCCIÓN DE EMISIONES MP2,5 Y COSTOS MEDIDA SUBCALALT

Año	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Red. ton/año	49,0	48,7	48,3	48,0	47,6	47,2	46,9	46,5
\$MM/ton	6,5	6,5	6,6	6,6	6,7	6,7	6,8	6,8

Año	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Red. ton/año	46,2	45,9	45,5	45,2	44,8	44,5	44,2	43,8
\$MM/ton	6,9	7,0	7,0	7,1	7,1	7,2	7,2	7,3

Fuente: Elaboración Propia

Fórmula de Cálculo:

$$\Delta E_{SUBCALALT} = \sum_i (F_i^{c/calefalt} - F_i^{s/calefalt})$$

Donde,

$F_i^{c/calefalt}$ = emisiones de fuente i que realiza cambio a tecnología de calefacción alternativa

$F_i^{s/calefalt}$ = emisiones de fuente i que sigue utilizando leña

Costos para el Estado de Fiscalización y Cumplimiento:

Los costos para el Estado de este programa son despreciables ya que se pueden aprovechar los recursos asignados en la medida CEQUIPOS.

Disponibilidad local de la tecnología:

En las zonas urbanas de las comunas de Talca y Maule existe disponibilidad de los principales energéticos alternativos a la leña, entre ellos gas licuado (GLP), parafina y electricidad. Para el caso del pellet de madera existe disponibilidad en el mercado y su venta aumentaría con una mayor demanda. Cabe señalar, que en el Informe de Avance N°1 de este estudio se analizó la factibilidad técnica y económica de producir pellet en la región del Maule y se concluyó que la producción local es factible.

Para el caso de los calefactores que utilicen energías alternativas a la leña, existe en el mercado nacional una diversidad de equipos que operan con gas, electricidad, parafina y pellets. El rango de precio y la eficiencia de estos equipos varían según los modelos y las marcas.

Para el caso de uso de energías renovables también en este estudio se analizaron alternativas de calefacción residencial para reemplazar el uso de los calefactores a leña, entre ellas: Energía solar térmica, Calderas a pellets, Bomba de calor geotérmica, Calefacción distrital basada en biomasa, Estufa a Pellets, Bomba de calor aerotérmica de flujo de refrigerante variable (VRF o Inverter). Para el caso de la alternativa de la bomba de calor geotérmica tiene la desventaja de que requiere una superficie de patio muy grande, lo cual limitaría en forma importante su penetración.

Se recomienda considerar la opción de fomentar las alternativas de bombas de calor VRF y los calefactores a pellets como alternativas a los calefactores a leña, además poseen ciertas externalidades como la comodidad, que lo pueden hacer aún más atractivos.

Aceptabilidad de la Medida:

Esta medida ayudaría a absorber parte de los gastos de inversión de un equipo alternativo a la leña por parte de los hogares, en particular, en aquellos hogares que tengan restricciones de presupuesto. Sin embargo, las preferencias de los hogares estarían basadas en aquellos sistemas de calefacción de bajo costo de operación.

3.12.1.14 Medida TRANSPUB

Actividades afectadas: buses en uso y nuevos que transitan por la zona saturada. La situación base considerada es la obligación de la norma Euro IV y la situación con medida involucra el cumplimiento de la norma Euro V.

Contaminantes afectados por la medida: Los contaminantes afectados por esta medida corresponden principalmente a MP10, MP2,5, CO, NOx, y HCT. Esta medida reduciría en el tiempo las emisiones de estos contaminantes en la medida que se vaya renovando el parque de buses urbanos.

Características de la medida: Este programa involucra el retiro de buses urbanos antiguos que carecen de sistemas de certificación de emisiones, a través de fondos públicos como FNDR. Además, debería considerar la introducción de indicadores de desempeño ambiental en las nuevas licitaciones del transporte público.

La autoridad debe establecer metas y calendarización del retiro de los buses más antiguos del parque local, que permita alcanzar una reducción de emisiones por mejora en la tecnología de los nuevos buses. Esta meta de reducción debe ser consistente con las demás medidas del plan en términos del porcentaje de reducción a alcanzar, los eventuales porcentajes adicionales que pudiesen lograrse ya sea por mayor número de buses recambiados, o por el salto tecnológico entre los buses retirados y los nuevos.

Reducción probable: El aporte de las emisiones de las fuentes móviles es bastante menor en relación a otras fuentes identificadas en el inventario de emisiones. Si se asume un recambio natural de los buses que cumplan con la norma EURO V versus cumplir la norma EURO IV las emisiones podrían reducirse desde el 2014 en 0,15 ton MP10/año y 0,12 ton MP2,5/año, mientras al año 2030 se reducirían en 0,66 MP10/año y 0,51 ton MP2,5/año, lo anterior respecto al escenario base optimizado con recambio de fuentes por norma EURO IV.

TABLA 3.12-38. REDUCCIÓN DE EMISIONES MP10 Y MP2,5 MEDIDA TRANSPUB

Año	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Ton MP10/año	0,15	0,20	0,24	0,29	0,33	0,36	0,40	0,44
Ton MP2,5/año	0,12	0,15	0,19	0,22	0,25	0,28	0,31	0,33
Año	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Ton MP10/año	0,47	0,50	0,53	0,56	0,59	0,62	0,64	0,66
Ton MP2,5/año	0,36	0,38	0,41	0,43	0,45	0,47	0,49	0,51

Fuente: Elaboración Propia

Los costos de esta medida no son atribuibles al Plan ya que la norma EURO V se introdujo a nivel nacional.

Fórmula de Cálculo:

$$\Delta E_{MOVILES} = \left(\sum_i V_i^{nc} \right) (fe_i^{va}) + \left(\sum_i V_i^n \right) (fe_i^{vn} - fe_i^{va})$$

Donde,

V_i^{nc} = vehículos tipo i fuera de circulación por la normativa

fe_i^{va} = factor de emisión vehículo antiguo por tipo de vehículo i

V_i^n = vehículos tipo i nuevos renovados

fe_i^{vn} = factor de emisión vehículos nuevos tipo i con tecnología más eficiente

Costos para el Estado de Fiscalización y Cumplimiento:

Esta medida no involucra recursos adicionales para la SEREMI de Transporte y Telecomunicaciones. Sin embargo, se sugiere intensificar el control en vehículos más antiguos, ya que por la falta de mantención adecuada, tienen mayor probabilidad de no cumplir con las exigencias.

Disponibilidad local de la tecnología:

Recientemente entró en vigencia la norma Euro V para los nuevos vehículos de pasajeros y livianos diésel. La disminución de emisiones de esta tecnología se debe a una combinación de bajo contenido de azufre (15 ppm) el combustible (petróleo) y la incorporación de filtro de partículas, que atrapa y quema las emisiones de hollín de los motores diesel. Es importante considerar que el petróleo diesel que se venda en las comuna de Talca debe tener el contenido de azufre adecuado para operar con esta nueva norma (EURO V). Sin embargo, debe estar disponible el combustible con bajo contenido de azufre en todo el país para ser efectiva la introducción al parque automotriz vehículos que cumplan con la norma EURO V.

La norma Euro V fue aprobada por el Parlamento Europeo en el año 2007 para sustituir a las norma Euro IV. La norma Euro V entró en vigencia en los países de la Unión Europea el 1 de septiembre de 2009 para los vehículos livianos y de pasajeros. Esta norma es equivalente a la norma de emisión de Estados Unidos, Tier 2 Bin 5 la cual ha estado vigente desde el año 2010.

Dado que la totalidad de los vehículos que actualmente se ofrecen en el mercado nacional son importados, no habría problemas tecnológicos en cuanto a cumplir con este nuevo estándar. Sin embargo, podría afectar segmento de mercado en cuanto a origen/ marca de algunos vehículos que actualmente se comercializan en nuestro país debido a que las exigencias de normas de emisión serían superiores y comparables a los países mayores niveles de exigencia en cuanto a normas de emisión.

Aceptabilidad de la Medida:

La entrada en vigencia de la norma Euro V podría generar aumentos en el precio de los vehículos que se ofrecen en el mercado debido a los mayores requerimientos tecnológicos para

cumplir con el estándar. También, podría haber una diferenciación en el precio del combustible para aquellos vehículos que cumplan con este estándar debidos a los mayores requerimientos para su composición. Esto podría generar un aumento en los costos de inversión y operación de los futuros vehículos a incorporar en la flota de transporte público en las comunas de Talca y Maule. Sin embargo, es de esperar que también se observen mejoras en la eficiencia de los motores de estos nuevos vehículos, por lo que se podrían lograr ahorros en los consumos de combustible.

3.12.1.15 Medida TRANSCARGA

Actividades afectadas: camiones que transitan por la zona saturada y latente. La situación base considerada es la obligación de la norma Euro IV y la situación con medida involucra el cumplimiento de la norma Euro V.

Contaminantes afectados por la medida: Los contaminantes afectados por esta medida corresponden principalmente a MP10, MP2,5, CO, NOx y HCT. Esta medida reduciría en el tiempo las emisiones de estos contaminantes en la medida que se vaya renovando el parque de camiones.

Características de la medida: Este programa involucra el retiro de camiones antiguos para chatarra a través de fondos públicos como FNDR. Esta medida debe funcionar de manera equivalente a la anterior.

Adicionalmente, deberá definirse por parte del regulador el universo de vehículos o empresas de transporte que serán susceptibles de ser beneficiarias, por ejemplo haber tenido inscrito el vehículo un determinado número de años en algunas de las comunas de la zona saturada, previo la declaración de la zona como saturada o hasta un año en particular que la autoridad puede definir.

Reducción probable: Si se asume un recambio natural de los camiones que cumplan con la norma EURO V versus cumplir la norma EURO IV las emisiones podrían reducirse desde el 2015 en 0,15 ton MP10/año y 0,12 ton MP2,5/año, mientras al año 2030 en 0,67 ton MP10/año y 0,51 ton MP2,5/año, lo anterior respecto al escenario base optimizado con recambio de fuentes por norma EURO IV.

TABLA 3.12-39. REDUCCIÓN DE EMISIONES MP10, MP2,5 Y COSTOS MEDIDA TRANSCARGA

Año	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Ton MP10/año	0,15	0,20	0,24	0,29	0,33	0,37	0,40	0,44
Ton MP2,5/año	0,12	0,15	0,19	0,22	0,25	0,28	0,31	0,34
Año	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Ton MP10/año	0,47	0,51	0,54	0,57	0,59	0,62	0,65	0,67
Ton MP2,5/año	0,36	0,39	0,41	0,43	0,46	0,48	0,50	0,52

Fuente: Elaboración Propia

Los costos de esta medida no son atribuibles al Plan ya que la norma EURO V se introdujo a nivel nacional.

Fórmula de Cálculo:

$$\Delta E_{MOVILES} = \left(\sum_i V_i^{nc} \right) (fe_i^{va}) + \left(\sum_i V_i^n \right) (fe_i^{vn} - fe_i^{va})$$

Donde,

V_i^{nc} = vehículos tipo i fuera de circulación por la normativa

fe_i^{va} = factor de emisión vehículo antiguo por tipo de vehículo i

V_i^n = vehículos tipo i nuevos renovados

fe_i^{vn} = factor de emisión vehículos nuevos tipo i con tecnología más eficiente

Costos para el Estado de Fiscalización y Cumplimiento:

Esta medida no involucra recursos adicionales para la SEREMI de Transporte y Telecomunicaciones. Sin embargo, se sugiere intensificar el control en vehículos más antiguos, ya que por la falta de mantención adecuada, tienen mayor probabilidad de no cumplir con las exigencias.

Disponibilidad local de la tecnología:

Actualmente, en el mercado nacional están a la venta algunos camiones con motores que cumplen con la norma EURO V, entre ellos camiones de las marcas Volvo. Sin embargo, actualmente, la gran mayoría estaría cumpliendo con la norma Euro IV. Es de esperar que en el corto plazo exista una mayor oferta en el mercado nacional de camiones que cumplan con esta norma de emisión.

Aceptabilidad de la Medida:

Al igual que para la medida orientada al transporte público, la entrada en vigencia de la norma Euro V podría generar aumentos en el precio de los vehículos que se ofrecen en el mercado debido a los mayores requerimientos tecnológicos para cumplir con el estándar. También, podría haber una diferenciación en el precio del combustible para aquellos vehículos que cumplan con este estándar debido a los mayores requerimientos para su composición. Esto podría generar un aumento en los costos de inversión y operación. Sin embargo, es de esperar que también se observen mejoras en la eficiencia de los motores de estos nuevos vehículos, por lo que se podrían lograr ahorros en los consumos de combustible.

3.12.1.16 Medida PQUEMAS

Actividades afectadas por la medida: Las actividades emisoras afectadas son todos los productores agrícolas y forestales de las comunas incorporadas, quienes utilizan las quemas para control de heladas, deshacerse de desechos y podas.

Contaminantes afectados por la medida: Los contaminantes afectados por esta medida corresponden principalmente a MP10, MP2,5, CO, NOx y COV, debido a la reducción del tamaño (superficie) de las quemas agrícolas y forestales.

Características de la medida: Se establece una prohibición de las quemas forestales y/o agrícolas. Para estos efectos, se entiende por Quema Forestal o Agrícola el uso del fuego para la quema de rastrojos, de ramas y materiales leñosos, de especies vegetales consideradas perjudiciales y, en general, cualquier quema de vegetación viva o muerta que se encuentre en los terrenos agrícolas, ganaderos o de aptitud preferentemente forestal. La implementación de este cronograma se realizará a través de las autorizaciones que realiza la Corporación Nacional Forestal o quien en sus funciones legales le suceda y será fiscalizada por la Superintendencia de Medio Ambiente.

Reducción probable: El nivel de emisiones en el escenario base corresponde a un promedio de las hectáreas quemadas según de CONAF y las hectáreas susceptibles de eliminación de residuos a través de quemas de acuerdo a los datos del Censo Agropecuario. La justificación es porque en otros inventarios de emisiones para zonas agrícolas (ej. página 150 del inventario del Valle Central de la Región de O'Higgins, Dictuc 2008) se ha detectado que las hectáreas reportadas por la CONAF subestiman las emisiones de este tipo de fuente⁵⁶.

Para la estimación de los desechos por hectárea y factores de emisión se utilizan los factores de carga y de emisión asociados a las quemas agrícolas provienen de la EPA (Waste Burn Emission Factors, Section 7.17 Agricultural Burning and Other Burning Methodology, CARB.) También se asume que el 85% de lo sembrado es quemado (fuente: pág. 150 del Informe "Estudio diagnóstico plan de gestión calidad del aire VI región" (Dictuc, 2008)).

Adicionalmente, para determinar la reducción de emisiones se asumirá que las quemas serán evitadas en cada año del periodo de evaluación de acuerdo al siguiente cronograma: se asume un 10% de cumplimiento al año 2015 incrementándose en 10% cada año hasta alcanzar un 100% desde el año 2024 al año 2030. También se asume que existe un crecimiento sin norma igual al crecimiento del PIB agropecuario silvícola de la región del Maule (3,4%).

Para la eliminación de las quemas agrícolas, los emisores deben internalizar en sus procesos los costos por control de heladas e incorporación de rastrojos, los cuales fueron estimados en el informe de Avance N° "Diagnóstico de la calidad del aire y medidas de descontaminación en Talca y Maule - 2012-614797-7-LP12", específicamente en la tabla 4.8-13 y tabla 4.8-4.

⁵⁶ Esto se puede atribuir a que la labor de CONAF ante las quemas agrícolas (y forestales) consiste en tomar conocimiento de la voluntad del usuario de utilizar el fuego para eliminar vegetación (desechos muertos), lo cual es habitualmente verificado por CONAF en terreno. Posteriormente, y si todo está en regla, se extiende un "Comprobante de Aviso de Quema Controlada" pasando el solicitante a efectuar la quema de acuerdo a fechas y horas que CONAF le asigne. Sin embargo, también existen agricultores que no concurren a CONAF y realizan esta labor fuera de toda norma legal.

TABLA 3.12-40. REDUCCIÓN DE EMISIONES MP10 Y COSTOS PQUEMAS

Año	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Efectividad	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%
ha cultivadas	4385,0	4414,0	4443,1	4472,4	4501,9	4531,7	4561,6	4591,7
Emisiones ton/año	74,7	77,2	79,8	82,5	85,3	88,2	91,1	94,2
Red. ton/año	7,5	15,4	23,9	33,0	42,6	52,9	63,8	75,4
Costo \$MM/ton	324,5	316,0	307,7	299,6	291,7	284,0	276,5	269,3

Año	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Efectividad	90%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
ha cultivadas	4622,0	4652,5	4683,2	4714,1	4745,2	4776,5	4808,1	4839,8
Emisiones ton/año	97,4	100,7	104,1	107,6	111,3	115,0	118,9	122,9
Red. ton/año	87,7	100,7	104,1	107,6	111,3	115,0	118,9	122,9
Costo \$MM/ton	262,2	255,3	248,6	242,0	235,7	229,5	223,4	217,6

Fuente: Elaboración Propia

TABLA 3.12-41. REDUCCIÓN DE EMISIONES MP2,5 Y COSTOS PQUEMAS

Año	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Efectividad	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%
ha cultivadas	4385,0	4414,0	4443,1	4472,4	4501,9	4531,7	4561,6	4591,7
Emisiones ton/año	63,3	65,4	67,6	69,9	72,3	74,7	77,2	79,8
Red. ton/año	6,3	13,1	20,3	28,0	36,1	44,8	54,1	63,9
Costo \$MM/ton	382,9	372,8	363,0	353,5	344,2	335,1	326,3	317,7

Año	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Efectividad	90%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
ha cultivadas	4622,0	4652,5	4683,2	4714,1	4745,2	4776,5	4808,1	4839,8
Emisiones ton/año	82,5	85,3	88,2	91,2	94,3	97,5	100,8	104,2
Red. ton/año	74,3	85,3	88,2	91,2	94,3	97,5	100,8	104,2
Costo \$MM/ton	309,4	301,3	293,3	285,6	278,1	270,8	263,7	256,7

Fuente: Elaboración Propia

Fórmula de Cálculo:

$$\Delta E_{PQUEMAS} = \sum_i H_i^j \cdot fd_j \cdot fe_j \cdot C$$

Donde,

 H_i^j = hectáreas de agricultor i por tipo de cultivo j fd_j = factor de desecho por cultivo j fe_j = factor de emisión por tipo de cultivo j C = porcentaje de cumplimiento de normativa

Costos para el Estado de Fiscalización y Cumplimiento:

La fiscalización del cumplimiento de este decreto le corresponde al Servicio Agrícola y Ganadero⁵⁷, pero también incluye la participación de CONAF. Para la fiscalización se proponen 8 nuevos fiscalizadores para la zona en la que interviene el PDA.

Disponibilidad local de la tecnología:

Según los resultados del informe de avance N°1 de este estudio, existen alternativas tecnológicas para el control de heladas y la eliminación de desechos agrícolas. Entre las alternativas tecnológicas para el control de heladas se puede realizar riego por aspersión, calefacción de predios y la instalación de ventiladores mecánicos. El indicador de costo-efectividad de esta medida se estimó en \$2.300.000, \$11.200.000 y \$670.000 para las medidas uso de riego por aspersión, calefacción de predios y ventiladores mecánicos, respectivamente.

Por otro lado, prácticas como la incorporación de rastrojos, labranza cero, vermicompostaje u otras alternativas surgen como una buena opción a la quema de rastrojos evitando los problemas de contaminación al aire por material particulado. Algunas alternativas propuestas pueden ser escalables a distintos tamaños de agricultores. El indicador de costo-efectividad para la incorporación de rastrojos en el caso de pequeños agricultores es \$6.603.000, en el caso de grandes agricultores es \$5.860.000, para cero labranza es \$18.500.000, para combustión de biomasa es \$6.970.000, para vermicompostaje es \$2.799.215.000, y finalmente, para compostaje con pilas de volteo es \$700.000.

Aceptabilidad de la Medida:

Las alternativas tecnológicas para evitar las quemas para el control de heladas y la eliminación de residuos agrícolas en la mayoría de los casos implican altos costos adicionales para implementar estas prácticas. Esto implicaría que los agricultores y productores de la zona deberán internalizar estos costos para evitar afectar negativamente la calidad del aire de las zonas urbanas en estudio.

3.12.1.17 Medida AREASVERDES

Actividades afectadas por la medida: Las municipalidades de Talca y Maule, empresas inmobiliarias y hogares.

Contaminantes afectados por la medida: Los contaminantes afectados corresponden principalmente a MP10, MP2,5, SO₂, CO, O₃, y NOx, emitidos desde las áreas sin vegetación.

Características de la medida: esta medida está orientada a fomentar el crecimiento de las áreas verdes en las comunas de Talca y Maule. Actualmente existe un promedio de 1,2 m² de áreas verdes por habitante (fuente: <http://www.chiledesarrollosustentable.cl/noticias/parque-fluvial-de-26-hectareas-transformara-estero-abandonado-en-centro-de-talca>), aun cuando

⁵⁷ Adicionalmente, debiese pensarse en un programa que permita mejorar la labor de registro de las quemas agrícolas.

Naciones Unidas recomienda como mínimo un total de 6 a 8 m² por habitante, mientras que la Organización Mundial de la Salud señala que el mínimo debiese ser 9,2 m² por habitante.

La medida puede ser potenciada a través del establecimiento de un convenio de programación entre los municipios involucrados y el Gobierno Regional, aprovechando de paso la nueva sensibilidad que tendrá este hacia este tipo de proyectos, luego del reciente cambio en su forma de composición (elección popular).

Reducción probable: La reducción de emisiones de esta medida es muy difícil de cuantificar pero existen algunas estimaciones. Por ejemplo, Nowak et al. (2006) encuentran una tasa de remoción de 12,1, 10,0 y 23,1 g/m², otro estudio desarrollado por Escobedo et al. (2007) para la ciudad de Santiago encuentra una tasa de remoción de 15,9 g/m². Para evaluar esta medida consideraremos una tasa de remoción promedio de los valores de los estudios mencionados. A pesar de determinar un potencial de reducción de emisiones no es posible a través de la modelación de dispersión de contaminantes estimar el impacto sobre las concentraciones, ya que requeriría la elaboración de estudios específicos en el futuro, los cuales además por su escaso impacto en la reducción de emisiones tampoco se justifican.

De acuerdo al Programa Santiago Verde se obtuvo el valor de la inversión en áreas verdes por m² (citado en el informe “Análisis general del impacto económico y social del plan de prevención atmosférica del Concepción Metropolitano”, página 52) y se asume un incremento de 10% anual en la cantidad de m² por habitante en toda la zona del plan, así es posible generar una proyección de inversión y costos adicionales por mantención anual.

TABLA 3.12-42. REDUCCIÓN DE EMISIONES MP10 Y COSTOS MEDIDA AREASVERDES

Año	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
M ² /hab. esc base	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
M ² /hab.esc plan	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	3,0	3,3	3,6
Costo Inversión \$MM	15,8	33,6	53,6	76,1	101,3	129,5	161,2	196,7
Costo Mantención \$MM	14,9	19,4	24,5	30,2	36,7	43,9	51,9	61,0
Remoción MP10 ton/ha	2,5	3,3	4,2	5,2	6,3	7,5	8,9	10,4
Costo Anual \$MM/ton	6,68	7,21	7,57	7,84	8,03	8,18	8,30	8,40

Año	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
M ² /hab. esc base	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
M ² /hab.esc plan	4,0	4,4	4,9	5,3	5,9	6,5	7,1	7,8
Costo Inversión \$MM	236,4	280,8	330,6	386,2	448,4	518,0	595,8	682,7
Costo Mantención \$MM	71,1	82,4	95,1	109,3	125,2	142,9	162,7	184,9
Remoción MP10 ton/ha	12,2	14,1	16,3	18,7	21,4	24,5	27,9	31,7
Costo Anual \$MM/ton	8,48	8,54	8,60	8,64	8,68	8,71	8,74	8,77

Fuente: Elaboración Propia

TABLA 3.12-43. REDUCCIÓN DE EMISIONES MP2,5 Y COSTOS MEDIDA AREASVERDES

Año	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
M ² /hab. esc base	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
M ² /hab.esc plan	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	3,0	3,3	3,6
Costo Inversión \$MM	15,8	33,6	53,6	76,1	101,3	129,5	161,2	196,7
Costo Mantención \$MM	14,9	19,4	24,5	30,2	36,7	43,9	51,9	61,0
Remoción MP10 ton/ha	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5
Costo Anual \$MM/ton	148,5	160,3	168,3	174,1	178,5	181,8	184,5	186,6

Año	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
M ² /hab. esc base	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
M ² /hab.esc plan	4,0	4,4	4,9	5,3	5,9	6,5	7,1	7,8
Costo Inversión \$MM	236,4	280,8	330,6	386,2	448,4	518,0	595,8	682,7
Costo Mantención \$MM	71,1	82,4	95,1	109,3	125,2	142,9	162,7	184,9
Remoción MP2.5 ton/ha	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,1	1,3	1,4
Costo Anual \$MM/ton	188,4	189,8	191,0	192,0	192,9	193,7	194,3	194,8

Fuente: Elaboración Propia

Costos para el Estado de Fiscalización y Cumplimiento:

Este programa no requiere recursos adicionales para fiscalización y cumplimiento.

Disponibilidad local de la tecnología:

Las áreas verdes en las zonas urbanas son fundamentales para mejorar el bienestar de la población urbana generando espacios de interacción entre las personas y también con la naturaleza, generando oportunidades para una mayor interacción social, pero además permite reducir los niveles de contaminación del aire.

La contribución de la vegetación a la regulación de la temperatura urbana ha sido demostrada en diversas ciudades (Sorensen et al., 1998; Jenerette et al., 2007), así como la capacidad de capturar partículas y renovar el aire (Hough, 1998; Hernández, 2007).

Recientemente, el Ministerio de Vivienda y Urbanismo inició licitó proyecto Parque Estero Piduco que con una inversión de US\$ 15,6 millones. El nuevo parque contribuirá a mejorar el déficit de áreas verdes de la ciudad de Talca.

La medida puede ser potenciada a través del establecimiento de un convenio de programación entre los municipios involucrados, el MINVU y el Gobierno Regional. Con ello se podrían, desarrollar más áreas verdes dentro de la zona saturada de Talca y Maule para contribuir con la remoción de contaminantes del aire, entre ellos material particulado.

Aceptabilidad de la Medida:

Desde el punto de de la población, una mayor cantidad de áreas verdes y espacios públicos en la ciudad permitiría la realización de diversas actividades y con ello facilita la presencia simultánea de distintos grupos, por ejemplo; niños, adultos y jóvenes. El uso de

espacios públicos por distintos grupos de edad y sus diversos requerimientos han sido materia de estudio (Tahvanainen et al., 2001; Chiesura, 2004; Mäkinen y Tyrväinen, 2008; Sugiyamay Ward-Thompson, 2008), donde se establece que los estos espacios diferenciados favorecen la interacción entre vecinos y la integración social en la escala del barrio o la comuna.

3.12.1.18 Medida PAVIMENFUG

Actividades afectadas: calles sin pavimentar de la zona del plan de descontaminación.

Contaminantes afectados por la medida: El contaminante afectado por esta medida corresponde principalmente a MP10, y también en una menor proporción a MP2,5.

Características de la medida: la pavimentación de calles podría acelerarse a través de la priorización de proyectos por parte del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, de manera independiente o a través de su Programa de Pavimentos participativos. También existen fondos de desarrollo regional por lo cual se podría generar una priorización de estos fondos para comunas que pertenezcan a la zona saturada.

Reducción probable: la pavimentación logra reducir las emisiones de MP10 generadas por la resuspensión de polvo desde calles no pavimentadas. La reducción estimada considera la diferencia entre los factores de emisión de caminos pavimentados y no pavimentados según los registros de la US EPA (AP42 13.2.1 Paved Roads - Draft Section - June 10, 2010).

Se revisaron los Planes de Desarrollo Comunal de Talca y no se encontró la información del número y kilómetros de calles sin pavimentar. Posteriormente, se tomó contacto con la municipalidad específicamente con la Dirección de Obras, así como también con el SERVIU, ambos señalaron que ellos no disponían de este tipo de datos.

Aunque no se contó con información sobre los kilómetros de calles sin pavimentar, se realizó una proyección a partir de la superficie comunal tomando como referencia la proporción de calles sin pavimentar de la ciudad de Chillán. El criterio utilizado para escoger Chillán consistió en disponer de una ciudad con información sobre kilómetros de calles sin pavimentar, con población similar, cercana a la ciudad de Talca y ubicada en la depresión intermedia de tal forma de tener similitudes climatológicas.

Si adoptamos la medida de fijar una pavimentación adicional de 4,5 km de caminos anuales (suponiendo un ancho de 7 metros), se lograría reducir las emisiones en 34 ton/año. Mientras en el largo plazo se podrían llegar a reducir hasta 239,6 ton/año. El costo anual es de \$MM 18,5 por ton/año de MP10. Esta medida involucraría aumentar los recursos destinados a pavimentación respecto la situación base, lo cual se podría lograr al priorizar los proyectos de la región que se encuentren dentro de la zona.

TABLA 3.12-44. REDUCCIÓN DE EMISIONES MP10 Y COSTOS MEDIDA PAVIMENFUG

Año	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Emisiones Anuales Sin Medida, ton	817,5	817,5	817,5	817,5	817,5	817,5	817,5	817,5
Emisiones Anuales con Medida, ton	749,5	715,5	681,5	647,5	613,5	579,5	545,5	511,5
Red. Emis. Anuales Con Medida, ton	68,0	102,0	136,0	170,0	204,0	238,0	272,0	306,0
Costo pavimentación \$MM	630,0	630,0	630,0	630,0	630,0	630,0	630,0	630,0
Costo pavimentación \$MM/ton MP10	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5

Año	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Emisiones Anuales Sin Medida, ton	817,5	817,5	817,5	817,5	817,5	817,5	817,5	817,5
Emisiones Anuales con Medida, ton	477,6	443,6	409,6	375,6	341,6	307,6	273,6	239,6
Red. Emis. Anuales Con Medida, ton	340,0	374,0	408,0	442,0	476,0	510,0	543,9	577,9
Costo pavimentación \$MM	630,0	630,0	630,0	630,0	630,0	630,0	630,0	630,0
Costo pavimentación \$MM/ton MP10	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5

Fuente: Elaboración Propia

TABLA 3.12-45. REDUCCIÓN DE EMISIONES MP2,5 Y COSTOS MEDIDA PAVIMENFUG

Año	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Emisiones Anuales Sin Medida, ton	81,8	81,8	81,8	81,8	81,8	81,8	81,8	81,8
Emisiones Anuales con Medida, ton	75,0	71,6	68,2	64,8	61,4	58,0	54,6	51,2
Red. Emis. Anuales Con Medida, ton	6,8	10,2	13,6	17,0	20,4	23,8	27,2	30,6
Costo pavimentación \$MM	630	630	630	630	630	630	630	630
Costo pavimentación \$MM/ton MP2.5	185,3	185,3	185,3	185,3	185,3	185,3	185,3	185,3

Año	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Emisiones Anuales Sin Medida, ton	81,8	81,8	81,8	81,8	81,8	81,8	81,8	81,8
Emisiones Anuales con Medida, ton	47,8	44,4	41,0	37,6	34,2	30,8	27,4	24,0
Red. Emis. Anuales Con Medida, ton	34,0	37,4	40,8	44,2	47,6	51,0	54,4	57,8
Costo pavimentación \$MM	630	630	630	630	630	630	630	630
Costo pavimentación \$MM/ton MP2.5	185,3	185,3	185,3	185,3	185,3	185,3	185,3	185,3

Fuente: Elaboración Propia

Fórmula de Cálculo:

$$\Delta E_{PAVIMENFUG} = \sum_i km^{sp} \cdot mts^{sp} \cdot fe^{sp} \cdot pc \cdot r\%$$

Donde,

km^{sp} = km. Lineales de calles sin pavimentar

mts^{sp} = ancho promedio de las calles en mts.

fe^{sp} = factor de emisión de calles sin pavimentar

pc = porcentaje de pavimentación de calles

$r\%$ = porcentaje de reducción del factor de emisión luego que la calle se ha pavimentado

Costos para el Estado de Fiscalización y Cumplimiento:

Los organismos involucrados corresponden al MOP, MINVU, FNDR. Sin embargo, este programa no requiere recursos adicionales para fiscalización y cumplimiento.

Disponibilidad local de la tecnología:

El MINVU cuenta con Programas de Pavimentación Participativa para abordar el déficit de pavimentación y repavimentación de calles y pasajes, a través de recursos entregados a personas organizadas en un Comité de Pavimentación y los Municipios donde las partes beneficiadas debe aportar un mínimo del 5% al 25% del costo de la obra.

En la 20^o convocatoria de proyectos Programa de Pavimentación Participativa del MINVU que cerró en Octubre 2010 se adjudicaron 12 proyectos de pavimentación participativa en la comuna de Talca y 4 proyectos en la comuna de Maule, con un total de 1.440 m y 1.318 m de longitud en las comunas de Talca y Maule, respectivamente.

Por otro lado en la 21^o convocatoria se adjudicaron 10 proyectos de pavimentación participativa en la comuna de Talca y 7 proyectos en la comuna de Maule, con un total de 2.012 m y 686 m de longitud en las comunas de Talca y Maule, respectivamente.

Actualmente se cerró la 23^o convocatoria y se espera que los resultados se publiquen en enero de 2014 para la selección preliminar de proyectos. Por lo tanto, existen alternativas de pavimentación de calles en las zonas urbanas de Talca y Maule para evitar emisiones fugitivas de MP las que principalmente aporta con emisiones de MP10.

Aceptabilidad de la Medida:

Se espera que la medida tenga aceptabilidad entre la población y los municipios porque apunta a mejorar las condiciones de acceso y desplazamiento de los barrios, sobre todo en los meses de invierno cuando las lluvias ocasionan problemas de acumulación de barro y en los meses estivales cuando generan emisiones de polvo fugitivo. Adicionalmente, la pavimentación de calles aumenta la plusvalía de las casas cercanas al proyecto por lo que favorece a quienes sean propietarios de las viviendas.

3.13 Actividad 3.- Identificar y/o diseñar instrumentos legales y/o económicos adecuados para fomentar la aplicación de medidas de reducción de emisiones que resulten más costo efectivas, para cada tipo de fuente.

Considerando los antecedentes levantados en el presente estudio se identifican algunas propuestas que pueden ser interpretadas como instrumentos económicos para el Anteproyecto del PDA de Talca y Maule. Estas medidas apuntan a incentivos para el recambio de calefactores a leña para las viviendas, subsidio a combustibles alternativos a la leña, subsidio para el acondicionamiento térmico de viviendas, y programas de compensación de emisiones atmosféricas por parte de las nuevas fuentes industriales y/o nuevos proyectos inmobiliarios. A continuación se describen cada una de las propuestas:

Luego de la publicación en el Diario Oficial del Plan de Descontaminación Atmosférica se diseñará un programa que deberá contemplar un recambio de al menos 1.500 calefactores anuales que cumplan efectivamente con el D.S. N° 39/2011 en el período de implementación del PDA.

También se definirá un procedimiento para incorporar el recambio de calefactores a leña o basados en ERNC como una alternativa para compensar emisiones de material particulado de proyectos industriales y/o inmobiliarios con exigencias de compensación surgidas en el marco del SEIA.

Los proyectos y/o actividades, y sus modificaciones, que deban someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental y que deban compensar sus emisiones, deberán presentar un Programa de Compensación de Emisiones que contemple la estimación de sus emisiones anuales, señalando el año y etapa (construcción, operación y abandono), las medidas de compensación que se proponen (la naturaleza de dichas fuentes y la forma en que se produce la compensación), y el cronograma que grafique el período de tiempo o plazo en que se harán efectivas.

Considerando todas las propuestas anteriores para el anteproyecto del plan y dada la situación particular de las zonas urbanas de las comunas de Talca y Maule (en la que las principales fuentes emisoras de MP10 y MP2,5 corresponden a hogares que utilizan artefactos de calefacción a leña) la recomendación es que los instrumentos económicos deberían apuntar a dos objetivos principales.

Primero, modificar el comportamiento del gran número de pequeñas fuentes, como son los hogares que utilizan artefactos a leña. Este cambio puede ser conseguido mediante la incorporación de subsidios y/o créditos blandos para el recambio de artefactos antiguos por otros sistemas de calefacción limpios, entre ellos equipos que cumplan con la normativa de artefactos a leña D. S. N° 39/2011, y sistemas de calefacción basados en ERNC y/o que utilicen combustibles limpios. Para ello se deberá considerar el cambio a otras tecnologías de calefacción (pellets, bombas de calor, etc.) y/o combustibles menos contaminantes (como gas, parafina o electricidad).

Segundo, se debería lograr que las fuentes industriales y los proyectos inmobiliarios internalicen el costo ambiental de sus emisiones atmosféricas, a través de instrumentos que

permitan generar las facilidades para que las fuentes con menores costos de abatir sean aquellas que realicen los mayores esfuerzos de reducción, lo cual se puede lograr simplemente con un sistema de compensación de emisiones o bien con un mecanismo de mercado más sofisticado como los permisos de emisión (o de concentraciones ambientales) transable. Por lo anterior, recomendamos para la particularidad de la zona saturada de Talca y Maule utilizar los siguientes instrumentos económicos:

Instrumento Económico Nº 1: instrumentos de incentivo a la renovación o cambio de artefactos a leña.

Un programa gubernamental que incluya algún tipo de subsidio parcial o total para la renovación o cambio de equipos a leña, acelerará el recambio tecnológico natural. Sin embargo, es necesario que las características como el tipo de artefacto, consumo anual, variabilidad de la operación de los equipos a leña y el contenido de humedad de ésta, sean consideradas para priorizar a los beneficiarios del programa de recambio, ya que el objetivo es que se pueda reducir la mayor cantidad de emisiones con cada equipo que este ingresando al parque para renovación.

Fuentes de financiamiento: Las fuentes de financiamiento corresponden a recursos públicos y privados. Los recursos públicos subsidiarían la mayor parte del costo del nuevo calefactor que se aproxima a \$500 mil por equipo, estos recursos provienen del Gobierno Regional y podría ser complementados con recursos centralizados del Estado para aumentar los beneficiarios del plan. El financiamiento del sector privado corresponde al co-pago que cada familia debe aportar para el recambio, que usualmente ha correspondido al valor de la instalación, por ejemplo en un programa piloto en Osorno el aporte fue entre \$120 mil a \$150 mil, mientras en otros como en Coyhaique ha sido solo de \$30 mil a \$60 mil dependiendo de la capacidad del equipo.

Barreras a la utilización de los instrumentos: aun cuando el aporte público es significativo, los hogares que comiencen a participar en el programa de recambio podrían no estar satisfechos con los nuevos equipos entregados, ya que como no pueden ser manipulados en su operación como los equipos antiguos, sus prestaciones en términos de calefacción podrían no ser iguales a los anteriores, esto traería como consecuencia que los hogares beneficiados pidan su equipo antiguo para salirse del programa o bien nuevos hogares al conocer estos antecedentes podrían decidir no postular a los programas. Sin embargo, en los programas de recambio ya efectuados en el país el argumento anterior no ha significado una barrera de postulación significativa a los programas. Más bien la falta de alternativas de modelos diferentes que se ofrecen a los beneficiarios ha sido una de las principales barreras de postulación.

Otra dificultad importante son los procesos de licitación, ya que los retrasos administrativos en la entrega de los nuevos equipos también pueden desincentivar el deseo de participar en el programa.

Mecanismo de entrega de los instrumentos: Para tener acceso al programa de recambio se deberían cumplir los siguientes requisitos. Primero, el artefacto del hogar que postule a recambio debe estar en un registro de calefactores de Talca y Maule. Segundo, ser propietario del artefacto antiguo ya instalado en el hogar y que según su tipo o características técnicas sea considerado como más contaminante. Tercero, el artefacto se debe encontrar instalado en zonas urbanas priorizadas de las comunas incluidas en el plan. Cuarto, los propietarios deben

escoger el modelo dentro de los que estén a disposición en el programa. Quinto, el equipo antiguo debe ser entregado al momento de la recepción del nuevo artefacto para que sea destruido por el Ministerio del Medioambiente.

El copago realizado por el hogar puede ser cancelado en efectivo, tarjetas de debito, tarjetas de crédito de casas comerciales o bancarias, letras o pagarés.

El ranking para seleccionar a los hogares debería depender de los niveles de consumo, tipo de operación del artefacto antiguo, humedad de la leña, horario de operación, entre otras variables que permitan discriminar los hogares donde el programa de recambio pueda maximizar las emisiones reducidas.

Ejemplos de aplicación en otros proyectos/programas: Han existido programas de recambio en Temuco, Padre las Casas, Osorno, Coyhaique, Rengo, Curicó, Chillán y Chillán Viejo. Para un resumen detallado de las experiencias dificultades y ventajas de la aplicación de estos programas se puede revisar el estudio "Identificación, diseño y evaluación de factibilidad de implementación de instrumentos económicos para promover el recambio masivo de artefactos a leña" de UDEC (2013).

Instrumento Económico Nº 2: subsidio para cambio de combustible para calefacción

Los principales motivos para la alta penetración de la leña en los hogares son la costumbre, la capacidad de calefacción, porque la leña es considerada un combustible económico y de fácil acceso. Dado que los agentes económicos responden a los incentivos basados en precios (aunque se puede discutir el grado en función de la elasticidad de la demanda) otro instrumento económico que debiese ser evaluado por las autoridades es subsidiar un combustible sustituto más limpio, como el kerosene, el gas y/o electricidad durante los meses de invierno.

Fuentes de financiamiento: Un subsidio para el combustible en el hogar debería centrarse en combustibles que sólo sean utilizados para calefacción en invierno y no tengan otros usos (ej. Parafina o pellets) para evitar el desperdicio de recursos públicos, y además, su duración debería ser temporal aplicándose solo en la época de frío. Este subsidio podría ser financiado con recursos del FNDR sólo en la zona saturada, lo cual se podría justificar porque un subsidio generado por el Estado a nivel central sería difícil de gestionar en términos políticos.

Barreras a la utilización de los instrumentos: Aun cuando el financiamiento de combustibles alternativos tiene por objetivo elevar el precio relativo de la leña para desincentivar su uso. El problema práctico es la escasa disposición al cambio de combustible que presentan los hogares, por lo cual, el monto del subsidio tendría que ser muy importante, de tal forma se transforma menos atractivo en términos de costo-efectividad (una tesis no publicada del magíster en ingeniería industrial de la Universidad de Concepción aporta antecedentes sobre este tema para el caso de la parafina). Además, el otro problema es que los hogares podrían requerir un subsidio también para el equipo y no solo para el combustible.

Mecanismo de entrega de los instrumentos: El subsidio debería ser aportado por el Estado en los puntos de ventas de los combustibles alternativos. Siendo posible deducirlo del débito fiscal mensual pagado por los distribuidores de combustibles en el periodo de tiempo mientras dure el beneficio.

Ejemplos de aplicación en otros proyectos/programas: Este tipo de programa no ha sido ejecutado en el país. Sin embargo, se podría hacer un símil con el beneficio tributario que tienen las empresas para no pagar el impuesto específico a los combustibles.

Instrumento Económico Nº 3: fortalecer y simplificar el sistema de compensación de emisiones

El alto atractivo que surge del sistema para compensar emisiones es que es menos costoso que regulaciones que especifiquen requerimientos tecnológicos, ya que los agentes regulados pueden escoger aquellas alternativas de reducción que sean más económicas dado un cierto nivel de emisiones a compensar. Este mecanismo para ser eficiente requiere que los costos de transacción sean bajos, por lo tanto, una simplificación del procedimiento para autorizar esta compensación, bases de datos con información de fuentes que deseen ser parte del sistema, entre otros esfuerzos, unidos a un nivel de fiscalización suficiente para el cumplimiento de las regulaciones, facilitará su utilización como instrumento económico.

Fuentes de financiamiento: Son las fuentes industriales instaladas en la zona saturada quienes deben financiar la compensación de las emisiones.

También se podría entregar la opción para que los proyectos inmobiliarios nuevos que están incrementando el número potencial de hogares que en un futuro instalarán estufas, estén obligadas a compensar emisiones por el aporte que realizarán estas nuevas viviendas. Esta compensación de emisiones podría establecer la opción de generar un incremento en la calificación energética de las viviendas que aporta el proyecto.

Las barreras de utilización de los instrumentos: El sistema ya opera a nivel nacional por lo cual las barreras a la utilización están dados por las dificultades que tengan las fuentes para que el regulador acepte las medidas propuestas de compensación. Por ello, se recomienda que exista un listado con potenciales opciones de compensación que estén estandarizadas en términos de reducción de emisiones y costos para que las fuentes puedan escoger fácilmente las alternativas más atractivas.

Mecanismo de entrega de los instrumentos: La compensación debe ser autorizada por la Seremi del Medioambiente en el marco del SEIA.

Ejemplos de aplicación en otros proyectos/programas: Un ejemplo asociado al problema presentado en el presente informe es la compensación realizada en diciembre de 2012 por Colbún, en coordinación con el Municipio de Coronel y las Juntas de Vecinos del sector sur de la comuna, entregando 1.000 equipos nuevos para calefacción en el marco del Plan de Compensación de Material Particulado del Complejo Termoeléctrico Santa María de Coronel, que la obligó a compensar el 100% del material particulado generado por el complejo durante su etapa de operación.

Instrumento Económico Nº 4: Programas de subsidio para mejorar la eficiencia térmica de las viviendas

Otro instrumento económico es subsidiar el mejoramiento térmico de viviendas existentes, el cual puede ser acompañado por una política de incremento en los niveles de exigencias de calificación energética de las viviendas nuevas.

Fuentes de financiamiento: Para las viviendas existentes se puede utilizar el Programa de Protección del Patrimonio Familiar, el cual permite financiar casi la totalidad de la inversión en proyectos que mejoren la eficiencia energética de las viviendas. Los montos de este subsidio permiten cubrir la inversión para obtener una vivienda bien aislada.

Barreras a la utilización de los instrumentos: Actualmente el programa está en funcionamiento pero cuando los hogares postulan al Programa de Protección del Patrimonio Familiar pueden escoger entre diversas opciones de proyecto. Por lo anterior, se sugiere priorizar aquellos proyectos que apunten a obtener las mayores eficiencias en términos energéticos, o limitar las opciones de los hogares en función de las características particulares de la vivienda para maximizar la reducción de emisiones.

Mecanismo de entrega de los instrumentos: La Subsecretaría del MINVU y las Secretarías Regionales Ministeriales hacen los llamados a postulación al PPPF; SERVIU evalúa los proyectos, otorga y paga los subsidios cuando corresponda y supervisa a los Prestadores de Servicios de Asistencia Técnica y la correcta ejecución de las obras realizadas; los Prestadores de Servicios de Asistencia Técnica organizan la demanda, elaboran los proyectos y los postulan al SERVIU, ejecutan el Plan de Habilitación Social con las familias, además gestionan y apoyan a las familias en la elección de las constructoras y actúan como Inspectores Técnicos de Obras. Las familias propietarias de las viviendas postulan a los subsidios, cuya postulación se puede hacer individual o colectivamente, mientras las Municipalidades difunden el programa y se encargan de la aplicación de la Ficha de Protección Social.

Ejemplos de aplicación en otros proyectos/programas: El Título II del PPPF contempla dos clases de subsidios. El primero destinado a la reparación y mejoramiento de la vivienda que busca interrumpir el deterioro y renovar la morada de familias vulnerables y de sectores emergentes, apoyando el financiamiento de las siguientes obras: reparación de cimientos, pilares, vigas, cadenas o estructura de techumbre y pisos, mejoramiento de instalaciones sanitarias, eléctricas o de gas, reparación de filtraciones de muros y cubiertas, canales y bajadas de aguas lluvia, reposición de ventanas, puertas, pavimentos, tabiques, cielos u otras similares, reparación de ventanas, puertas, pavimentos, tabiques, cielos, pinturas interiores o exteriores u otras similares. El segundo subsidio se refiere al acondicionamiento térmico de la vivienda y tiene como fin mejorar el aislamiento de la vivienda de manera que la familia ahorre en calefacción y disminuya la condensación al interior de las viviendas.

Para la promoción de la eficiencia energética de viviendas nuevas, actualmente se tienen 2 instrumentos. La reglamentación térmica y la calificación energética.

- Reglamentación térmica. Actualmente se está instalando una mesa de trabajo tendiente a aumentar las exigencias mínimas de la reglamentación térmica. Habría que esperar los resultados de estas negociaciones. Sin embargo, lo más probable es que los nuevos

requerimientos no sean los óptimos, según las necesidades medioambientales, ya que las discusiones generalmente se basan en temas energéticos y no medioambientales.

- Calificación Energética. Este sistema también está partiendo. Como ya se comentó antes, se trata de un procedimiento para la calificación y etiquetado energético de las viviendas. Es decir, la metodología permite evaluar que tan eficiente es una vivienda y compararla con la línea base. Esto permite evaluar el impacto de cada elemento de eficiencia energética a considerar. Existe un sistema para viviendas nuevas y otro para viviendas existentes. Por el momento, el sistema es de aplicación voluntaria. El sistema parece bien diseñado, pero está recién partiendo, por lo tanto, no se tiene conocimiento de cómo se comportará en la práctica.

Para las viviendas existentes, actualmente se tiene el programa de Protección del Patrimonio Familiar y el Sistema de Calificación Energética de Viviendas Existentes. En general, una crítica a todos estos programas es que los subsidios están orientados a familias de escasos recursos, que en la práctica no son las únicas que consumen leña o sus derivados, por lo tanto, tienen menor impacto. Si se quiere realmente bajar los niveles de emisiones, se deben considerar todos los niveles de ingresos.

Con los resultados obtenidos se pueden hacer las siguientes recomendaciones en el tema.

1. Desde el punto de vista eficiencia de los recursos invertidos, es necesario focalizarse en las viviendas nuevas. Se recomienda que todas las viviendas nuevas que se construyan en la zona tengan al menos un nivel D o C de la calificación térmica. Se podría por ejemplo tener el nivel D como obligatorio y dar un pequeño subsidio para los que alcancen el nivel C. Esto debe ser exigible a todos los niveles sociales.
2. Para las viviendas existentes se propone continuar con un programa similar al PPPF pero con algunas modificaciones:
 - Hacerlo extensivo a todos los niveles sociales, con incentivos económicos directo para las clases más bajas y otro tipo de incentivo “créditos verdes” para las más altas.
 - Priorizar las partidas del programa. Partir por la aislación del techo y de los muros. Por el momento, el cambio de ventanas solo se justificaría en el caso en que las ventanas de las viviendas estén muy deterioradas y se tengan muchas pérdidas de calor por las infiltraciones de aire.
 - Para el caso de la aislación de los muros, exigir niveles de aislación mucho más altos que lo que exige la reglamentación, ya que para viviendas existentes es poco eficiente aislar los muros solo al nivel de la reglamentación.
 - Realizar la intervención sobre la vivienda completa. No permitir que se intervenga solo una parte de ella.

El problema de la aislación de viviendas existentes es muy conocido y se conoce en detalle cuales son las partidas que tienen mayor impacto. Por tanto, el sistema PPPF se podría



simplificar tanto en su diseño como en su operatoria. Por ejemplo, se puede tener un primer subsidio para la aislación del techo y luego un segundo subsidio para instalar 5 cm de aislación en los muros (por ejemplo). Eso puede ser con montos fijos por subsidio y por m^2 . Se debería reglamentar que no se pueda postular al segundo si no se tiene ejecutado el primero (o hacerlo en forma simultánea a ambos).

3.14 Actividad 4.- Recabar y analizar información sobre instituciones responsables de implementar y fiscalizar las medidas identificadas. En el caso de que hayan identificado medidas que no tienen responsables, el consultor deberá proponer la institucionalidad que corresponda, haciendo un análisis del marco normativo y legal.

A continuación se analiza la información sobre las instituciones responsables de implementar y fiscalizar las 18 medidas identificadas para el PDA de Talca y Maule (posteriormente en el AGIES se incluye una medida adicional de subsidio a equipos basados en energías sustentables). Cabe señalar, que la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA), Artículo. 2 LOC SMA, Ley 20417, señala “*La Superintendencia del Medio Ambiente tendrá por objeto ejecutar, organizar y coordinar el seguimiento y fiscalización de las Resoluciones de Calificación Ambiental, de las medidas de los Planes de Prevención y, o de Descontaminación Ambiental, del contenido de las Normas de Calidad Ambiental y Normas de Emisión, y de los Planes de Manejo, cuando corresponda, y de todos aquellos otros instrumentos de carácter ambiental que establezca la ley.*”

Medida NEQUIPOS

Esta medida establece la exigencia en el cumplimiento de norma de emisión (D.S. N° 39/2011) para calefactores de combustión a leña que se comercializan en Talca y Maule y/o que se recambien por calefactores a leña existentes como parte de los programas de recambio y/o medidas de compensación de emisiones.

Los organismos responsables de esta medida son la Secretaría Ministerial de Medio Ambiente (SEREMI de MMA) y la Superintendencia de Electricidad y Combustible (SEC). Con la promulgación, de la Ley N° 20.586 en el Diario Oficial con fecha 16 de mayo de 2012 la cual Regula la Certificación de los Artefactos para Combustión de Leña y otros Productos Dendroenergéticos, se facultó a la Superintendencia de Electricidad y Combustibles para fiscalizar los artefactos de combustión de biomasa para que se encuentren debidamente certificados previo a su comercialización en nuestro país.

Por su parte, el Ministerio del Medio Ambiente, mediante el D.S N° 39/2011, publicado en el Diario Oficial con fecha 30 de julio de 2012, la Norma de Emisión de Material Particulado, para los Artefactos que combustione o puedan combustionar Leña y derivados de la Madera. En este decreto se establecieron los límites de emisiones de material particulado y los métodos de ensayos, materias de seguridad y eficiencia energética para los calefactores que puedan ser comercializados en Chile los cuales deberán contar con una certificación.

Dentro de las atribuciones de la SEC, este organismo tiene la misión de instaurar las bases de un Sistema de Certificación para asegurar que los productos comercializados en el país hayan pasado necesariamente por el proceso de certificación. Para estos efectos, la SEC elaboró tres protocolos a los cuales deberán ser sometidos dichos productos, mediante ciertas entidades para certificarlos, autorizadas para tal efecto por SEC, de acuerdo a lo establecido en el D.S. N° 298/2005 Reglamento para la certificación de productos eléctricos y combustibles y deroga el decreto que indica.

Medida RLEÑA

Esta medida se orienta a regular el mercado de la leña en las zonas circundantes a las comunas de Talca y Maule para dar cumplimiento a la NCh 2907 Of 2005 del INN (leña seca) y la ordenanza de leña para la comuna de Talca (Decreto Alcaldicio No 5381 publicada el 29 de agosto de 2011).

La NCh N° 2907/2005 se refiere a la norma oficial sobre combustible sólido leña – Muestreo e inspección que permite verificar que un lote de leña cumple con los requisitos establecidos en dicha norma, entre ellos el contenido de humedad (< 20% en base húmeda ó < 25% en base seca) y estar libre de residuos entre ellos barnices, pinturas y preservantes, entre otros.

Por otro lado, la medida también establece dar cumplimiento a la ordenanza de la leña establecida en el Decreto Alcaldicio N° 5381 publicada el 29 de agosto de 2011, con el fin de poder regular la venta de leña con un bajo contenido de humedad en las zonas pobladas de Talca. En este sentido el artículo 4º letra b de la ley No 18.695 Orgánica Constitucional de Municipalidades entrega a las Municipalidades, en su rol de organismo colaborador, la posibilidad de desarrollar funciones en materias de protección del medio ambiente. Es por ello, que la Municipalidad de Talca ha asumido un rol activo para abordar la problemática de la contaminación del aire de la comuna debido al mal uso de la leña en su calidad de combustible debido al contenido de humedad y a la venta de manera informal. El alcance de esta ordenanza se encuentra dentro del territorio de la comuna por lo que no aplicaría a las comunas aledañas, entre ellas la Comuna de Maule.

Esta ordenanza prohíbe la venta informal de leña y la venta de este energético con un contenido de humedad superior al 25% en base seca. Se establece además, que la medición del contenido de humedad de la leña deberá ser realizada por funcionarios competentes, mediante la utilización de l instrumental técnico idóneo. La ordenanza también establece la prohibición de circulación de vehículos de carga que transportan leña sin la debida documentación de CONAF y SII. La ordenanza establece en su artículo 11º las sanciones que comprenden una multa que irá desde un mínimo de 1 UTM hasta 5 UTM cómo máximo y considera un aumento de la multa para quienes sean reincidentes.

Para que esta medida tenga el efecto deseado se debe incrementar la fiscalización a los vendedores ambulantes de leña, intensificando los controles carreteros, en centros de acopio, y en puntos de venta, también prohibiéndose el transporte leña verde y que no tengan documentación que indiquen planes de manejo y/o permisos de transporte (guía de transporte) autorizados. Para ello se debe establecer puntos de control en las rutas y caminos de acceso a las comunas de Talca y Maule.

Para la eficacia de esta medida, es importante coordinar a organismos públicos con facultades para establecer regulaciones técnicas a la leña junto con realizar las gestiones necesarias para una fiscalización que asegure su cumplimiento. El organismo responsable de implementar esta medida debería ser la Seremi de MMA (organismos coordinador) y la fiscalización debería estar en manos de la Municipalidad de Talca, Carabineros de Chile, SII, y CONAF. Pero también se sugiere ampliar las atribuciones de la SEC para fiscalizar la leña como combustible.

Medida CEQUIPOS

Esta medida considera el recambio de calefactores a leña antiguos por nuevos equipos más limpios de parte del Estado. Estos equipos pueden ser calefactores a leña que cumplan con el D.S. N° 39/2011.

Los Organismo responsables de esta medida sería la Seremi de MMA como ente responsable de la implementación y coordinación, el Fondo Nacional de Desarrollo Regional a través del aporte de recursos para financiar los planes de recambio de calefactores dentro de la zona declarada como saturada y la Superintendencia de Electricidad y Combustible (SEC) como organismo fiscalizador

Medida PCHIMENEAS

Esta medida considera la prohibición de uso de chimeneas abiertas en los hogares dentro de la sota declarada saturada de las comunas de Talca y Maule.

Los organismos responsables de esta medida serían la Seremi del Medio Ambiente y la Seremi de Salud.

Medida CONGEQUIPOS

Esta medida consiste en prohibir la comercialización e instalación de nuevos calefactores a leña/ biomasa en hogares localizados dentro de la zona declarada saturada. La excepción sería la instalación de calefactores y/o equipos que utilicen pellets como combustible.

Los organismos responsables de esta medida serían la Seremi del Medio Ambiente (organismo coordinador) y la Seremi de Salud y Municipalidad como organismos fiscalizadores.

Medida PROHIBLEÑA

Esta medida considera la restricción de uso de artefactos a leña dentro de la zona saturada de Talca y Maule durante los episodios crítico de contaminación por MP2,5. La medida se implementará bajo los siguientes criterios:

- Emergencia: Restricción total a partir del año inicial del PDA
- Preemergencia: Restricción total a partir del 3er año del PDA

Los organismos responsables de esta medida serían la Seremi del Medio Ambiente, como organismo coordinador y la fiscalización debería estar a cargo de la Seremi de Salud y la Superintendencia del Medio Ambiente.

Medidas TERMICOVIV y TERMICOPLUS

La medida TERMICOVIV considera el mejoramiento térmico de las viviendas nuevas y existentes dentro de la zona satura de Talca y Maule, mientras que la medida TERMICOPLUS consiste en elevar el estándar de aislación térmica para nuevos proyectos inmobiliarios por

sobre los requerimientos actuales como medida de compensación de los nuevos proyectos inmobiliarios.

Estas medidas están asociada a la Ley N° 16.391 Orgánica del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU), Ley General de Urbanismo y Construcciones, Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones. Además, los requerimientos de aislación para las nuevas construcciones están ya establecidos en el Artículo 4.1.10 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, (D.S. N° 47), decreto que ha sido modificado estableciendo requerimientos de aislación térmica según la zona geográfica.

La coordinación de estas medidas corresponde a al MINVU, mientras que para el caso de la medida TERMICOPPLUS la Seremi de Medio Ambiente junto con el Servicio de Evaluación Ambiental, deberá velar por la exigencia de mayores estándares de aislación para los nuevos proyectos inmobiliarios a desarrollarse en la zona declarada saturada. Se sugiere como organismo fiscalizador de estas medidas a la Superintendencia del Medio Ambiente

Medida NORMAIND

Esta medida consiste en el establecimiento de límites de emisión para calderas y hornos industriales que se encuentran operando dentro de la zona declarada saturada.

La implementación está a cargo de la Seremi del Medio Ambiente y la Seremi de Salud, mientras que la fiscalización de esta medida estará a cargo de la Superintendencia del Medio Ambiente. La normativa e institucionalidad asociada es la Ley 19.300, y el D.S. N° 94/95 del MINSEGPRES y el D.S. N° 38/2013 del Ministerio del Medio ambiente que deroga al D.S. N° 93/95 ambas de MINSEGPRES.

Medida COMPEMIND y EMINDFUG

La medida COMPEMIND establece la exigencia que los nuevos proyectos y/o ampliaciones a proyectos existentes que ingresen al Sistema de Evaluación Ambiental (SEIA) deban compensar en un 120% los aportes incrementales de emisiones de MP10 y MP2,5.

El mecanismo de compensación de emisiones requeriría homologar emisiones de distintos tipos de fuentes y permitir un cierto grado de flexibilidad para la realización de las compensaciones. La medida debe estar pensada en términos de eficiencia económica, es decir, que las fuentes que deseen compensar emisiones reducen/ compensan donde les resulte más económico hacerlo.

Por otro lado, la medida EMINDFUG considera la incorporación de medidas de gestión por parte de las empresas para reducir y minimizar emisiones fugitivas e implementar a través de programas de buenas prácticas de operación por parte de las actividades industriales y comerciales de la zona saturada de Talca y Maule.

Para el correcto funcionamiento de esta medida se requiere una adecuada fiscalización para dar seguimiento a las compensaciones y a los programas de buenas prácticas de

operación. El organismo responsable de la implementación de esta medida sería la Seremi de Medio Ambiente. Adicionalmente, el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) deberá facilitar el proceso de incorporación en la Resolución de Calificación Ambiental (RCA) los requerimientos de compensación de emisiones de MP10 y MP2,5 y la implementación de medidas para reducir las emisiones fugitivas de material particulado por parte del Titular del proyecto. La fiscalización de estas medidas debería estar a cargo de la Superintendencia del Medio Ambiente.

Medida SUBSGAS

Esta medida consiste en la implementación de un subsidio al gas licuado de petróleo (GLP) para entregar una alternativa económicamente atractiva para la sustitución de la leña para calefacción en los hogares de la zona saturada de Talca y Maule. El uso de calefactores a gas genera menores emisiones al ambiente y permitiría reducir la penetración de la leña en los hogares de las zonas urbanas de Talca y Maule. Este subsidio solo aplicaría a la venta de gas en los meses de invierno para uso residencial dentro de la zona saturada de Talca y Maule. La venta de gas se materializaría en los formatos de venta de cilindros de 5, 11 y 15 kg.

Los organismo responsable de esta medida sería se sugiere Seremi del Medio Ambiente, y el Fondo Nacional de Desarrollo Regional a través del aporte de recursos del Estado para financiar el subsidio según la Ley de Subsidios, N° 18.778 y su Reglamento D.S. N°195 de 1998 del Ministerio de Hacienda. El Servicio de Impuestos Internos para fiscalizar el uso adecuado de este subsidio orientado solo al sector residencial, mientras que la Superintendencia del Medio Ambiente debería fiscalizar el cumplimiento de esta medida.

Medida SUBCALALT

Esta medida consiste en un programa piloto de subsidio al recambio de equipos por nuevas tecnologías alternativas a la leña basadas en energías renovables limpias. A diferencia de CEQUIPOS no depende de las condiciones de operación normal para los equipos por lo cual es menos sensible en su capacidad de reducción de emisiones. Este programa piloto debería apuntar a casas que ya posean un nivel adecuado de aislación térmica para que sea más efectiva.

Los Organismo responsables de esta medida sería la Seremi de MMA como ente responsable y el Fondo Nacional de Desarrollo Regional a través del aporte de recursos para financiar los planes de recambio de calefactores dentro de la zona declarada como saturada. La fiscalización de la medida deberá estar a cargo de la Superintendencia del Medio Ambiente y se sugiere como organismo subprogramado a la SEC.

Medida TRANSPUB y TRANSCARGA

Las medidas TRANSPUB y TRANSCARGA corresponden a incentivos para ingreso de buses al parque de transporte público con mejores tecnologías para el control de emisión (con filtro de partículas) y el incentivo a la postulación al programa voluntario de retiro de camiones antiguos que carecen de sistemas de certificación de emisiones, a través de la utilización de distintos fondos públicos, entre ellos fondos del FNDR.

El organismo encargado del cumplimiento de estas medidas debería ser la Seremi Transporte y Telecomunicaciones. Además, el Fondo Nacional de Desarrollo Regional debería apoyar esta medida a través del aporte de recursos para financiar el programa de recambio de camiones. La fiscalización de las medidas debería ser a través de La Municipalidad al controlar los permisos de circulación y la Superintendencia del Medio Ambiente.

Medida PAVIMENFUG

Esta medida se orienta a la pavimentación de calles dentro de la zona declarada saturada para evitar emisiones fugitivas de MP las que principalmente aporta con emisiones de MP10. Esta medida es relevante en aquellas zonas donde existen vías no pavimentadas que registran tránsito vehicular significativo.

El MINVU cuenta con Programas de Pavimentación Participativa para abordar el déficit de pavimentación y repavimentación de calles y pasajes, a través de recursos entregados a personas organizadas en un Comité de Pavimentación y los Municipios los que debe aportar un mínimo del 5 al 25% del costo de la obra.

Los organismos responsables de esta medida debería ser el Ministerio de Obras Públicas, El Ministerio de Vivienda y Urbanismo y el Fondo Nacional de Desarrollo Regional a través del aporte de recursos para financiar algunos proyectos de pavimentación. La Superintendencia del Medio Ambiente debería estar a cargo de la fiscalización de la medida.

Medida PQUEMAS

Esta medida se orienta a la prohibición de las quemas agrícolas y forestales en el área de influencia de la zona saturada de las comunas de Talca y Maule. La prohibición de las quemas agrícolas debe concentrarse preferentemente en los meses de marzo a septiembre, en consecuencia se requiere disponer de un aumento de los recursos y personal. En este sentido, los agricultores deberían internalizar en sus costos de producción las externalidades que generan con las prácticas de quemas agrícolas para limpieza de sus predios y control de heladas.

Actualmente existe el D.S. N° 100 de 1990, del Ministerio de Agricultura, que establece la prohibición del uso del fuego para la quema de rastrojos, de ramas y materiales leñosos, de especies vegetales consideradas perjudiciales, y, en general, para cualquier quema de vegetación viva o muerta, así como también prohíbe la quema de neumáticos u otros elementos contaminantes para la agricultura como práctica para prevenir o evitar los efectos de las heladas.

EL D.S. N° 276 /1980 del Ministerio de Agricultura establece el Reglamento sobre el Roce a Fuego estable en sus artículos que:

Artículo 4º.- En todo caso, el propietario o poseedor del predio deberá manifestar ante la Corporación Nacional Forestal, con la debida anticipación, su voluntad de usar el fuego en forma de Quema Controlada.

Artículo 8º.- El calendario de quema fijará los días en que se podrá hacer uso del fuego en

forma de "Quema Controlada", debiendo a lo menos abarcar el período comprendido entre el 1º de Diciembre de cada año al 30 de Abril del año siguiente. Fuera del señalado período, la "Quema Controlada" se podrá efectuar cualquier día de la semana, sin que ésto libere a los usuarios de cumplir con los demás requisitos y condiciones de este Reglamento.

Artículo 11º.- La fiscalización del cumplimiento de este decreto corresponderá a la Corporación Nacional Forestal, al Servicio Agrícola y Ganadero y a Carabineros de Chile, sin perjuicio de la acción pública que conceda la Ley de Bosques.

El D.S. Nº 100, establece las siguientes prohibiciones:

- 1) Prohíbe desde el 1º de abril al 31 de Agosto de cada año, en los terrenos agrícolas, ganaderos o de aptitud preferentemente forestal de todas las provincias de la Región Metropolitana de Santiago, y entre el 1º de mayo al 31 de agosto de cada año, en la Provincia de Cachapoal de la VI Región, el uso del fuego para la quema de rastrojos, de ramas y materiales leñosos, de especies vegetales consideradas perjudiciales, y, en general, para cualquier quema de vegetación viva o muerta que se encuentre en dichos terrenos.
- 2) Prohíbe en todo el territorio nacional, la quema de neumáticos u otros elementos contaminantes para la agricultura como práctica para prevenir o evitar los efectos de las heladas.

Para implementar una restricción gradual de las quemas agrícolas y la aplicación de esta medida en las comunas aledaña a la zona saturada de Talca y Maule.

Se debe destacar que esta medida tiene el impacto adicional de reducir la probabilidad de incendios forestales originados por quemas agrícolas fuera de control y en este sentido también se debe tender a prohibir las quemas forestales.

Los organismos responsables de aplicar esta medida son el Servicio Agrícola Ganadero (SAG), la Corporación Nacional Forestal (CONAF) y Carabineros de Chile. La fiscalización debería estar a cargo de La CONAF, Carabineros de Chile y la Superintendencia del Medio Ambiente.

Medida AREASVERDES

Esta medida se orienta a elevar estándar de m² de áreas verdes por habitante para nuevos proyectos inmobiliarios y aumentar y mantener áreas verdes públicas. La Secretaría Regional de Vivienda y Urbanismo deberá coordinará el programa de generación de áreas verdes dentro de la zona saturada de las comunas de Talca y Maule de manera que los responsables asociados a esta medida cumplan con las acciones encomendadas; mantendrá y actualizará la información referente a áreas verdes, incluyendo ubicación (referenciada geográficamente).

Los Municipios incorporarán la temática de áreas verdes en diversos instrumentos tales como: la mantención de un catastro actualizado de los terrenos que pueden ser utilizados para la creación de áreas verdes; los fondos de desarrollo vecinal, FONDEVE podrán o deberán incorporar la generación de áreas verdes en los distintos sectores poblacionales. Los Municipios



serán responsables de postular proyectos de Mejoramiento Urbano para la creación de áreas verdes de acuerdo a los catastros construidos, priorizando por sectores con mayores carencias. En este sentido los Municipios deberán informarse y postular a los Fondos Concursables o financiamientos disponibles para la construcción de áreas verdes.

Se deberán generar facilidades para que los privados inviertan en la construcción y mantención de áreas verdes como parte de proyectos inmobiliarios y/o medidas de compensación. También se puede lograr, mediante la incorporación en los programas de responsabilidad Social Empresarial, líneas de apoyo a las organizaciones sociales para la creación de áreas verdes u oficiar como asociados en postulaciones a fondos concursables que aborden esta temática.

Los organismos responsables de esta medida son el Ministerio de Vivienda y Urbanismo, las Municipalidades de Talca y Maule y el Fondo Nacional de Desarrollo Regional a través del aporte de recursos para financiar algunos proyectos. La Superintendencia del Medio Ambiente debería estar a cargo de la fiscalización de la medida.

3.15 Actividad 1 (Objetivo 5). Identificar diferentes alternativas tecnológicas de calefacción residencial a través de ERNC.

En primer lugar se hace un análisis general basado en datos encontrados en la literatura correspondiente a estudios realizados sobre alternativas de calefacción residencial en base a energías limpias. Esto sirve para tener un panorama general del problema. Posteriormente, se analizarán en detalle y con valores específicos para Talca un conjunto de 3 proyectos.

3.15.1 Alternativas evaluadas

Para el cumplimiento de esta actividad se evaluaron distintas alternativas de implementación de energías renovables no convencionales para calefacción, factibles de implementar en una primera etapa destinada al reemplazo de artefactos que combustionan leña en el escenario actual (estufas y calderas para calefacción central). Las alternativas evaluadas se presentan en la siguiente tabla.

TABLA 3.15-1. ALTERNATIVAS EVALUADAS PARA CALEFACCIÓN MEDIANTE ERNC

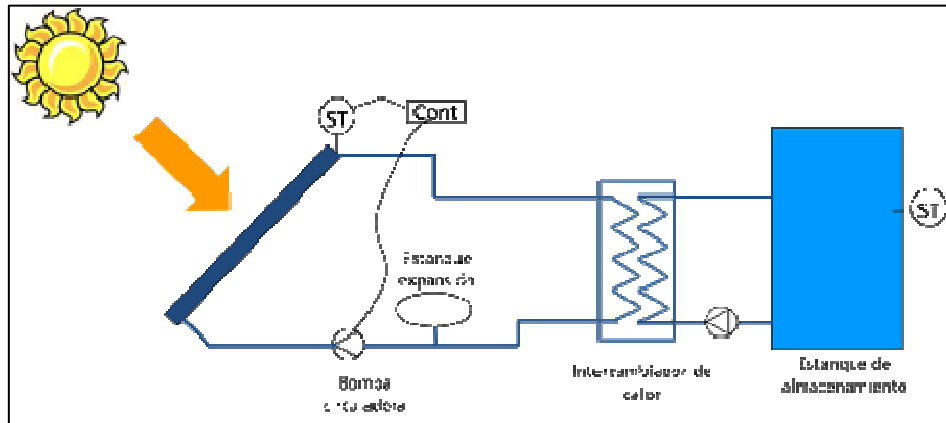
	Sistema de calefacción reemplazado	
	Calderas (Calefacción central)	Estufas
Alternativa	Solar térmica	Estufa a Pellets
	Caldera a Pellets	Estufa a leña (Cumpliendo D.S N° 39/2011 MMA)
	Bomba de calor geotérmica	Bomba de calor aerotérmica

Fuente: Elaboración Propia

De los sistemas propuestos, el más innovador y probablemente menos conocido en Chile corresponde a las bombas de calor. Una bomba de calor es una máquina térmica que permite transferir energía mediante calor de un ambiente (aire o suelo) a otro. A continuación se describe cada una de estas tecnologías.

Energía solar térmica

La figura siguiente muestra un esquema de una instalación solar para calentar agua. Luego el agua se puede utilizar para calefacción.



Fuente: confección propia

FIGURA 3.15-1. ESQUEMA DE UN SISTEMA SOLAR TÉRMICO

La energía que proviene del sol en formas de ondas electromagnéticas es absorbida por una placa. La placa se calienta. Por el lado inferior la placa tiene un serpentín por el cual circula el agua con anticongelante. El calor absorbido en la placa pasa al agua. El calor del agua con anticongelante es transferido al estanque mediante un intercambiador de calor.

La placa colectora tiene la particularidad de poseer una superficie selectiva, lo cual hace que tenga un alto coeficiente de absorción a la radiación solar (del orden de 95%) y a la vez una muy baja emisividad (del orden de 5%). Esta es la gran innovación que ha habido en el tema y que ha modificado en forma sustancial la eficiencia de los colectores. Prácticamente la totalidad de los colectores de buena calidad que se venden en Chile incorporan esta tecnología.

La energía entregada al estanque de almacenamiento hace aumentar la temperatura del agua. Luego esta agua puede usarse para calefaccionar la vivienda. Es importante hacer notar que para que se tenga buena eficiencia con estos sistemas se debe trabajar a baja temperatura (del orden de 50 °C o menos), por tanto el sistema de distribución del calor debe ser lo que se denomina un sistema de baja temperatura.

Por tanto, no se pueden utilizar los radiadores de calefacción convencionales. Entre los sistemas de distribución a baja temperatura más usados se encuentra losa radiante y el ventilador-serpentín (fan-coil). La losa radiante es una cañería plástica que se inserta en la losa misma del piso al momento de la construcción, por tanto no es muy conveniente para uso en viviendas existentes. El ventilador-serpentín, como su nombre lo indica, es un intercambiador de calor agua - aire con un ventilador en la parte posterior, para hacer pasar el aire a alta velocidad y así mejorar la transferencia de calor. También se puede usar radiadores de calefacción, pero mayor cantidad que para los sistemas de calefacción tradicionales. El área de radiadores requerida es del orden de 2 a 3 veces respecto a los sistemas convencionales.

Caldera a pellet

La caldera a pellet es un dispositivo de alta tecnología que permite generar calor a partir de pellet de biomasa. El calor pasa al agua la cual luego es distribuida a través de los radiadores de calefacción (u otros dispositivos similares) para calefaccionar los recintos. La figura siguiente muestra un esquema de una caldera a pellet.



Fuente: <http://www.gesklima.com/calderasbiomasa.html>

FIGURA 3.15-2. CALDERA CONVENCIONAL A PELLETT

Normalmente, el combustible se almacena en una tolva, por tanto es de funcionamiento automático y tiene una autonomía de varias horas (generalmente un día o más). La ventaja de esta tecnología es que utiliza un combustible de alta calidad y además tiene un control adecuado de la combustión, por tanto se logran eficiencias altas y emisiones bajas de contaminantes del aire.

Este sistema, al igual que el sistema solar, debe trabajar en combinación con un sistema de distribución de calor en los recintos. Sin embargo, no tiene las restricciones de baja temperatura, por tanto puede utilizar un sistema convencional.

Estufas a pellet

La figura siguiente muestra una estufa a pellet. El principio de funcionamiento es similar al de la caldera a pellet antes descrita, con la diferencia que en este caso, el calor no pasa al agua, sino que calienta el cuerpo del calefactor. Luego, este calor puede pasar al aire que rodea al calefactor, ya sea por convección natural o por convección forzada. En el último caso el calefactor dispone de un ventilador que toma el aire del recinto, lo hace pasar a alta velocidad por el cuerpo de la cámara de combustión y luego lo impulsa nuevamente al recinto.



Fuente: <http://espdirectorio.es/clasificados/compra-venta/>

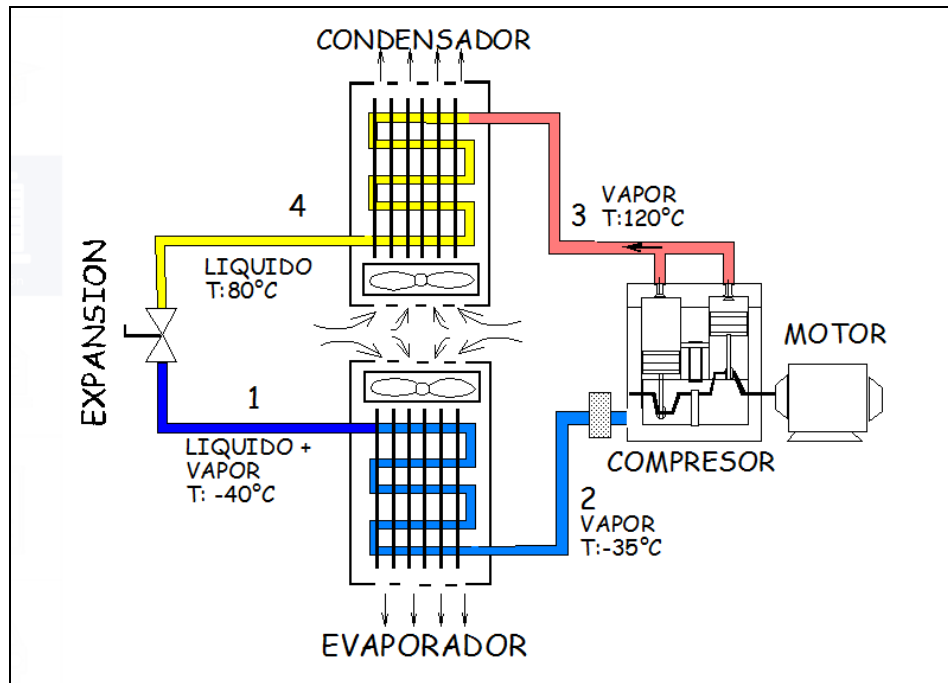
FIGURA 3.15-3. ESTUFA CONVENCIONAL A PELLETT

En general, los calefactores a pellet tienen una eficiencia un poco más baja que las calderas, ya que en las calderas, como lo que se calienta es el agua y no el cuerpo de la cámara de combustión, es más fácil manejar a voluntad la temperatura de salida de los gases y por tanto disminuir las pérdidas.

Estufa a leña (Cumpliendo D.S N° 39/2011)

El calefactor a leña que cumple la norma de emisión (D.S. N° 39/2011) opera utilizando leña seca como energético (ver requerimientos del NCh. N° 2907 del INN). La leña debe estar libre de residuos y dimensionada de forma adecuada según el modelo de calefactor. El equipo calienta el ambiente a través de radiación y convección gracias a que permite que al aire pueda pasar a través de la carcasa que rodea al calefactor, ya sea por convección natural o por convección forzada. En el último caso el calefactor dispone de un ventilador que toma el aire del recinto, lo hace pasar a alta velocidad por el cuerpo de la cámara de combustión y luego lo impulsa nuevamente al recinto. La variante de estos calefactores es el diseño que lo que permite mejorar las condiciones de comisión de la leña mediante, una regulación optima del aire primario y secundario de combustión, materiales que permiten mantener el calor y cámaras de combustión que permite optimizar la turbulencia dentro del frente de combustión, cámaras de postcombustión que permite aumentar el tiempo de residencia de los gases de combustión, y la temperatura de combustión. Esto permite mejorar el desempeño del equipo alcanzando una mayor eficiencia térmica y menores tasas de emisión de contaminantes del aire.

Bomba de calor



Fuente: www.solarproargentina.com

FIGURA 3.15-4. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE UNA BOMBA DE CALOR.

En estos sistemas, un fluido de trabajo (líquido, a baja temperatura y presión) capta calor desde una fuente (aire, agua o suelo) en el evaporador cambiando de estado (de líquido a vapor). El vapor (aún a baja temperatura y presión) pasa a un compresor en el cual al elevar la presión del vapor incrementa su temperatura y entalpía. Luego, el vapor a alta temperatura y presión pasa por un condensador donde el fluido al cambiar nuevamente de fase (de vapor a líquido) entrega calor al ambiente. Finalmente, el líquido (a alta presión) pasa por una válvula de expansión para retornar a su condición inicial y recomenzar el ciclo.

El coeficiente ideal de desempeño de la bomba de calor (*COP*), indicador de la eficiencia del sistema, puede ser calculado como:

$$COP = \frac{T_1}{(T_1 - T_2)}$$

Dónde:

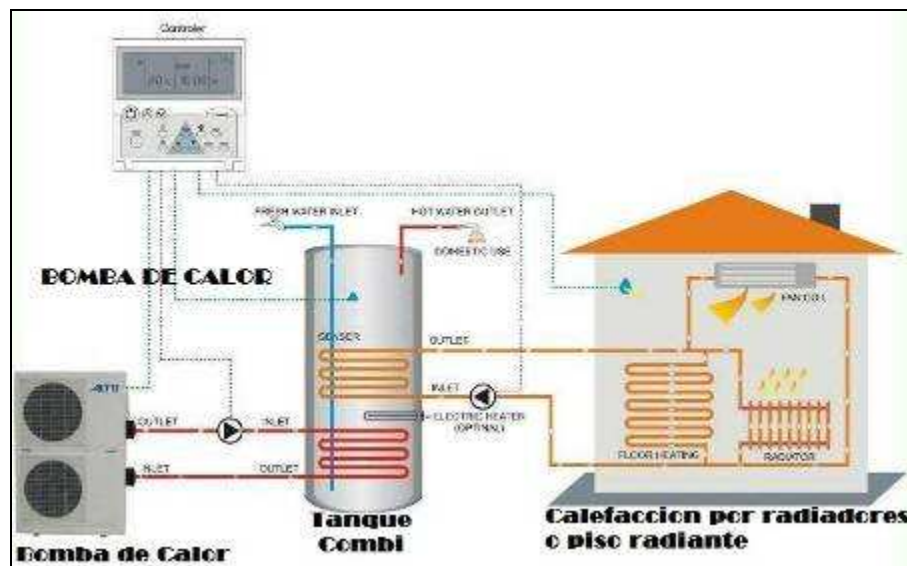
T_1 : Corresponde a la temperatura del condensador (K)

T_2 : Corresponde a la temperatura en el evaporador (K)

En consecuencia, el valor de COP indica cuantas unidades de calor pueden ser entregadas al ambiente por unidad de energía de entrada (normalmente electricidad). Existen varios tipos de bombas de calor, dependiendo del ambiente del cual se extrae el calor para la evaporación del fluido de trabajo. Las más comunes son las bombas geotérmicas (el calor se extrae del suelo) y las aerotérmica (el calor se extrae del aire ambiente). Las primeras tienen valores de COP que fluctúan entre 2,8 y 5,0 (280-500% de eficiencia), mientras que las segundas el rango se sitúa entre 2,5-4,4 (250-440% de eficiencia)¹. Estos elevados valores de eficiencia indican que por cada unidad de energía eléctrica que usa el sistema se obtienen entre 2,5 y 5,0 unidades de energía en forma de calor, dependiendo del tipo de bomba.

Bomba de calor aerotérmica

Esta tecnología se basa en captar la energía contenida en el aire exterior (proveniente del sol) para ser aprovechada en los servicios térmicos que requiere una vivienda. Mediante el principio de funcionamiento de las bombas de calor antes descrito, se capta la energía del aire y se traslada a otra fuente interior (aire en sistemas aire-aire o agua en sistemas aire agua) elevando su temperatura. Los sistemas aire-agua requieren de la instalación de equipos de transferencia de calor similares a los sistemas de calefacción central tradicionales (acumuladores, radiadores y/o suelo radiante), mientras que los sistemas aire-aire transfieren la energía a los ambientes interiores mediante convectores, resultando en menores costos de inversión que los primeros.

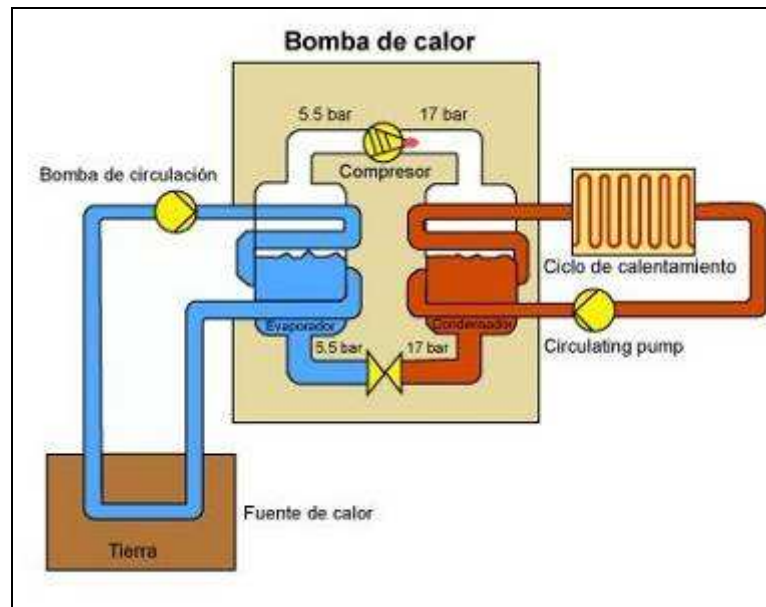


Fuente: www.solarproargentina.com

FIGURA 3.15-5. ALTERNATIVAS DE CALEFACCIÓN MEDIANTE SISTEMAS AEROTÉRMICOS

Bomba de calor geotérmica

En este caso, la energía captada corresponde al calor almacenado en el suelo. La energía captada es transferida, mediante el ciclo termodinámico descrito previamente, a otra fuente receptora, normalmente agua. Por lo tanto, estos sistemas requieren de la instalación de circuitos de calefacción tradicionales (acumuladores, radiadores y/o suelo radiante), lo que se traduce en mayores costos de inversión que los sistemas aire-aire convectivos. Adicionalmente, se requerirá de mayor superficie de transferencia de calor (radiadores) que en los sistemas tradicionales de calefacción central por cuanto la fuente original de energía (suelo) es de baja temperatura. Sin embargo, también existen bombas geotérmicas en las cuales la entrega del calor en el interior de las viviendas se hacen por un circuito de aire, y por lo tanto, no presenta los problemas descritos para la distribución del calor por agua.



Fuente: www.ecointeligencia.com

FIGURA 3.15-6. SISTEMAS DE CALEFACCIÓN MEDIANTE BOMBA DE CALOR GEOTÉRMICA

3.15.2 Evaluación Económica Preliminar

Supuestos utilizados en la estimación de costos de inversión y operación

Para la evaluación preliminar de los costos de inversión y operación de los distintos sistemas propuestos se ha supuesto que se reemplazará energía útil actualmente obtenida a través de los dispositivos actuales por la misma cantidad de energía útil generada por distintas alternativas de calefacción a partir de fuentes renovables.

A continuación se presentan los supuestos realizados en el cálculo de los costos de inversión y operación asociados a cada una de las alternativas evaluadas.

Situación actual

- Tipo de artefactos utilizados: De acuerdo a los resultados de la encuesta aplicada en este proyecto (ver sección 4.2 del estudio), la mayoría de los artefactos corresponden a estufas de combustión lenta con sistemas de templador, estufas de cámara simple sin templador y salamandras. A pesar de corresponder a un porcentaje menor, también se consideran calderas a leña para calefacción central de viviendas unifamiliares.
- Superficies considerados para tipos de viviendas : 70 m² y 140 m²
- Consumo anual de leña: 1.600 kg/año (viviendas de 70 m²), 3.000 kg/año (viviendas de 140 m²)
- Precio de la leña: 70 \$/kg⁵⁸
- Poder calorífico de la leña: 3.500 kcal/kg (contenido de humedad máxima 25%)
- Período calefaccionado al año: 5 meses/año
- Costo de mantención anual: \$50.000

Situación con reemplazo de artefactos

a) Reemplazo por estufas a pellets

- Potencia Bruta: 7,8 kW
- Eficiencia térmica: 90%⁵⁹
- Precio Pellets: \$198/kg⁶⁰
- Poder calorífico Pellets: 4.200 kcal/kg³
- Período calefaccionado al año: 5 meses
- Inversión (Equipo + kit de instalación): \$1.410.000²
- Costos de mantención anual: 7% de la inversión inicial
- Vida útil para horizonte de evaluación: 10 años
- Tasa de descuento: 6% anual

b) Reemplazo por estufas a leña cumpliendo con D.S. N° 39/2011, Ministerio del Medio Ambiente.

- Potencia Bruta: 7 kW³
- Eficiencia térmica: 75%³
- Precio Leña : \$70/kg⁶¹

⁵⁸ Considera un valor de \$25340/m³ estéreo desordenado

⁵⁹ Valor promedio para estufas a pellets de potencia bruta entre 7.8 y 8.5 kW. <http://www.biomass.cl>

⁶⁰ <http://www.biomass.cl>

- Poder calorífico leña (máximo 25% de humedad): 3.500 kcal/kg
- Período calefaccionado al año: 5 meses/año
- Inversión: \$ 640.000(Equipo + kit de instalación + instalación)³
- Costos de mantención anual: 7% de la inversión inicial
- Vida útil para horizonte de evaluación: 10 años
- Tasa de descuento: 6% anual

c) Reemplazo de calderas a leña por caldera a pellets

- Potencia Bruta: 25 kW
- Eficiencia térmica: 90%⁶²
- Precio Pellets: \$198/kg⁶³
- Poder calorífico Pellets: 4.200 kcal/kg³
- Período calefaccionado al año: 5 meses
- Inversión (Equipo + kit de instalación): \$ 5.350.000²
- Costos de mantención anual: 7% de la inversión inicial
- Vida útil para horizonte de evaluación: 10 años
- Tasa de descuento: 6% anual

d) Reemplazo de calderas a leña por bomba de calor geotérmica (calefacción central)

- Eficiencia térmica: 400%⁵
- Costo de electricidad: \$120/kWh
- Período calefaccionado al año: 5 meses/año
- Inversión (Bomba+ sistema de radiadores+instalación) se basa en un sistema que extrae agua de la napa subterránea: \$ 10.900.000⁵
- Costos de mantención anual: 7% de la inversión inicial
- Vida útil para horizonte de evaluación: 10 años
- Tasa de descuento: 6% anual

⁶¹ Calculado como precio promedio actual en las comunas de Talca y Maule

⁶² Valor promedio para estufas a pellets de potencia bruta entre 7.8 y 8.5 kW. <http://www.biomass.cl>

⁶³ <http://www.biomass.cl>

Costos anualizados

A continuación se presentan los valores correspondientes a la evaluación económica correspondiente al reemplazo de actuales artefactos de combustión por distintas alternativas basadas en ERNC. Se describen 3 casos: 1) reemplazo de estufas de cámara simple y doble, 2) reemplazo de salamandras y 3) reemplazo de calderas a leña.

La Tabla 3.15-2. contiene los valores actuales correspondientes a los costos de inversión y operación de cada caso, mientras que la Tabla 3.15-3. informa los correspondientes valores anualizados. En ambas tablas se informan valores marginales, tanto para los costos anuales de combustibles como para los costos anuales de operación (combustible + mantenimiento). Estos costos marginales corresponden a la diferencia entre los costos actuales y los relativos al reemplazo y se interpretan como el incremento (o disminución) de los costos de operación de los usuarios al reemplazar los calefactores existentes por una nueva alternativa.

TABLA 3.15-2. COSTOS DE OPERACIÓN E INVERSIÓN DE DISTINTAS ALTERNATIVAS DE CALEFACCIÓN MEDIANTE ERNC. VALORES ACTUALES.

Alternativa	Inversión Total (Ch\$)	Costo consumo de combustible (Ch\$/año)	Costo de Mantenión (Ch\$/año)	Costo de Operación Total (Ch\$/año)	Costo Marginal (Ch\$/año)
Caso 1. Reemplazo de estufas de combustión lenta					
Estufa pellets	1.410.000	176.000	98.700	274.700	64.000
Estufa leña (DS N° 39/2011)	640.000	89.600	44.800	134.400	-22.400
Caso 2. Reemplazo de salamandras					
Estufa pellets	1.410.000	102.667	98.700	201.367	-9333
Estufa leña (DS N° 39/2011)	640.000	52.267	44.800	97.067	-59733
Caso 3. Reemplazo de calderas a leña					
Caldera a pellets	5.350.000	495.000	374.500	869.500	285.000
Bomba de calor geotérmica	10.900.000	293.900 ¹	762.190	1.056.090	83.090

Notas: ¹.El consumo de una bomba de calor es eléctrico

Fuente: Elaboración propia

TABLA 3.15-3. COSTOS DE OPERACIÓN E INVERSIÓN DE DISTINTAS ALTERNATIVAS DE CALEFACCIÓN MEDIANTE ERNC. VALORES ANUALIZADOS

Alternativa	Inversión Anualizada (Ch\$/año)	Costo Total anualizado (Inversión+ Operación) (Ch\$/año)	Inversión anualizada+ Costo de Operación marginal (Ch\$/año)	Valor Presente Costo Operacional (Ch\$)	Valor Presente Costo Inversión Operación (Ch\$)	Valor presente Costo marginal anualizado (Ch\$/ año)
Caso 1.Reemplazo de estufas de combustión lenta						
Estufa pellets	191.574	466.274	305.574	2.021.816	3.431.816	2.249.050
Estufa leña (DS 39/2011)	86.955	221.355	114.555	989.196	1.629.196	843.138
Caso 2.Reemplazo de salamandras						
Estufa pellets	191.574	392.040	132.240	1.482.076	2.892.076	973.302
Estufa leña (DS 39/2011)	86.955	184.022	-22.778	714.419	1.354.419	-167.647
Caso 3. Reemplazo de calderas a leña						
Caldera a pellets	726.894	1.596.394	1.091.894	6.399.596	11.749.596	8.036.432
Bomba de calor geotérmica	1.480.961	2.537.051	2.700.141	7.772.914	18.672.914	19.873.271

Fuente: Elaboración propia

En general, los sistemas que reemplazan a las calderas de calefacción (indicados en tabla 3.15-1) pueden tener su versión distrital, sin embargo esto no necesariamente implicaría una disminución de las emisiones. Hoy en día los equipos pequeños tienen eficiencias relativamente altas, similares a las eficiencias de los grandes equipos, por lo tanto, bajo este punto de vista no sería muy atractivo ya que lo poco que se gana en aumento de la eficiencia se pierde en las ganancias por distribución. La implementación de alguno de estos sistemas, solo sería atractivo en el caso en que impliquen una disminución en los costos de inversión. Para los casos en que se quemé biomasa, la ventaja podría ser tener chimeneas más altas que permitan una mejor dispersión o sistemas de abatimiento de material particulado.

3.16 Actividad 2 y 3 Evaluar desde el punto de vista técnico y económico, la viabilidad de implementación de algunas de las alternativas identificadas en la actividad anterior, para la sustitución de la calefacción domiciliar a partir de la combustión de leña

A continuación se presentan los resultados de la Evaluación Técnica y Económica de las alternativas para sustitución de la calefacción a leña en hogares. Para ello se seleccionó una de las viviendas de Talca estudiadas y se simuló en detalle la implementación de sistemas de calefacción basados en energías renovables no convencionales. Para el estudio, se analizan 3 casos:

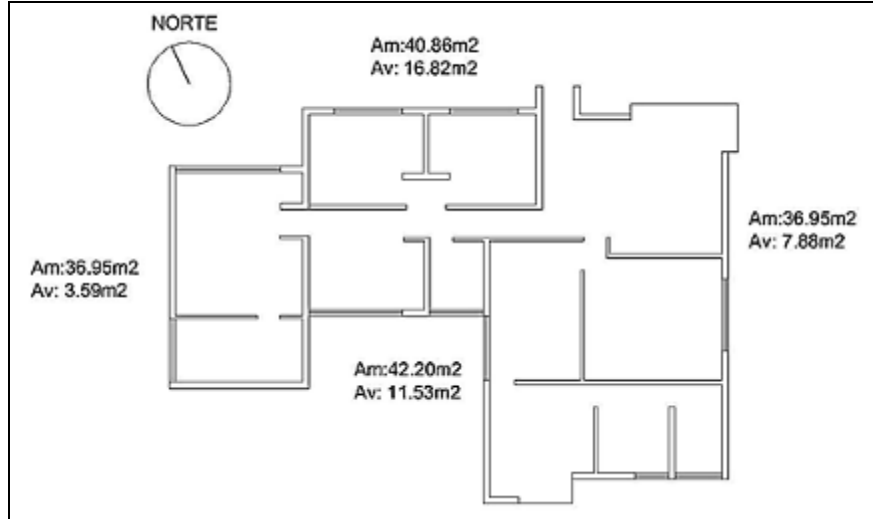
- Energía solar para calefacción
- Bomba de calor geotérmica
- Bomba de calor aerotérmica con flujo de refrigerante variable (FRV).

Se sabe que los proyectos de energías renovables no convencionales tienen costos de inversión relativamente altos y se rentabilizan mejor en la medida de que tengan consumos más altos. Por tal motivo, se seleccionó para el análisis la vivienda 26, ya que se trata de una vivienda relativamente grande (170 m² construidos), con varios locales interiores y por tanto una buena potencialidad para aplicar estos elementos. Las figuras siguientes muestran una foto de la fachada y la planta de la vivienda.



Fuente: Elaboración propia

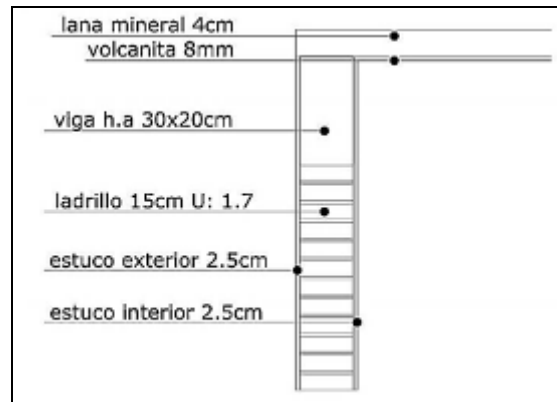
FIGURA 3.16-1. FACHADA DE LA VIVIENDA PARA EL ANÁLISIS



Fuente: elaboración propia

FIGURA 3.16-2. PLANTA DE LA VIVIENDA CONSIDERADA EN EL ANÁLISIS

Esta tiene una superficie construida de 170 m². Los muros se componen de albañilería sin aislación y el techo tiene 4 cm de aislación de lana mineral. La figura siguiente muestra el escantillón de esta vivienda.



Fuente: elaboración propia

FIGURA 3.16-3. ESCANTILLÓN DE LA VIVIENDA CONSIDERADA EN EL ANÁLISIS

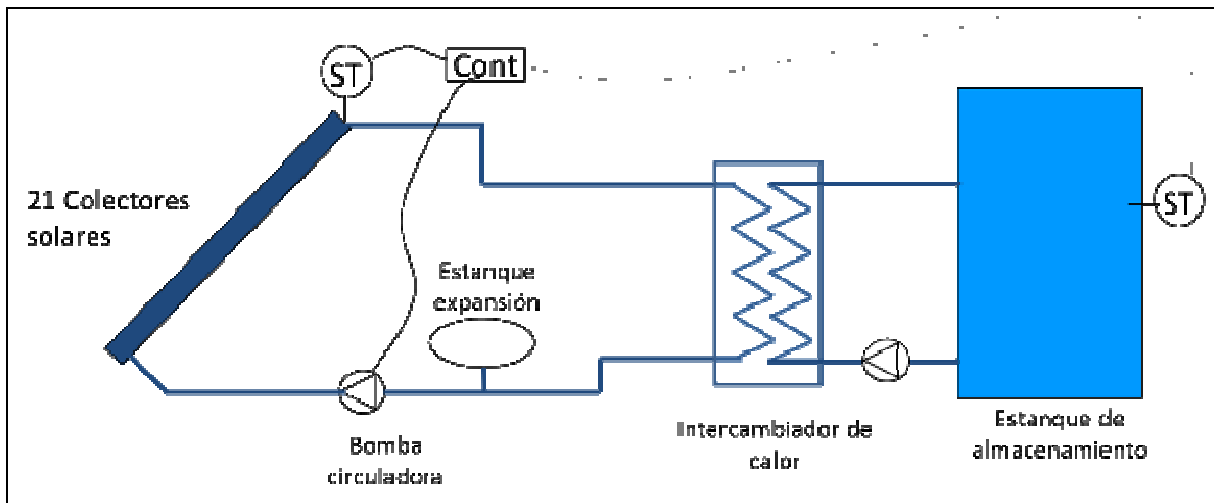
La potencia referencial para el equipo de calefacción es de 14,0 kW. Esta se obtiene de la metodología de cálculo (planilla de cálculo) de la calificación energética de viviendas.

3.16.1 Energía solar para calefacción

Se considera el caso con confort ideal y se propone un sistema solar que permita abastecer la calefacción y la totalidad del agua caliente sanitaria. Se agrega el agua caliente sanitaria, ya que como las aplicaciones de agua caliente sanitaria son más rentables, esto permitirá mejorar la rentabilidad del proyecto total.

El sistema propuesto se compone de 21 placas solares del tipo colector solar plano de buena calidad con pintura selectiva y 2.500 litros de almacenamiento térmico.

La figura siguiente muestra un esquema de la instalación.



Fuente: elaboración propia

FIGURA 3.16-4. ESQUEMA DEL SISTEMA SOLAR PROPUESTO PARA CALEFACCIÓN DE LA VIVIENDA

El cálculo del sistema se realiza con el procedimiento disponible para la calificación energética de viviendas.

6.4.- Sistemas de captación de energías renovables no convencionales

¿Dispone de un sistema de colectores solar - térmico? Si

Sistema solar para aporte en calefacción y agua caliente sanitaria

Tipo de colector:	Plano	
Tipo de servicio	ACS + Calefacción	
Superficie total de colectores solares (bruta)	50.82	(m ²)
Angulo de inclinación de los colectores	35	(grados)
Angulo de azimut de los colectores		(grados)
Factor de corrección por obstrucciones	1	(-)
Propiedades del colector	Por defecto	A modificar
Rendimiento óptico del colector	0.75	0.76
Coefficiente de pérdidas térmicas	6.00	3.51
Relación Area Neta / Area Bruta	0.90	0.92
Resultados		A usar
Porcentaje de aporte solar al ACS		100.0 (%)
Porcentaje de aporte solar a la calefacción		30.8 (%)

Fuente: elaboración propia

FIGURA 3.16-5. RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN DE CALEFACCIÓN SOLAR DE LA VIVIENDA.

El sistema es técnicamente factible pero debe considerarse que tenga una superficie importante de techo orientada al norte (o similar) para instalar 50 m² de colectores solares. Además se ha considerado que la vivienda se encuentra en pleno confort y que se tiene un sistema de calefacción por radiadores existente (ya que no se ha incluido en los costos).

En este caso el aporte solar es de:

- Para calefacción: 10.419 (kWh/año) lo cual equivale a un 30,8% de los requerimientos de calefacción.
- Para Agua caliente sanitaria: 3.102 (kWh/año)
- Ahorro en MP10 corresponde solo a la parte de la calefacción y es de 44,0 kg/año.

La tabla siguiente muestra los resultados de los ahorros involucrados.

TABLA 3.16-1. AHORRO ANUAL PARA SISTEMA SOLAR

	Ahorro en demanda (kWh/año)	Eficiencia del sistema de apoyo	Ahorro en consumo	Costo de la energía (\$/kWh)	Ahorro anual (\$/año)
Calefacción	10.419	0,65	16.103	17,2	\$ 280.000
ACS	3.102	0,70	4.431	79,0	\$ 350.000
Total					\$ 630.530

Fuente: elaboración propia

Los costos de un sistema solar completo instalado y con IVA son del orden de 400.000 (\$/m²)⁶⁴. Por lo que el sistema completo costaría del orden de: Ch\$20.320.000

La tabla siguiente muestra los indicadores económicos para este proyecto.

TABLA 3.16-2. INDICADORES ECONÓMICOS PARA SISTEMA SOLAR PARA CALEFACCIÓN

año	Inversión UF	Costo de la energía [UF/kWh]	ahorro (UF/año)	Flujo de caja UF	VAN acumulado UF
0	-875,9	0,00144		-875,9	-875,9
1		0,00150	25,6	25,6	-851,8
2		0,00156	26,6	26,6	-828,1
3		0,00162	27,6	27,6	-804,9
4		0,00169	28,7	28,7	-782,1
5		0,00176	29,9	29,9	-759,8
6		0,00183	31,1	31,1	-737,9
7		0,00190	32,3	32,3	-716,4
8		0,00198	33,6	33,6	-695,3
9		0,00206	35,0	35,0	-674,6
10		0,00214	36,4	36,4	-654,3
11		0,00222	37,8	37,8	-634,4
12		0,00231	39,3	39,3	-614,8
13		0,00240	40,9	40,9	-595,6
14		0,00250	42,5	42,5	-576,8
15		0,00260	44,2	44,2	-558,3
16		0,00270	46,0	46,0	-540,2
17		0,00281	47,9	47,9	-522,5
18		0,00293	49,8	49,8	-505,0
19		0,00304	51,8	51,8	-487,9
20		0,00316	53,8	53,8	-471,1
21		0,00329	56,0	56,0	-454,7
22		0,00342	58,2	58,2	-438,5
23		0,00356	60,6	60,6	-422,6
24		0,00370	63,0	63,0	-407,1
25		0,00385	65,5	65,5	-391,8

Datos

Tasa de interés	6%
R1 (hasta 2020)	4%
R2 (2021 adelante)	0%
Ahorro energético	17.015
Costo de mantención	0,0
Costo de la energía al 2013 (UF/kWh)	
Costos de inversión	875,9

Resultados

Ahorro en año 1 UF	25,552
VAN (25 años) UF	-391,83
TIR (25 años)	1,34%

Fuente: elaboración propia

El resultado de la evaluación económica generó un VAN de -391,83 UF. Claramente, este sistema no es rentable. Esto se debe a los bajos costos de la energía del caso base y al hecho de que no existe una coordinación temporal en la demanda y la oferta, ya que cuando se tiene demanda en calefacción, la oferta de energía solar es muy baja.

⁶⁴ Cotización directa a empresa del rubro

3.16.2 Bomba de calor geotérmica

Se considera una bomba de calor de 12 kW. Además de ser una de las más pequeñas del mercado, coincide relativamente bien con la potencia requerida, la cual se estimó en 14 kW. En todo caso, la potencia del sistema instalado actualmente en la vivienda (calefactor a leña) es menor que los 12 kW de la bomba propuesta.

La figura siguiente muestra una foto de una bomba de calor geotérmica.



Fuente: elaboración propia

FIGURA 3.16-6 BOMBA DE CALOR GEOTÉRMICA SIMILAR SISTEMA DE CALEFACCIÓN.

La instalación está pensada con un sistema de impulsión por aire y un sistema de serpentines enterrados a un metro de profundidad en el patio. Esta es la combinación que nos da los menores costos de inversión, manteniendo los niveles del COP en un rango aún muy atractivos.

El sistema de impulsión por aire es uno de los de menor costo para este tipo de sistema, además permite trabajar a baja temperatura y optimizar el COP de la bomba. La bomba absorbe calor desde la tierra mediante un serpentín generado con cañería plástica enterrado a 1 m bajo la tierra. La superficie que ocupa el serpentín es del orden de 300 m² de terreno.

La factibilidad técnica de la instalación estaría dada entonces por encontrar la disponibilidad de una superficie de patio de aproximadamente 300 m² para instalar el serpentín enterrado.

El COP nominal de esta bomba (o similar) es de 6. Si se corrige por la temperatura de la tierra del sector y por la diferencia de temperaturas entre la entrada y salida del serpentín queda un COP de 5,52. Además, se debe considerar el consumo de la bomba hidráulica para hacer circular el agua por el intercambiador de calor enterrado, con lo que se obtiene finalmente un COP de 5,11.

Se considera que la bomba de calor va a suplir el 100% de la calefacción, es decir, 15.918 (kWh/año).

Si se considera un costo de 120 \$/kWh de electricidad, con un COP de 5,11 el costo de operación de esta bomba sería de 23,0 \$/kWh útil. El costo del kWh útil generado con calefactores a leña es de 26,5 \$/kWh, por tanto el costo de operación de la bomba de calor sería menor que el costo de operación con leña.

La inversión del sistema se calcula como:

- Costo de la bomba de calor instalada: \$ 3.072.000 (cotización directa en ANWO).
- Sistema de serpentín enterrado: \$ 600.000 (se consideró 1000 m de cañería plástica de $\frac{3}{4}$ de pulgada a \$ 310.000 y el resto del monto considerado corresponde a los costos de instalación).
- Sistema de impulsión de aire y materiales menores: \$ 850.000
- Inversión total: \$ 4.520.000.

Consumo de energía eléctrica anual de la bomba de calor sería de: 2,025 kWh /año lo que a un valor de 120 \$/kWh da un costo de operación anual de \$ 243.000. El costo de operación anual con leña sería de \$ 278.565, por tanto habría un ahorro anual por concepto de operar con la bomba de calor en lugar de la leña de \$ 35.565. Los indicadores económicos para este proyecto se muestran en la tabla siguiente:

TABLA 3.16-3. INDICADORES ECONÓMICOS PARA LA BOMBA DE CALOR GEOTÉRMICA.

año	Inversión UF	Costo de la energía [UF/kWh]	ahorro (UF/año)	Flujo de caja UF	VAN acumulado UF
0	-194,9	0,00010		-194,9	-194,9
1		0,00010	1,6	1,6	-193,4
2		0,00010	1,7	1,7	-191,9
3		0,00011	1,7	1,7	-190,5
4		0,00011	1,8	1,8	-189,1
5		0,00012	1,9	1,9	-187,7
6		0,00012	1,9	1,9	-186,3
7		0,00013	2,0	2,0	-185,0
8		0,00013	2,1	2,1	-183,6
9		0,00014	2,2	2,2	-182,4
10		0,00014	2,3	2,3	-181,1
11		0,00015	2,4	2,4	-179,8
12		0,00015	2,5	2,5	-178,6
13		0,00016	2,6	2,6	-177,4
14		0,00017	2,7	2,7	-176,2
15		0,00017	2,8	2,8	-175,1
16		0,00018	2,9	2,9	-174,0
17		0,00019	3,0	3,0	-172,9
18		0,00020	3,1	3,1	-171,8
19		0,00020	3,2	3,2	-170,7
20		0,00021	3,4	3,4	-169,7
21		0,00022	3,5	3,5	-168,6
22		0,00023	3,6	3,6	-167,6
23		0,00024	3,8	3,8	-166,6
24		0,00025	3,9	3,9	-165,7
25		0,00026	4,1	4,1	-164,7

Datos

Tasa de interés	6%
R1 (hasta 2020)	4%
R2 (2021 adelante)	0%
Ahorro energético	15.918
Costo de mantención	0,0
Costo de la energía al 2013 (UF/kWh)	
Costos de inversión	194,9

Resultados

Ahorro en año 1 UF	1,595
VAN (25 años) UF	-164,70
TIR (25 años)	-6,31%

Fuente: elaboración propia

De la tabla se aprecia que la bomba de calor tiene un costo de operación muy similar al de la leña, por lo tanto, el ahorro en costos es marginal, sin embargo, no emite carga de contaminantes del aire.

Si se toma un escenario en que no se puede usar leña, una alternativa sería calefacción a gas. En ese caso, el ahorro en la operación anual sería de \$1.015.000 pesos al año. Nuevamente se debe tener cuidado al interpretar estos resultados, para obtener ese ahorro hay que gastar en el caso base aproximadamente \$1.250.000 por concepto de calefacción en la vivienda. Se sabe que esto es poco factible y que probablemente serían pocas las familias que gastarían esto en calefacción en Talca. El costo operacional de \$1.250.000 se obtiene del consumo energético real de la vivienda pero calefaccionado con gas. Sin embargo, se sabe que

la mayoría de las personas al aumentar el precio del combustible disminuye también su consumo.

TABLA 3.16-4. INDICADORES ECONÓMICOS PARA BOMBA DE CALOR GEOTÉRMICA CON GAS COMO COMBUSTIBLE ALTERNATIVO.

año	Inversión UF	Costo de la energía [UF/kWh]	ahorro (UF/año)	Flujo de caja UF	VAN acumulado UF
0	-194,9	0,00275		-194,9	-194,9
1		0,00286	45,5	45,5	-152,0
2		0,00297	47,3	47,3	-110,0
3		0,00309	49,2	49,2	-68,7
4		0,00321	51,1	51,1	-28,2
5		0,00334	53,2	53,2	11,6
6		0,00347	55,3	55,3	50,5
7		0,00361	57,5	57,5	88,8
8		0,00376	59,8	59,8	126,3
9		0,00391	62,2	62,2	163,1
10		0,00406	64,7	64,7	199,3
11		0,00423	67,3	67,3	234,7
12		0,00440	70,0	70,0	269,5
13		0,00457	72,8	72,8	303,6
14		0,00475	75,7	75,7	337,1
15		0,00494	78,7	78,7	369,9
16		0,00514	81,9	81,9	402,2
17		0,00535	85,1	85,1	433,8
18		0,00556	88,5	88,5	464,8
19		0,00578	92,1	92,1	495,2
20		0,00602	95,8	95,8	525,1
21		0,00626	99,6	99,6	554,4
22		0,00651	103,6	103,6	583,1
23		0,00677	107,7	107,7	611,3
24		0,00704	112,0	112,0	639,0
25		0,00732	116,5	116,5	666,2

Datos

Tasa de interés	6%
R1 (hasta 2020)	4%
R2 (2021 adelante)	0%
Ahorro energético	15.918
Costo de mantención	0,0
Costo de la energía al 2013 (UF/kWh)	
Costos de inversión	194,9

Resultados

Ahorro en año 1 UF	45,455
VAN (25 años) UF	666,15
TIR (25 años)	27,17%

Fuente: elaboración propia

3.16.3 Bomba de calor aerotérmica con flujo de refrigerante variable (FRV).

Estos equipos son uno de los más eficientes que existen hoy en día en tamaño pequeño. Es una adaptación de los sistemas convencionales de bombas de calor Split. La modificación es que se implementó un sistema de flujo de refrigerante variable. Esto permite utilizar mejor los intercambiadores de calor y en general todo el sistema. En efecto, el principio es muy simple, en lugar de controlar la carga con un sistema on-off como sus predecesores, la controla modificando el flujo de refrigerante. Esto implica que a carga parcial, pueda obtener valores e COP bastante más alto que los sistemas on-off. Este hecho, ha incentivado a los constructores de estos equipos a optimizar el resto de los elementos de estos equipos, por lo que hoy en día se pueden disponer de equipos muy eficientes a costos relativamente bajos.

Para el presente análisis se considera el sistema que se muestra en la figura. Se trata de un sistema Split de muro de 8 kW de potencia (27.000 Btu/h). Si bien es cierto, la potencia nominal de calefacción es de 14 kW, se considera este equipo de 8 kW, el cual es similar a la potencia del sistema de calefacción (calefactor a leña) que tiene la vivienda. La idea es intervenir lo menos posible tanto los usos como los costos operaciones.



Fuente: elaboración propia

FIGURA 3.16-7. FOTOGRAFÍA DE EQUIPO BOMBA DE CALOR AEROTÉRMICA

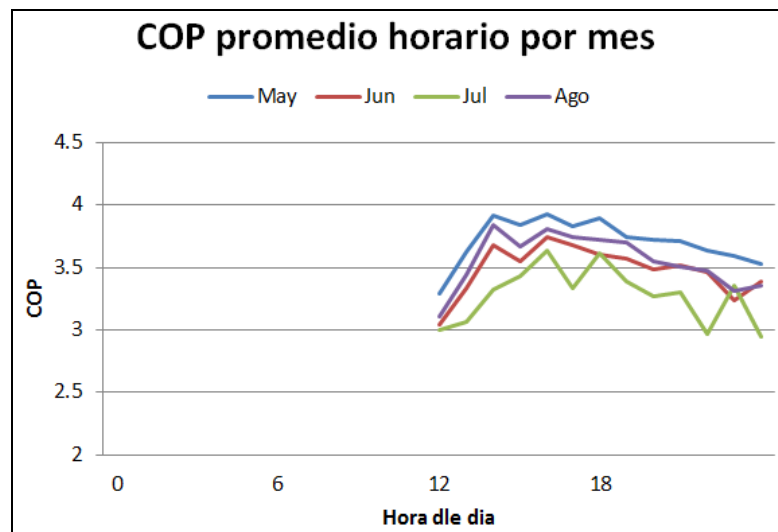
La tabla muestra un detalle de la performance considerada para este estudio. Esta proviene de una adaptación de equipos similares, ya que en general no es posible encontrar información completa para la simulación detallada de estos equipos. Los valores se obtienen a partir de un equipo similar al cual se le ha corregido por un factor de 0,85 (seguridad ya que no es el mismo equipo), además se le ha agregado el consumo del ventilador del evaporador en cual no estaba considerado en la cuadro de performance original.

TABLA 3.16-5. OPERACIÓN DE LA BOMBA DE CALOR EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA DEL AIRE Y DEL PORCENTAJE DE CARGA.

Te (C)	Porcentaje de carga			
	100%	80%	60%	30%
15	3,31	3,62	3,77	2,94
11	3,10	3,43	3,63	2,92
7	2,94	3,27	3,50	2,92
1	2,70	3,02	3,26	2,74
-5	2,49	2,75	2,94	2,45

Fuente: elaboración propia

Las figuras siguientes muestran los resultados de la simulación del funcionamiento de la bomba. Como el COP es altamente sensible a la temperatura exterior y al porcentaje de carga, es imprescindible para este tipo de equipos considerar una simulación hora a hora durante todo el invierno. Esto se hizo considerando los resultados de la simulación dinámica horario de la vivienda y un modelo detallado de la bomba basada en la tabla indicada más arriba. A partir de los valores horarios se construyen los gráficos siguientes que entregan los valores horarios como promedio de las variables para cada mes.



Fuente: elaboración propia

FIGURA 3.16-8. VALORES HORARIOS DEL COP PROMEDIO PARA CADA MES.

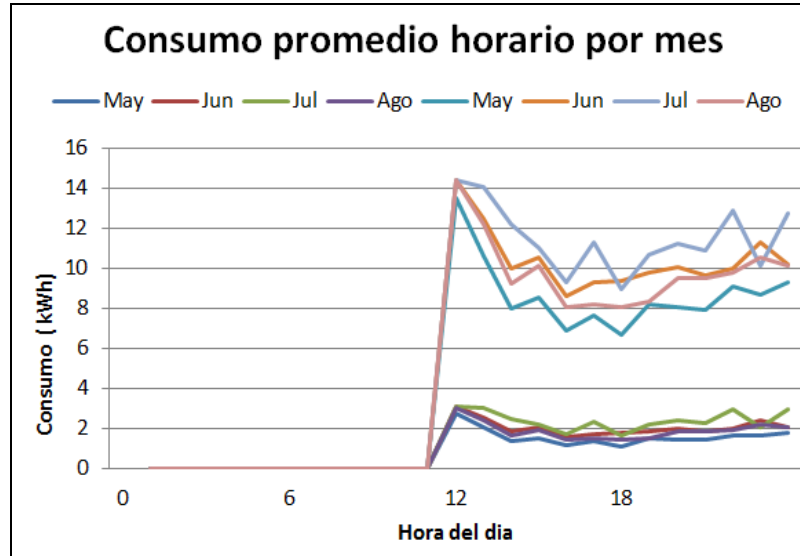


FIGURA 3.16-9. VALORES HORARIOS DEL CONSUMO TÉRMICO PROMEDIO PARA CADA MES.

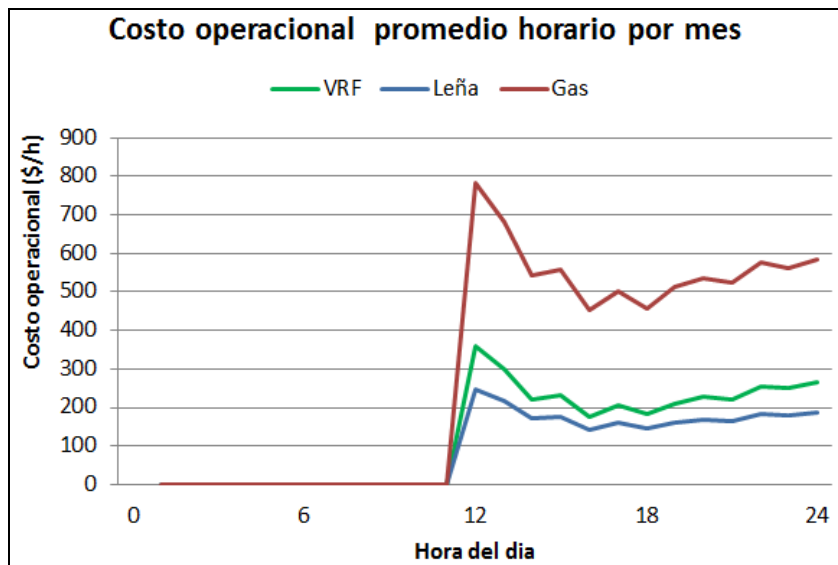


FIGURA 3.16-10. VALORES HORARIOS DEL COSTO DE OPERACIÓN PROMEDIO PARA CADA MES.

Considerando el periodo completo de todo el invierno se tienen los siguientes resultados del cálculo:

- Demanda energética total: 10.519 kWh/año
- Consumo eléctrico total: 3.189 kWh/año

Estos valores, dan un COP medio de 3,3. Los resultados globales de este proyecto son:

- Ahorro energético en leña: 15.918 kWh/año. 100% del consumo anual real para esta casa
- Inversión \$ 1.225.000. La que se desglosa en:
 - Costo de la bomba de calor: \$ 908.000 + 35% instalación: \$ 317.000.
 - Consumo de energía eléctrica: 3.188 kWh /año.
 - Costo de operación anual con bomba de calor: \$ 382.560.
 - Costo de operación anual con leña: \$ 278.565.
 - Ahorro en costo de operación con bomba de calor : -\$ 103.995.

Evidentemente, es imposible rentabilizar la inversión con un costo de operación más alto, por lo tanto, no tiene mucho sentido hacer una evaluación económica similar al resto, ya que evidentemente se obtendrá un VAN negativo. Sin embargo, se hace el cálculo ya que parece una alternativa muy interesante de manejar debido a su costo de inversión relativamente bajo.

TABLA 3.16-6. INDICADORES ECONÓMICOS PARA BOMBA DE CALOR VRF.

año	Inversión UF	Costo de la energía [UF/kWh]	ahorro (UF/año)	Flujo de caja UF	VAN acumulado UF
0	-52,8	-0,00028		-52,8	-52,8
1		-0,00029	-4,7	-4,7	-57,2
2		-0,00030	-4,8	-4,8	-61,5
3		-0,00032	-5,0	-5,0	-65,7
4		-0,00033	-5,2	-5,2	-69,9
5		-0,00034	-5,5	-5,5	-74,0
6		-0,00036	-5,7	-5,7	-78,0
7		-0,00037	-5,9	-5,9	-81,9
8		-0,00039	-6,1	-6,1	-85,7
9		-0,00040	-6,4	-6,4	-89,5
10		-0,00042	-6,6	-6,6	-93,2
11		-0,00043	-6,9	-6,9	-96,9
12		-0,00045	-7,2	-7,2	-100,4
13		-0,00047	-7,5	-7,5	-103,9
14		-0,00049	-7,8	-7,8	-107,4
15		-0,00051	-8,1	-8,1	-110,7
16		-0,00053	-8,4	-8,4	-114,0
17		-0,00055	-8,7	-8,7	-117,3
18		-0,00057	-9,1	-9,1	-120,5
19		-0,00059	-9,4	-9,4	-123,6
20		-0,00062	-9,8	-9,8	-126,6
21		-0,00064	-10,2	-10,2	-129,7
22		-0,00067	-10,6	-10,6	-132,6
23		-0,00069	-11,0	-11,0	-135,5
24		-0,00072	-11,5	-11,5	-138,3
25		-0,00075	-12,0	-12,0	-141,1

Datos

Tasa de interés	6%
R1 (hasta 2020)	4%
R2 (2021 adelante)	0%
Ahorro energético	15.918
Costo de mantención	0,0
Costo de la energía al 2013 (UF/kWh)	
Costos de inversión	52,8

Resultados

Ahorro en año 1 UF	-4,662
VAN (25 años) UF	-141,12
TIR (25 años)	

Fuente: elaboración propia

Si se consideran el resto de la externalidades como la facilidad de operación, no contamina, comodidad, confort, costo de operación similar a la leña y sobre todo relativamente baja inversión lo pone como una alternativa muy interesante. Solo si se considera un aumento del precio de la leña por efectos de regulaciones (leña certificada) esta alternativa pasaría a ser rápidamente muy atractiva.

En el escenario de que el gas sea el energético de base, se tendrían los siguientes indicadores:

TABLA 3.16-7. INDICADORES ECONÓMICOS PARA BOMBA DE CALOR VRF CON GAS COMO COMBUSTIBLE ALTERNATIVO.

año	Inversión UF	Costo de la energía [UF/kWh]	ahorro (UF/año)	Flujo de caja UF	VAN acumulado UF
0	-52,8	0,00237		-52,8	-52,8
1		0,00246	39,2	39,2	-15,8
2		0,00256	40,8	40,8	20,5
3		0,00267	42,4	42,4	56,1
4		0,00277	44,1	44,1	91,1
5		0,00288	45,9	45,9	125,4
6		0,00300	47,7	47,7	159,0
7		0,00312	49,6	49,6	192,0
8		0,00324	51,6	51,6	224,4
9		0,00337	53,7	53,7	256,2
10		0,00351	55,8	55,8	287,3
11		0,00365	58,1	58,1	317,9
12		0,00379	60,4	60,4	347,9
13		0,00395	62,8	62,8	377,4
14		0,00410	65,3	65,3	406,3
15		0,00427	67,9	67,9	434,6
16		0,00444	70,6	70,6	462,4
17		0,00462	73,5	73,5	489,7
18		0,00480	76,4	76,4	516,5
19		0,00499	79,5	79,5	542,7
20		0,00519	82,6	82,6	568,5
21		0,00540	85,9	85,9	593,8
22		0,00562	89,4	89,4	618,6
23		0,00584	93,0	93,0	642,9
24		0,00607	96,7	96,7	666,8
25		0,00632	100,5	100,5	690,2

Datos

Tasa de interés	6%
R1 (hasta 2020)	4%
R2 (2021 adelante)	0%
Ahorro energético	15.918
Costo de mantención	0,0
Costo de la energía al 2013 (UF/kWh)	
Costos de inversión	52,8

Resultados

Ahorro en año 1 UF	39,224
VAN (25 años) UF	690,23
TIR (25 años)	78,3%

Fuente: elaboración propia

3.16.4 Conclusiones

Si se considera la situación de que se está obligado a tener un sistema alternativo de calefacción a la leña, el análisis económico se resume en la siguiente tabla:

TABLA 3.16-8. COMPARACIÓN DE LOS PROYECTOS DE ENERGÍAS RENOVABLES NO CONVENCIONALES.

	Calefacción solar	Bomba de calor geotérmica	Bomba de calor VRF
Inversión (UF)	876	194	53
VAN (UF)	-391	-164	-141
Ahorro de leña (kWh/año)	17.015	15.918	15.918
Ahorro de emisiones (kg/año)	72	67	67
Costo de inversión por unidad de emisión ahorrada (UF/kg MP10)	12,20	2,89	0,79
Costo total por unidad de emisión ahorrada = VAN/emisiones ahorradas (UF/kg MP10)	5,45	2,44	2,10

Fuente: elaboración propia

Como se puede ver las alternativas de energías renovables no convencionales (ERN) de menor costo total para remplazar a la leña son las bombas de calor, siendo de todas formas la más conveniente la bomba VRF. Además, esta última tiene la ventaja de que su costo de inversión es mucho más bajo, por lo que también tiene ventajas muy grandes en el corto plazo. Además, la alternativa de la bomba de calor geotérmica tiene la desventaja de que requiere una superficie de patio muy grande, lo cual limitaría en forma importante la penetración de una medida como esta.

Se recomienda considerar las bombas de calor VRF como alternativas a los calefactores a leña, además poseen ciertas externalidades positivas como la comodidad y fácil operación, que lo pueden hacer aún más atractivos.

3.17 Evaluación de la factibilidad técnica y económica de implementar un sistema de calefacción distrital en la ciudad de Talca

A continuación se evalúa la factibilidad técnica y económica de implementar sistemas de calefacción distrital en las viviendas de Talca. Para ello se realiza una prospección de la disponibilidad de biomasa en la región y luego se estiman los costos de capital y operación de un sistema de calefacción comunitario considerando las características de las viviendas de Talca y los patrones de consumo de calefacción determinados en el levantamiento realizando en este estudio.

3.17.1 Disponibilidad de biomasa en la Región del Maule

La biomasa disponible para combustión en centrales térmicas de calefacción distrital en la ciudad de Talca, podría ser provista de los cultivos agropecuarios y forestales que existen en la Región del Maule y, más específicamente, en la Provincia de Talca. Los factores a considerar para la elección de la biomasa a utilizar en las centrales, tiene que ver con la distancia del recurso, que incide directamente en su costo final, y el volumen disponible, que incide en la seguridad de suministro.

El radio de cobertura de la biomasa disponible debe estar acotado, debido a que los costos asociados al transporte conforman parte importante del costo total de adquisición de este recurso. No obstante, el volumen de biomasa disponible debe ser holgado, por cuanto la utilización de biomasa conlleva un riesgo de suministro que hay que mitigar al mínimo. En consecuencia, se calculó la disponibilidad teórica de biomasa vegetal proveniente de distintas fuentes, en radios de 20 km, 30 km, 40 km y 50 km alrededor del centro de la comuna de Talca.

Para dimensionar el volumen de biomasa disponible según al análisis planteado, se utilizaron los datos del VII Censo Agropecuario y Forestal (2007), los que ayudaron a determinar las superficies cubiertas aproximadamente por cada tipo de cultivo, a nivel comunal, bajo el supuesto de que los recursos se distribuyen uniformemente en cada comuna. Esta información se complementó con cifras estimadas a partir de distintas fuentes de información, en relación a los rendimientos de generación de biomasa por cada tipo de cultivo.

Para las plantaciones de árboles frutales y las viñas y parronales viníferos, se utilizaron las tasas de generación de residuos de poda reportadas en INFOR y FAO (2010)⁶⁵. En el caso de los residuos de la cosecha de cereales, se consideró el rendimiento por hectárea reportado en Mellado (2007), y los datos de producción y superficie plantada según el VII Censo Agropecuario y Forestal (2007). Para estimar los rendimientos de producción de plantaciones forestales en sus condiciones actuales, se consideró el volumen promedio por hectárea de pino radiata y eucaliptus globulus, datos reportados en INFOR y FAO (2010). En el caso del rendimiento del bosque nativo, se consideró el valor reportado en el "Inventario continuo de bosques nativos y actualización de plantaciones forestales" de INFOR (2012), para la Región del Maule, y se comparó el volumen de biomasa calculado con el que se reporta en el Explorador de Bioenergía Forestal de CONAF. Este último considera sólo la biomasa de bosque

⁶⁵ "WISDOM Chile, Análisis espacial de la producción y consumo de dendrocombustibles usando la metodología WISDOM, Bases para una Estrategia Dendroenergética Nacional", INFOR y FAO, 2010.

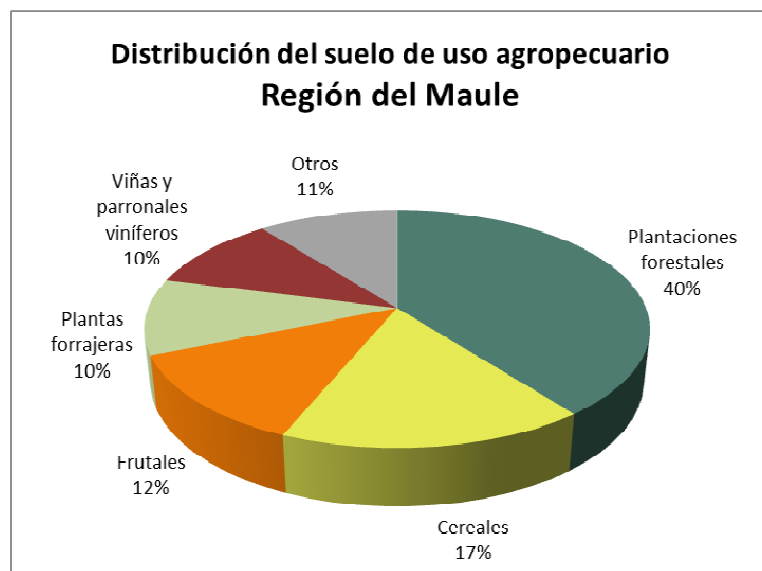
nativo factible de ser explotada en forma sustentable para fines bioenergéticos, por lo que es una buena referencia. Además, el Explorador de Bioenergía Forestal entrega una estimación de los suelos con potencial dendroenergético bajo ciertos escenarios, los que se reportarán para los radios de cobertura analizados en este estudio.

Cabe reiterar que el volumen de biomasa estimado corresponde a un potencial teórico que podría estar disponible, sin considerar otros usos alternativos. En particular, la biomasa proveniente de plantaciones forestales es utilizada principalmente para pulpaje y aserrío. Otros estudios que estiman la biomasa potencialmente disponible para fines bioenergéticos son referenciados para complementar lo anterior.

La explotación del bosque nativo, en cambio, sí tiene un mercado bioenergético importante. La leña constituye uno de los principales usos de esta biomasa. Las otras fuentes de biomasa consideradas, es decir, los residuos de cultivos agrícolas, no tienen un uso alternativo más que su reincorporación al suelo o son tratados simplemente como desechos.

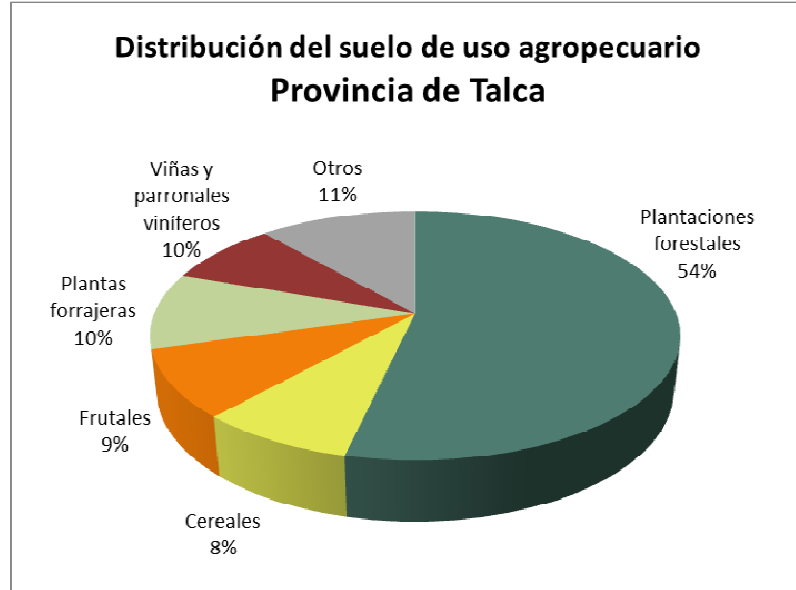
3.17.2 Biomasa de origen agropecuario en la Región del Maule

Los suelos de uso agropecuario en la Región del Maule, están conformados principalmente por plantaciones forestales, cereales, frutales, plantas forrajeras, y viñas y parronales viníferos. En el caso de la Provincia de Talca, la situación es similar, aunque las plantaciones forestales adquieren mayor importancia, sobrepasando la mitad de la superficie total de suelos agropecuarios.



Fuente: Elaboración propia con datos del VII Censo Agropecuario y Forestal

FIGURA 3.17-1. DISTRIBUCIÓN DEL SUELO DE USO AGROPECUARIO EN LA REGIÓN DEL MAULE



Fuente: Elaboración propia con datos del VII Censo Agropecuario y Forestal

FIGURA 3.17-2. DISTRIBUCIÓN DEL SUELO DE USO AGROPECUARIO EN LA PROVINCIA DE TALCA

Dentro de los cultivos no forestales, la Provincia de Talca se destaca por la actividad vitivinícola, frutícola y cereales, en ese mismo orden. Los cultivos de plantas forrajeras se descartan, debido a que no dejan cantidades importantes de residuos de biomasa, en comparación a otro tipo de cultivos.

3.17.2.1 Cereales

Como se puede ver en la figura siguiente, las comunas de Villa Alegre y Yerbias Buenas son las más densamente cultivadas con cereales, dentro de un radio máximo de 50 km con respecto al centro de la comuna de Talca. De acuerdo al VII Censo Agropecuario y Forestal (2007), los principales cultivos de cereales en la Región del Maule, en cuanto a superficie cultivada, son el maíz (35%), el trigo blanco (27%) y el arroz (21%).

Para determinar el volumen de residuos generados del cultivo de estos cereales, se consideró sólo el caso del trigo. De acuerdo a Mellado (2007) y considerando las tasas de producción reportadas en el VII Censo Agropecuario y Forestal (2007), el cultivo de trigo dejaría un volumen entre 3,0 y 3,5 ton/ha/año en base seca, por lo cual se consideró un promedio de 3,25 ton/ha/año en base seca.

En el *Anexo M*, se reportan las estimaciones del volumen teórico de biomasa residual disponible en los suelos plantados con trigo, por comuna, dentro de un radio de proximidad de 20 km, 30 km, 40 km y 50 km. Los cálculos consideran que el recurso se distribuye en forma homogénea en toda el área comunal.



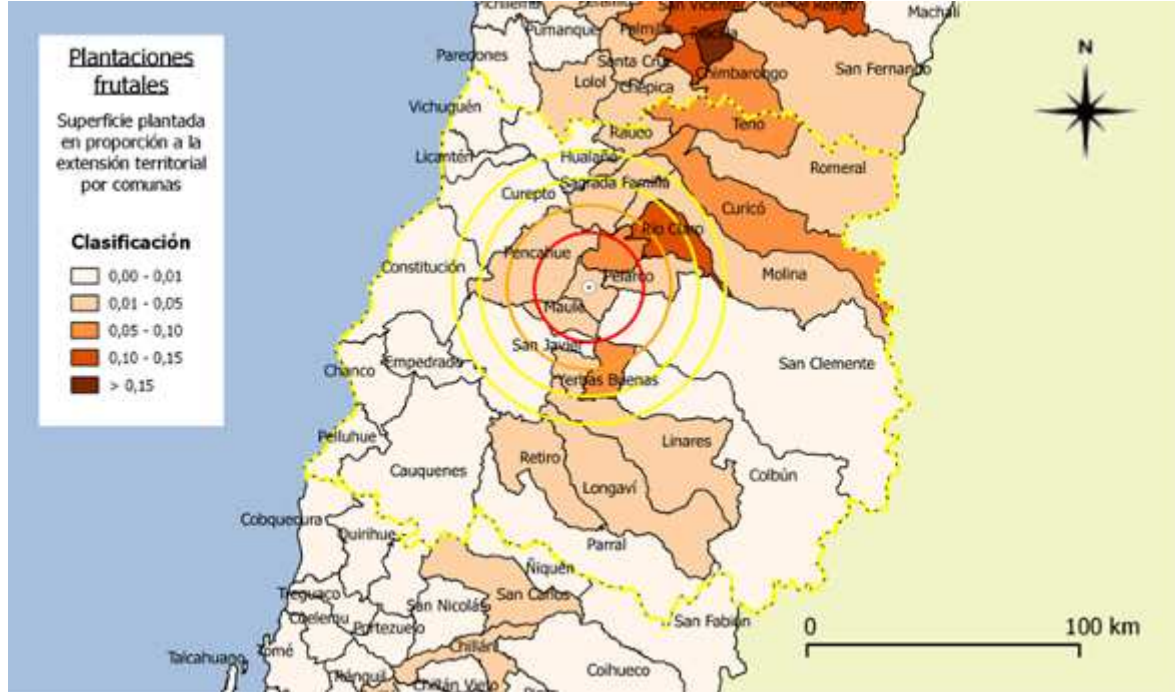
FIGURA 3.17-3. SUPERFICIE PLANTADA DE CEREALES EN LAS COMUNAS CERCANAS A TALCA

3.17.2.2 Árboles frutales

Como se puede ver en la figura anterior, las comunas de Río Claro, San Rafael y Yervas Buenas son las más densamente cultivadas con árboles frutales, dentro de un radio máximo de 50 km con respecto al centro de la comuna de Talca. De acuerdo al VII Censo Agropecuario y Forestal (2007), los principales cultivos de árboles frutales en la Región del Maule, en cuanto a superficie cultivada, son el manzano rojo y verde (41%), la frambuesa (10%) y el cerezo (10%).

Para determinar el volumen de biomasa generado a partir de la poda de árboles frutales, se consideró la cifra reportada en INFOR y FAO (2010) para poda de manzanos, la que equivale a 1,4 ton/ha/año en base seca.

En el Anexo M, se reportan las estimaciones del volumen teórico de biomasa residual disponible en los suelos plantados con manzanos, por comuna, dentro de un radio de proximidad de 20 km, 30 km, 40 km y 50 km. Los cálculos consideran que el recurso se distribuye en forma homogénea en toda el área comunal.



Fuente: Elaboración propia con datos del VII Censo Agropecuario y Forestal

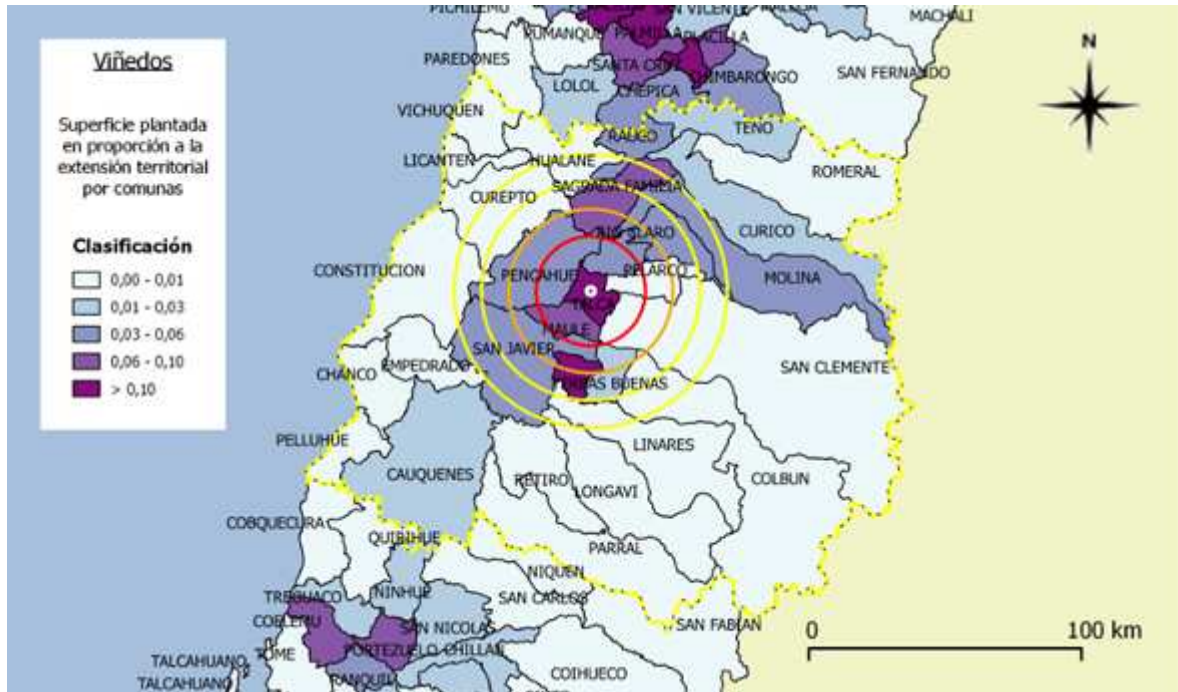
FIGURA 3.17-4. SUPERFICIE PLANTADA DE ÁRBOLES FRUTALES EN LAS COMUNAS CERCANAS A TALCA

3.17.2.3 Viñas y parronales viníferos

Como se puede ver en la figura anterior, las comunas de Talca, Villa Alegre, Maule y Sagrada Familia son las más densamente cultivadas con viñas y parronales viníferos, dentro de un radio máximo de 50 km con respecto al centro de la comuna de Talca.

Para determinar el volumen de biomasa generado a partir de la poda de viñas y parronales viníferos, se consideraron las cifras reportadas en INFOR y FAO (2010) para sarmientos en riego y en seco, las que equivalen a 12,0 ton/ha/año y 6,0 ton/ha/año respectivamente, ambas en base seca.

En el Anexo M, se reportan las estimaciones del volumen teórico de biomasa residual disponible en los suelos plantados con viñas y parronales viníferos, por comuna, dentro de un radio de proximidad de 20 km, 30 km, 40 km y 50 km. Los cálculos consideran que el recurso se distribuye en forma homogénea en toda el área comunal.



Fuente: Elaboración propia con datos del VII Censo Agropecuario y Forestal

FIGURA 3.17-5. SUPERFICIE PLANTADA DE VIÑAS Y PARRONALES VINÍFEROS EN LAS COMUNAS CERCANAS A TALCA

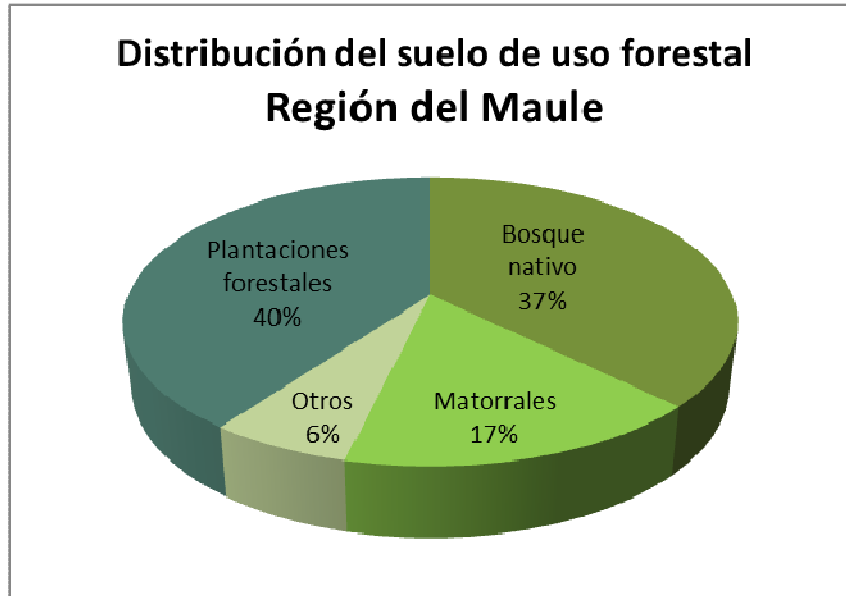
3.17.3 Biomasa de origen forestal en la Región del Maule

Los suelos de uso forestal en la Región del Maule, están conformados principalmente por plantaciones forestales, bosque nativo y matorrales. En el caso de la Provincia de Talca, la situación es similar.

Las principales plantaciones forestales en la Región del Maule corresponden a pino radiata (90%) y eucaliptus globulus (7%)⁶⁶, situación similar para la Provincia de Talca. Mientras tanto, las principales especies de bosque nativo en la zona son las de tipo Roble-Hualo (45%), Roble-Raulí-Coihue (40%) y bosque esclerófilo (15%)⁶⁷.

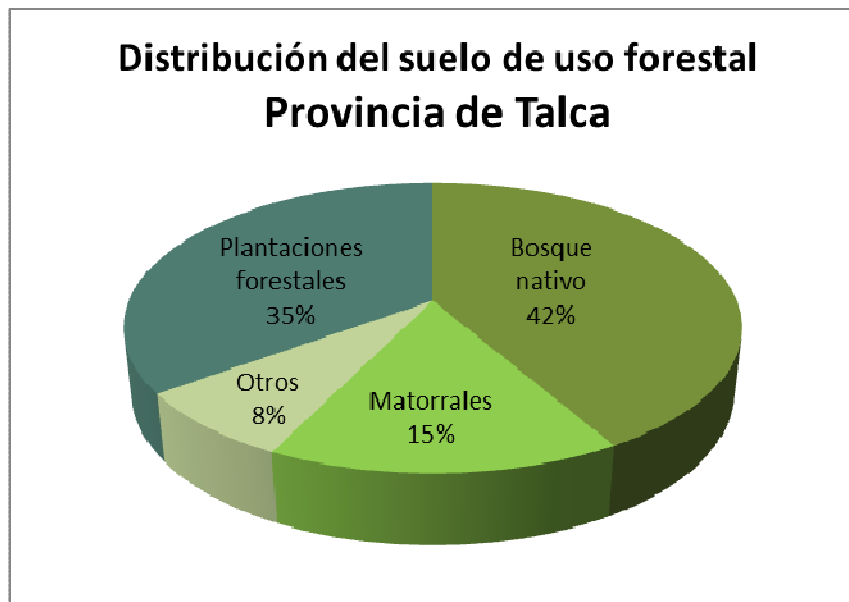
⁶⁶ VII Censo Agropecuario y Forestal (ODEPA 2007). Según el "Inventario continuo de bosques nativos y actualización de plantaciones forestales" (INFOR 2012), las proporciones serían pino radiata 89% y eucaliptus globulus 9%.

⁶⁷ Explorador de Bioenergía Forestal de CONAF (UACH 2012).



Fuente: Elaboración propia con datos del VII Censo Agropecuario y Forestal

FIGURA 3.17-6. DISTRIBUCIÓN DEL SUELO DE USO FORESTAL EN LA REGIÓN DEL MAULE



Fuente: Elaboración propia con datos del VII Censo Agropecuario y Forestal

FIGURA 3.17-7. DISTRIBUCIÓN DEL SUELO DE USO FORESTAL EN LA PROVINCIA DE TALCA

3.17.3.1 Plantaciones forestales

Como se puede ver en la figura siguiente, las comunas de Pelarco, Pencahue, Curepto y Hualañé son las que presentan una mayor densidad de plantaciones forestales, dentro de un radio máximo de 50 km con respecto al centro de la comuna de Talca.

En INFOR y FAO (2010) se reportan rendimientos de producción promedio de eucaliptus globulus y pino radiata de 8,8 ton/ha/año y 7,8 ton/ha/año en base seca para la región del Maule. Considerando que los rendimientos de las plantaciones forestales han ido aumentando significativamente con el tiempo, en este estudio se considera un crecimiento anual promedio de 10 ton/ha/año en base seca. En el *Anexo M*, se reportan las estimaciones del volumen teórico de biomasa proveniente de plantaciones forestales, por comuna, dentro de un radio de proximidad de 20 km, 30 km, 40 km y 50 km. Los cálculos consideran que el recurso se distribuye en forma homogénea en toda el área comunal.



Fuente: Elaboración propia con datos del VII Censo Agropecuario y Forestal

FIGURA 3.17-8. SUPERFICIE DE PLANTACIONES FORESTALES EN LAS COMUNAS CERCANAS A TALCA

3.17.3.2 Bosque nativo

Como se puede ver en la figura, las comunas de San Clemente, Linares y Rauco son las que presentan una mayor densidad de bosque nativo, dentro de un radio máximo de 50 km con respecto al centro de la comuna de Talca. Para determinar el volumen de biomasa generado a partir de la explotación de bosque nativo, se consideró, en primer lugar, el rendimiento por hectárea reportado en el “Inventario continuo de bosques nativos y actualización de plantaciones forestales” de INFOR (2012) para la Región del Maule y la superficie de bosque nativo calculada en los radios de cobertura según información del VII Censo Agropecuario y Forestal (2007). Los resultados se reportan en el *Anexo M*, por comuna y dentro de un radio de proximidad de 20 km, 30 km, 40 km y 50 km.

Luego, se comparó el valor calculado con el que se reporta en el Explorador de Bioenergía Forestal de CONAF. Este último considera sólo la biomasa de bosque nativo factible de ser explotada en forma sustentable para fines bioenergéticos, por lo que es una buena referencia. En este mismo estudio, se definió como biomasa aprovechable para fines bioenergéticos al volumen residual del fuste más los volúmenes de la copa y leña, descontando los volúmenes de madera aserrable y debobinable. Además, la metodología aplicada corrige el volumen aplicando dos factores de ajuste: factor de reducción de la densidad básica (corrige la densidad básica utilizada en los cálculos por un factor 0,8, que se ajusta mejor a las condiciones perceptibles en terreno) y factor de aprovechamiento de la cosecha (corrige la tasa de generación de residuos de la cosecha aplicando un factor 0,75, debido a que es necesario dejar en terreno por lo menos un 25% de los residuos para asegurar buenas condiciones de suelo).

Según se puede observar en forma resumida en la tabla siguiente y en detalle en el *Anexo M*, el volumen calculado según la información contenida en el Explorador de Bioenergía Forestal no difiere significativamente a lo calculado de acuerdo a los rendimientos promedio de crecimiento reportados en INFOR (2012), salvo en un radio de 50 km.

TABLA 3.17-1. CANTIDAD DE BIOMASA DE BOSQUE NATIVO EN LAS COMUNAS CERCANAS A TALCA

Radio	(ton/año b.s.)		
	(1)	(2)	(3)
20 km	9.542	8.204	4.922
30 km	23.629	22.059	13.235
40 km	47.498	49.275	29.565
50 km	84.963	110.639	66.383

- (1) Volúmenes calculados a partir de rendimientos por hectárea reportados en el “Inventario continuo de bosques nativos y actualización de plantaciones forestales” (INFOR 2012).
- (2) Volúmenes calculados a partir de los totales comunales reportados en el Explorador de Bioenergía Forestal de CONAF (UACH 2013).
- (3) Volúmenes calculados en (2) corregidos por factor 0,6 según la metodología señalada en el estudio referenciado.



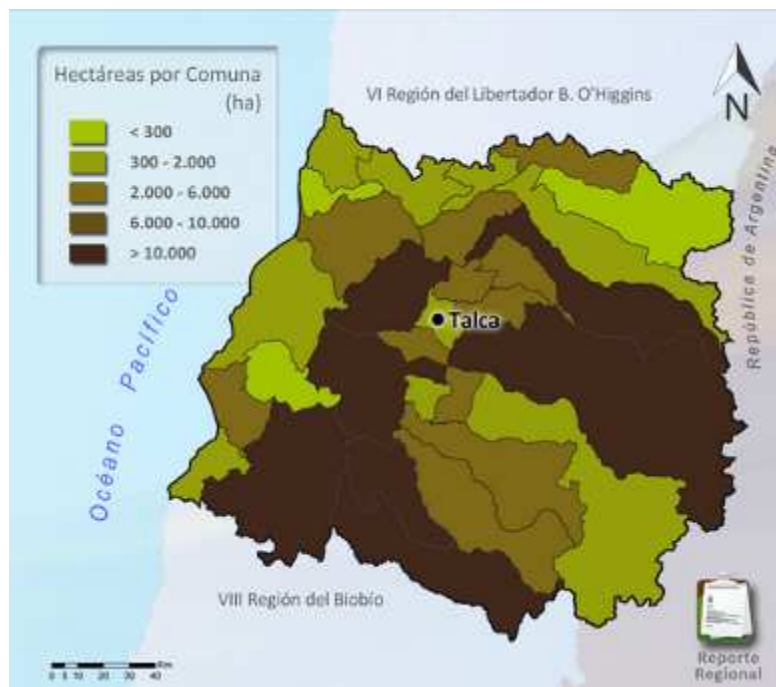
Fuente: Elaboración propia con datos del VII Censo Agropecuario y Forestal

FIGURA 3.17-9. SUPERFICIE DE BOSQUE NATIVO EN LAS COMUNAS CERCANAS A TALCA

3.17.3.3 Plantaciones dendroenergéticas

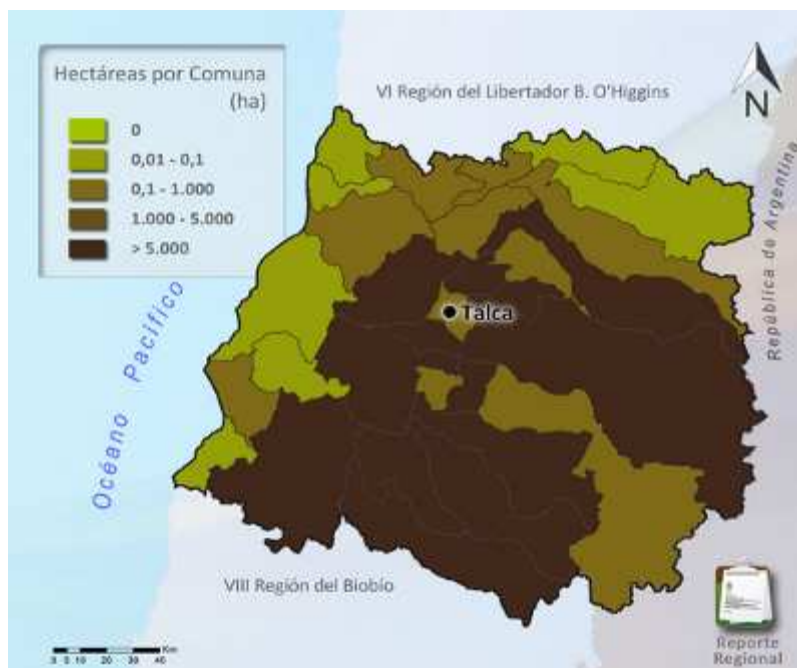
El Explorador de Bioenergía Forestal de CONAF entrega una estimación de los suelos con potencial dendroenergético, bajo un escenario global que considera todos los suelos libres de restricciones legales, un escenario que considera el resguardo de los terrenos agrícolas y un escenario que considera el resguardo de los recursos hídricos.

En el escenario global, la región del Maule tiene un potencial de 241 mil hectáreas para cultivos dendroenergéticos. En el escenario de resguardo hídrico, la superficie potencial para cultivos dendroenergéticos desciende a 186 mil hectáreas. En el escenario de resguardo agrícola, la superficie potencial se reduce drásticamente a 16 mil hectáreas y en el caso de un escenario de resguardo hídrico y agrícola, ésta se reduce a 6 mil hectáreas. Si bien la recomendación del autor es a considerar el escenario de resguardo hídrico, la competencia con suelos con potencial agropecuario es significativa.



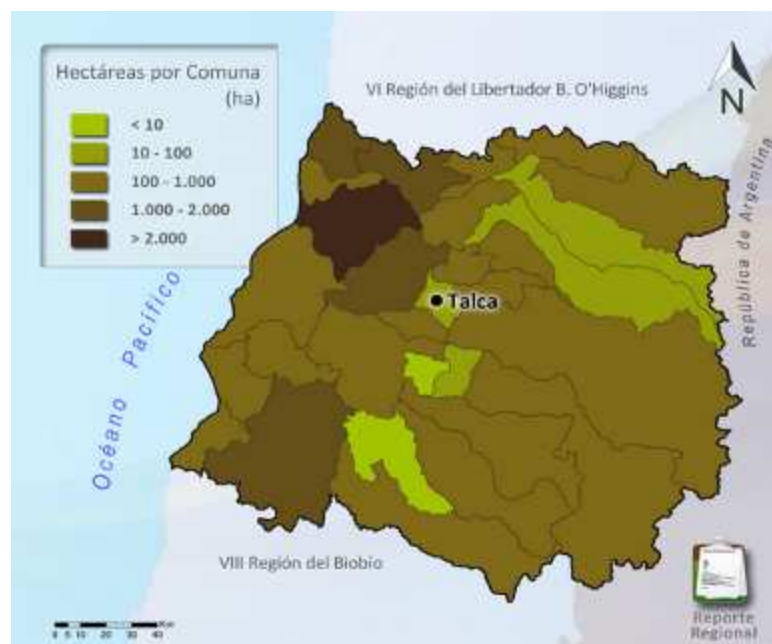
Fuente: Explorador de Bioenergía Forestal (CONAF)

FIGURA 3.17-10. SUPERFICIE POTENCIAL GLOBAL PARA PLANTACIONES DENDROENERGÉTICAS



Fuente: Explorador de Bioenergía Forestal (CONAF)

FIGURA 3.17-11. SUPERFICIE POTENCIAL PARA PLANTACIONES DENDROENERGÉTICAS BAJO ESCENARIOS DE RESGUARDO HÍDRICO



Fuente: Explorador de Bioenergía Forestal (CONAF)

FIGURA 3.17-12. SUPERFICIE POTENCIAL PARA PLANTACIONES DENDROENERGÉTICAS BAJO ESCENARIOS DE RESGUARDO AGRÍCOLA

3.17.4 Biomasa de origen industrial en la Región del Maule

Dentro de los residuos industriales de biomasa, los más importantes en la región son los que provienen de la industria de la madera y de la actividad agroindustrial.

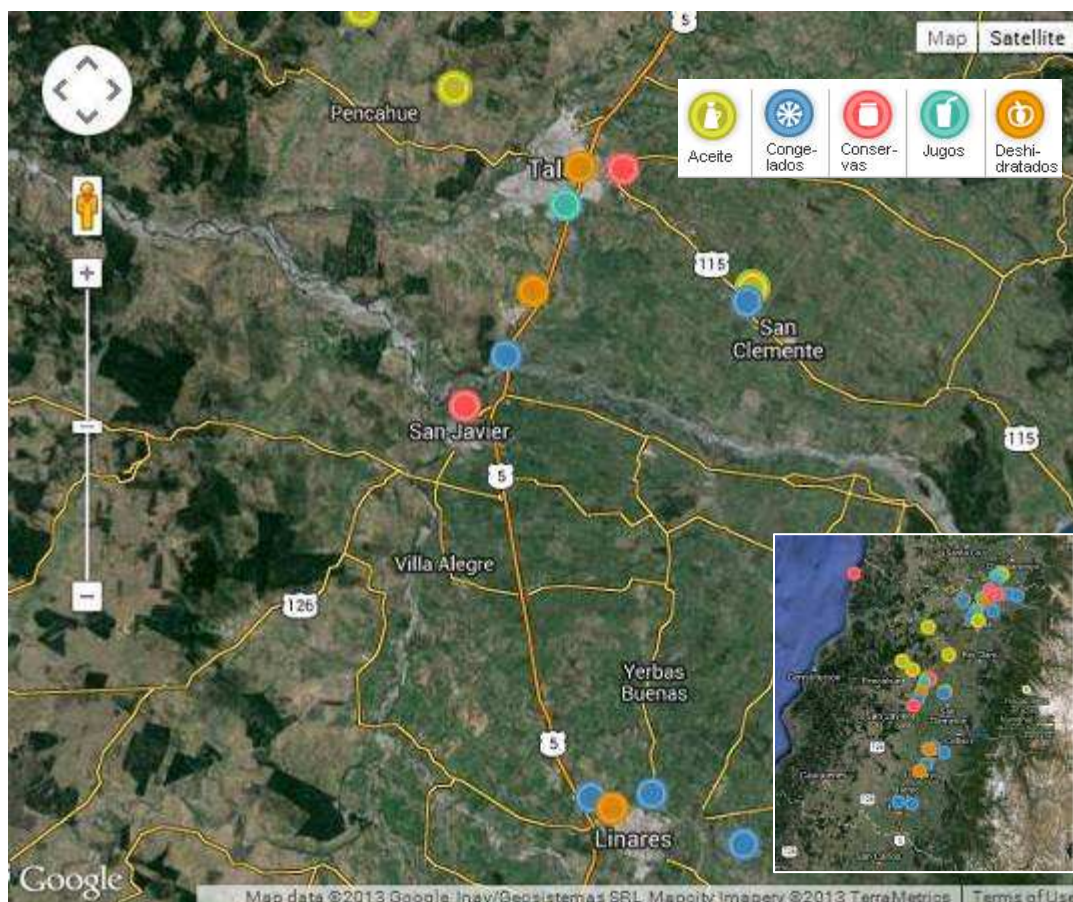
3.17.4.1 Residuos de la industria de la madera

De acuerdo a INFOR (2007)⁶⁸, la disponibilidad de residuos aprovechables energéticamente, proveniente de aserraderos permanentes ubicados en la región del Maule, es de aproximadamente 480 mil toneladas anuales, de los cuales 430 mil se encuentran en la Provincia de Talca. La comuna de Constitución es la que más aporta, con 360 mil toneladas anuales. La disponibilidad en la comuna de Talca es de 37 mil toneladas anuales.

⁶⁸ INFOR, “Residuos de la industria primaria de la madera, disponibilidad para uso energético”, 2007.

3.17.4.2 Residuos de la agroindustria

En la Región del Maule, existen 55 plantas agroindustriales, de las cuales 8 son de aceite de oliva, 20 son de congelados, 12 son de conservas, 7 son de jugos y 8 son de deshidratados. La industria del aceite deja importantes residuos de orujillo y cuescos, los que tienen un buen poder calorífico y son aptos para su combustión en calderas de biomasa. Las industrias de congelados, conservas y deshidratados también dejan volúmenes importantes de residuos, principalmente cuescos.



Fuente: Directorio de la Agroindustria Hortofrutícola Chilena 2011

FIGURA 3.17-13. PLANTAS AGROINDUSTRIALES UBICADAS EN LAS CERCANÍAS DE LA COMUNA DE TALCA

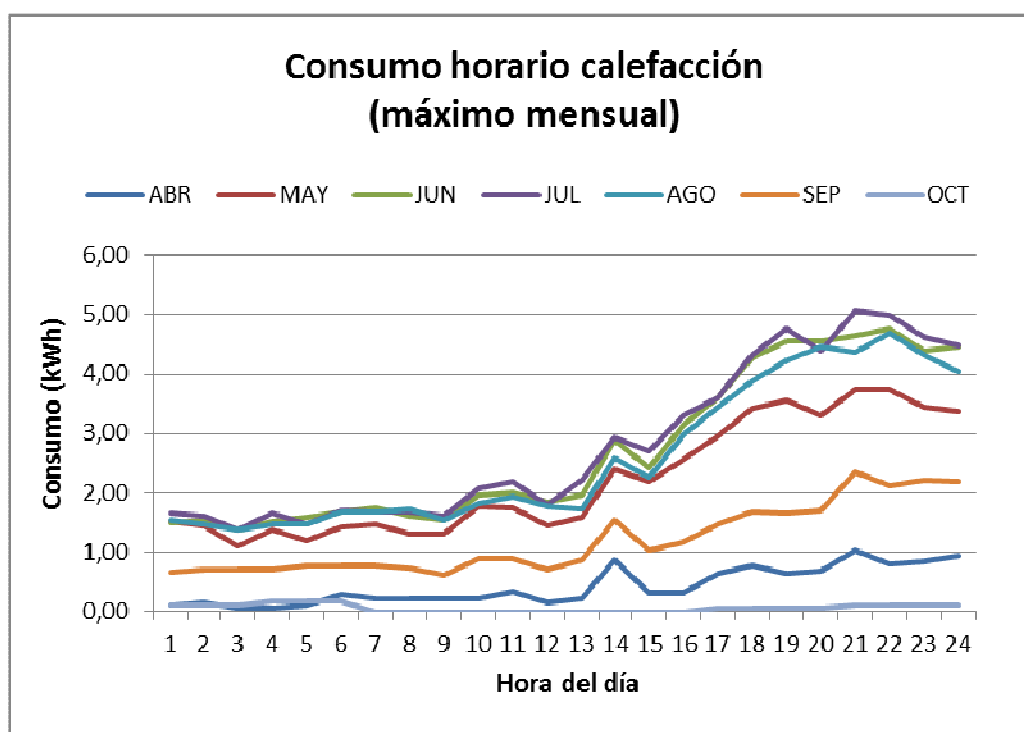
3.17.5 Análisis de costos

3.17.5.1 Curvas de consumo térmico

A partir de simulaciones térmicas dinámicas y de mediciones en terreno de las viviendas evaluadas, se determinaron los patrones de consumo en calefacción. El patrón de consumo de agua caliente sanitaria (ACS) es mucho más estable, ya que se considera la acumulación de agua caliente en estanques adecuados. En consecuencia, el consumo de ACS se define según datos referenciales de consumo unitario.

Calefacción

Las curvas de consumo en calefacción se diseñan de acuerdo a las mediciones realizadas en las viviendas estudiadas en Talca, considerando los máximos mensuales para ver el efecto de los horarios punta.



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.17-14. CONSUMO HORARIO EN CALEFACCIÓN, MÁXIMOS MENSUALES

De acuerdo a la figura anterior, la potencia requerida para calefaccionar una vivienda de dichas características, durante la hora más fría del año, corresponde a 5,08 kW. Considerando un 25% de pérdidas del contenido calórico del combustible, las que se producen por gases de escape y distribución, la potencia requerida para suministrar la cantidad de calor requerido sería de 6,77 kW.

No obstante, un análisis del histograma de consumo anual indica que el 90% de las horas anuales de calefacción se encuentran bajo el nivel de los 4,04 kW. Esto significa que, si el 10% restante fuera producido con gas licuado, la potencia de la caldera a biomasa se reduciría en un 40% con respecto a la capacidad nominal calculada inicialmente. De esta forma, la potencia de calefacción con biomasa se calcula en 4,04 kW por vivienda.

TABLA 3.17-2. REQUERIMIENTO DE POTENCIA DE CALEFACCIÓN CON BIOMASA

Potencia por vivienda	5,08	kW
Eficiencia	75	%
Potencia corregida	6,77	kW
Percentil 90	4,04	kW
Potencia total	271	kW
Potencia percentil 90	162	kW

Fuente: Elaboración propia

En consecuencia, respaldar un 10% de las horas anuales de calefacción con gas licuado, equivale a generar un 95% del consumo total de calor con biomasa y el 5% restante, con gas licuado.

TABLA 3.17-3. CONSUMO DE ENERGÍA PARA CALEFACCIÓN EN LA VIVIENDA

Consumo biomasa	8.167	kWh/año/vivienda
Consumo gas licuado	433	kWh/año/vivienda
Consumo total	8.600	kWh/año/vivienda
Consumo biomasa	1.596	kg/vivienda
Consumo gas licuado	34	kg/vivienda

Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente, se evaluaron los requerimientos térmicos de viviendas de 100 y 120 m² construidos. Los cálculos indican que el consumo aumenta en un 9% y un 15%, respectivamente.

TABLA 3.17-4. REQUERIMIENTO DE POTENCIA PARA CALEFACCIÓN

Superficie	m ²	73	100	120
Potencia por vivienda	kW	5,08	5,53	5,84
Pérdidas	kW	1,69	1,84	1,95
Potencia nominal	kW	6,77	7,38	7,78
Percentil 90	kW	4,04	4,41	4,65
Potencia específica	W/m ²	92,7	73,8	64,9
Percentil 90	W/m ²	55,4	44,1	38,7

Fuente: Elaboración propia

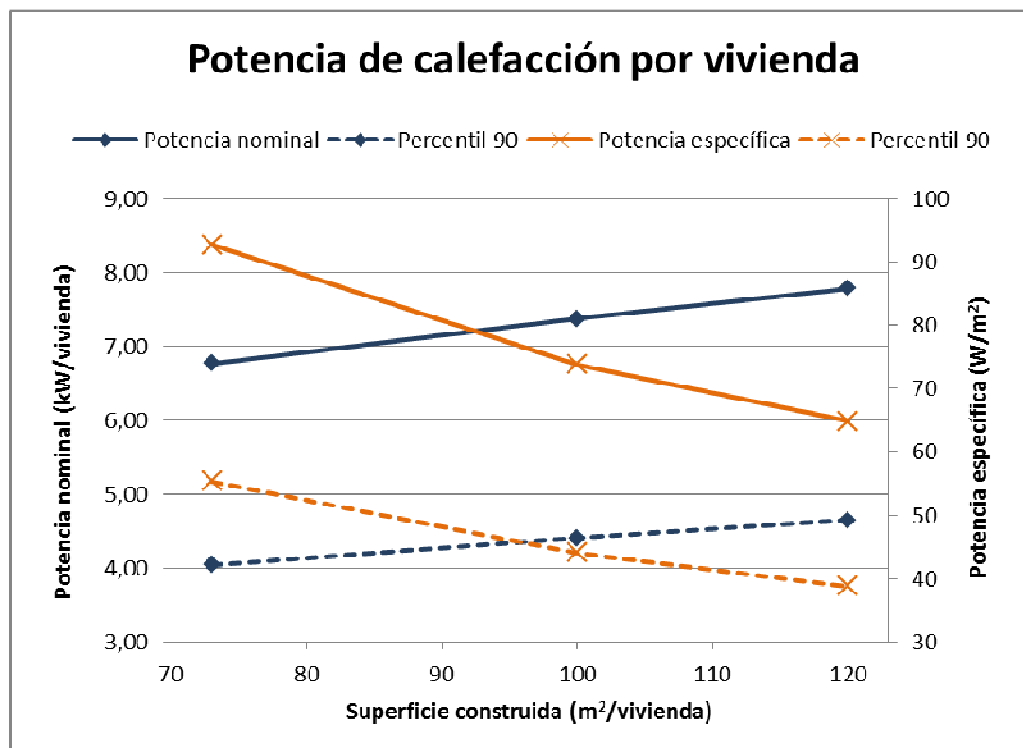


FIGURA 3.17-15. POTENCIA NOMINAL Y ESPECÍFICA DE CALEFACCIÓN POR VIVIENDA

Agua caliente sanitaria

Los requerimientos de agua caliente sanitaria (ACS) para las viviendas se calculan a partir de consumos específicos referenciales, reportados en la normativa española, y utilizando datos de temperatura ambiente del agua de red reportados por la CDT de la Cámara Chilena de la Construcción⁶⁹. Partiendo de la base de los siguientes supuestos, se obtienen los consumos de agua caliente sanitaria.

- La temperatura de entrada de agua caliente es de 60 °C.
- El consumo promedio de agua caliente a 60 °C es de 30 litros por persona.
- El promedio de habitantes por vivienda es 4 moradores.
- La eficiencia de generación y distribución de agua caliente sanitaria es de 75%.
- El factor de planta es de 18 hrs/día.
- El C_p del agua es de 1 kcal/(kg °C).

⁶⁹ Como no se contó con los datos correspondientes a la ciudad de Talca, se utilizaron los que estaban disponibles para la ciudad de Curicó.

TABLA 3.17-5: CONSUMO DE AGUA CALIENTE SANITARIA POR VIVIENDA

	Temperatura de la red (°C)	Consumo (kWh/año)	Potencia (W)	Flujo de agua (l/día)		
				60°C	T°red	45°C
Ene	21,3	198	354	26,6	19,0	45,6
Feb	22,7	164	294	25,4	20,2	45,6
Mar	21,7	193	346	26,2	19,3	45,6
Abr	18,5	221	395	28,6	17,0	45,6
May	14,5	269	483	30,8	14,8	45,6
Jun	11,2	293	524	32,2	13,3	45,6
Jul	9,1	323	579	33,0	12,5	45,6
Ago	8,7	327	586	33,2	12,4	45,6
Sep	9,7	307	550	32,8	12,7	45,6
Oct	12,2	292	524	31,8	13,7	45,6
Nov	15,3	253	453	30,4	15,2	45,6
Dic	18,5	228	408	28,6	17,0	45,6
Anual	15,2	3.068	586	30,0	15,6	45,6

Fuente: Elaboración propia

3.17.5.2 Dimensionamiento de la central térmica

La central térmica se compone de:

- Una caldera a biomasa para calefacción,
- Una caldera a biomasa para agua caliente sanitaria,
- Una caldera a gas licuado,
- Un precipitador electrostático,
- Un terreno para las instalaciones,
- La edificación de las instalaciones, y
- La obra civil, montaje y seguros.

El equipo principal de la central térmica es la caldera de calefacción, por ser la que cubre el 70% del consumo total de calor del proyecto y la mayor potencia nominal. A partir de cotizaciones obtenidas de dos proveedores para distintos tamaños de caldera, se trazaron curvas que se ajustaran a los costos de inversión y sirvieran para generar infinitas combinaciones dentro del rango definido. El rango de tecnologías se definió entre los 500 kW y 3.000 kW, por tratarse de una muestra de equipos que no presentan saltos tecnológicos importantes. Para potencias mayores de 3.000 kW, las tecnologías van cambiando y por ende los costos de adquisición. En este estudio, se evalúa la instalación de equipos de catálogo.

Las funciones de costos de las calderas mostraron un comportamiento cuasi lineal en el rango de potencias definido. El ajuste lineal arrojó un mejor resultado, en comparación a un ajuste potencial, también de buena calidad. Las funciones de costos para los demás elementos

se consideraron potenciales. Las funciones de costos para todos los elementos de la central térmica, expresadas en millones de pesos chilenos, donde C es la función de costos y P es la potencia de calefacción, son las siguientes:

- Caldera calefacción
- Caldera ACS
- Caldera respaldo > 500 kW
- Caldera respaldo \leq 500 kW
- Precipitador electrostático
- Terreno
- Edificación

En el Anexo N, se reporta el análisis de obtención de las curvas. De acuerdo a esto, los costos totales de la central térmica quedan como se señala en la tabla a continuación:

TABLA 3.17-6. COSTOS DE INVERSIÓN (MM\$) CORRESPONDIENTES A LA CENTRAL TÉRMICA PARA VIVIENDAS DE 73 m²

N° viviendas	300	500	1.000	2.000	5.000	100	10.000
Potencia calefacción, kW	1.212	2.021	4.042	8.083	20.208	404	40.416
Potencia ACS, kW	176	293	586	1.172	2.929	59	5.859
Caldera calefacción, MM\$	209	282	564	1.027	2.519	126	5.037
Caldera ACS, MM\$	62	95	153	205	364	29	727
Caldera respaldo, MM\$	69	94	187	341	837	40	1.674
Precipitador electrostático, MM\$	62	90	152	256	508	27	855
Terreno, MM\$	18	25	36	54	91	10	135
Edificación, MM\$	55	74	109	162	273	29	406
Gastos administración, MM\$	80	112	211	366	846	45	1.659
Total MM\$	556	771	1.412	2.412	5.438	307	10.494

Fuente: Elaboración propia

En los Anexos P, se reportan los costos para las viviendas de 100 y 120 m².

3.17.5.3 Dimensionamiento de la red de distribución primaria de calor

La red de distribución primaria de calor se compone de:

- Tuberías de acero carbono Sch 40,
- Recubierta en material aislantetérmico,
- Excavaciones y retapes,
- Fittings y soldaduras,
- Bombas y válvulas,
- Mano de obra de montaje,
- Gastos generales, y

- Ruptura y reposición de pavimento.

Los costos unitarios para cada uno de estos elementos, se obtienen de un estudio previo realizado para viviendas de Rancagua y Osorno (UDT 2013), como un promedio de los casos evaluados en ese estudio. El costo por ruptura y reposición de pavimento, al intervenir infraestructura existente, se obtuvo directamente de la Ilustre Municipalidad de Talca.

En la tabla siguiente se reportan los costos unitarios (Pesos chilenos, Ch\$) de cada uno de los elementos de la red de distribución.

TABLA 3.17-7. COSTOS UNITARIOS (\$CLP) PARA LOS ELEMENTOS DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN PRIMARIA DE CALOR

	Unidad	Costo unitario (Ch\$)
Tuberías fierro Sch 40	m	2.700
Aislación tuberías	m ³	2.500
Excavaciones y retapes	m	7.000
Fitting y soldaduras	m	20.000
Bombas y válvulas	gl	8.000
Mano de obra montaje	m	15.000
Gastos generales	gl	1.300
Ruptura y reposición de pavimento	m	8.700

Fuente: Elaboración propia

La cubicación de los elementos también se obtuvo tomando como referencia el estudio previo. El detalle se reporta en el *Anexo R*. De esta forma, los costos totales para los elementos de la red de distribución primaria de calor resultan según se reporta en la tabla a continuación.

TABLA 3.17-8. COSTOS TOTALES (MM\$) PARA LOS ELEMENTOS DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN PRIMARIA DE CALOR

N° viviendas	Longitud (m)	Tuberías (MM\$)	Aislación (MM\$)	Exc. y retapes (MM\$)	Fittings y soldaduras (MM\$)	Bombas y válvulas (MM\$)	Mano de obra de montaje (MM\$)	Gastos generales (MM\$)	Ruptura y reposición de pavimento (MM\$)	Total (MM\$)
100	1.700	5	4	12	34	14	26	2	15	111
300	5.100	14	13	36	102	41	77	7	44	333
500	8.500	23	21	60	170	68	128	11	74	554
1.000	17.000	46	43	119	340	136	255	22	148	1.108
2.000	34.000	92	85	238	680	272	510	44	296	2.217
5.000	85.000	230	213	595	1.700	680	1.275	111	740	5.542
10.000	170.000	459	425	1.190	3.400	1.360	2.550	221	1.479	11.084
		4%	4%	11%	31%	12%	23%	2%	13%	100%

Fuente: Elaboración propia

3.17.5.4 Dimensionamiento de los elementos de distribución al interior de las viviendas

Los costos unitarios para los elementos de distribución de calor al interior de las viviendas se reportan en la tabla siguiente:

TABLA 3.17-9. COSTOS UNITARIOS PARA LOS ELEMENTOS DE DISTRIBUCIÓN DE CALOR AL INTERIOR DE LAS VIVIENDAS

Ítem	Unidad	Cantidad	Costo unitario (\$)	Costo total (\$)
Red de tuberías e instalación	m ²	73	10.000	730.000
Intercambiador de calor	gl	1	150.000	150.000
Radiadores y accesorios	kW	6,77	100.000	676.725
Termos de almacenamiento ACS	gl	1	400.000	400.000
Sistema de control y accesorios	gl	1	250.000	250.000
Mano de obra montaje	m ²	73	3.000	219.000
Total				2.425.725

Fuente: Elaboración propia

En la tabla siguiente se reportan los costos totales según el número de viviendas consideradas.

TABLA 3.17-10. COSTOS TOTALES (MM\$) PARA LOS ELEMENTOS DE DISTRIBUCIÓN DE CALOR AL INTERIOR DE LAS VIVIENDAS

	Superficie de vivienda (m ²)		
	73	100	120
N° viviendas	Costo total (MM\$)	Costo total (MM\$)	Costo total (MM\$)
100	243	278	304
300	728	833	911
500	1.213	1.388	1.518
1.000	2.426	2.777	3.037
2.000	4.851	5.553	6.073
5.000	12.129	13.884	15.184
10.000	24.257	27.767	30.367

Fuente: Elaboración propia

3.17.5.5 Resumen costos de inversión

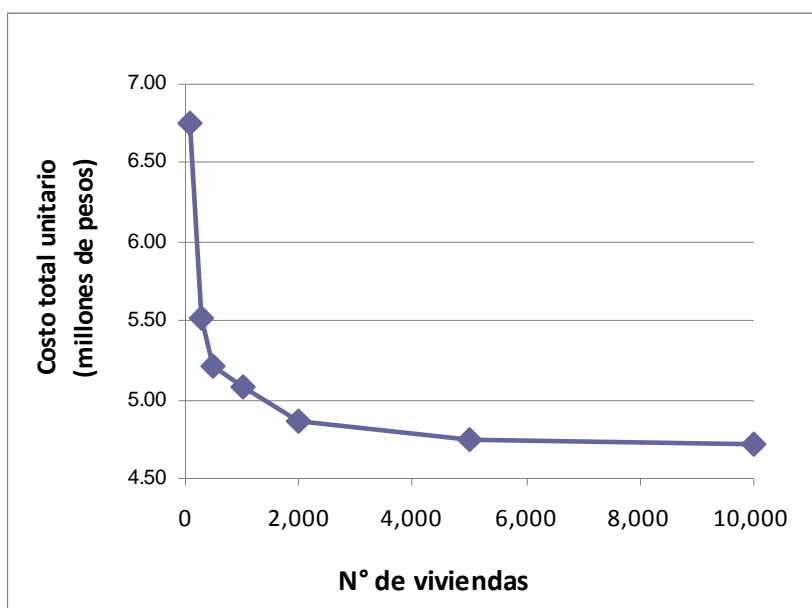
En la tabla a continuación, se reportan los costos totales de inversión según el número de viviendas consideradas, para viviendas de 73 m².

TABLA 3.17-11. COSTOS TOTALES DE INVERSIÓN SEGÚN EL NÚMERO DE VIVIENDAS

N° viviendas	Superficie total	Costos (millones de pesos, MM\$)				Costo total unitario
		Central	Red	Viviendas	Total	
100	7.300	309	111	243	662	6,62
300	21.900	556	333	728	1.617	5,39
500	36.500	772	554	1.213	2.539	5,08
1.000	73.000	1.413	1.108	2.426	4.947	4,95
2.000	146.000	2.413	2.217	4.851	9.482	4,74
5.000	365.000	5.441	5.542	12.129	23.111	4,62
10.000	730.000	10.499	11.084	24.257	45.841	4,58

Fuente: Elaboración propia

Como se puede ver en la siguiente figura, el costo unitario total de inversión es significativamente mayor cuando se considera un número bajo de viviendas conectadas a la red distrital. A medida en que el proyecto sobrepasa las 2.000 viviendas conectadas, el costo específico se estabiliza.



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.17-16. COSTO TOTAL DE INVERSIÓN POR VIVIENDA SEGÚN EL NÚMERO DE VIVIENDAS CONECTADAS

3.17.6 Costos de operación

Para operar un sistema de calefacción distrital, se tienen costos asociados a consumo de combustibles (biomasa y gas licuado), consumo eléctrico, principalmente para mantener en funcionamiento las bombas de circulación, horas hombre de operación de la planta, gastos de mantención, y gastos administrativos y seguros.

Los costos asociados a los energéticos son directamente proporcionales al consumo de calor y corresponden, por lo tanto, a costos variables. Éstos se reportan en la tabla siguiente:

TABLA 3.17-12. COSTOS VARIABLES DE OPERACIÓN POR VIVIENDA

Ítem	Unidad	Cantidad	Costo unitario (Ch\$)	Costo total (Ch\$)
Biomasa	kg b.s.	1.596	35	55.867
Gas licuado	kg	34	1.000	33.762
Electricidad	kWh	150	80	12.000

Fuente: Elaboración propia

Dentro de los costos fijos de operación, los gastos por mantención son atribuibles a la potencia instalada, por lo que se asumen proporcionales a este parámetro. En el caso de los costos de mano de obra y administración, éstos se ajustan al número de viviendas conectadas. Las funciones que definen los costos fijos de operación, expresados en millones de pesos chilenos, donde C es la función de costos, P es la potencia de calefacción y V el número de viviendas conectadas a la red, se indican a continuación.

Horas hombre de operación	$C = 0,0014V + 7$
Gastos de mantención	$C = 0,0045P$
Gastos de administración y seguros	$C = 0,1V^{0,6}$

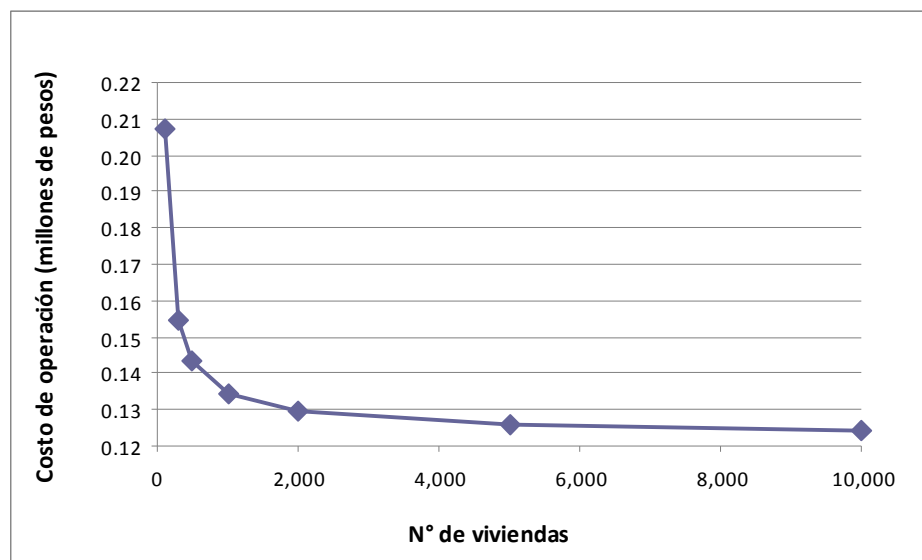
En la tabla siguiente, se resumen los costos anuales de operación según el número de viviendas conectadas a la red, para viviendas de 73 m². Los costos asociados a las viviendas de 100 m² y 120 m² se reportan en el Anexo Q.

TABLA 3.17-13. COSTOS TOTALES DE OPERACIÓN SEGÚN EL NÚMERO DE VIVIENDAS

Costos anuales de operación (millones de pesos, MM\$)								Costo total
N° viviendas	Biomasa	Gas	Electric.	HH	Mantención	Administración	Total	unitario
100	6	3	1	7	2	2	21	0,21
300	17	10	4	7	5	3	46	0,15
500	28	17	6	8	9	4	72	0,14
1.000	56	34	12	8	18	6	135	0,13
2.000	112	68	24	10	36	10	259	0,13
5.000	279	169	60	14	91	17	630	0,13
10.000	559	338	120	21	182	25	1.244	0,12

Fuente: Elaboración propia

Como se puede ver en el gráfico de la figura siguiente, el costo de operación es significativamente más elevado cuando el número de viviendas conectadas a la red distrital es reducido. Cuando el número de viviendas conectadas supera las 2.000, entonces el costo unitario de operación se estabiliza.



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.17-17. COSTO ANUAL DE OPERACIÓN POR VIVIENDA SEGÚN EL NÚMERO DE VIVIENDAS CONECTADAS

3.17.6.1 Costos totales

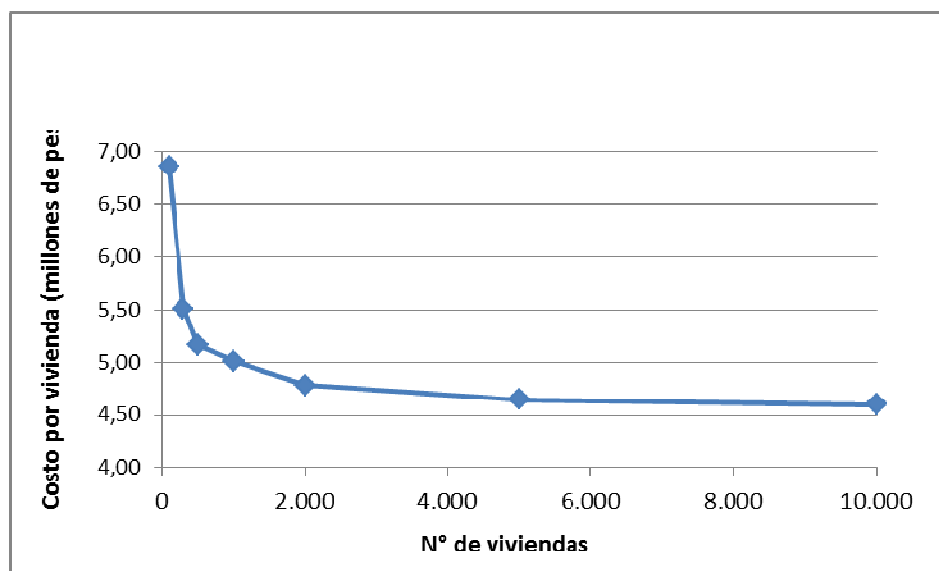
En la tabla siguiente, se reportan el Valor Actual de los Costos (VAC) de la operación y el Costo Anual Equivalente (CAE) de la inversión, respectivamente, calculados sobre un periodo de evaluación de 15 años. El VAC de la operación permite una comparación directa con el

monto de la inversión, así como el CAE de la inversión permite una comparación directa con el monto anual de operación. Dicha comparación señala que la inversión equivale a un 80% de los costos totales del proyecto, mientras que los costos de operación equivalen al 20% restante.

TABLA 3.17-14. COMPARACIÓN ENTRE COSTOS DE INVERSIÓN Y OPERACIÓN

N° viviendas	VAC (MM\$)		CAE (MM\$)	
	Inversión	Operación	Inversión	Operación
100	685	157	90	21
300	1.653	353	217	46
500	2.583	546	340	72
1.000	5.007	1.023	658	135
2.000	9.562	1.970	1.257	259
5.000	23.229	4.789	3.054	630
10.000	45.999	9.464	6.048	1.244

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.17-18. VALOR ACTUAL DE LOS COSTOS POR VIVIENDA SEGÚN EL NÚMERO DE VIVIENDAS CONECTADAS

Con respecto a los costos que se traspasarían al Estado a través de un programa de subsidio, se propone que éste contemple las líneas de distribución primaria de calor y los elementos de distribución al interior de las viviendas, a través de distintos mecanismos de financiamiento público. Los costos de inversión en estudios de preinversión y en la construcción de la central térmica, y los costos de operación, serían cubiertos con financiamiento privado. En la tabla siguiente, se indican los costos que serían financiados con fondos públicos.

TABLA 3.17-15. COSTOS (MM\$) CORRESPONDIENTES A FINANCIAMIENTO PÚBLICO

N° viviendas	Estudios y permisos (MM\$)	Planta térmica (MM\$)	Red de distribución (MM\$)	Distribución en viviendas (MM\$)	Total (MM\$)	CAE (MM\$)
100	0	0	111	243	353	46
300	0	0	333	728	1.060	139
500	0	0	554	1.213	1.767	232
1.000	0	0	1.108	2.426	3.534	465
2.000	0	0	2.217	4.851	7.068	929
5.000	0	0	5.542	12.129	17.671	2.323
10.000	0	0	11.084	24.257	35.341	4.646

Fuente: Elaboración propia

El costo que se puede subsidiar por vivienda será equivalente a aproximadamente 3,5 millones de pesos, independientemente del número de viviendas conectadas. Esto se debe a que los costos afectos a economías de escala corresponden a la central térmica, la que sería financiada con fondos privados. Esto simplifica el diseño de una política pública de fomento a la calefacción distrital con biomasa como medida de reducción de emisiones de material particulado.

3.17.7 Conclusiones

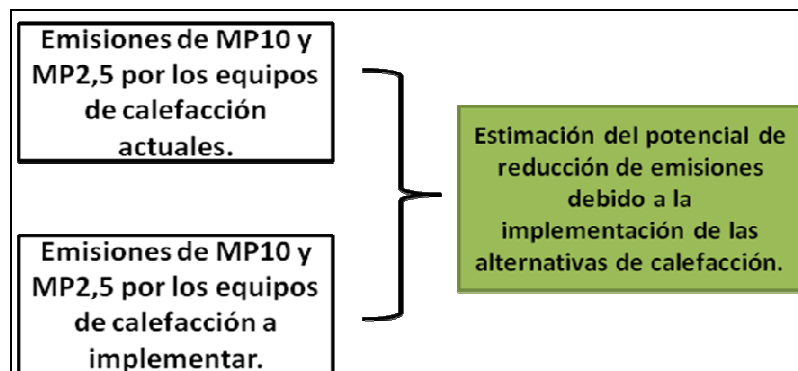
De la revisión de las fuentes de biomasa disponibles en la región del Maule y la provincia de Talca, se concluye que existe suficiente oferta de biomasa en la zona como para alimentar varias plantas de calefacción distrital.

Las políticas públicas debe ir enfocadas a normalizar la forma de transar este recurso, principalmente lo que tiene que ver con las unidades de medición del recurso y las normas de calidad correspondientes. En cuanto a los costos de inversión y operación de una estrategia de calefacción distrital con biomasa, como medida de reducción del material particulado en la comuna de Talca, se concluye que tanto el costo de inversión como de operación es sensible al número de viviendas conectadas. A partir de las 2 mil viviendas, el costo tiende a estabilizarse. Al descontar los flujos futuros relacionados a los costos de operación y compararlos con los montos de inversión inicial, se observa que la inversión corresponde a un 80% del costo total, mientras que el costo de operación corresponde al 20% restante.

Un programa de subsidio para el fomento de la calefacción distrital con biomasa como medida de reducción de emisiones de material particulado, debe contemplar el financiamiento público de la red de distribución primaria de calor y de los elementos de distribución al interior de las viviendas. De esta forma, el costo del programa por cada vivienda conectada, es de aproximadamente 3,5 millones de pesos, independientemente del número de viviendas conectadas. El costo privado en los estudios de preinversión y de la central térmica, se ven favorecidos por economías de escala, lo que debiera fomentar el desarrollo de proyectos grandes.

3.18 Actividad 4.- Evaluar el potencial impacto ambiental de las diferentes alternativas de ERNC en comparación con el actual sistema de calefacción en Talca y Maule.

Para estimar el potencial de reducción de emisiones de material particulado MP10 y MP2,5 debido a la implementación de las alternativas de calefacción propuestas para las zonas urbanas de las comunas de Talca y Maule se siguió la siguiente metodología:



Fuente: Elaboración Propia.

FIGURA 3.18-1. ESQUEMA DE LA ETAPA 3 DE LA METODOLOGÍA.

En esta etapa se realizó la estimación de las emisiones provenientes de las alternativas de calefacción utilizando sus respectivos factores de emisión y consumos. Los factores de emisión para la Estufas que cumplen el DS N° 39/2011 del MMA se extrajeron del estudio de DICTUC 2007. Los factores de emisión de la estufa a pellets se obtuvieron de EPA 1.10 *Residential Wood Stoves*. Siendo de 1,9 g/kg para MP10 y 1,8 g/kg para MP2,5 considerando una estufa a pellets, alternativamente se utiliza un factor de 7,5 g/kg para MP10 y 7,3 g/kg para MP2,5 considerando una estufa que cumple el DS N° 39/2011 del MMA (todos utilizando leña seca y un correcto uso del artefacto asociado igualmente a su eficiencia y tecnologías).

Para calcular el consumo de energía de las estufas que cumple con el DS N° 39/2011 y las estufas a pellets se supuso el reemplazo de la energía útil entregada por los equipos actuales por la energía útil a entregar de los equipos a implantar.

Para calcular el consumo en (kg/año) del artefacto a implantar, es decir, el artefacto de reemplazo se utilizó la siguiente expresión:

$$\text{Consumo Artefacto de reemplazo} = \frac{\text{Consumo artefacto a reemplazar}}{\left(\text{Eficiencia Artefacto de reemplazo} * \text{Poder calorífico Combustible de reemplazo} \right)}$$

Donde el consumo del artefacto de reemplazo (kg combustible/año) se estimó multiplicando el consumo de leña en (kg/año) por la eficiencia del equipo. Se consideró el poder

calorífico de la leña de 3.500 kcal/kg con un contenido de humedad máxima 25% y para el pellet 4.200 kcal/kg. La eficiencia se consideró de 60% para las estufas de combustión lenta de cámara simple y cámara doble y de 35% para las Salamandras.

La eficiencia utilizada para la estufa a pellets fue un 90%, para la estufa que cumple con el DS N° 39/2011 un 75% y para la bomba aerotérmica FRV / geotérmica se consideró una eficiencia de un 280%.

Conociendo las emisiones anuales provenientes de las alternativas de calefacción y las emisiones anuales de los equipos que se utilizan actualmente en la zona de estudio, para MP10 y MP2,5 se hizo la diferencia entre las emisiones actuales, por equipo y totales, y las emisiones de las alternativas a implantar. Así se obtuvo un potencial de reducción de emisiones anuales para MP10 y MP2,5.

La estimación de las emisiones de material particulado MP10 y MP2,5 actuales para las zonas urbanas de las comunas de Talca y Maule se calcularon considerando la proporción de equipos a combustión a leña existentes en Talca (combustión lenta + templador, combustión lenta antigua, salamandra y chimenea), según los datos recopilados en este estudio.

De las alternativas de calefacción residencial a través de energías renovables se seleccionó la Estufa a Pellets, Estufa a leña (Cumpliendo D.S N° 39/2011) y Bomba de calor aerotérmica y/o geotérmica.

Se decidió hacer los recambios de estufas por estufas, ya que el porcentaje de uso de caldera en el área de estudio es de 0,2% (Corporación de Desarrollo Tecnológico de la cámara Chilena de la construcción, 2010) lo que no resulta significativo para nuestro plan de reemplazos de equipos para disminuir emisiones. Tampoco se evaluó un recambio de sistemas de calefacción a nivel distrital, ya que el porcentaje de edificios en el área de estudio es de 5,5% (Corporación de Desarrollo Tecnológico de la cámara Chilena de la construcción, 2010). De esta forma se estudiaron los siguientes reemplazos:

TABLA 3.18-1. OPCIONES DE REEMPLAZOS DE CALEFACTORES A LEÑAS POR EQUIPOS MÁS LIMPIOS

Equipos Actuales	Reemplazos
Combustión lenta cámara simple + templador	Estufa a pellets
	Estufa a leña (Cumpliendo D.S N° 39 /2011)
	Bomba de calor geotérmica
Combustión lenta de cámara simple	Estufa a pellets
	Estufa a leña (Cumpliendo D.S N° 39/2011)
	Bomba de calor Aerotérmica/geotérmica
Salamandra	Estufa a pellets
	Estufa a leña (Cumpliendo D.S N°39/2011)
	Bomba de calor Aerotérmica FRV/ geotérmica

Fuentes: Elaboración propia

El potencial de reducción de emisiones de material particulado MP10 y MP2,5 debido a la implementación de las alternativas de calefacción basadas en energías limpias se muestra en la siguiente tabla. Esta tabla muestra las toneladas de MP10 y MP2,5 reducidas al reemplazar los equipos se muestran en la tabla siguiente.

TABLA 3.18-2. EMISIONES TOTALES DE MP10 Y MP2,5 PARA REEMPLAZO SALAMANDRAS A PELLETS Y ESTUFAS A LEÑA QUE CUMPLEN EL DS 39/2011.

Equipo	Estufas que cumple DS N° 39/2011		Estufas a pellets		Bomba Aerotérmica/ geotérmica	
	MP10 (ton/año)	MP2,5 (ton/año)	MP10 (ton/año)	MP2,5 (ton/año)	MP10 (ton/año)	MP2,5 (ton/año)
Combustión lenta cámara simple + templador	0,016	0,015	0,024	0,023	0,025	0,025
Combustión lenta de cámara simple	0,037	0,036	0,045	0,044	0,047	0,045
Salamandra	0,021	0,020	0,026	0,025	0,027	0,026

Fuente: Elaboración propia.

Las emisiones reducidas al reemplazar los equipos actuales por bombas aerotérmicas FRV equivalen a las emisiones anuales que producen los equipos actuales. Como se puede observar en la tabla anterior, el reemplazo que tiene un potencial de reducción más elevado es el reemplazo de los equipos por bomba aerotérmica/ geotérmica, la cual no emite contaminantes, seguido por las estufas a pellets, y por último, las estufas a leña que cumplen con el DS N° 39/2011.

3.19 Actividad 5.- Analizar el marco legal existente que asegure el incentivo de la aplicación de las ERNC en las comunas de Talca y Maule, a nuevos proyectos inmobiliarios

La Ley No 20.257 publicada el 1 de abril de 2008, “Introduce modificaciones a la ley general de servicios eléctricos respecto de la generación de energía eléctrica con fuentes de energías renovables no convencionales” define como fuentes de Energías Renovables No Convencionales (ERNC) a las siguientes:

1. Aquellos cuya fuente de energía primaria sea la energía de la biomasa, correspondiente a la obtenida de materia orgánica y biodegradable, la que puede ser usada directamente como combustible o convertida en otros biocombustibles líquidos, sólidos o gaseosos. Se entenderá incluida la fracción biodegradable de los residuos sólidos domiciliarios y no domiciliarios.
2. Aquellos cuya fuente de energía primaria sea la energía hidráulica y cuya potencia máxima sea inferior a 20.000 kilowatts (kW).
3. Aquellos cuya fuente de energía primaria sea la energía geotérmica, entendiéndose por tal, la que se obtiene del calor natural del interior de la tierra.
4. Aquellos cuya fuente de energía primaria sea la energía solar, obtenida de la radiación solar.
5. Aquellos cuya fuente de energía primaria sea la energía eólica, correspondiente a la energía cinética del viento.
6. Aquellos cuya fuente de energía primaria sea la energía de los mares, correspondiente a toda forma de energía mecánica producida por el movimiento de las mareas, de las olas y de las corrientes, así como la obtenida del gradiente térmico de los mares, y
7. Otros medios de generación determinados fundamentalmente por la CNE, que utilicen energías renovables para la generación de electricidad, contribuyan a diversificar las fuentes de abastecimiento de energía en los sistemas eléctricos y causen un bajo impacto ambiental, conforme a los procedimientos que establezca el reglamento. Energía renovable no convencional: aquella energía eléctrica generada por medios de generación renovables no convencionales.

En materia legal, se encuentran las diversas modificaciones introducidas a la ley Eléctrica (DFL1) que es el principal instrumento que regula el mercado eléctrico nacional. Entre las modificaciones más destacables se encuentran las Leyes Corta I (año 2004) y Corta III (año 2008) cuyo objetivo principal es facilitar la incorporación de las ERNC a la matriz energética y su operación en el mercado eléctrico. Asimismo, otra modificación relevante a la ley es la reciente modificación al Directorio del Centro de Despacho Económico de Carga (CDEC). El detalle de estas modificaciones se describe a continuación:

Ley No 19.940 o Ley Corta I del año 2004:

Esta ley está orientada principalmente a corregir el sistema de pago al sistema de transmisión eléctrico. La ley regula los sistemas de transporte de energía eléctrica estableciendo un nuevo régimen de tarifas para sistemas eléctricos medianos e introduce las adecuaciones a la ley general de servicios eléctricos. Esto permite abrir el mercado spot asegurando el derecho a conexión a las redes de distribución a los pequeños generadores, entre ellas las basadas en ERNC. Esta ley permite eximir del pago de peaje del sistema de transmisión a las ventrales menores a 9 MW y parcialmente a las generadoras menores a los 20 MW.

Ley No 20.257 o Ley Corta III del año 2008:

Esta ley define a las Energías Renovables no Convencionales y busca crear una demanda para proyectos de inversión en este tipo de energías. La ley establece que a partir del año 2010 todas las empresas generadoras eléctricas del Sistema Interconectado Central (SIC) y Sistema Interconectado del Norte Grande (SING) que retiran de los sistemas más de 200 MW de capacidad instalada deberán abastecer un suministro del 5% de sus ventas anuales de electricidad en base a ERNC. A partir del 2014, este porcentaje se incrementará gradualmente en un 0,5% al año hasta llegar a un 10% para el año 2024.

Las generadoras tradicionales podrán cumplir la obligación a partir de proyectos propios basados ERNC o A partir de terceros bajo contrato de suministro de energía. La obligación aplica a contratos de suministro a clientes libres y a empresas de distribución bajo contrato a partir del 31 de agosto de 2007. La empresa generadora de electricidad que no acredite dar cumplimiento de esta obligación, deberá pagar un cargo de 0,4 Unidades Tributarias Mensuales (UTM) por cada megawatthora (MWh) de déficit respecto de su obligación, el cual se incrementará a 0,6 UTM por cada MWh de déficit para aquellas empresas que no cumplan su obligación nuevamente dentro de los tres primeros años del primer incumplimiento.

La ley aplica sólo aquellos proyectos de ERNC que entraron a partir del 1 de enero de 2007. Modificaciones al Decreto No 291 en 2009: Esta modificación obliga a incluir en el Directorio del Centro Económico de Despacho de Carga (CDEC) la participación de generadores eléctricos de tamaño pequeño (capacidades inferiores a 300 MW). Este cambio mejora la posición negociadora de las generadoras de menor tamaño, principalmente las que generan en base a ERNC, permitiendo un acceso a negociaciones.

Paralelamente, CORFO en conjunto con la Comisión Nacional de Energía (CNE) han creando algunos instrumentos de fomento para apoyar la inversión privada en el desarrollo del sector de las ERNC. Estos instrumentos abordan las distintas etapas de desarrollo de los proyectos ERNC Programa de Preinversión para estudios a nivel preliminar en Energías Renovables no Convencionales: el programa busca apoyar a proyectos para la generación de energía con montos superiores a los US\$ 400.000 a partir de energías renovables, que sean elegibles de acuerdo al Protocolo de Kyoto. Esto permite subsidiar estudios de Preinversión o estudios especializados. El monto del subsidio es de hasta un 50% del costo total del estudio, o estudio especializado con un tope de US\$ 60.000 y siempre que no supere el 2% del valor estimado de la inversión total del proyecto.

Programa de preinversión para estudios a nivel avanzado en ERNC:

El instrumento, con fondos del Banco KfW de Alemania y la CNE, cofinancia parte de los costos de ingenierías básica y de detalle, estudios de conexiones eléctricas y de evaluaciones y/o declaraciones de impacto ambiental. El subsidio cubre hasta el 50% del costo total de estudio o consultoría con un máximo del 5% de la inversión total estimada, y siempre que no exceda los US\$ 160.000 por proyecto evaluado. El instrumento aplica para proyectos que ya se han sometido a los procesos preliminares de la fase de preinversión.

Créditos CORFO ERNC:

Son créditos blandos a la inversión en energías renovables a través de las líneas de financiamiento que tiene CORFO que operan a través de la banca local. Por ejemplo, destaca el programa CORFO lanzado a fines de 2008 cofinanciado con el Banco KfW de Alemania, diseñado para el refinanciamiento de créditos de largo plazo y operaciones de leasing de inversiones que contribuyan a mejorar el medio ambiente, incluyendo a las energías renovables. Los préstamos bajo este esquema operan a tasas fijas en dólares o moneda local, con plazos entre 3 y 12 años, que incluyen períodos de gracia para el capital de hasta 30 meses. Los préstamos pueden alcanzar un máximo de US\$ 5 millones por proyecto. También existe una línea de financiamiento para energías renovables y eficiencia energética por un monto máximo de US\$ 15 millones, con un período de pago de 13 años y un período de gracia de 36 meses. Un proyecto puede postular a ambos instrumentos por lo que puede acceder a un monto total de financiamiento de US\$ 20 millones.

Cabe señalar que los incentivos mencionados anteriormente se orientan a la generación eléctrica a través de ERNC. A continuación se describen instrumentos económicos existentes y fondos que se pueden orientar a incentivar el uso de ERNC en nuevos proyectos habitacionales.

Franquicia Tributaria Para Sistemas Solares Térmicos:

Este corresponde a un incentivo que se aplica a viviendas nuevas para la instalación de sistemas solares térmicos. Esta franquicia se orienta a la instalación de colectores solares para agua caliente sanitaria (ACS) y está orientado a las inmobiliarias y constructoras. Este es un programa que permite subsidiar la instalación de sistemas solares térmicos para viviendas de personas con un nivel medio y bajo de recursos. Para viviendas de bajos recursos el sistema tiene prácticamente un costo cero.

La forma de materialización de esta franquicia para las empresas constructoras es mediante la contratación de los servicios de instalación de los colectores solares a través de otra empresa y luego pueden recuperar parte o la totalidad de los dineros desembolsados mediante una rebaja de impuestos. Es decir, la empresa constructora debe hacer las gestiones, para obtener esta franquicia en forma diferida. El beneficio inmediato que podría tener la empresa constructora sería vender más rápido sus viviendas debido a que cuenta con estos sistemas de ahorro de energía convencional. Sin embargo, dependería de que tan valorada sea esta mejora por parte de los potenciales compradores. Cabe señalar que también existe una versión de la franquicia tributaria para colectores solares térmicos, pero aplicado a viviendas existentes.

Instrumento económico para el reacondicionamiento térmico de la vivienda Para las viviendas existentes:

Actualmente se tiene el programa de Protección del Patrimonio Familiar y el Sistema de Calificación Energética de Viviendas Existentes. El Programa de Protección al Patrimonio Familiar (PPPF) es un programa orientado a hogares de bajos recursos que permite financiar prácticamente en su totalidad (cerca del 98% de la inversión) proyectos que mejoren la eficiencia energética de las viviendas. Pueden postular empresas constructoras dedicadas a la construcción de viviendas sociales. La tasación no debe superar las 650 UF. El certificado de recepción por parte de la Dirección de Obras Municipales debe ser anterior al 4 de enero de 2007, fecha de entrada en vigencia de la Reglamentación Térmica. También pueden postular de manera colectiva los habitantes de las viviendas.

Programa de Ayuda Directa (DAP) – Embajada de Australia:

Este programa de la Embajada de Australia entrega fondos para financiar proyectos que integren ERNC y que faciliten y mejoren el desarrollo de la comunidad. El Programa está orientado primariamente a apoyar proyectos y/o actividades de desarrollo de pequeña envergadura, de naturaleza participativa y que involucran a los beneficiarios del mismo en las etapas de identificación, diseño y administración del proyecto. El proyecto debe implementarse en un período relativamente corto y no deben durar más de un año. Los fondos disponibles para este programa varían entre US\$5.000 a US\$10.000. Pueden postular a estos fondos Organismos No Gubernamentales (ONG's) y organizaciones comunitarias sin fines de lucro, que cuenten con personalidad jurídica y que estén localizadas en territorio chileno.

<http://www.chile.embassy.gov.au/sclecastellano/DAPFAQ.html>

Programa Asistencia para Proyectos Comunitarios de Seguridad Humana (APC) – Embajada de Japón:

Este programa de la Embajada de Japón busca desarrollar proyectos de ERNC ya diseñados, pero que no cuentan con financiamiento para su construcción o desarrollo. Tiene por objetivo otorgar recursos financieros, no reembolsables, para ejecutar proyectos presentados por ONG's, autoridades locales (como las Municipalidades) escuelas, hospitales, y otros organismos sin fines de lucro, en beneficio directo de una comunidad necesitada. Los fondos disponibles de este programa son de hasta US\$88.000.

<http://www.cl.emb-japan.go.jp/cooperacion.htm>

Fondo Mixto del Ministerio de Desarrollo Social:

Este instrumento no aplica explícitamente a las ERNC, sin embargo está orientado para desarrollar proyectos pilotos en sectores vulnerables económicamente, tanto en zonas urbanas como rurales. También es posible generar proyectos relacionados con capacitación y autoconstrucción de equipos ERNC, como forma de emprendimiento. El Fondo Mixto es un instrumento público de asignación de recursos creado a partir de la Ley N° 19.885, llamada Ley de Donaciones con Fines Sociales, que busca fomentar los aportes privados a iniciativas en favor de personas en situación de pobreza y/o con discapacidad. El Fondo fue creado con el propósito de superar la inequidad en el acceso a estas donaciones. Pueden postular

corporaciones, fundaciones, organizaciones comunitarias, territoriales y funcionales que trabajan el tema social. El monto disponible del fondo es de hasta \$4.000.000 (primer nivel) y \$10.000.000 (segundo nivel). Sin embargo, cada año los plazos se modifican.

Fondo Canadá:

Este fondo prioriza iniciativas provenientes de la sociedad civil relacionadas con mejorar la entrega de servicios, como por ejemplo en la áreas de salud, energía, necesidades básicas. El objetivo del Fondo Canadá es estimular el desarrollo político, económico y social de las comunidades locales y dar apoyo a los grupos más vulnerables en cada país. El Fondo Canadá permite contribuir en Chile a la ejecución de 7 a 8 proyectos por año. Pueden postular a estos fondos los organismos públicos de nivel local, como las municipalidades, sin embargo no se consideran destinatarios de prioridad para el Fondo. Otros organismos que quieran postular deben cumplir con la siguientes condiciones: 1) el proyecto no se refiere a un programa continuo de la institución; 2) la intervención propuesta es una acción innovadora que podrá contribuir a mejorar las políticas públicas en el ámbito local; 3) organizaciones comunitarias y sin fines de lucro participarán activamente en la implementación del proyecto; 4) el proponente financia en efectivo por lo menos el 40% del costo del proyecto (honorarios, compras, movilización, etc.). El monto máximo de financiamiento es de CA\$20.000 dólares Canadienses.

http://www.canadainternational.gc.ca/chile-chili/bilateral_relations_bilaterales/cfil-fcil.aspx?lang=es

Fondo I.D.E.A del FOSIS:

Este fondo permite innovar en nuevas formas de aplicación de ERNC, enfocado a personas en situación de pobreza y/o vulnerabilidad. Lo anterior permite acercar este tipo de tecnologías, permite educar a las personas en temas energéticos, contribuyendo a mejorar su calidad de vida y permite innovar en el desarrollo de aplicaciones a nivel doméstico y a nivel de emprendimientos económicos. Pueden postular al fondo Instituciones privadas, como por ejemplo: fundaciones, corporaciones, organismos no gubernamentales, asociaciones gremiales, empresas, consultoras, asociaciones de profesionales, entre otras. El monto máximo de financiamiento es de \$35.000.000.

3.20 Actividad 1 (Objetivo 6).- Realizar un análisis de escenarios de las distintas medidas propuestas en conjunto, identificando las que tienen mayor factibilidad técnica de reducir las emisiones de MP₁₀ y MP_{2,5} en forma conjunta y considerando una aplicación gradual.

3.20.1 Determinación de metas de reducción de emisiones de material particulado

Para determinar metas de reducción de emisiones de material particulado se propone la implementación y aplicación del modelo de dispersión atmosférico CALPUFF para evaluar el potencial de reducción de los niveles ambientales de MP₁₀ y MP_{2,5} de las medidas a evaluar. Cabe indicar, que el objetivo de esta modelación es determinar la relación que existe entre los niveles de emisión de la(s) fuente(s) emisora(s), o tipologías de fuentes (ej. combustión residencial de leña, industrias y/o quemas agrícolas) y los niveles ambientales de MP₁₀ y MP_{2,5} observados en receptores de interés (ej. estaciones de monitoreo de calidad de aire, zonas pobladas, etc.).

3.20.2 Factores de Emisión-Concentración (FEC)

Para conocer la relación que existe entre las emisiones de MP₁₀, MP_{2,5} y la concentración ambiental que éstas generan se utiliza la relación factor de emisión - concentración (FEC). Esta relación permite estimar cambios en la concentración ambiental en función de cambios en las emisiones de contaminantes del aire estableciendo una relación lineal entre las emisiones de un contaminante y el aporte a la concentración ambiental mediante la siguiente aproximación:

$$FEC_i^t = C_i^t / E^t$$

Donde,

FEC_i^t = Factor emisión – concentración en el receptor de interés i en al año t

C_i^t = concentración ambiental de MP₁₀ y/o MP_{2,5} en el receptor de interés i para el año t

E^t = Emisión de MP₁₀ y/o MP_{2,5} para el año t

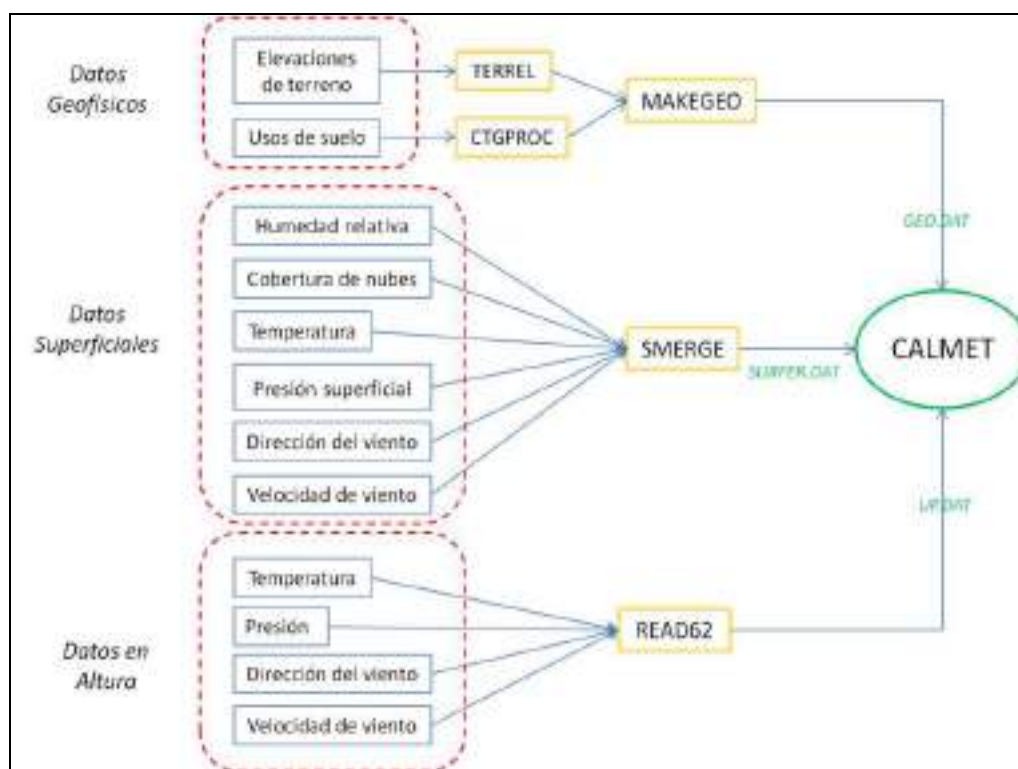
Específicamente, se estimó la relación entre la tasa de emisión y la concentración promedio anual de MP₁₀ y MP_{2,5} para la combustión residencial de leña, las fuentes Industriales, las fuentes móviles en ruta (tránsito vehicular), y las quemas agrícolas en los receptores seleccionados en las zonas urbanas de las comunas de Talca y Maule.

Para efectos de determinar los FEC y evaluar el impacto en la calidad del aire que generarán las distintas medidas de reducción de la contaminación en la zona de estudio, en particular para el material particulado respirable (MP₁₀) y fino (MP_{2,5}), se utilizó el modelo de dispersión de sustancias en el aire CALPUFF. Este modelo fue utilizado para evaluar la relación que existe entre los niveles de emisión de MP para las distintas fuentes a estudiar (residenciales, industriales, móviles y quemas agrícolas) y el aporte a los niveles de

concentración ambiental observados en las zonas urbanas de Talca y Maule. El uso del modelo permitió considerar la variable espacial y temporal del impacto de las emisiones de las fuentes relevantes de emisiones atmosféricas y evaluar los efectos de emisiones de los distintos escenarios de reducción de emisión a considerarse en el estudio.

El modelo CALPUFF es un modelo no estacionario de dispersión de sustancias en la atmósfera recomendado por la Agencia de Protección Ambiental de EE.UU. (US EPA)⁷⁰. Este modelo es utilizado con fines regulatorios para evaluar el impacto en la calidad del aire de las emisiones atmosféricas, bajo condiciones de topografía y meteorología compleja. La utilización de este modelo involucró el procesamiento de información meteorológica y topográfica de la zona utilizando los siguientes modelos y programas:

CALMET: Consiste en el modelo meteorológico que procesa la información disponible en observaciones de superficie, altura y/o datos de modelos meteorológicos tridimensionales (MM5, WRF). CALMET genera los campos tridimensionales de vientos y temperaturas, al igual que campos bidimensionales de estabilidad atmosférica y altura de capa de mezcla, utilizando la topografía, uso de suelo, meteorología local y meteorología tridimensional.

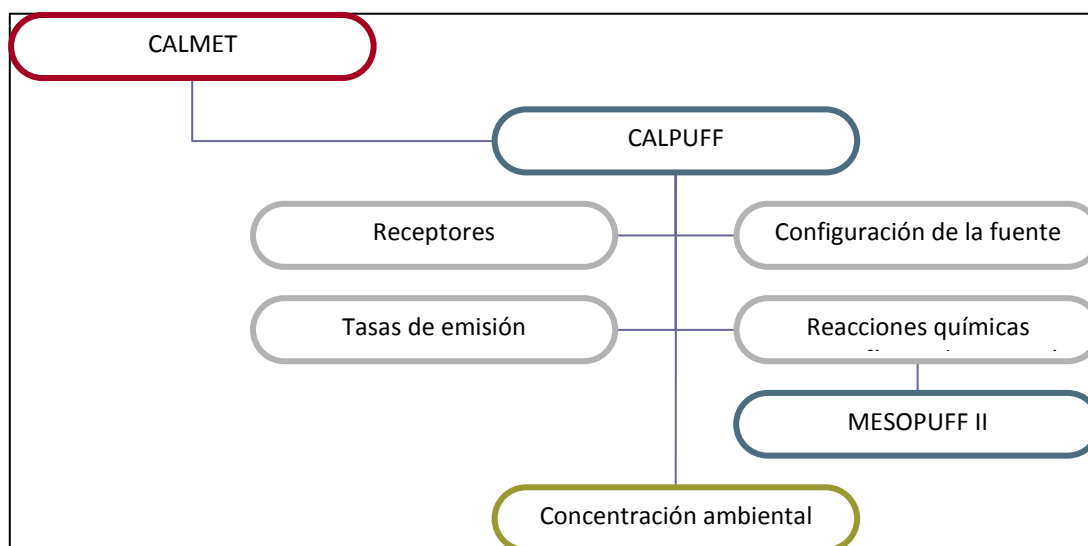


Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.20-1. ESQUEMA DE LOS DATOS REQUERIDOS POR EL MODELO CALMET Y LOS SUBPROGRAMAS DE PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN

⁷⁰ http://www.epa.gov/ttn/scram/dispersion_prefrec.htm

CALPUFF: Consiste en un modelo no estacionario de dispersión de tipo puff, que permite simular el transporte advectivo y difusivo de una sustancia en la atmósfera, para predecir el impacto en la concentración ambiental de esta sustancia (por ejemplo MP10 y MP2,5), este modelo requiere de la información meteorológica generada por el modelo CALMET.



Fuente: Elaboración Propia

FIGURA 3.20-2. ESQUEMA DE LOS DATOS REQUERIDOS POR EL MODELO CALPUFF

La información meteorológica para el área de estudio considera los registros de vientos, temperatura, y presión registrados en el año 2009 en la estación meteorológica ubicada en la estación la Florida (coordenadas UTM, 256848 m E, 6075384 m N, huso 19), y contempla variables de temperatura ambiente, humedad relativa, velocidad y dirección del viento. Adicionalmente, se consideraron registros meteorológicos registrados en Curicó (estación ID 856290, coordenadas UTM, 298631 m E, 6129858 m N huso 19) para completar información sinóptica del área estudio, entre ellos radiación, cobertura de nubes, y presión atmosférica.

La meteorología de altura se incluyó en el modelo utilizando datos generados por el modelo meteorológico WRF (Weather Research and Forecasting Model) para el área de estudio. WRF es uno de los modelos meteorológicos de pronóstico más avanzados y completos. Es mantenido por NCAR9/NOAA10 de Estados Unidos.

El dominio seleccionado para la modelación cubre un área de 26 x 26 km con su origen (vértice inferior izquierdo) en las coordenadas UTM 242523 m E, y 6063873 m N, huso 19. Este dominio cubre por completo las comunas de Talca y Maule. La resolución en el subdominio de la grilla para simular la concentración ambiental en la zona urbana de Talca y Maule fue de 200 m.



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.20-3. DOMINIO Y SUBDOMINIO PARA EL MODELO CALMET- CALPUFF

Para efectos del procesamiento de la información meteorológica recopilada para la modelación se considerarán 9 niveles entre los 0 y 2.560 m de altura, como se muestra en la tabla siguiente.

TABLA 3.20-1. NIVELES DE ALTURA CONSIDERADOS PARA LA MODELACIÓN CON CALMET

Nivel	Altura (m)
1	0
2	20
3	40
4	80
5	160
6	320
7	640
8	1.280
9	2.560

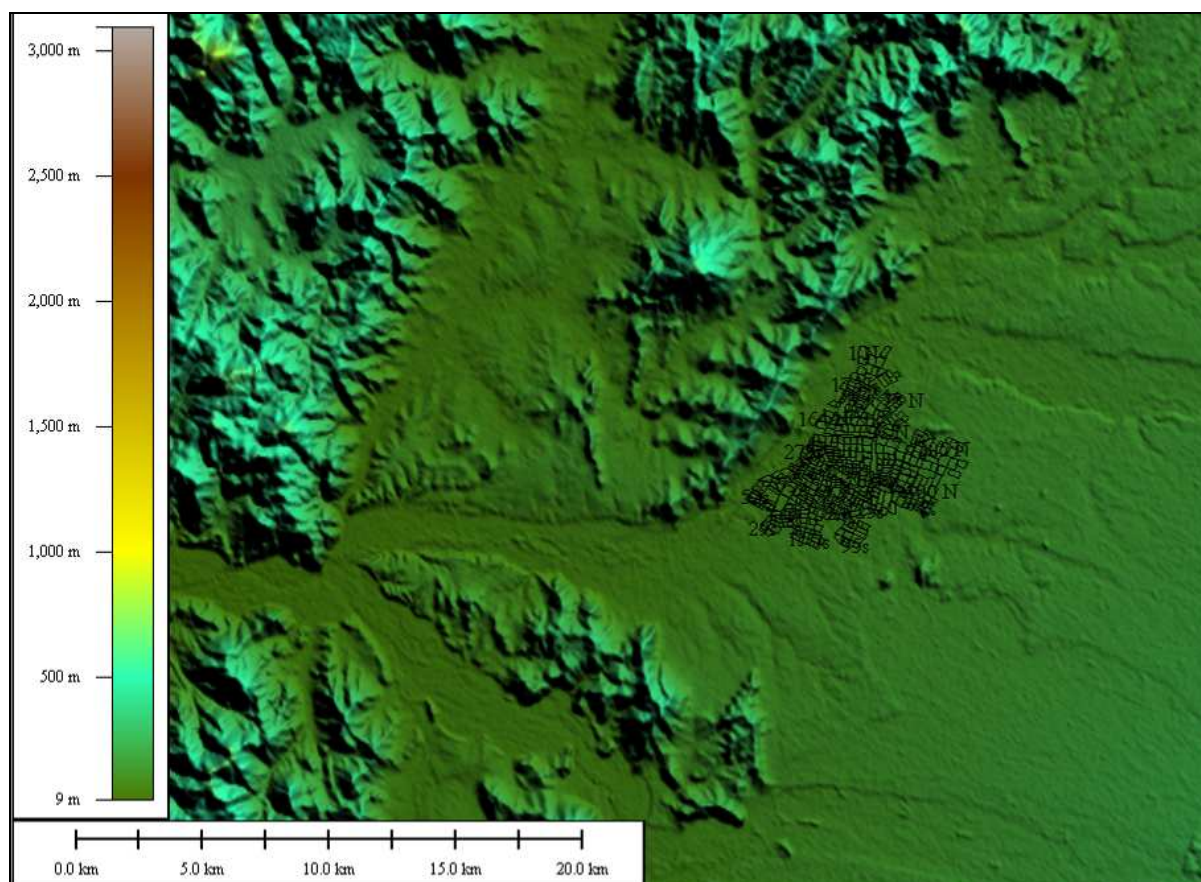
Fuente: Elaboración propia

3.20.3 Periodo de simulación

Con respecto al periodo de modelación, se seleccionó el año meteorológico 2009 (2 de enero a 30 de diciembre) dada la disponibilidad de información meteorológica y la información de los campos meteorológicos tridimensionales disponibles del modelo WRF. Esta situación no debería generar inconvenientes para evaluar escenarios de cambio en las emisiones, dado que

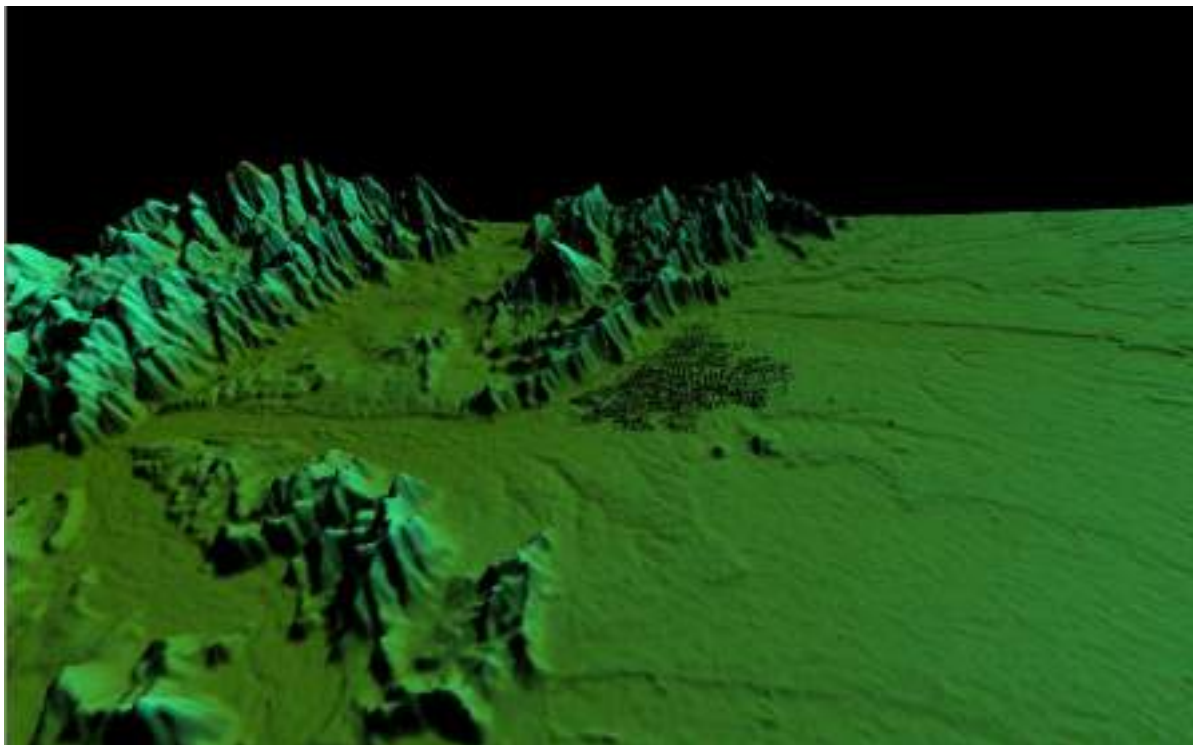
las medidas a evaluar serán aplicadas en años futuros, situación que estaría condicionada a eventos futuros de meteorología y en este caso podrían ser representados por un año meteorológico reciente.

La topografía considerada para la modelación con CALPUFF considera información de elevación de la base de datos SRTM3 (Shuttle radar Topo Mission) con una resolución de 90 metros. El detalle de la topografía del área de estudio (subdominio del modelo) se muestra en las figuras siguientes. Como se puede apreciar, se consideró el dominio de modelación en una superficie mayor que la zona urbana de Talca y Maule. Las características del uso de suelo consideradas en la modelación fueron obtenidas de la base de datos internacional de la U.S. Geological Survey (USGS).



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.20-4. DETALLE DE LA TOPOGRAFÍA PARA EL ÁREA DE ESTUDIO EN LAS COMUNAS DE TALCA Y MAULE



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.20-5. TOPOGRAFÍA TRIDIMENSIONAL PARA EL ÁREA DE ESTUDIO EN LAS COMUNAS DE TALCA Y MAULE

3.20.4 Receptores puntuales

Para efectos de evaluar el impacto en las concentraciones ambientales de material particulado y otros contaminantes se consideraron receptores puntuales localizados dentro del radio urbano de las zonas pobladas de Talca y Maule, entre los cuales se encuentran las actuales estaciones de monitoreo de calidad del aire de la ciudad. Se utilizaron receptores adicionales ubicados en las zonas residenciales para apoyar la estimación del impacto de las emisiones en toda el área de estudio. Las coordenadas con la ubicación de los receptores de interés se muestran en la tabla a continuación, mientras que la distribución espacial de los receptores se puede ver en la siguiente figura.

TABLA 3.20-2. RECEPTORES PUNTUALES PARA LA MODELACIÓN CON CALMET

Estación/ N° receptor	Coordenadas UTM	
	Coordenada (m)	Coordenada Y (m)
La Florida	256.848	6.075.384
UTAL	260.874	6.078.707
UC Maule	262.217	6.075.478
1	257.651	6.077.691
2	258.740	6.077.837
3	256.488	6.073.926
4	259.102	6.079.359
5	258.727	6.076.399
6	258.041	6.074.402
7	260.293	6.077.029
8	260.639	6.075.046

¹Datum WGS84 y el huso 19 Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia a partir de Imagen de Google Earth

FIGURA 3.20-6. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LOS RECEPTORES PUNTUALES EN LA ZONAS URBANAS DE LA COMUNA DE TALCA Y ZONA NORTE DE LA COMUNA DE MAULE

Para la modelación de la concentración ambiental de MP10, MP2,5 y otros contaminantes emitidos en las comunas de Talca y Maule (zona norte adyacente a Talca), se consideraron sólo las emisiones atmosféricas que serán afectadas por las medidas de descontaminación a incorporar en el Plan. Por tanto, sólo se modeló el impacto del uso residencial de leña para calefacción, las fuentes industriales, las fuentes móviles (tránsito vehicular) y las quemas agrícolas dentro del área de influencia de la zona saturada de Talca y Maule.

Para efectos de simulación y distribución de las emisiones de MP10, MP2,5 y otros contaminantes emitidos por la combustión residencial de leña y las fuentes móviles de Talca, se consideraron emisiones distribuidas como una fuente de área. Para el caso de la simulación de las emisiones atmosféricas de las fuentes industriales de la zona de influencia, se consideraron estas emisiones como fuentes puntuales (emisión desde una chimenea). Para el caso de las quemas agrícolas, se distribuyeron aleatoriamente fuentes de áreas (polígonos) en las zonas rurales de las comunas de Talca y Maule para evaluar el efecto de las quemas agrícolas en la calidad del aire en las zonas urbanas de las comunas bajo estudio.

En el análisis se evaluaron las concentraciones ambientales de los siguientes contaminantes:

- MP10 (Material Particulado con diámetro aerodinámico $\leq 10 \mu\text{m}$)
- MP2,5 (Material Particulado con diámetro aerodinámico $\leq 2,5 \mu\text{m}$)
- CO (Monóxido de carbono)
- COV (Compuestos orgánicos volátiles)
- SO₂ (Dióxido de azufre)

Se consideraron los contaminantes MP10, MP2,5, CO y SO₂ porque tienen efectos negativos en la salud de las personas, provienen de procesos de combustión incompleta y están actualmente reguladas normas primarias de calidad del aire en nuestro país. Para el caso de los COV éstos se consideran en el análisis debido a que algunos de estos compuestos son irritantes y también son precursores de la formación de material particulado fino en la atmósfera (material particulado secundario) a través de procesos físico - químicos.

3.20.5 Consideraciones de la aplicación del modelo

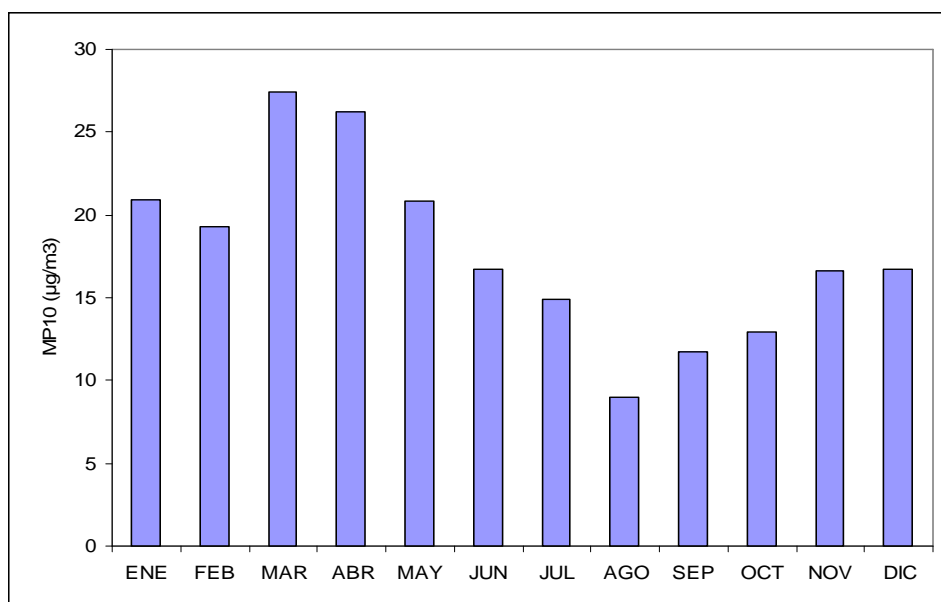
La estimación del aporte de material particulado a las concentraciones ambientales observada en los sitios de interés se evalúa considerando que las fuentes que emiten MP10 y MP2,5 se encuentran distribuidas espacialmente (coordenadas geográficas) de acuerdo a la ubicación declarada en el inventario (fuentes industriales) y para el caso de la combustión residencial de leña, se distribuyeron polígonos las zonas más densamente pobladas (combustión residencial de leña), agrupando contando el número de viviendas en cada uno de ellos. Esto permitiría distribuir las emisiones según densidad de viviendas. El detalle de la distribución de las viviendas se muestra en el *Anexo L*

Para efectos de la modelación, se considera la variación estacional y horaria de las emisiones de material particulado. Para ello se establece las condiciones de consumo de leña en los hogares y la intensidad horaria del uso de los artefactos a combustión durante el periodo

de invierno utilizando la información generada para Talca como parte de este estudio. Para el caso de las fuentes industriales y quemas agrícolas se estima el perfil de emisiones en función de la tasa de actividad reportada para estas fuentes.

3.20.6 Estimación de los niveles basales (background) de MP10 y MP2,5

El background de MP10 y MP2,5 se estima a partir de los registros de concentraciones de MP10 para los años 2012 y 2013 de la estación de monitoreo Colicheu, ubicada en la región del Bío Bío. Esta estación de monitoreo de calidad del aire se encuentra en el valle central, en una zona rural lejos de fuentes relevantes de MP2,5, (hogares, industrias). En este sentido se consideró un background promedio anual de MP10 igual a $17,8 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (para el periodo marzo 2012- marzo 2013) con una variación mensual como se muestra en la siguiente figura.



Fuente: Elaboración propia en base a datos del SINCA

FIGURA 3.20-7. CONCENTRACIÓN PROMEDIO MENSUAL DE MP10 EN LA ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE COLICHEU PERIODO MARZO 2012 – MARZO 2013

Dado que solo se contaban con registros de MP10 para esta estación, se procedió a estimar el background de MP2,5 en base a estudios internacionales (Barmpadimos et al., 2012) que reportaban la relación existente entre MP10 y MP2,5 para background rural en España, Inglaterra, Alemania, y Suiza. En promedio, se determinó una relación de MP2,5/MP10 de 0,73. Por lo tanto, se estimó que el background para la concentración promedio anual de MP2,5 para Talca y Maule en el orden de los $13,0 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ considerando los niveles de MP10 registrados en la estación Colicheu y la relación entre el MP2,5 y MP10 establecidos en otras zonas rurales.

3.20.7 Distribución espacial de la emisión de contaminantes para las principales fuentes de Talca y Maule

Fuentes Industriales

Las fuentes industriales consideradas para la modelación se muestran en la tabla y figura siguiente. Éstas corresponden a aquellas fuentes industriales (34 fuentes) que explican más del 96,0 y 98,6% de las emisiones de MP10 y MP2,5 del inventario del emisiones año base 2012, respectivamente.



Fuente: Elaboración propia en base a Imagen de Google Earth

FIGURA 3.20-8. LOCALIZACIÓN DE LAS FUENTES INDUSTRIALES DE TALCA Y MAULE INCLUIDAS EN LA MODELACIÓN

TABLA 3.20-3. FUENTES INDUSTRIALES DE TALCA Y MAULE CONSIDERADAS EN LA MODELACIÓN

ID	Empresa	Identificación fuente	Emisión atmosférica (ton/año)						
			MP ₁₀	MP _{2,5}	NO _x	CO	COV	NH ₃	SO _x
775	Venturelli	Caldera calefacción	48,66	41,06	12,67	114,89	1,86	18,59	0,68
872	Najle	Caldera Industrial	37,54	31,67	9,77	88,63	1,43	14,34	0,52
6	Agroindustrias Cepia S.A.	Caldera Industrial	15,04	5,69	19,05	15,24	0,15	4,38	279,97
489	Forestal Rio Claro Limitada	Caldera calefacción	14,15	11,94	3,68	33,40	0,54	5,40	0,20
16	San Clemente Foods S.A.	Caldera Industrial	11,59	4,38	14,68	11,75	0,12	3,37	215,72
1023	Sociedad Maderera Y Transportes 3 Volcanes	Caldera calefacción	9,69	8,17	2,52	22,88	0,37	3,70	0,13
1024	Sociedad Maderera Y Transportes 3 Volcanes	Caldera calefacción	7,92	6,68	2,06	18,69	0,30	3,02	0,11
18	San Clemente Foods S.A.	Caldera Industrial	4,87	1,84	6,17	4,94	0,05	1,42	90,69
849	Productos Fernández S.A.	Caldera Industrial	4,39	3,71	1,14	10,38	0,17	1,68	0,06
860	Bionovo Chile Agroindustria Limitada	Caldera Industrial	3,88	3,28	1,01	9,17	0,15	1,48	0,05
328	Fábrica de Bebidas Analcohólicas	Caldera Industrial	3,88	3,27	1,01	9,15	0,15	1,48	0,05
333	Coexca S.A.	Caldera Industrial	2,89	1,09	3,66	2,93	0,03	0,84	53,76
925	Sugal Chile Ltda.	Caldera Industrial	1,83	0,69	2,32	1,85	0,02	0,53	34,02
923	Sugal Chile Ltda.	Caldera Industrial	1,60	1,17	8,38	0,76	0,76	0,14	29,31
924	Sugal Chile Ltda.	Caldera Industrial	1,60	1,17	8,38	0,76	0,76	0,14	29,31
402	Curtiembre Talca S.A	Caldera Industrial	1,50	0,57	1,90	1,52	0,02	0,44	27,94
494	Forestal y Agrícola Yukon Ltda	Caldera calefacción	1,39	1,17	0,36	3,27	0,05	0,53	0,02
922	Sugal Chile Ltda.	Caldera Industrial	1,27	0,93	6,66	0,60	0,60	0,11	23,30
773	Industria Maderera Prosperidad Ltda.	Caldera Industrial	0,92	0,78	0,24	2,17	0,04	0,35	0,01
774	Industria Maderera Prosperidad Ltda.	Caldera Industrial	0,92	0,78	0,24	2,17	0,04	0,35	0,01
920	Sugal Chile Ltda.	Caldera Industrial	0,78	0,57	4,11	0,37	0,37	0,07	14,37
921	Sugal Chile Ltda.	Caldera Industrial	0,78	0,57	4,11	0,37	0,37	0,07	14,37
912	Productos Fernández S.A.	Caldera Industrial	0,67	0,48	0,67	0,46	0,03	0,09	0,67
913	Productos Fernández S.A.	Caldera Industrial	0,67	0,48	0,67	0,46	0,03	0,09	0,67
128	Constructora de Pavimentos Asfálticos	Procesos Industriales con combustión	0,45	0,33	2,38	0,21	0,21	0,04	8,33
772	Industria Maderera Prosperidad Ltda.	Caldera Industrial	0,35	0,29	0,09	0,82	0,01	0,13	0,00
366	Comunidad San Agustín de Talca	Caldera calefacción	0,23	0,19	0,06	0,53	0,01	0,09	0,00
846	Productos Fernández S.A.	Caldera Industrial	0,18	0,13	0,18	0,12	0,01	0,02	0,18
847	Productos Fernández S.A.	Caldera Industrial	0,18	0,13	0,18	0,12	0,01	0,02	0,18
341	Compañía Nacional de Cueros S.A.	Caldera Industrial	0,16	0,12	1,22	0,11	0,01	0,02	3,51
482	Foods Compañía de Alimentos CCU S:A.	Caldera Industrial	0,14	0,03	2,84	0,72	0,05	0,14	4,21
771	Industria Maderera Prosperidad Ltda.	Caldera Industrial	0,11	0,09	0,03	0,26	0,00	0,04	0,00

Fuente: Elaboración propia en base a los datos del Inventario de emisiones año 2012

Combustión Residencial de Leña

La distribución espacial de las fuentes de combustión residencial de leña para las zonas urbanas de la comuna de Talca y la zona norte de la comuna de Maule se muestra en la figura siguiente. Los polígonos de color rojo representan la distribución de las emisiones dentro de la zona urbana de la comuna de Talca, mientras que los polígonos de color verdes representan las zonas residenciales de la zona norte de la comuna de Maule, adyacente a la comuna de Talca.



(Rojo comuna de Talca, verde comuna de Maule) Fuente: Elaboración propia con ArcGIS map

FIGURA 3.20-9. DISTRIBUCIÓN DE LAS FUENTES DE COMBUSTIÓN DE LEÑA RESIDENCIAL EN LAS ZONAS URBANAS DE LA COMUNA DE TALCA Y ZONA NORTE DE LA COMUNA DE MAULE

La distribución de las emisiones atmosféricas ($\text{ton}/\text{m}^2/\text{año}$) dentro de la zona urbana por concepto de utilización de leña en los artefactos de calefacción residencial se describen en la siguiente tabla:

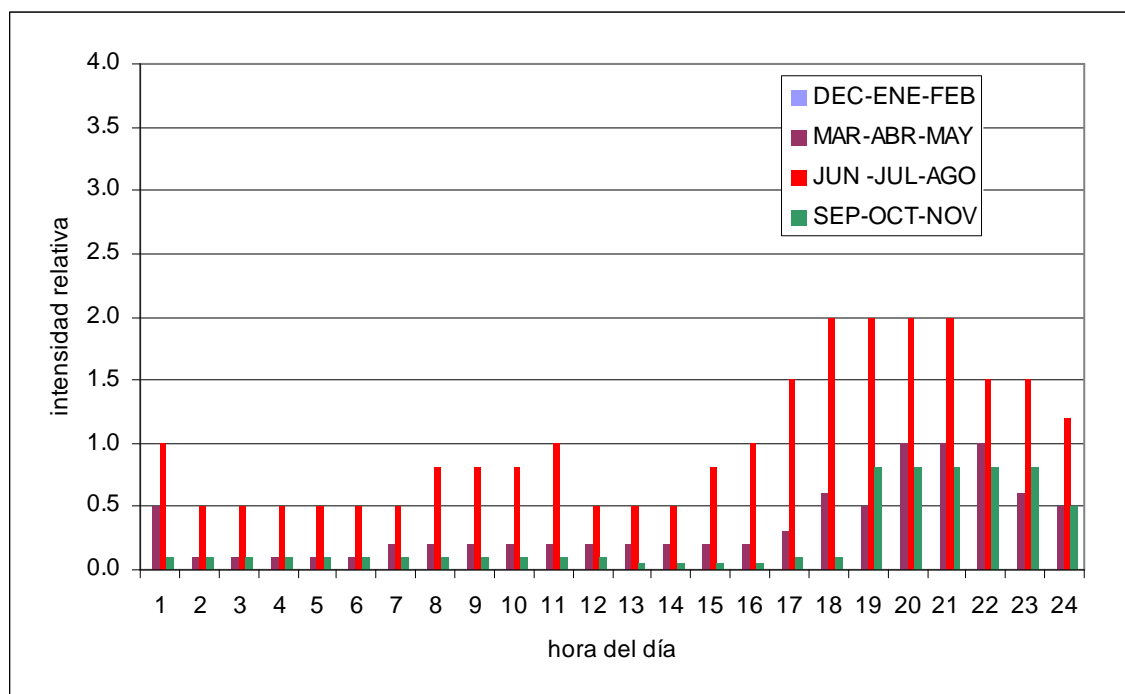
TABLA 3.20-4. EMISIONES DISTRIBUIDAS POR COMBUSTIÓN RESIDENCIAL DE LEÑA EN LAS ZONAS URBANAS DE LA COMUNA DE TALCA Y ZONA NORTE DE LA COMUNA DE MAULE

Urbano	Emisiones atmosféricas, ton/m ² /año						
	MP10	MP2,5	CO	NOx	COV	SO ₂	NH ₃
A1	4,18E-05	4,06E-05	1,92E-03	2,99E-06	1,57E-04	4,31E-07	2,37E-06
A2	2,64E-05	2,57E-05	1,21E-03	1,89E-06	9,92E-05	2,73E-07	1,50E-06
A3	4,67E-05	4,54E-05	2,15E-03	3,35E-06	1,76E-04	4,83E-07	2,65E-06
A4	4,93E-05	4,80E-05	2,26E-03	3,53E-06	1,85E-04	5,09E-07	2,80E-06
A5	3,13E-05	3,04E-05	1,44E-03	2,24E-06	1,18E-04	3,23E-07	1,78E-06
A6	1,84E-05	1,79E-05	8,45E-04	1,32E-06	6,92E-05	1,90E-07	1,05E-06
A7	4,38E-05	4,26E-05	2,01E-03	3,14E-06	1,65E-04	4,53E-07	2,49E-06
A8	1,72E-05	1,67E-05	7,89E-04	1,23E-06	6,46E-05	1,77E-07	9,76E-07
A9	1,91E-05	1,85E-05	8,75E-04	1,36E-06	7,16E-05	1,97E-07	1,08E-06
A10	2,25E-05	2,18E-05	1,03E-03	1,61E-06	8,44E-05	2,32E-07	1,28E-06
A11	1,18E-05	1,15E-05	5,42E-04	8,46E-07	4,44E-05	1,22E-07	6,71E-07
A12	3,90E-05	3,79E-05	1,79E-03	2,79E-06	1,46E-04	4,02E-07	2,21E-06
A13	4,22E-05	4,10E-05	1,94E-03	3,02E-06	1,59E-04	4,36E-07	2,40E-06
A14	2,30E-05	2,23E-05	1,06E-03	1,65E-06	8,64E-05	2,37E-07	1,30E-06
A15	4,22E-05	4,10E-05	1,94E-03	3,02E-06	1,59E-04	4,36E-07	2,40E-06
A16	3,91E-05	3,80E-05	1,80E-03	2,80E-06	1,47E-04	4,04E-07	2,22E-06
A17	5,13E-05	4,98E-05	2,35E-03	3,67E-06	1,93E-04	5,29E-07	2,91E-06
A18	4,99E-05	4,85E-05	2,29E-03	3,57E-06	1,88E-04	5,16E-07	2,84E-06
A19	5,36E-05	5,21E-05	2,46E-03	3,84E-06	2,02E-04	5,54E-07	3,05E-06
A20	5,21E-05	5,07E-05	2,39E-03	3,73E-06	1,96E-04	5,38E-07	2,96E-06
A21	4,81E-05	4,68E-05	2,21E-03	3,44E-06	1,81E-04	4,97E-07	2,73E-06
A22	4,35E-05	4,23E-05	2,00E-03	3,12E-06	1,64E-04	4,49E-07	2,47E-06
A23	5,98E-05	5,82E-05	2,75E-03	4,28E-06	2,25E-04	6,18E-07	3,40E-06

Fuente: Elaboración Propia

La distribución temporal, tanto estacional como horaria fue estimada de la encuesta aplicada a los hogares desarrollada en este estudio. Se consideró la estacionalidad en los distintos meses del año junto con la intensidad del uso de la calefacción a leña en el día (24 hrs). La intensidad del uso estacional y horario de la leña considerada para el modelo fue obtenida de las encuestas aplicadas a los hogares, como parte de la información generada en este estudio (Informe de Avance N°1, específicamente en la figura 4.2-13 y la figura 4.2-3).

Como se puede observar en la figura siguiente, la mayor intensidad del uso de la leña para calefacción en los hogares ocurre entre los meses de junio y agosto, mientras que la mayor intensidad de consumo de leña en el día ocurre entre las 18 y las 23 horas. Como se explicó anteriormente, esta información fue utilizada para incorporar la estacionalidad de las emisiones de los contaminantes del aire en el modelo de dispersión atmosférico (CALPUFF).



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.20-10. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL USO DE LA LEÑA PARA CALEFACCIÓN RESIDENCIAL EN LAS ZONAS URBANAS DE LA COMUNA DE TALCA Y ZONA NORTE DE LA COMUNA DE MAULE

Fuentes Móviles en Ruta

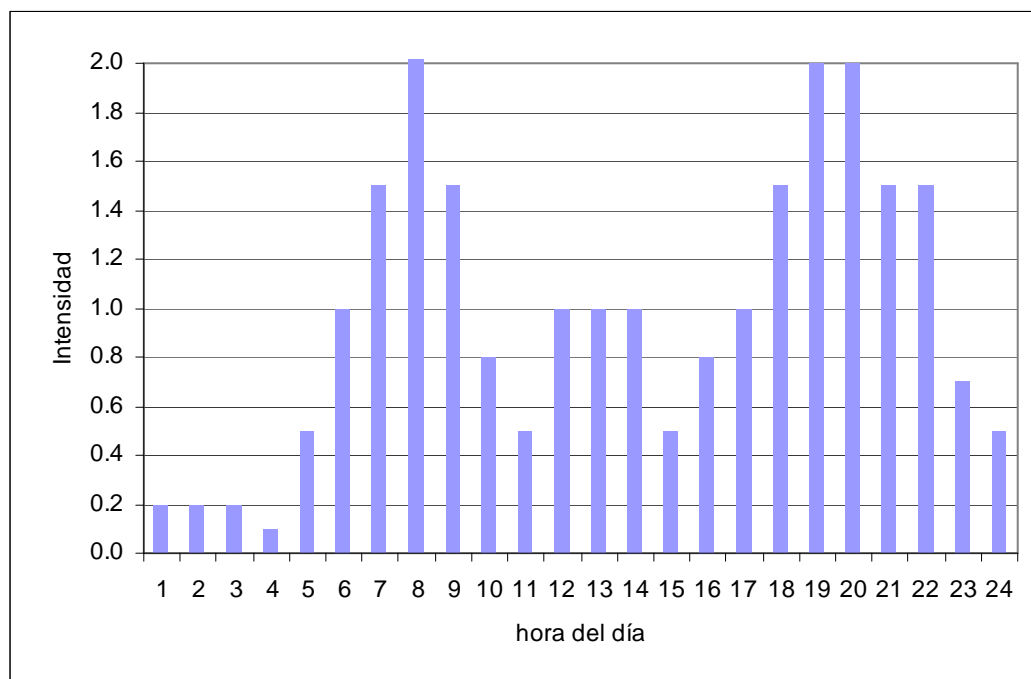
La distribución espacial de las fuentes móviles en las zonas urbanas de las comunas de Talca y Maule fue representada como una fuente de área y se utilizó los mismos polígonos para las zonas urbanas presentadas previamente (combustión residencial de leña). Las zonas urbanas tienen mayor densidad poblacional, y por tanto el desplazamiento de vehicular ocurre principalmente dentro de esta zona. Sin embargo, se corrigió por el efecto del flujo dando mayor ponderación a la zona céntrica de la ciudad. La distribución de las emisiones atmosféricas (ton/m²/año) dentro de la zona urbana por concepto de tránsito vehicular y las ponderaciones por efecto del flujo se muestra en la siguiente tabla:

TABLA 3.20-5. EMISIONES DISTRIBUIDAS Y FACTOR DE PONDERACIÓN PARA LAS FUENTES MÓVILES EN LAS ZONAS URBANAS DE LA COMUNA DE TALCA Y ZONA NORTE DE LA COMUNA DE MAULE

Emisiones atmosféricas, ton/m ² /año								
Urbano	Factor	MP10	MP2,5	CO	NOx	COV	SO ₂	NH ₃
M1	1.0%	2,65E-06	5,04E-07	7,31E-05	6,51E-06	1,07E-06	1,79E-08	8,28E-08
M2	1.0%	3,95E-06	7,52E-07	1,09E-04	9,71E-06	1,59E-06	2,67E-08	1,24E-07
M3	1.0%	5,29E-06	1,01E-06	1,46E-04	1,30E-05	2,13E-06	3,58E-08	1,65E-07
M4	1.0%	7,17E-06	1,36E-06	1,98E-04	1,76E-05	2,89E-06	4,85E-08	2,24E-07
M5	1.0%	3,25E-06	6,17E-07	8,96E-05	7,98E-06	1,31E-06	2,20E-08	1,01E-07
M6	1.0%	3,04E-06	5,78E-07	8,39E-05	7,47E-06	1,23E-06	2,06E-08	9,50E-08
M7	3.0%	4,85E-06	9,22E-07	1,34E-04	1,19E-05	1,95E-06	3,28E-08	1,51E-07
M8	5.0%	9,19E-06	1,75E-06	2,53E-04	2,26E-05	3,70E-06	6,21E-08	2,87E-07
M9	10.0%	1,33E-05	2,52E-06	3,66E-04	3,26E-05	5,35E-06	8,98E-08	4,15E-07
M10	15.0%	3,43E-05	6,51E-06	9,45E-04	8,42E-05	1,38E-05	2,32E-07	1,07E-06
M11	15.0%	5,07E-05	9,64E-06	1,40E-03	1,25E-04	2,04E-05	3,43E-07	1,58E-06
M12	10.0%	2,23E-05	4,23E-06	6,14E-04	5,47E-05	8,97E-06	1,51E-07	6,96E-07
M13	7.0%	2,35E-05	4,46E-06	6,47E-04	5,77E-05	9,46E-06	1,59E-07	7,34E-07
M14	7.0%	2,10E-05	3,99E-06	5,79E-04	5,16E-05	8,46E-06	1,42E-07	6,56E-07
M15	3.0%	1,34E-05	2,54E-06	3,68E-04	3,28E-05	5,38E-06	9,03E-08	4,17E-07
M16	4.0%	3,44E-05	6,54E-06	9,49E-04	8,45E-05	1,39E-05	2,33E-07	1,07E-06
M17	4.0%	1,78E-05	3,39E-06	4,92E-04	4,38E-05	7,19E-06	1,21E-07	5,57E-07
M18	4.0%	2,45E-05	4,66E-06	6,76E-04	6,02E-05	9,87E-06	1,66E-07	7,66E-07
M19	3.0%	2,00E-05	3,81E-06	5,53E-04	4,92E-05	8,07E-06	1,35E-07	6,26E-07
M20	1.0%	3,50E-06	6,65E-07	9,64E-05	8,59E-06	1,41E-06	2,36E-08	1,09E-07
M21	1.0%	5,20E-06	9,88E-07	1,43E-04	1,28E-05	2,09E-06	3,51E-08	1,62E-07
M22	1.0%	9,61E-06	1,83E-06	2,65E-04	2,36E-05	3,87E-06	6,50E-08	3,00E-07
M23	1.0%	6,33E-06	1,20E-06	1,74E-04	1,55E-05	2,55E-06	4,28E-08	1,98E-07

Fuente: Elaboración Propia

La distribución horaria fue estimada según los patrones determinados en estudios realizados para la región metropolitana (Gramsch et al. 2006) y se muestra en el figura siguiente. Como se puede observar, la mayor intensidad de emisiones de las fuentes móviles en el día ocurre entre las 7 de la mañana y las 21 horas. Como se explicó anteriormente, esta información fue utilizada para incorporar la estacionalidad de las emisiones de contaminantes del aire en el modelo de dispersión atmosférico (CALPUFF).

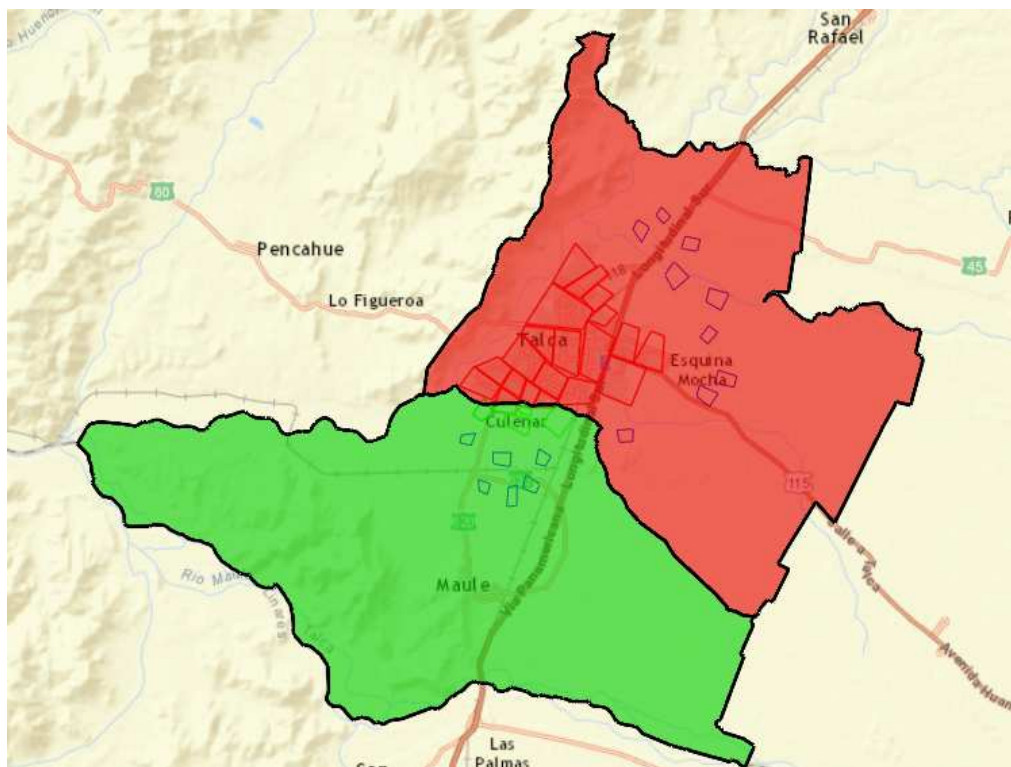


Fuente Elaboración en base a Gramsch et al. 2006

FIGURA 3.20-11. INTENSIDAD HORARIO DE LAS EMISIONES ATMOSFÉRICAS PRODUCTO DEL FLUJO VEHICULAR

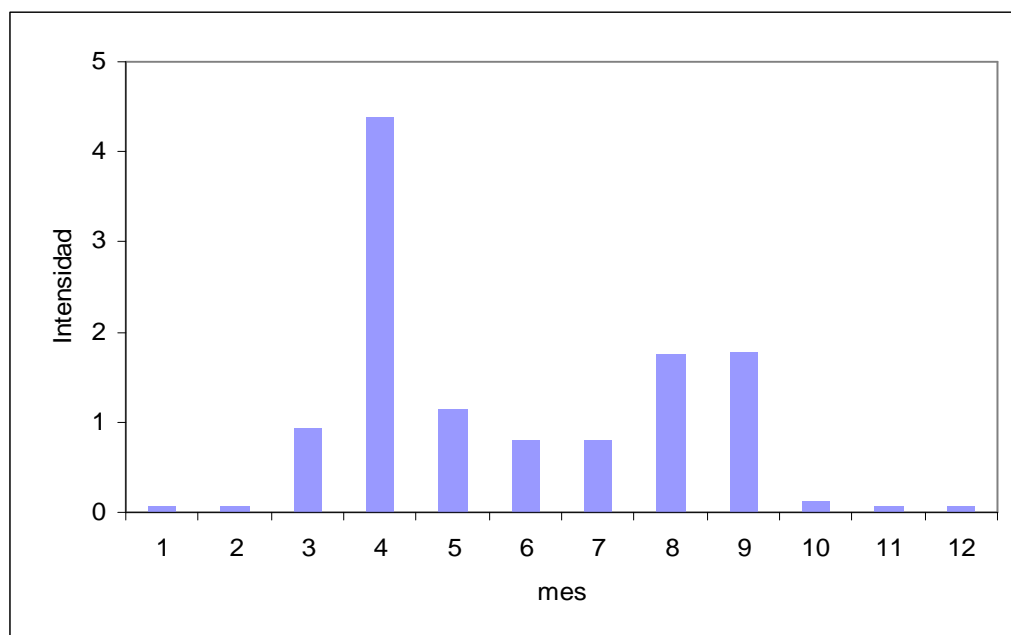
Quemas Agrícolas

La distribución espacial de las quemas agrícolas en las zonas rurales circundantes a la ciudad de Talca y Maule se muestra en la figura siguiente. Para ello se asignaron en forma aleatoria polígonos (color azul) para representar zonas donde podrían ocurrir quemas agrícolas para la limpieza de los predios agrícolas en producción. Cabe señalar, que solo se consideró el periodo de quemas agrícolas, el cual tiene su mayor intensidad en el periodo de otoño, siendo el mes de abril el que muestra la mayor intensidad de quemas.



Fuente: Elaboración propia con imagen de ArcGIS

FIGURA 3.20-12. DISTRIBUCIÓN DE LAS QUEMAS AGRÍCOLAS EN LAS ZONAS CIRCUNDANTES A LA CIUDAD DE TALCA Y LA ZONA NORTE DE LA COMUNA DE MAULE.



Fuente: Elaboración propia en base a UdeC 2010

FIGURA 3.20-13. INTENSIDAD ESTACIONAL (MESES) DE LAS QUEMAS AGRÍCOLAS EN LAS ZONA DE ESTUDIO

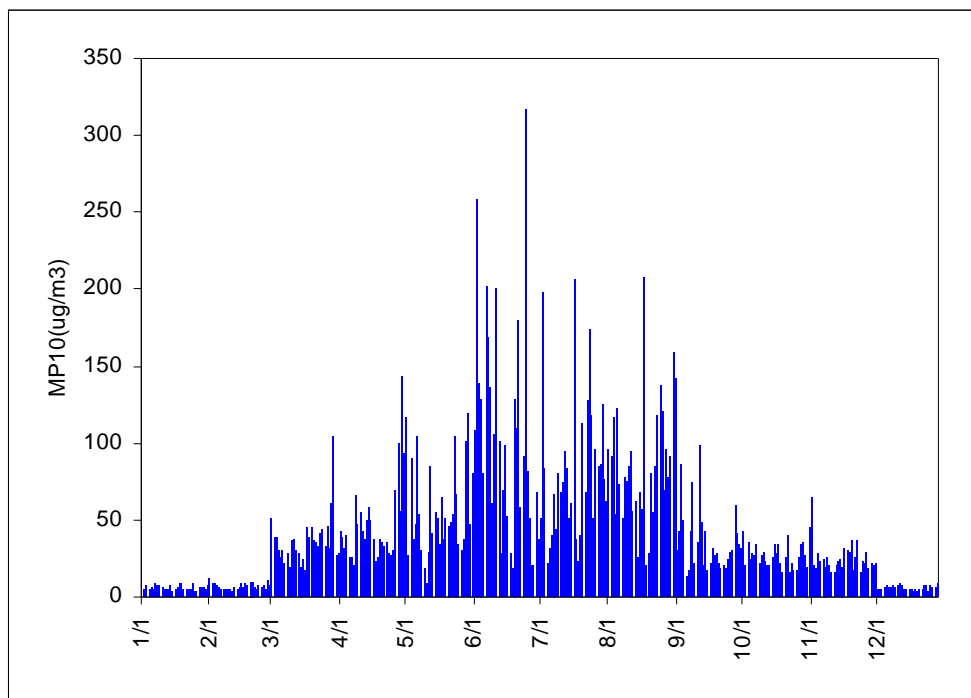
3.20.8 Resultados de la modelación de los FEC

Los resultados del aporte de MP10 y MP2,5 desde las fuentes industriales, combustión residencial de leña, fuentes móviles en ruta y quemas agrícolas a los receptores seleccionados en las zonas urbanas de la comuna de Talca y zona norte de la comuna de Maule se muestran en las tablas siguientes. Cada tabla incluye el percentil 98 del aporte de los promedios diarios y el aporte promedio anual de MP10 y MP2,5, considerando el inventario base del año 2012 y el año meteorológico 2009.

TABLA 3.20-6. APORTE DE MP10 Y MP2,5 POR COMBUSTIÓN RESIDENCIAL DE LEÑA A LOS RECEPTORES UBICADOS ZONAS URBANAS DE LA COMUNA DE TALCA Y ZONA NORTE DE LA COMUNA DE MAULE

Receptor	Aporte a la concentración ambiental de MP10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Aporte a la concentración ambiental de MP2,5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
	Percentil 98 promedio diario	Promedio anual	Percentil 98 promedio diario	Promedio anual
La Florida	180,1	44,2	175,2	43,0
UTAL	109,3	24,4	106,4	23,8
UC Maule	156,9	27,2	152,8	26,5
1	65,7	18,3	64,0	17,8
2	120,6	30,5	117,3	29,7
3	180,3	41,1	175,4	40,0
4	153,1	40,1	149,0	39,0
5	128,8	33,8	125,3	32,8
6	213,4	46,8	207,6	45,5
7	138,9	32,8	135,3	31,9
8	209,0	45,5	203,8	44,3
Promedio	150,6	35,0	146,6	34,0

Fuente: Elaboración propia

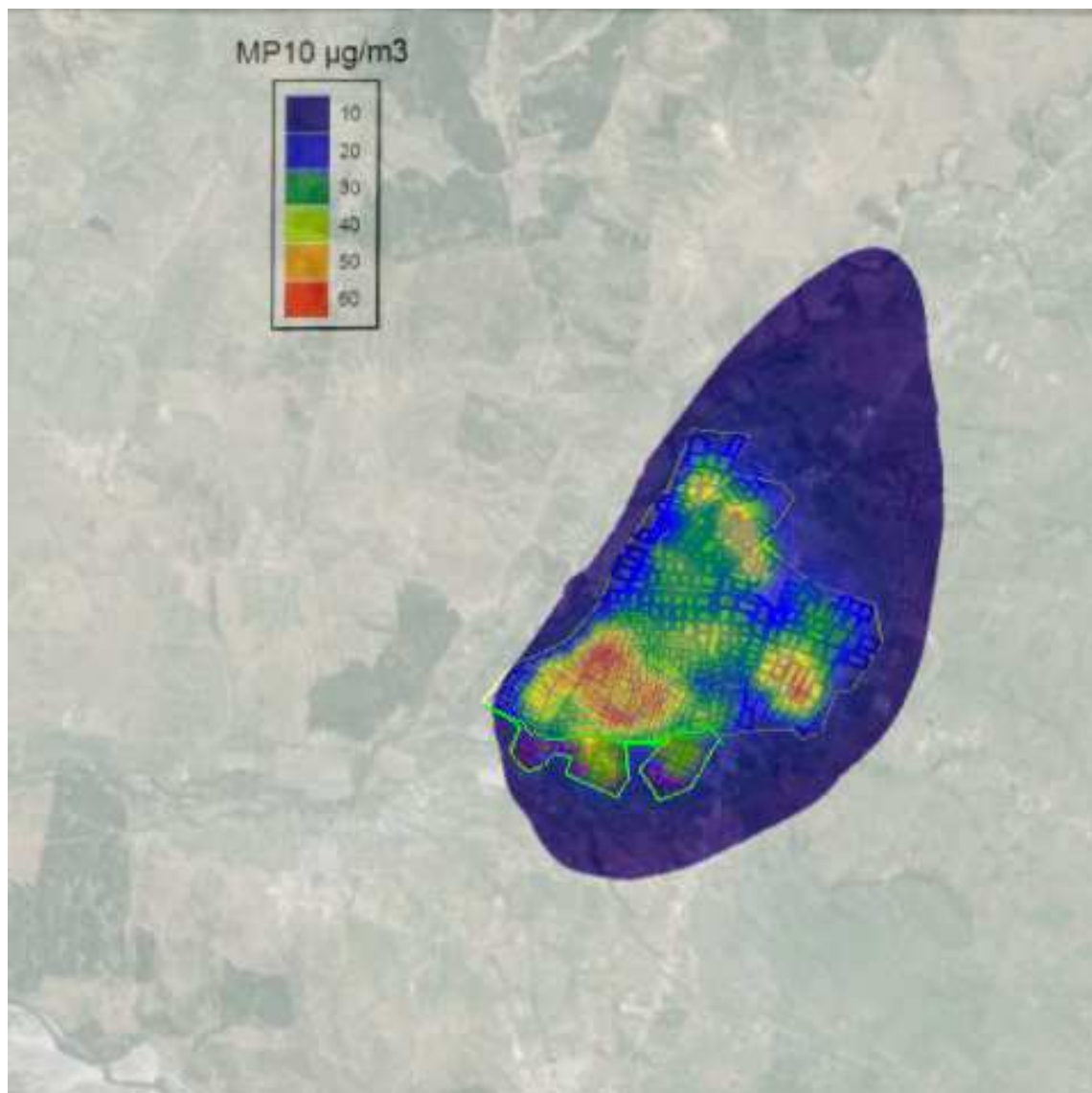


Fuente: Elaboración Propia

FIGURA 3.20-14. APOORTE TEMPORAL DE LA COMBUSTIÓN RESIDENCIAL DE LEÑA A LAS CONCENTRACIONES AMBIENTALES DE MP10 EN LA ESTACIÓN DE MONITOREO LA FLORIDA

En el gráfico anterior se puede observar que los mayores aportes promedios diarios ocurren entre los meses de junio a agosto, donde se utiliza con mayor intensidad la leña para calefacción debido a la baja temperatura ambiente. Por otro lado, las condiciones de ventilación disminuyen en los meses fríos debido a una menor estructura de capa de mezcla y mayor persistencia de la inversión térmica por la menor radiación solar.

Por otro lado, en la siguiente figura se muestra las curvas de isoconcentración para el aporte promedio anual de la combustión residencial de leña a los niveles ambientales de MP10. Se puede observar que el modelo predice que los mayores niveles de contaminación producto de la combustión de leña estarían ocurriendo en la zona sur poniente de la ciudad de Talca.



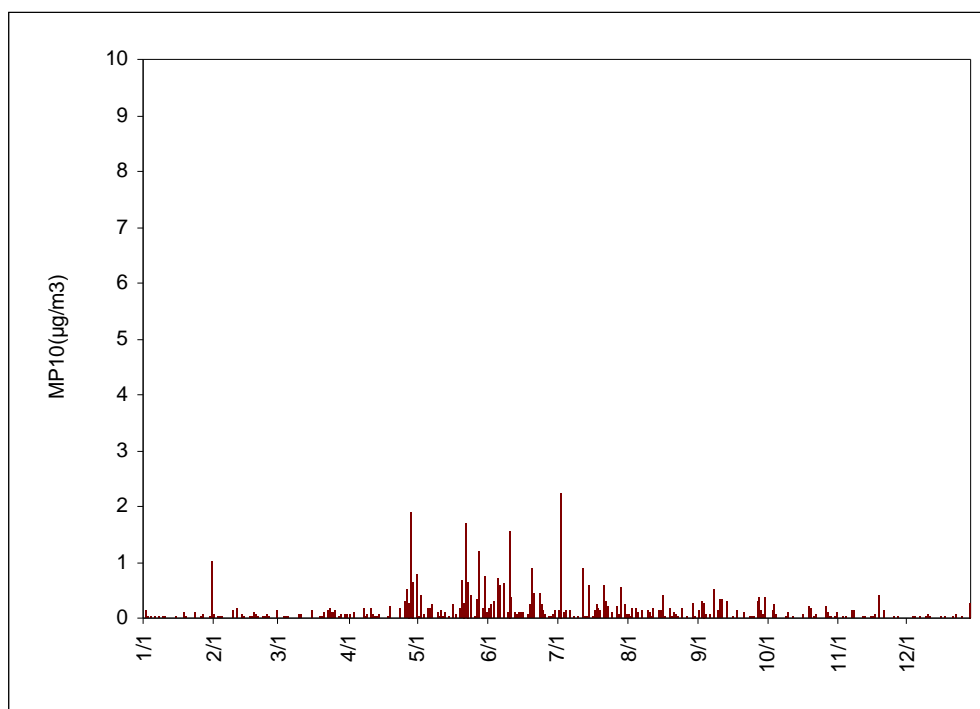
Fuente: elaboración propia

FIGURA 3.20-15. APORTE PROMEDIO ANUAL DE LA COMBUSTIÓN RESIDENCIAL DE LEÑA A LOS NIVELES AMBIENTALES DE MP10 EN LAS ZONAS URBANAS DE LA COMUNA DE TALCA Y ZONA NORTE DE LA COMUNA DE MAULE

TABLA 3.20-7. APOORTE DE MP10 Y MP2,5 DE LAS FUENTES INDUSTRIALES A LOS RECEPTORES UBICADOS EN ZONAS URBANAS DE LA COMUNA DE TALCA Y ZONA NORTE DE LA COMUNA DE MAULE

Receptor	Aporte a la concentración ambiental de MP10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Aporte a la concentración ambiental de MP2,5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
	Percentil 98 promedio diario	Promedio anual	Percentil 98 promedio diario	Promedio anual
La Florida	8,33	0,12	1,83	0,09
UTAL	15,23	1,32	6,94	1,10
UC Maule	2,03	0,93	9,87	0,67
1	2,74	0,15	1,61	0,11
2	2,93	0,20	2,18	0,16
3	3,82	0,12	2,10	0,09
4	5,77	0,19	3,15	0,15
5	3,34	0,26	4,85	0,19
6	11,86	0,23	2,70	0,17
7	5,77	0,55	9,87	0,43
8	5,82	1,11	4,83	0,73
Promedio	8,33	0,47	4,54	0,35

Fuente: Elaboración propia



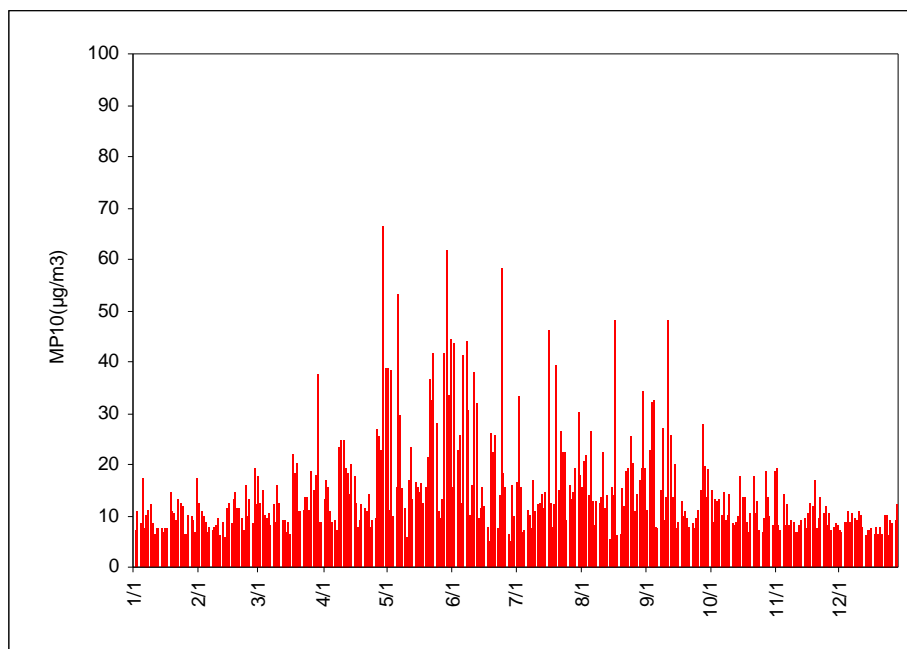
Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.20-16. APOORTE TEMPORAL DE LAS FUENTES INDUSTRIALES A LAS CONCENTRACIONES AMBIENTALES DE MP10 EN LA ESTACIÓN DE MONITOREO LA FLORIDA

TABLA 3.20-8. APOORTE DE MP10 Y MP2,5 DEL TRÁNSITO DE VEHÍCULOS EN VÍAS PAVIMENTADAS Y NO PAVIMENTADAS A LOS RECEPTORES UBICADOS EN LAS ZONAS URBANAS DE LA COMUNA DE TALCA Y ZONA NORTE DE LA COMUNA DE MAULE

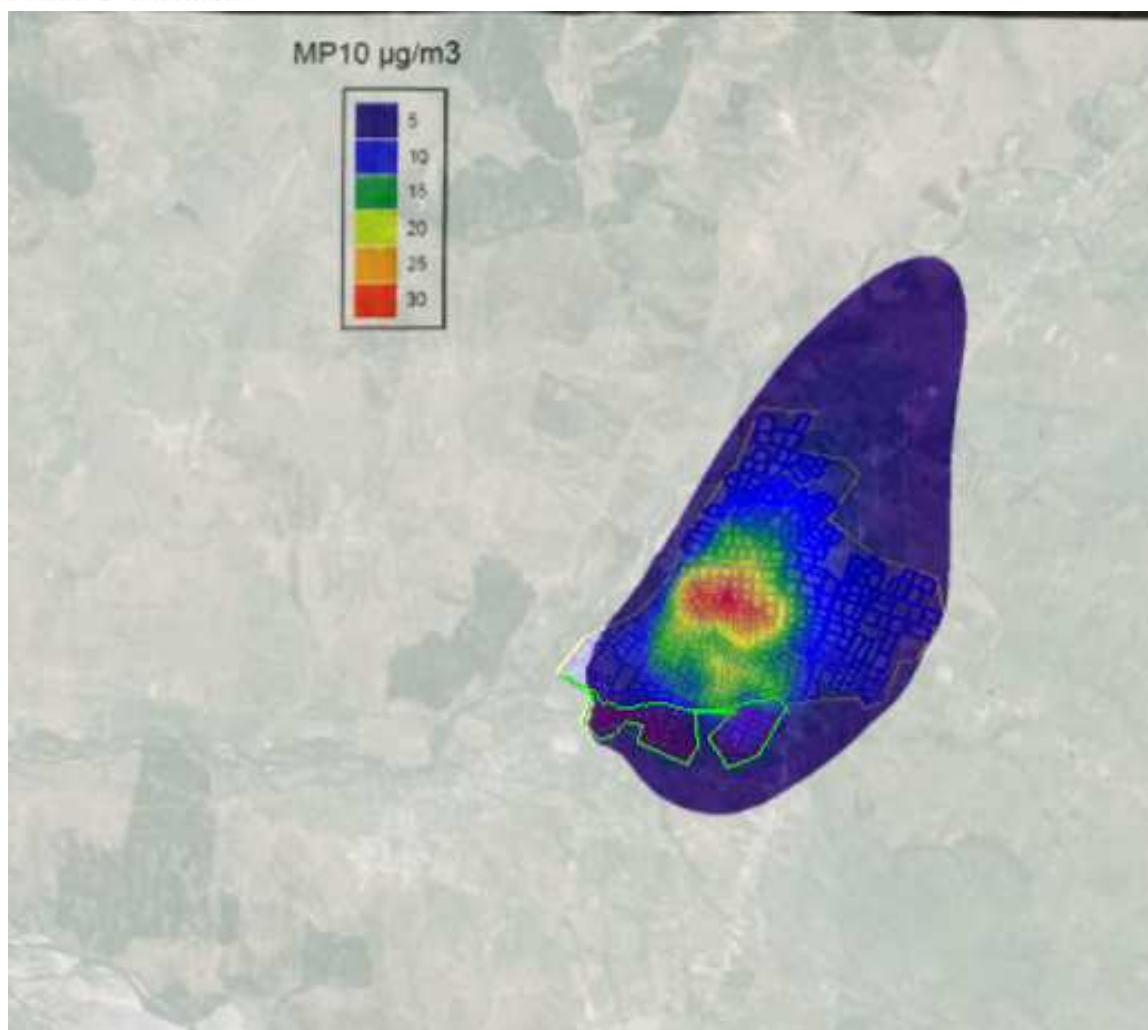
Receptor	Aporte a la concentración ambiental de MP10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Aporte a la concentración ambiental de MP2,5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
	Percentil 98 promedio diario	Promedio anual	Percentil 98 promedio diario	Promedio anual
La Florida	44,51	14,78	8,46	2,81
UTAL	17,86	5,96	3,40	1,14
UC Maule	17,31	3,68	3,29	0,70
1	29,93	9,21	5,69	1,75
2	35,73	13,33	6,79	2,53
3	29,74	6,04	5,66	1,15
4	20,40	6,69	3,88	1,27
5	71,36	21,25	13,57	4,04
6	56,43	16,56	10,73	3,15
7	28,16	9,59	5,36	1,82
8	30,40	7,90	5,79	1,50
Promedio	34,71	10,45	6,60	1,99

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.20-17. APOORTE TEMPORAL DE LAS FUENTES MÓVILES EN RUTA A LAS CONCENTRACIONES AMBIENTALES DE MP10 EN LA ESTACIÓN DE MONITOREO LA FLORIDA



Fuente: elaboración propia

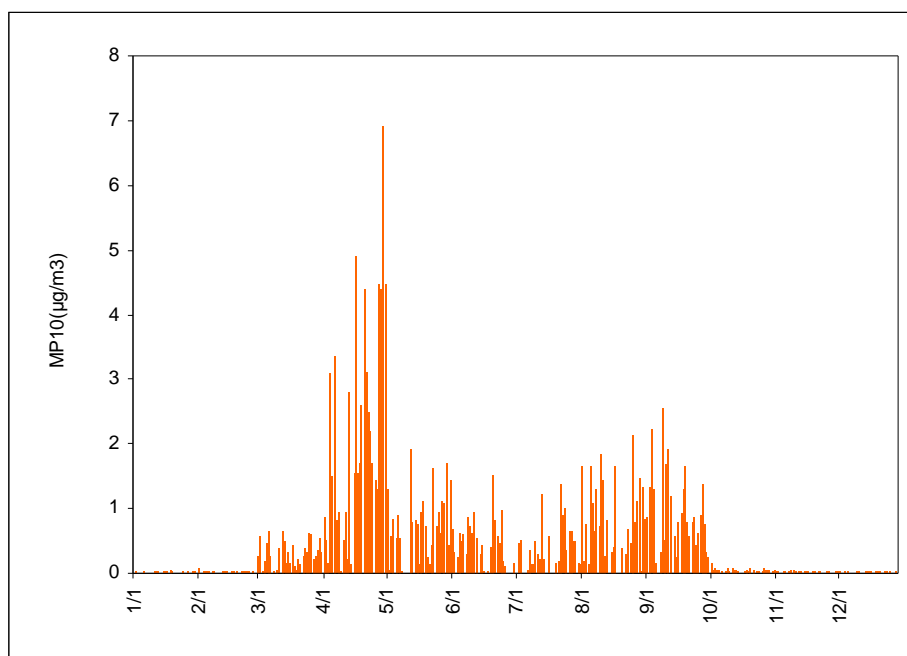
FIGURA 3.20-18. APORTE PROMEDIO ANUAL DE LAS FUENTES MÓVILES EN RUTA A LOS NIVELES AMBIENTALES DE MP10 EN LAS ZONAS URBANAS DE LA COMUNA DE TALCA Y ZONA NORTE DE LA COMUNA DE MAULE

En la figura anterior se muestra las curvas de isoconcentración para el aporte promedio anual de las fuentes móviles en ruta (tránsito vehicular en la ciudad) a los niveles ambientales de MP10. Se puede observar que el modelo predice que los mayores niveles de material particulado MP10 producto de las emisiones fugitivas de los vehículos estaría ocurriendo en la zona central de la ciudad.

TABLA 3.20-9. APOORTE DE MP10 DE LAS QUEMAS AGRÍCOLAS A LOS RECEPTORES UBICADOS EN LAS ZONAS URBANAS DE LA COMUNA DE TALCA Y ZONA NORTE DE LA COMUNA DE MAULE

Receptor	Aporte a la concentración ambiental de MP10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Aporte a la concentración ambiental de MP2,5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
	Percentil 98 promedio diario	Promedio anual	Percentil 98 promedio diario	Promedio anual
La Florida	3,11	0,49	2,64	0,42
UTAL	4,86	0,86	4,13	0,73
UC Maule	6,74	0,91	5,73	0,77
1	1,92	0,32	1,63	0,27
2	2,35	0,46	1,99	0,39
3	6,13	0,77	5,19	0,65
4	2,01	0,37	1,71	0,32
5	3,56	0,62	3,02	0,52
6	5,44	0,92	4,61	0,78
7	4,77	0,79	4,05	0,67
8	6,39	0,95	5,42	0,81
Promedio	4,30	0,68	3,65	0,58

Fuente: Elaboración propia

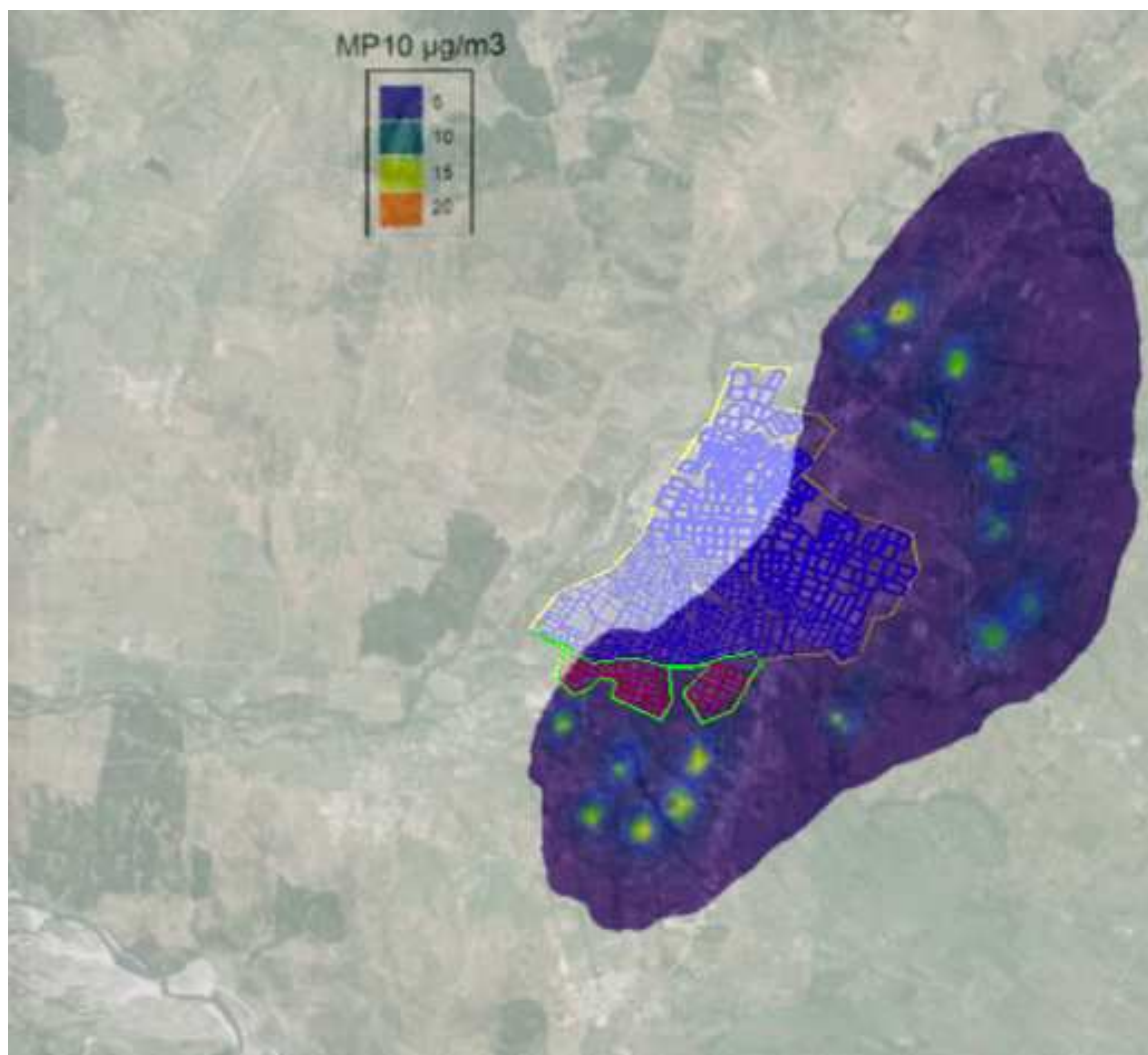


Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.20-19. APOORTE TEMPORAL DE LAS QUEMAS AGRÍCOLAS A LAS CONCENTRACIONES AMBIENTALES DE MP10 EN LA ESTACIÓN DE MONITOREO LA FLORIDA

En la figura anterior se muestra la distribución temporal simulada para el aporte de las quemas agrícolas a los niveles ambientales diarios de MP10 observados en la estación de monitoreo de calidad del aire La Florida. Se puede apreciar que el modelo predice que los

principales aportes de MP10 ocurrirían entre mayo y abril, mientras que en la figura siguiente se muestra la variabilidad espacial de las quemas agrícolas a los niveles ambientales de MP10.



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.20-20. APORTE PROMEDIO ANUAL DE QUEMAS AGRÍCOLAS A LOS NIVELES AMBIENTALES DE MP10 EN LAS ZONAS URBANAS DE LA COMUNA DE TALCA Y ZONA NORTE DE LA COMUNA DE MAULE

De los resultados de todas las fuentes de material particulado simuladas, se puede apreciar el mayor aporte de MP10 y MP2,5 corresponde a la quema residencial de leña, seguido por el aporte de las fuentes móviles, las fuentes industriales y comerciales y, por último, quemas agrícolas.

3.20.9 Factores de Emisión Concentración (FEC) para MP10 y MP2,5

La relación que existe entre las emisiones de MP10 y MP2,5 según cada tipo de fuente evaluada y la concentración ambiental se representa en la relación factor de emisión - concentración (FEC) y se muestra en las siguientes tablas.

TABLA 3.20-10. RELACIÓN EMISIÓN – CONCENTRACIÓN AMBIENTAL DE MP10 Y MP2,5 POR COMBUSTIÓN RESIDENCIAL DE LEÑA EN ZONAS URBANAS DE LA COMUNA DE TALCA Y ZONA NORTE DE LA COMUNA DE MAULE

Receptor	Factor emisión concentración MP10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3 / \text{ton/año}$)	Factor emisión concentración MP2,5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3 / \text{ton/año}$)
La Florida	0,0453	0,0453
UTAL	0,0250	0,0251
UC Maule	0,0279	0,0279
1	0,0188	0,0188
2	0,0313	0,0313
3	0,0421	0,0421
4	0,0411	0,0411
5	0,0346	0,0346
6	0,0480	0,0480
7	0,0336	0,0336
8	0,0467	0,0467
Promedio	0,0359	0,0359

Fuente: Elaboración propia

TABLA 3.20-11. RELACIÓN EMISIÓN – CONCENTRACIÓN AMBIENTAL DE MP10 Y MP2,5 PARA EL APORTE DE LAS INDUSTRIAS EN ZONAS URBANAS DE LA COMUNA DE TALCA Y ZONA NORTE DE LA COMUNA DE MAULE

Receptor	Factor emisión concentración MP10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3 / \text{ton/año}$)	Factor emisión concentración MP2,5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3 / \text{ton/año}$)
La Florida	0,0006	0,0007
UTAL	0,0070	0,0082
UC Maule	0,0050	0,0050
1	0,0008	0,0008
2	0,0011	0,0012
3	0,0006	0,0007
4	0,0010	0,0011
5	0,0014	0,0014
6	0,0012	0,0013
7	0,0029	0,0032
8	0,0059	0,0055
Promedio	0,0025	0,0026

Fuente: Elaboración propia

TABLA 3.20-12. RELACIÓN EMISIÓN – CONCENTRACIÓN AMBIENTAL DE MP10 Y MP2,5 PARA EL APOORTE DE LAS FUENTES MÓVILES EN ZONAS URBANAS DE LA COMUNA DE TALCA Y ZONA NORTE DE LA COMUNA DE MAULE

Receptor	Factor emisión concentración MP10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3 / \text{ton/año}$)	Factor emisión concentración MP2,5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3 / \text{ton/año}$)
La Florida	0,0357	0,0357
UTAL	0,0144	0,0144
UC Maule	0,0089	0,0089
1	0,0222	0,0222
2	0,0322	0,0322
3	0,0146	0,0146
4	0,0162	0,0162
5	0,0513	0,0513
6	0,0400	0,0400
7	0,0232	0,0232
8	0,0191	0,0191
Promedio	0,0253	0,0253

Fuente: Elaboración propia

TABLA 3.20-13. RELACIÓN EMISIÓN – CONCENTRACIÓN AMBIENTAL DE MP10 Y MP2,5 PARA EL APOORTE DE LAS QUEMAS AGRÍCOLAS EN ZONAS URBANAS DE LA COMUNA DE TALCA Y ZONA NORTE DE LA COMUNA DE MAULE

Receptor	Factor emisión concentración MP10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3 / \text{ton/año}$)	Factor emisión concentración MP2,5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3 / \text{ton/año}$)
La Florida	0,0040	0,0040
UTAL	0,0069	0,0070
UC Maule	0,0073	0,0074
1	0,0026	0,0026
2	0,0037	0,0037
3	0,0062	0,0062
4	0,0030	0,0030
5	0,0050	0,0050
6	0,0074	0,0074
7	0,0063	0,0064
8	0,0077	0,0077
Promedio	0,0055	0,0055

Fuente: Elaboración propia

3.20.10 Escenarios de cumplimiento normativo

A partir de los antecedentes previos se han generado tres escenarios (Cumplimiento de Plan, Pasivo y Agresivo) con su correspondiente potencial reducción de emisiones producto de las medidas implementadas.

El escenario Cumplimiento de Plan se estructura bajo el criterio del cumplimiento

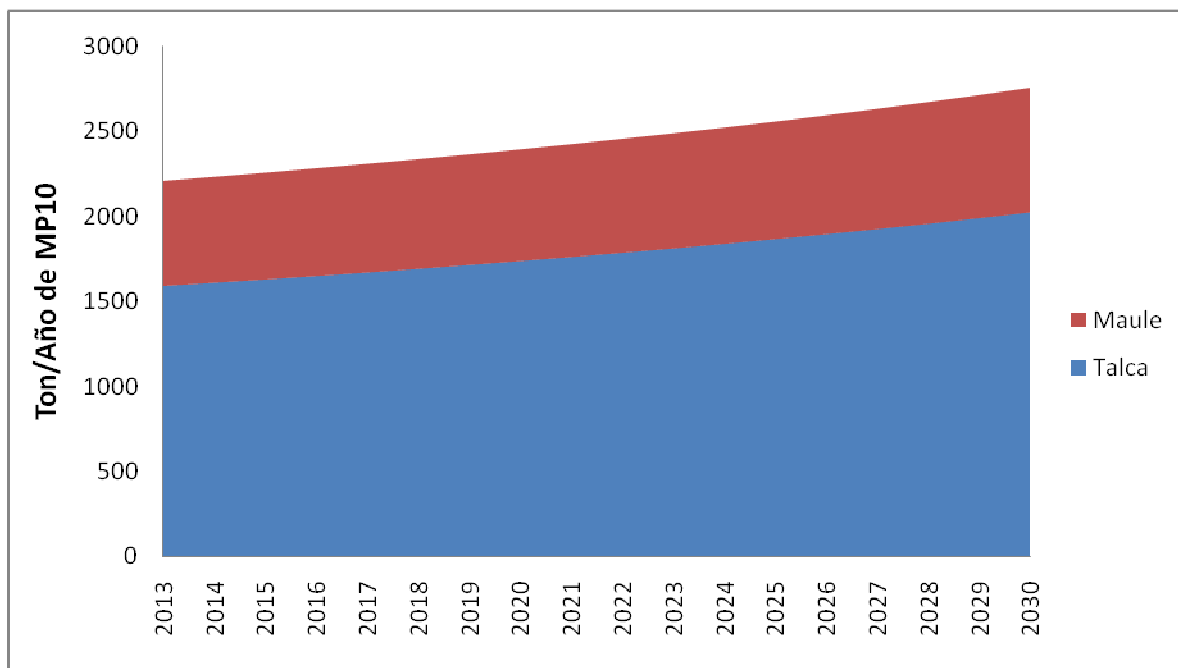
esperado de las medidas incorporadas, esto significa supuestos razonables sobre la efectividad de las medidas cuyo efecto es más incierto debido al comportamiento de los agentes afectados o por esfuerzos de fiscalización. Por ejemplo, la medida CEQUIPOS supone un recambio de 1500 equipos, para la medida RLEÑA se asume un cumplimiento del 30% al inicio y 60% al final del plan, mientras para la medida PQUEMAS se asume un 10% de cumplimiento al año 2015 incrementándose en 10% cada año hasta alcanzar un 100%. La medida SUBSGAS asume que no aplica para este escenario.

El escenario Pasivo se basa en la lógica que los procesos de adopción del cumplimiento de la normativa y problemas de fiscalización puedan alterar negativamente las metas del escenario de Cumplimiento de Plan. Por ejemplo, para la medida RLEÑA se asume un cumplimiento del 0% al inicio y 60% al final del plan, un programa de recambio por 500 equipos al año, las medidas PROHIBLEÑA y CONGEQUIPOS no son aplicadas, mientras para la medida PQUEMAS se asume la mitad de cumplimiento respecto al escenario cumplimiento de plan. La medida SUBSGAS asume que no aplica para este escenario.

El escenario agresivo incluye mayores recursos y esfuerzos de reducción en el ámbito de la combustión de leña residencial financiados por parte del Estado. Por ejemplo, para la medida RLEÑA se asume un cumplimiento del 30% al inicio y 100% al final del plan, la medida CEQUIPOS es aplicada con estufas a pellets en vez de equipos que cumplan el D.S. N° 39/2011, mientras para la medida PQUEMAS se asume un 10% de cumplimiento al año 2015 incrementándose en 10% cada año hasta alcanzar un 100%. Adicionalmente, en la medida SUBSGAS se incorpora una penetración de un 25% del parque de artefactos a leña que se cambia a gas debido a un subsidio al precio de este combustible.

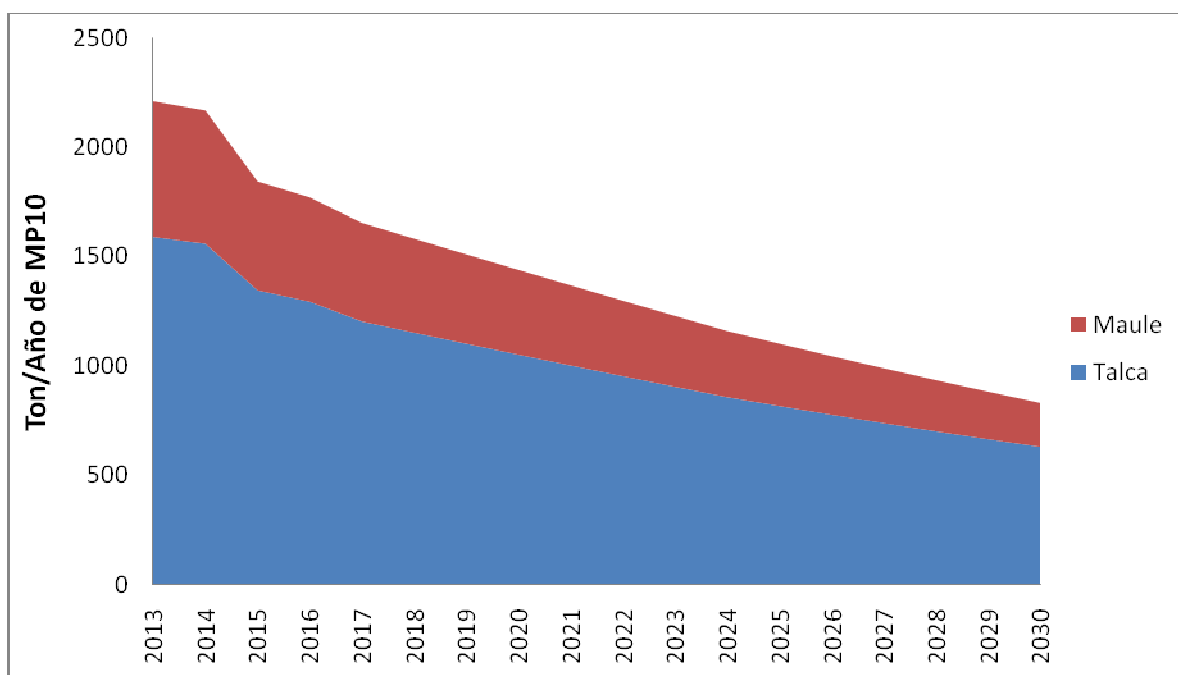
Las medidas asociadas al sector industrial se asumen con 100% de cumplimiento en los tres escenarios esto se justifica porque son relativamente pocas fuentes y existe mayor probabilidad de fiscalización por parte de la autoridad, lo cual facilita el cumplimiento.

En las siguientes figuras se presenta la evolución de emisiones en cada comuna a través del tiempo para los escenarios Base, Cumplimiento de Plan, Pasivo y Agresivo, respectivamente.



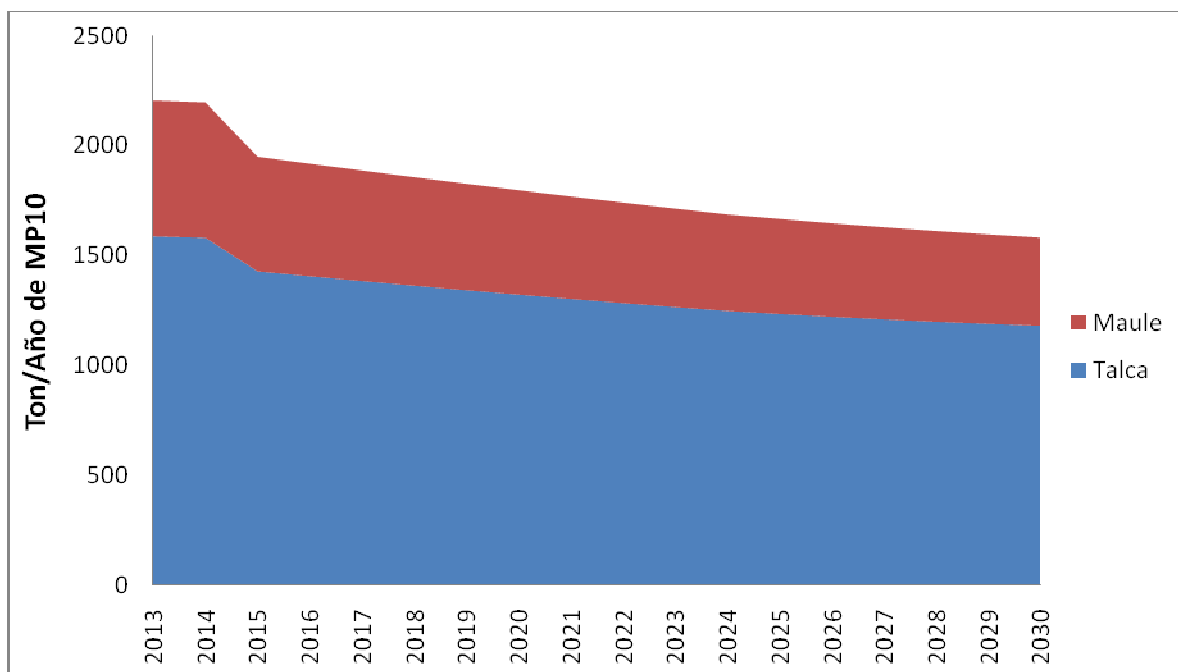
Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.20-21. EMISIONES DE MP10 ESCENARIO BASE



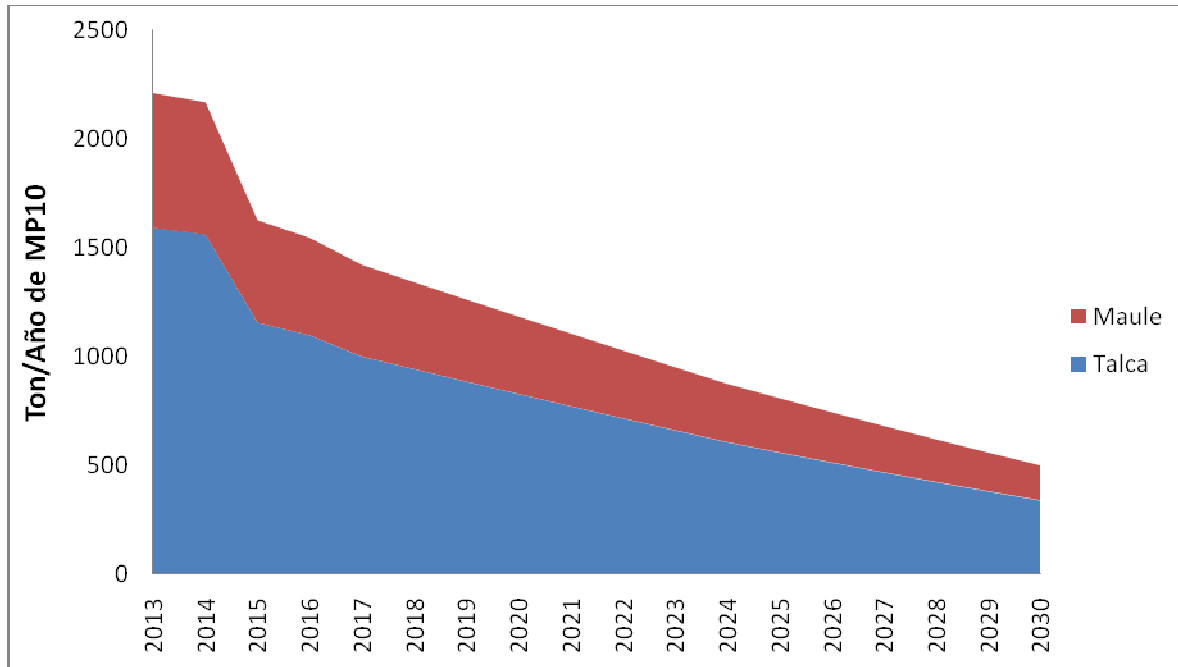
Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.20-22. EMISIONES DE MP10 ESCENARIO CUMPLIMIENTO DE PLAN



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.20-23. EMISIONES DE MP10 ESCENARIO PASIVO

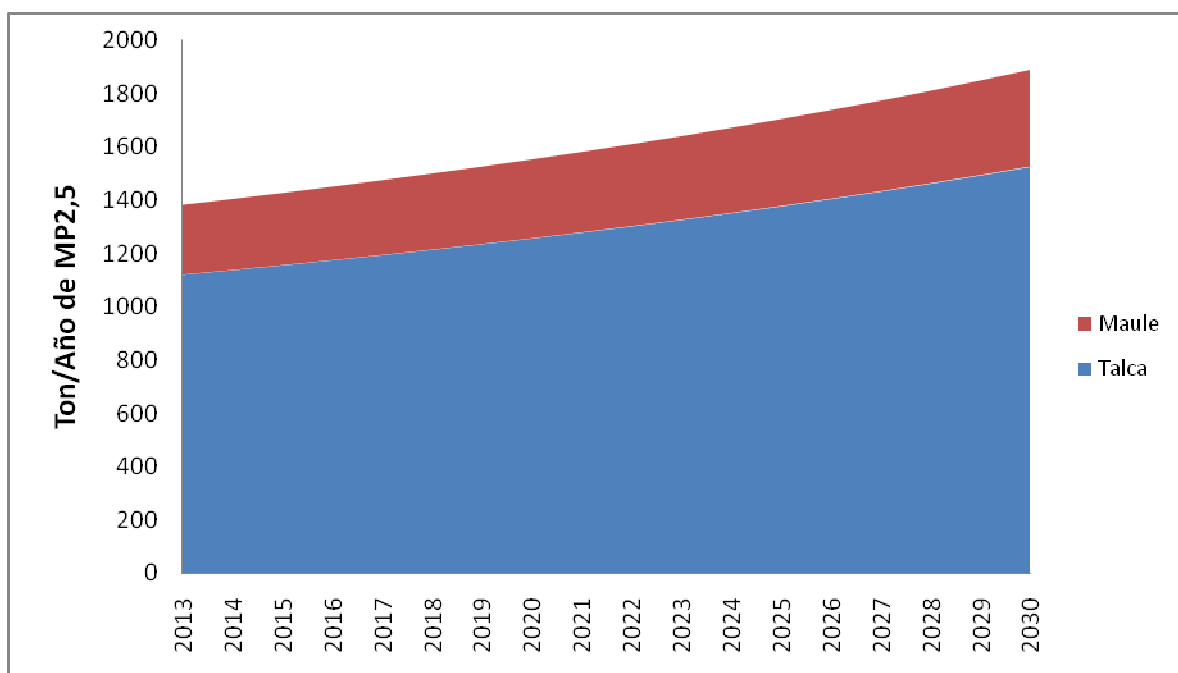


Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.20-24. EMISIONES DE MP10 ESCENARIO AGRESIVO

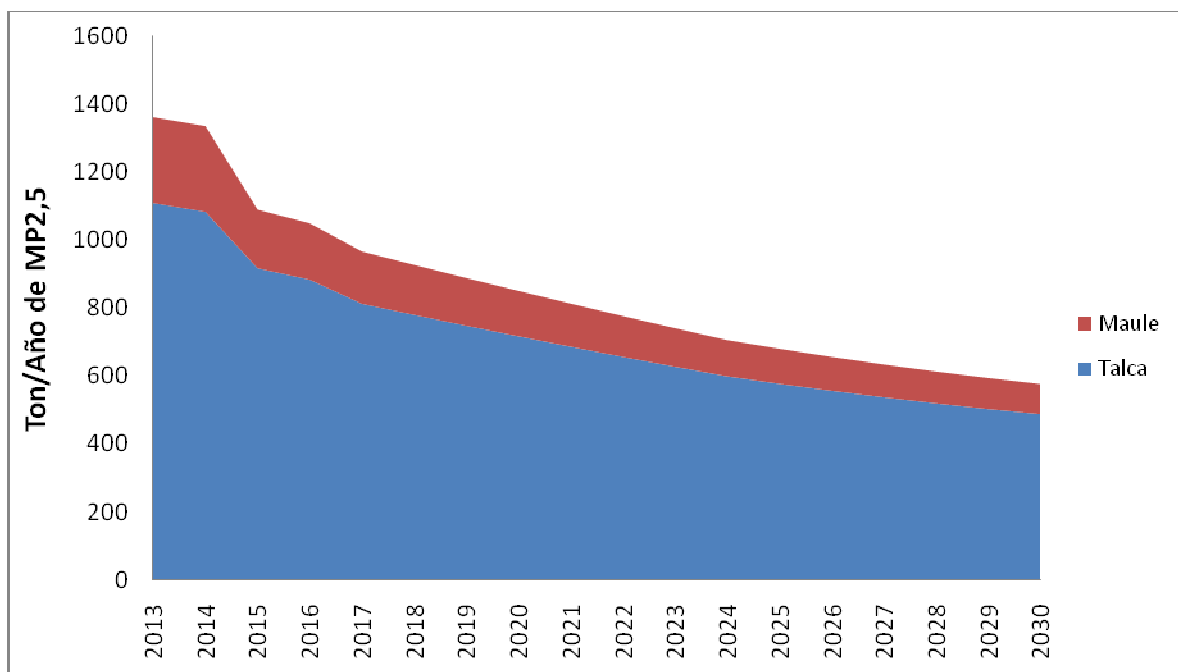
De las figuras anteriores se desprende que sin medidas que modifiquen el escenario base en las comunas de Talca y Maule, las emisiones de MP10 seguirán incrementando través del tiempo. También se concluye que sólo la aplicación de las medidas en los escenarios Cumplimiento de Plan y Agresivo permiten lograr una reducción significativa de las emisiones con respecto al año base, al contrario del escenario Pasivo en el cual las emisiones bajan pero de forma más paulatina y en menor magnitud.

A continuación se presentan los mismos análisis pero esta vez para el contaminante MP2,5 en los escenarios Base, Cumplimiento de Plan, Pasivo y Agresivo, respectivamente.



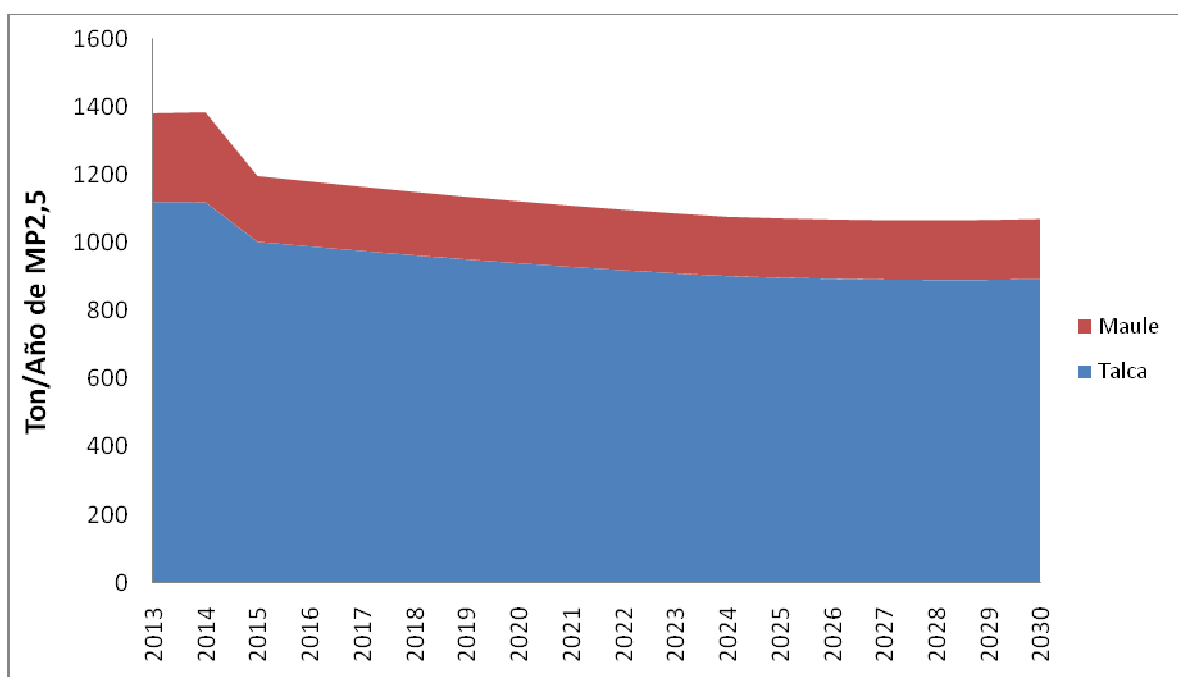
Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.20-25. EMISIONES DE MP2,5 ESCENARIO BASE



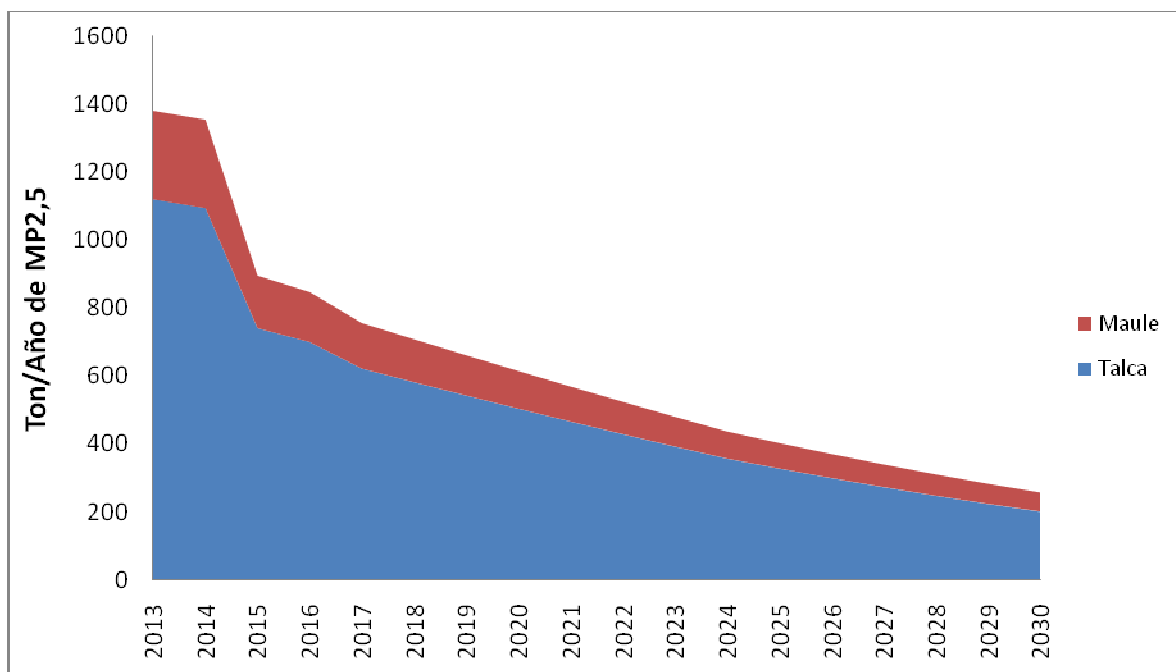
Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.20-26. EMISIONES DE MP2,5 ESCENARIO CUMPLIMIENTO DE PLAN



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.20-27. EMISIONES DE MP2,5 ESCENARIO PASIVO



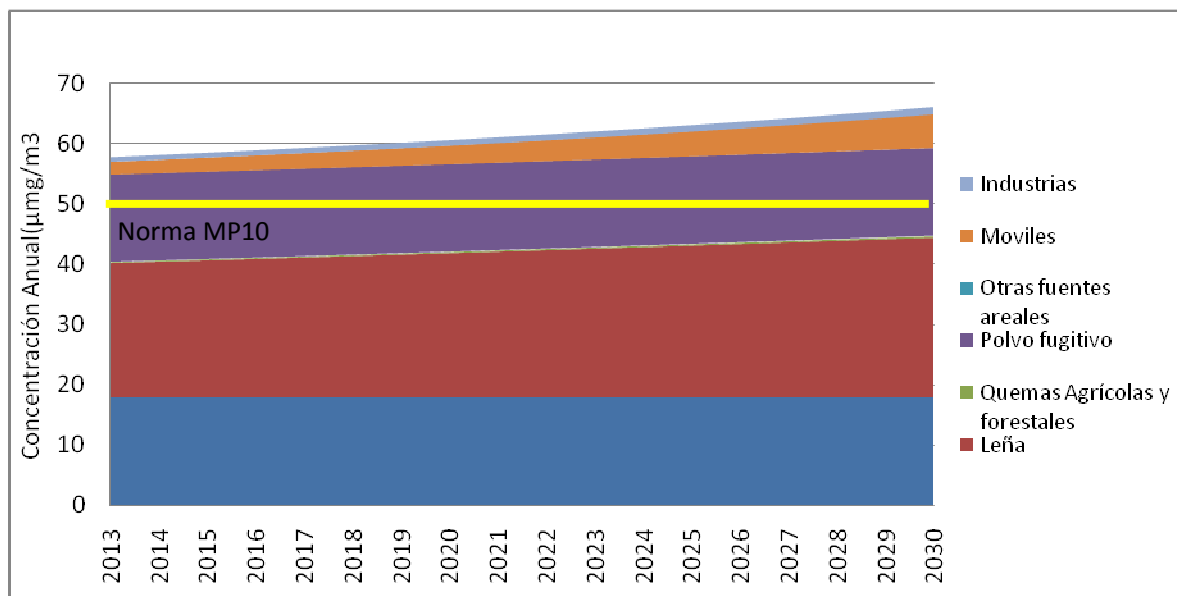
Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.20-28. EMISIONES DE MP2,5 ESCENARIO AGRESIVO

Para generar una aproximación al impacto de las medidas incluidas en los escenarios sobre las concentraciones ambientales de estos contaminantes, se utilizó los resultados de la modelación de los factores de emisión-concentración o FEC. Estos factores fueron calculados para cada una de las fuentes analizadas; combustión residencial de leña, quemas agrícolas, fuentes móviles e industrias. Para el análisis también se consideró el background estimado para MP10 ($17,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y MP2,5 ($13 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

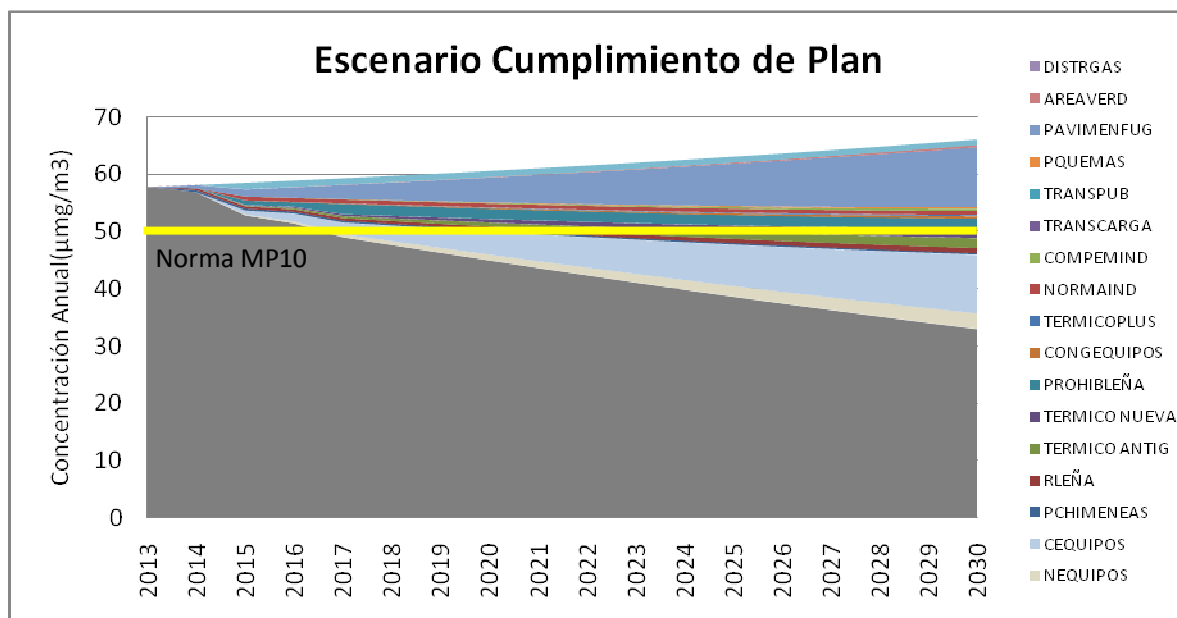
De este modo se multiplica el FEC de cada fuente con el nuevo nivel de emisiones, el cual es menor respecto al escenario base debido al impacto de reducción de cada medida. Así se obtiene el nuevo nivel de concentraciones a través del tiempo para cada comuna. Sin embargo, para identificar cuáles de las medidas generan las mayores reducciones en los niveles de concentraciones de estos contaminantes (MP10 y MP2,5), se construyen figuras para cada escenario a partir de los efectos promedios en las comunas de Talca y Maule. Esto permite visualizar el aporte incremental de las medidas para dar cumplimiento con los objetivos del Plan.

Los resultados de concentraciones para el contaminante MP10 se presentan en las siguientes figuras.



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.20-29. CONCENTRACIONES DE MP10 ESCENARIO BASE



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.20-30. REDUCCIÓN DE CONCENTRACIONES DE MP10 ESCENARIO CUMPLIMIENTO DE PLAN

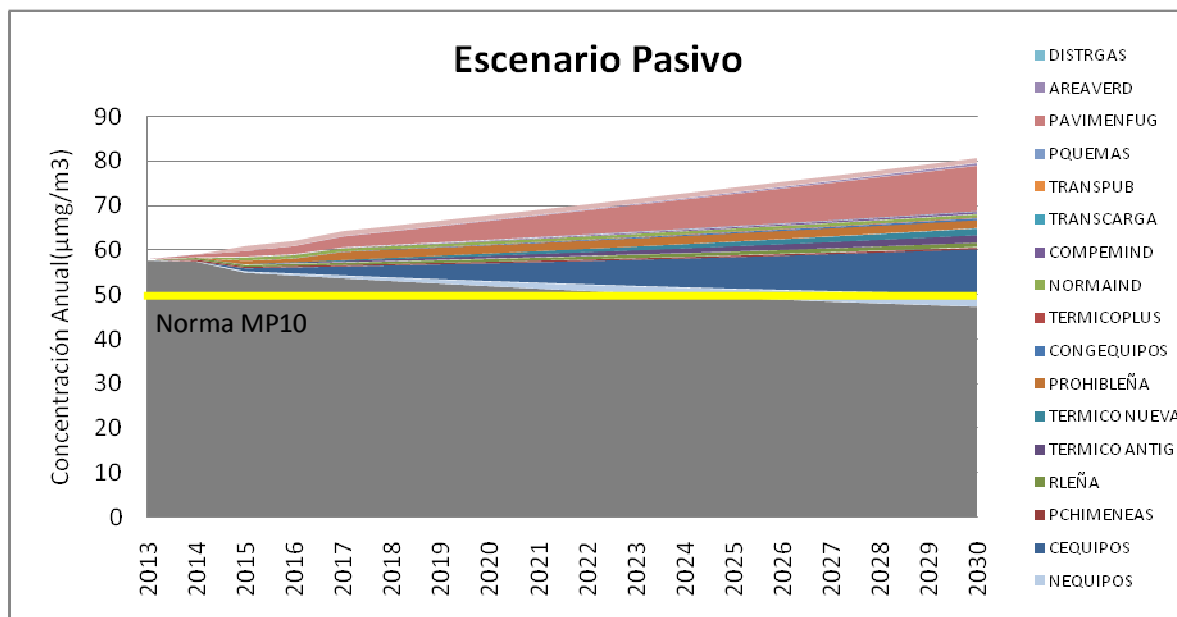


FIGURA 3.20-31. REDUCCIÓN DE CONCENTRACIONES DE MP10 ESCENARIO PASIVO

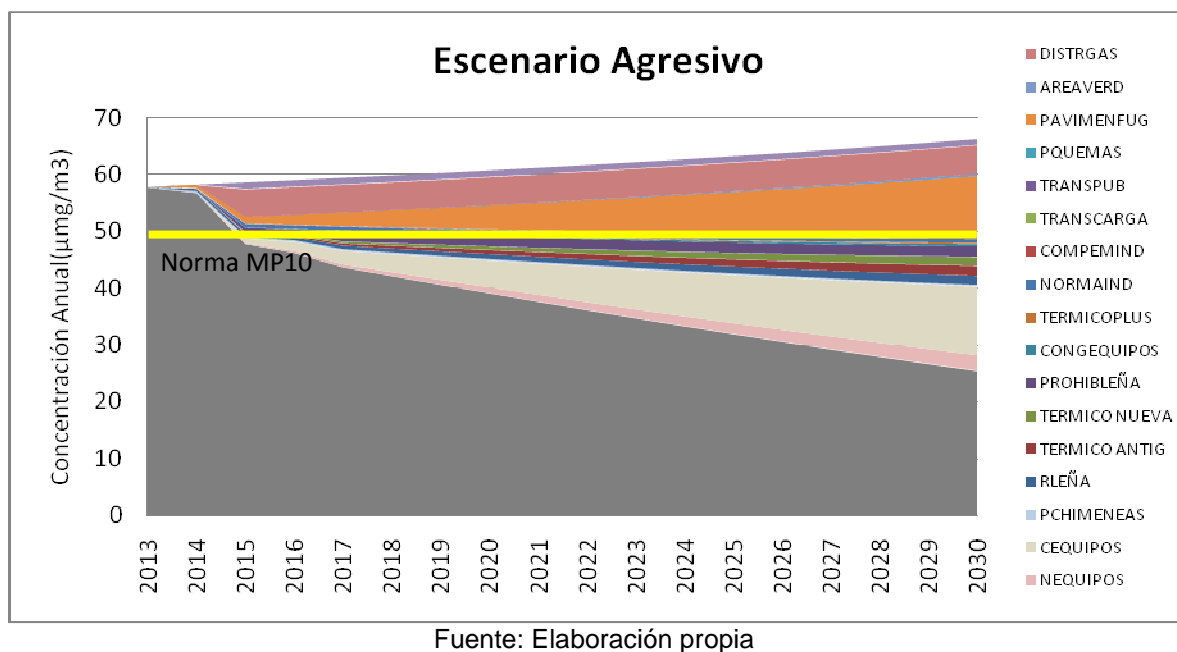
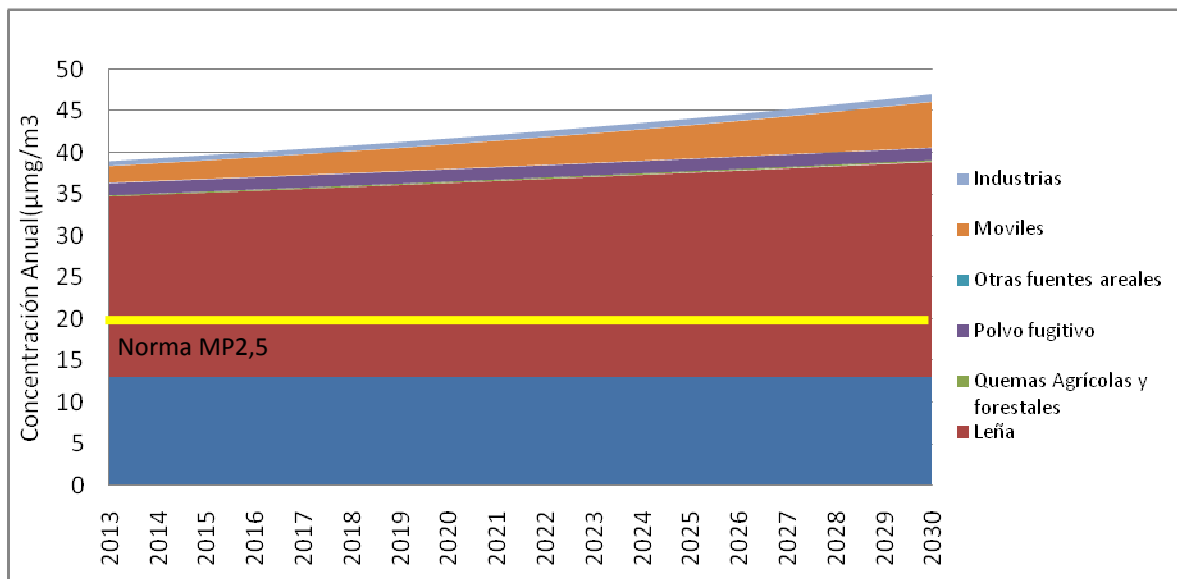


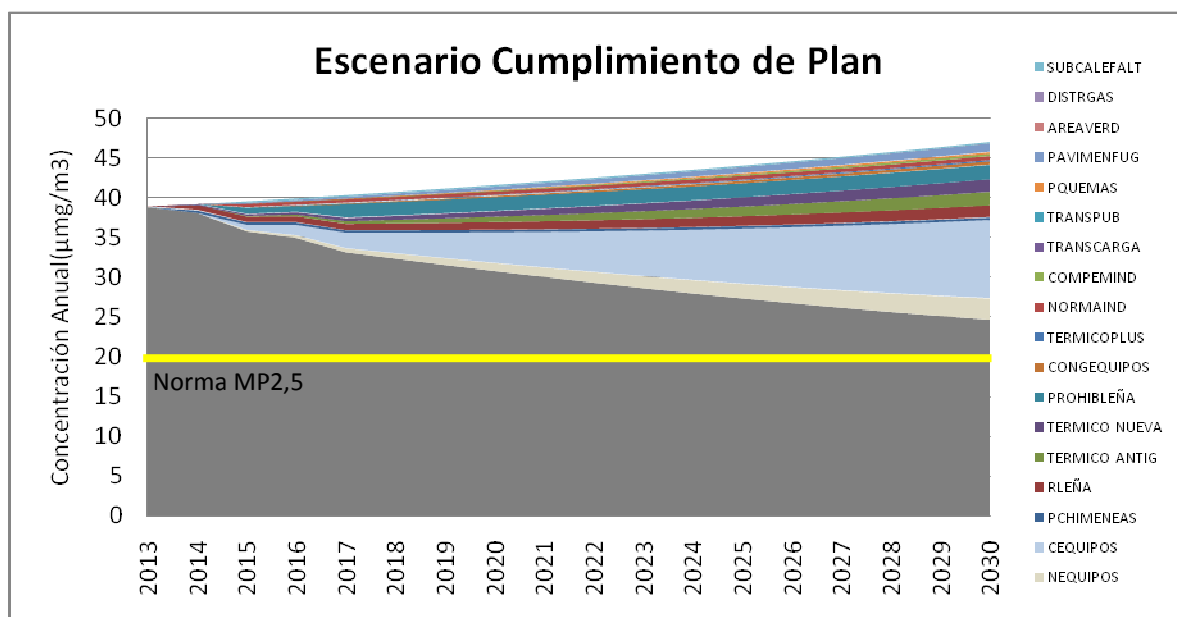
FIGURA 3.20-32. REDUCCIÓN DE CONCENTRACIONES DE MP10 ESCENARIO AGRESIVO

Los resultados en concentraciones para el contaminante MP2,5 se presentan en las siguientes figuras.



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.20-33. CONCENTRACIONES DE MP2,5 ESCENARIO BASE



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.20-34. REDUCCIÓN DE CONCENTRACIONES DE MP2,5 ESCENARIO CUMPLIMIENTO DE PLAN

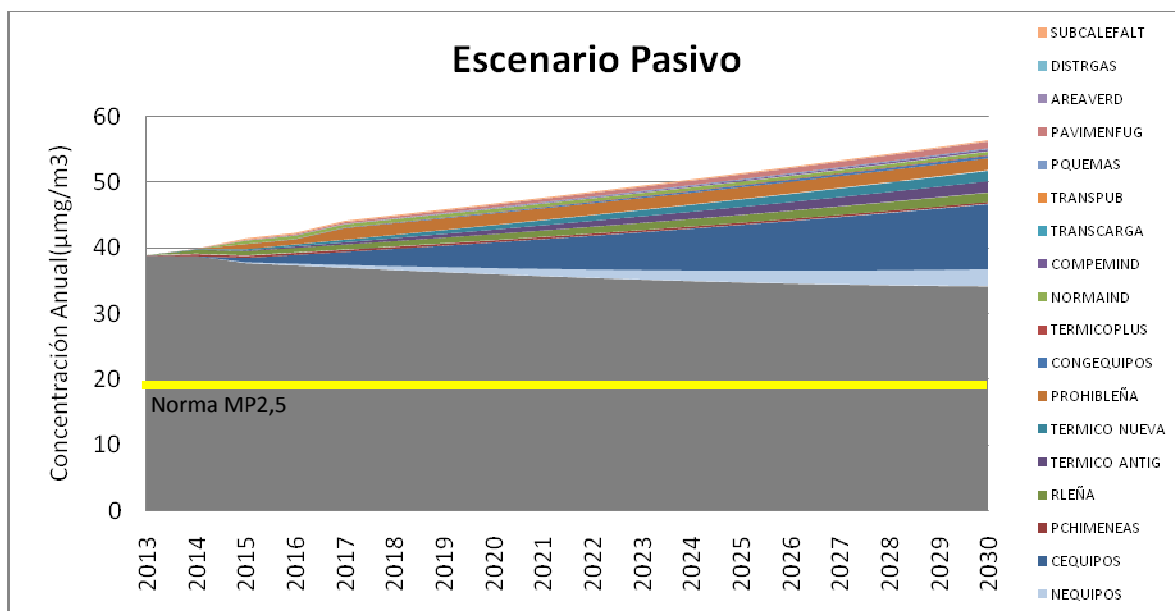


FIGURA 3.20-35. REDUCCIÓN DE CONCENTRACIONES DE MP2,5 ESCENARIO PASIVO

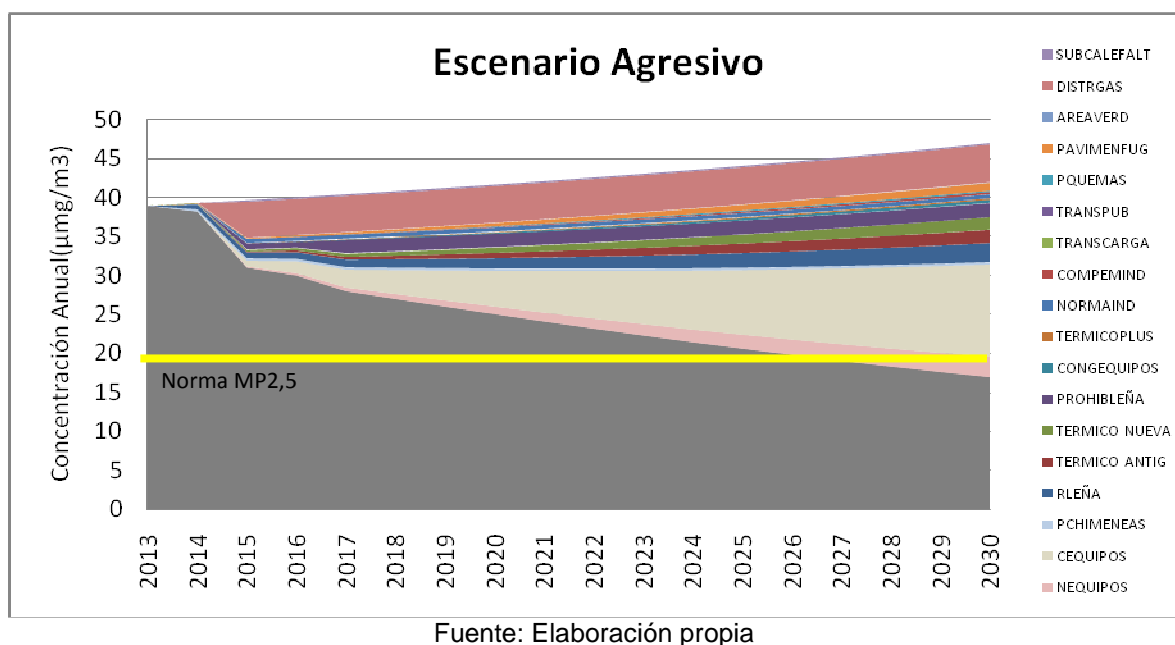


FIGURA 3.20-36. REDUCCIÓN DE CONCENTRACIONES DE MP2,5 ESCENARIO AGRESIVO

Independientemente del contaminante analizado, se desprende de las figuras anteriores que las medidas enfocadas al consumo residencial de leña como el recambio de equipos a leña y subsidio al gas, aportan significativamente a la reducción de los niveles de concentración de MP10 y MP2,5 en la zona saturada de Talca y Maule. La medida asociada a la pavimentación

de calles es relevante para reducir el MP10, pero no en el caso de MP2,5 dado que las emisiones fugitivas de polvo corresponden principalmente a partículas gruesas. La prohibición del uso de leña en episodios de emergencia y preemergencia, el aislamiento térmico de viviendas nuevas y antiguas, así como también, la norma de equipos a leña a nivel nacional tienen aportes relevantes para la reducción de concentraciones de MP10 y MP2,5. El resto de las medidas evaluadas aportan de forma marginal a la reducción de concentraciones. Por lo anterior, los mayores esfuerzos de cumplimiento y fiscalización deberían concentrarse principalmente en las medidas CEQUIPOS, SUBSGAS, PAVIMENFUG, NEQUIPOS, TERMICONUE y TERMICOANT. En el caso de la medida SUBALTCAL, su bajo aporte se explica debido a que corresponde a un programa piloto en todo el horizonte de evaluación, para el cual la introducción de números equipos con tecnologías limpias de calefacción es muy inferior al recambio propuesto en la medida CEQUIPOS. Por lo tanto, su impacto en los niveles ambientales de MP10 y MP2,5 es menor en el tiempo.

A continuación se presenta un resumen de las proyecciones de los niveles promedios de concentraciones anuales de MP10 y MP2,5 en la zona bajo estudio bajo los distintos escenarios evaluados.

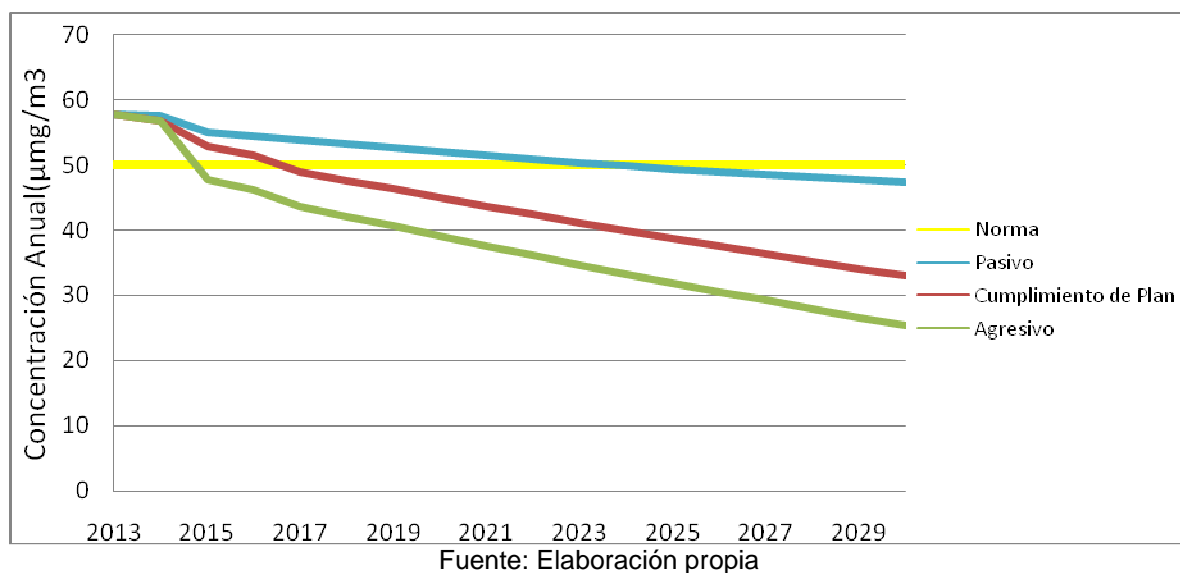


FIGURA 3.20-37. NIVEL DE CONCENTRACIONES ANUALES DE MP10 EN LOS TRES ESCENARIOS CONSIDERADOS

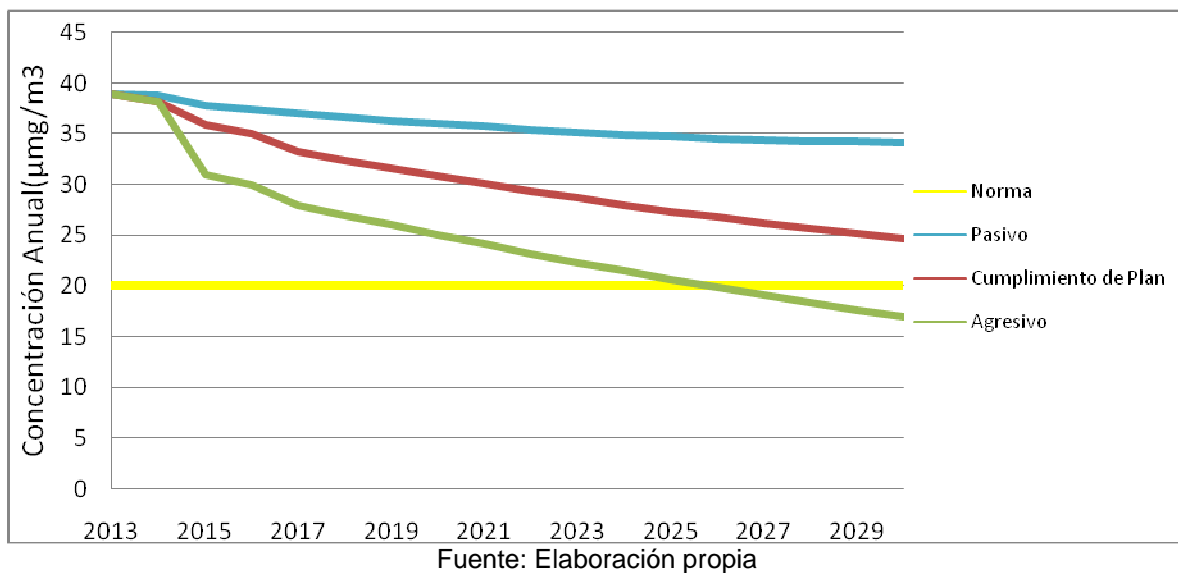


FIGURA 3.20-38. NIVEL DE CONCENTRACIONES ANUALES DE MP2,5 EN LOS TRES ESCENARIOS CONSIDERADOS

A continuación se presenta un resumen que identifica el impacto y efectividad de las medidas en términos de reducción de emisiones y concentraciones de MP10.

TABLA 3.20-14. IMPACTO Y EFECTIVIDAD DE MEDIDAS AÑO FINAL DE EVALUACIÓN PARA MP10

Medidas	Escenario de Emisiones de MP10						Escenario de Concentraciones de MP10					
	Cumpl. de Plan		Pasivo		Agresivo		Cumpl. de Plan		Pasivo		Agresivo	
NEQUIPOS	121,0	4,4%	121,0	4,4%	121,0	4,4%	2,7	2,1%	2,7	2,1%	2,7	2,1%
CEQUIPOS	450,0	16,3%	150,0	5,4%	535,6	19,4%	10,2	7,7%	3,4	2,6%	12,1	9,2%
PCHIMENEAS	16,3	0,6%	16,3	0,6%	16,3	0,6%	0,4	0,3%	0,4	0,3%	0,4	0,3%
RLEÑA	41,7	1,5%	41,7	1,5%	69,5	2,5%	0,9	0,7%	0,9	0,7%	1,6	1,2%
TERMICO ANTIG	77,0	2,8%	77,0	2,8%	77,0	2,8%	1,7	1,3%	1,7	1,3%	1,7	1,3%
TERMICO NUEVA	67,5	2,4%	67,5	2,4%	67,5	2,4%	1,5	1,2%	1,5	1,2%	1,5	1,2%
PROHIBLEÑA	82,1	3,0%	0,0	0,0%	82,1	3,0%	1,9	1,4%	0,0	0,0%	1,9	1,4%
CONGEQUIPOS	19,1	0,7%	0,0	0,0%	19,1	0,7%	0,4	0,3%	0,0	0,0%	0,4	0,3%
TERMICOPUS	9,0	0,3%	9,0	0,3%	9,0	0,3%	0,2	0,2%	0,2	0,2%	0,2	0,2%
NORMAIND	165,6	6,0%	165,6	6,0%	165,6	6,0%	0,7	0,5%	0,7	0,5%	0,7	0,5%
COMPEMIND	105,2	3,8%	105,2	3,8%	105,2	3,8%	0,4	0,3%	0,4	0,3%	0,4	0,3%
TRANSCARGA	0,7	0,0%	0,7	0,0%	0,7	0,0%	0,0	0,0%	0,0	0,0%	0,0	0,0%
TRANSPUB	0,7	0,0%	0,7	0,0%	0,7	0,0%	0,0	0,0%	0,0	0,0%	0,0	0,0%
PQUEMAS	122,9	4,5%	61,5	2,2%	122,9	4,5%	0,2	0,2%	0,1	0,1%	0,2	0,2%
PAVIMENFUG	577,9	20,9%	289,0	10,5%	577,9	20,9%	10,3	7,8%	5,2	3,9%	10,3	7,8%
AREAVERD	27,9	1,0%	27,9	1,0%	27,9	1,0%	0,5	0,4%	0,5	0,4%	0,5	0,4%
SUBSGAS	0,0	0,0%	0,0	0,0%	221,0	8,0%	0,0	0,0%	0,0	0,0%	5,0	3,8%
SUBCALALT	45,1	1,6%	45,1	1,6%	45,1	1,6%	1,0	0,8%	1,0	0,8%	1,0	0,8%

Fuente: Elaboración propia

De los resultados se desprende que al año final de evaluación del Plan las medidas CEQUIPOS, PAVIMENFUG, SUBSGAS y NEQUIPOS, son las que más aportan a la reducción de emisiones de MP10 (respecto a las emisiones totales del escenario base al año 2030) y también a la reducción de concentraciones ambientales de este contaminante. Otras medidas que aportan son NORMAIND, COMPEMIND, TERMICOANT, TERMICONUE, PROHIBLEÑA y RLEÑA. Las medidas enfocadas al transporte y quemas agrícolas aportan de forma marginal a las concentraciones y a la solución del problema en la zona de estudio. También se concluye que los escenarios cumplimiento de plan y agresivo permiten salir de la zona de saturación y latencia para el MP10. Sin embargo, si los equipos a leña disponibles en el mercado no son capaces de cumplir la norma del D.S. N° 39/2011 bajo condiciones normales de operación, entonces debería existir un flujo de recursos desde CEQUIPOS a SUBCALALT para incrementar el número de hogares partícipes de esta última medida.

El mismo análisis se puede realizar para la reducción de emisiones y concentraciones de MP2,5 en el las zonas urbanas de Talca y Maule.

TABLA 3.20-15. IMPACTO Y EFECTIVIDAD DE MEDIDAS AÑO FINAL DE EVALUACIÓN PARA MP2,5

Medidas	Escenario de Emisiones de MP2,5						Escenario de Concentraciones de MP2,5					
	Cumpl. de Plan		Pasivo		Agresivo		Cumpl. de Plan		Pasivo		Agresivo	
NEQUIPOS	117,8	6,3%	117,8	6,2%	117,8	6,2%	2,7	2,8%	2,7	2,8%	2,7	2,8%
CEQUIPOS	438,2	23,5%	146,1	7,7%	521,7	27,6%	9,9	10,6%	3,3	3,5%	11,8	12,5%
PCHIMENEAS	13,5	0,7%	13,5	0,7%	13,5	0,7%	0,3	0,3%	0,3	0,3%	0,3	0,3%
RLEÑA	63,7	3,4%	63,7	3,4%	106,1	5,6%	1,4	1,5%	1,4	1,5%	2,4	2,6%
TERMICO ANTIG	74,8	4,0%	74,8	4,0%	74,8	4,0%	1,7	1,8%	1,7	1,8%	1,7	1,8%
TERMICO NUEVA	69,5	3,7%	69,5	3,7%	69,5	3,7%	1,6	1,7%	1,6	1,7%	1,6	1,7%
PROHIBLEÑA	79,8	4,3%	0,0	0,0%	79,8	4,2%	1,8	1,9%	0,0	0,0%	1,8	1,9%
CONGEQUIPOS	18,6	1,0%	0,0	0,0%	18,6	1,0%	0,4	0,4%	0,0	0,0%	0,4	0,4%
TERMICOPLUS	8,8	0,5%	8,8	0,5%	8,8	0,5%	0,2	0,2%	0,2	0,2%	0,2	0,2%
NORMAIND	121,3	6,5%	121,3	6,4%	121,3	6,4%	0,5	0,5%	0,5	0,5%	0,5	0,5%
COMPEMIND	75,2	4,0%	75,2	4,0%	75,2	4,0%	0,3	0,3%	0,3	0,3%	0,3	0,3%
TRANSCARGA	0,5	0,0%	0,5	0,0%	0,5	0,0%	0,0	0,0%	0,0	0,0%	0,0	0,0%
TRANSPUB	0,5	0,0%	0,5	0,0%	0,5	0,0%	0,0	0,0%	0,0	0,0%	0,0	0,0%
PQUEMAS	104,2	5,6%	52,1	2,8%	104,2	5,5%	0,2	0,2%	0,1	0,1%	0,2	0,2%
PAVIMENFUG	57,8	3,1%	28,9	1,5%	57,8	3,1%	1,0	1,1%	0,5	0,5%	1,0	1,1%
AREAVRD	1,3	0,1%	1,3	0,1%	1,3	0,1%	0,0	0,0%	0,0	0,0%	0,0	0,0%
SUBSGAS	0,0	0,0%	0,0	0,0%	214,8	11,4%	0,0	0,0%	0,0	0,0%	4,9	5,2%
SUBCALALT	43,8	2,3%	43,8	2,3%	43,8	2,3%	0,2	0,2%	0,2	0,2%	0,2	0,2%

Fuente: Elaboración propia

Los resultados para el contaminante MP2,5 difieren respecto al MP10, ya que al año final de evaluación del Plan, la medida CEQUIPOS se transforma por lejos en la más relevante para reducir las emisiones y concentraciones del material particulado fino. La medida PAVIMENFUG es desplazada por otras medidas con mayor efectividad en la reducción de este contaminante, como por ejemplo SUBSGAS, NEQUIPOS, RLEÑA, PROHIBLEÑA, TERMICO ANTIG y TERMICO NUEVA. Las medidas enfocadas al sector industrial, transporte y prohibición de quemas agrícolas aportan de forma marginal a la reducción de los niveles ambientales de MP2,5 en la zona de estudio. También se concluye que solo a través de la implementación del escenario agresivo se podría cumplir la norma anual de concentraciones para el MP2,5. Además, si los calefactores a leña disponibles en el mercado no son capaces de cumplir la norma del D.S. N° 39/2011 bajo condiciones normales de operación, entonces debería existir un flujo de recursos desde CEQUIPOS a SUBCALALT para incrementar el número de hogares partícipes en esta última medida que promueve la introducción de sistemas de calefacción más limpios, en términos de emisiones de material particulado.

3.21 Actividad 2.- Evaluar y seleccionar medidas costo-efectivas, para ser incorporadas en el futuro Plan de descontaminación, para esto el consultor deberá evaluar la factibilidad de aplicación de estas medidas

3.21.1 Jerarquización de medidas considerando el impacto en el costo y reducción de emisiones

A continuación se define un conjunto de indicadores económicos que permiten evaluar y orientar al regulador sobre qué medidas pueden alcanzar un mismo objetivo de reducción de emisiones pero al costo más bajo posible dentro del conjunto de medidas discutidas previamente en este informe.

El indicador de costo-efectividad utilizado es \$MM por tonelada de MP10 reducida (\$MM/ton MP10) y \$MM por tonelada de MP2,5 (\$MM/ton MP2,5). Para su cálculo, se divide el costo total de la medida por la reducción total en las emisiones de cada contaminante. Los resultados para el año final de evaluación 2030 se presentan en las siguientes tablas.

TABLA 3.21-1. COSTO EFECTIVIDAD DE LAS MEDIDAS PROPUESTAS AL AÑO 2030 (\$ MILLONES/TON MP10)

Indicador	Total Reducción toneladas de MP10	Costo MM\$/ton MP10
NEQUIPOS	121,0	0,00 (no atribuible al plan)
RLEÑA	41,7 (esc. cumplimiento de plan)	0,28
CEQUIPOS	450,0	3,48
PCHIMENEAS	16,3	3,18
CONGEQUIPOS	19,1	35,31
PROHIBLEÑA	82,1	35,05
TERMICOVIV ANT	77,0	6,22
TERMICOVIV NUE	67,5	4,77
TERMICOPLUS	9,0	25,02
NORMAIND	165,6	28,96
COMPEMIND	105,2	4,30
EMINDFUG	Incluidas en COMPEMIND	Incluido en COMPEMIND
TRANSPUB	0,7	0,00 (no atribuible al plan)
TRANSCARGA	0,7	0,00 (no atribuible al plan)
SUBSGAS	221,0 (esc. agresivo)	28,46
SUBCALALT	45,1	7,1
PQUEMAS	122,9	217,6
AREASVERDES	27,9	8,77
PAVIMENFUG	577,9	18,53

Fuente: Elaboración Propia

TABLA 3.21-2. COSTO EFECTIVIDAD DE LAS MEDIDAS PROPUESTAS AL AÑO 2030 (\$ MILLONES/TON MP2,5)

Indicador	Total Reducción toneladas de MP2,5	Costo MM\$/ton MP2,5
NEQUIPOS	117,8	0,00 (no atribuible al plan)
RLEÑA	63,7 (esc. cumplimiento de plan)	0,18
CEQUIPOS	438,2	3,57
PCHIMENEAS	13,5	3,84
CONGEQUIPOS	18,6	36,28
PROHIBLEÑA	79,8	36,1
TERMICOVIV ANT	74,8	6,4
TERMICOVIV NUE	69,5	4,9
TERMICOPUS	8,8	25,7
NORMAIND	121,3	39,55
COMPEMIND	75,2	4,49
EMINDFUG	Incluidas en COMPEMIND	Incluido en COMPEMIND
TRANSPUB	0,5	0,00 (no atribuible al plan)
TRANSCARGA	0,5	0,00 (no atribuible al plan)
SUBSGAS	214,8 (esc. agresivo)	29,28
SUBCALALT	43,8	7,3
PQUEMAS	104,2	256,7
AREASVERDES	1,3	194,8
PAVIMENFUG	57,8	185,31

Fuente: Elaboración Propia

Una vez jerarquizados los indicadores de costo efectividad, se establece que las medidas implementadas a nivel nacional (NEQUIPOS, TRANSPUB y TRANSCARGA) que tienen potencial de reducción pero cuyos costos no son atribuibles al plan en el momento de ejecutarse modifican el escenario base. La jerarquización de las medidas atribuibles al plan basándose en el índice de costo efectividad del MP2,5 (se escoge este indicador porque como se vio anteriormente en los distintos escenarios generados es para este contaminante que es más difícil cumplir la normativa vigente) permite concluir que aquellas asociadas a la combustión de leña en los hogares como RLEÑA, CEQUIPOS y PCHIMENEAS son las más atractivas en términos de costo efectividad, les sigue la medida COMPEMIND asociada a las fuentes industriales, y después vuelven a aparecer como atractivas otras medidas enfocadas al consumo de leña residencial como, TERMICOVIV NUE, TERMICOVIV ANT y SUBCALALT, sin embargo otras medidas enfocadas a hogares como TERMICOPUS, SUBSGAS y PROHIBLEÑA presentan indicadores mucho mayores. Luego, de la medida NORMAIND el conjunto de medidas restantes PAVIMENFUG, AREASVERDES y PQUEMAS presentan un incremento muy significativo en los indicadores de costo efectividad para el MP2,5.

El ordenamiento de las medidas basada en los indicadores de costo-efectividad se modifican levemente para el contaminante MP10. Especialmente, en el caso de las medidas AREASVERDES y PAVIMENFUG, las cuales se vuelven más atractivas.

3.22 Actividad 1 (Objetivo 7).- Realizar una recopilación y análisis de la información existente de morbilidad y mortalidad por enfermedades respiratorias y cardiovasculares, en la cual al menos incluya la información disponible de hospitales, clínicas y centros centinelas IRA del área de estudio

3.22.1 Análisis De Población, Morbilidad y Mortalidad

En este capítulo se analiza la información disponible de morbilidad y de mortalidad por enfermedades respiratorias y cardiovasculares de la comuna de Talca, durante el periodo 2004 y 2008, años en los que se realiza el estudio de efectos en la salud de la contaminación ambiental. Además, se presenta una caracterización de la población para dicho periodo.

Los datos de tamaño y composición poblacional fueron obtenidos a partir de las bases de datos del Instituto Nacional de Estadísticas (INE) y los de morbilidad y mortalidad a partir del Departamento de Estadísticas e Información en Salud del Ministerio de Salud (DEIS/MINSAL).

Es importante considerar que no fue posible contar con datos asociados a las consultas de urgencia del Hospital Cesar Garavagno Burotto de Talca durante el periodo de estudio 2004-2008, debido a que esa información se perdió debido al terremoto del 2010 y sus posteriores consecuencias para el hospital.

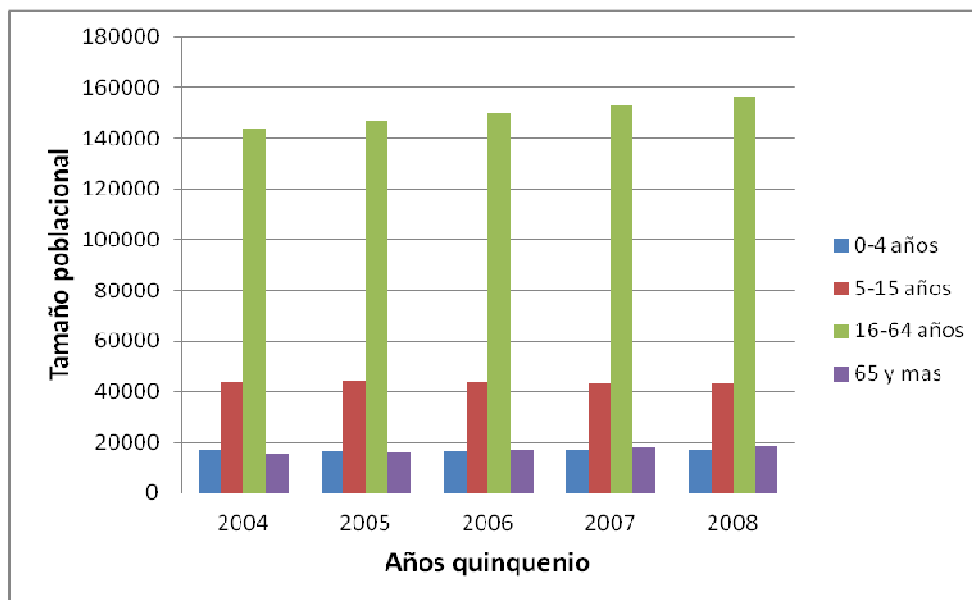
3.22.1.1 Caracterización Poblacional

Con respecto a la caracterización poblacional, agrupada en la tabla y figura siguiente, se presenta la distribución de la población según grupos de edad (0-4, 5-15, 16-64 y 65 años y más) para la comuna de Talca entre los años 2004 y 2008. Se visualiza el rápido crecimiento de la población de 65 años y más, sin una variación importante de la población menor a 5 años, revelándose una población con un aumento importante en la esperanza de vida, pero sin reducción de su natalidad.

TABLA 3.22-1. POBLACIÓN POR GRUPOS DE EDAD, COMUNA DE TALCA

Años	Edad (años)				Total
	0 - 4	5 - 15	16 - 64	≥ 65	
2004	16923	44125	143684	15560	220.292
2005	16624	44373	146834	16083	223.914
2006	16733	43964	150056	16921	227.674
2007	16839	43543	153241	17752	231.375
2008	16953	43140	156414	18582	235.089

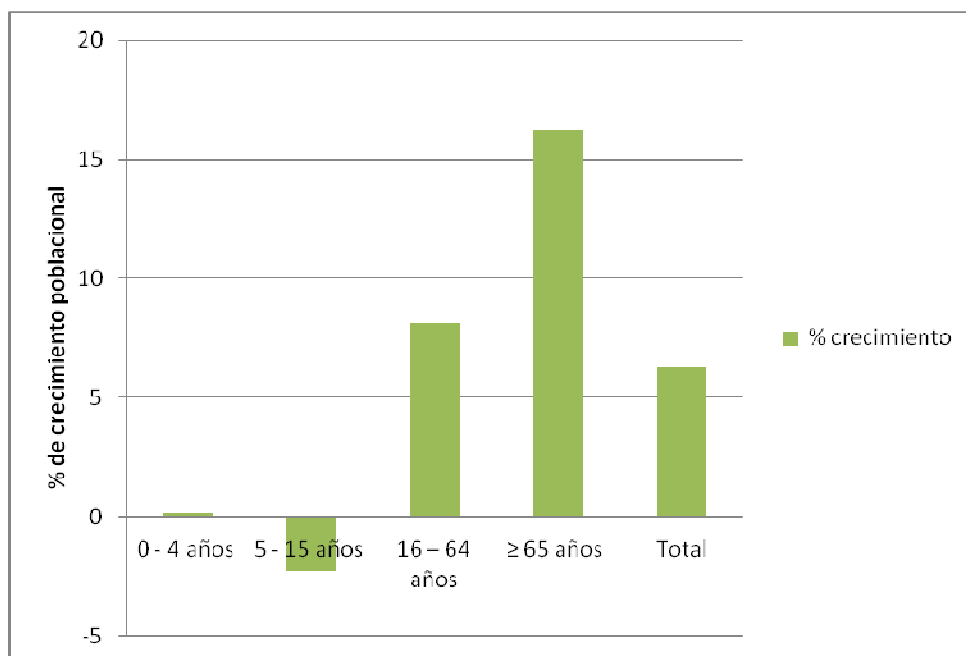
Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

FIGURA 3.22-1. POBLACIÓN EN LA COMUNA DE TALCA, SEGÚN GRUPOS DE EDAD.

En la figura siguiente se observa la tasa de crecimiento para la población total, denotando que durante el periodo estudiado fue de un 6,5% y de 16,0% en la población adulta y adulta mayor.



Fuente: Elaboración Propia

FIGURA 3.22-2. PORCENTAJE DE CRECIMIENTO POBLACIONAL EN LA COMUNA DE TALCA, SEGÚN GRUPOS DE EDAD

3.22.1.2 Estadísticas de Morbilidad.

a) Enfermedades Cardiovasculares

La información de morbilidad corresponde al análisis de los egresos hospitalarios de la comuna de Talca entre los años 2004 y 2008. Las bases de datos de egresos hospitalarios, obtenida desde el DEIS/MINSAL, contiene información de: fecha ingreso, días de estadía, sexo, edad, diagnóstico de egreso (codificado según CIE-10), comuna de residencia, condición al alta, entre otras variables.

Para la caracterización de morbilidad se consideraron los egresos de causa cardiovascular total, y por grupos específicos de enfermedad isquémica cardíaca y enfermedad cerebrovascular; las causas respiratorias totales y un grupo de respiratorias crónicas (que incluye Asma y EPOC). Además, se realiza la caracterización de las enfermedades digestivas totales que son usadas como control en el desarrollo de los modelos. En la tabla siguiente se muestran los códigos CIE-10 asociados a las enfermedades incluidas en este análisis.

TABLA 3.22-2. CÓDIGOS DE ENFERMEDADES INCLUIDAS EN EL ANÁLISIS DE MORBILIDAD

	CIE-10
Enfermedades Cardiovasculares Totales	I00-I99
Enfermedades Isquémica Cardíaca	I20-I25
Enfermedades Cerebrovascular	I60-I69
Enfermedades Respiratorias Totales	J00-J99
Enfermedades Respiratorias Crónicas	J40-J47
Enfermedades Digestivas Totales	K00-K99

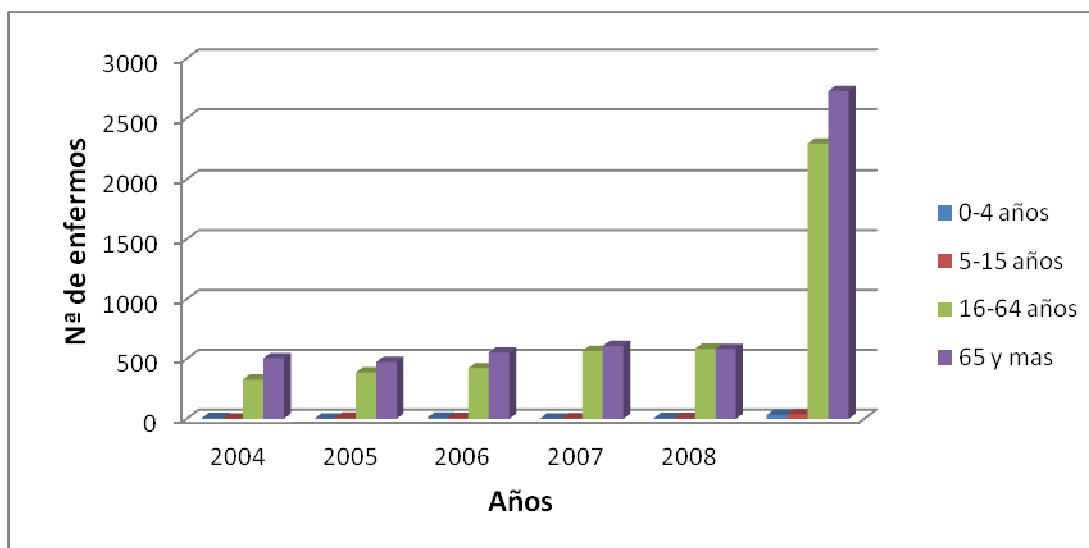
Fuente: Elaboración Propia

Por su parte, la siguiente tabla y figura muestra la distribución de los egresos hospitalarios por causa cardiovascular entre los años 2004 y 2008, según grupos de edades. Se observa que en todo ese lapso de estudio las enfermedades cardiovasculares (ECV) generan una alta tasa de hospitalizaciones entre la población adulta mayor.

TABLA 3.22-3. EGRESOS HOSPITALARIOS POR ENFERMEDADES CARDIOVASCULARES, SEGÚN GRUPOS DE EDAD EN TALCA

Años	Rango de edad (años)				Total
	0 - 4	5 - 15	16 - 64	≥ 65	
2004	8	4	328	507	847
2005	4	10	387	475	876
2006	10	9	423	553	995
2007	3	7	567	609	1186
2008	8	8	585	584	1185
Total	33	38	2290	2728	5089

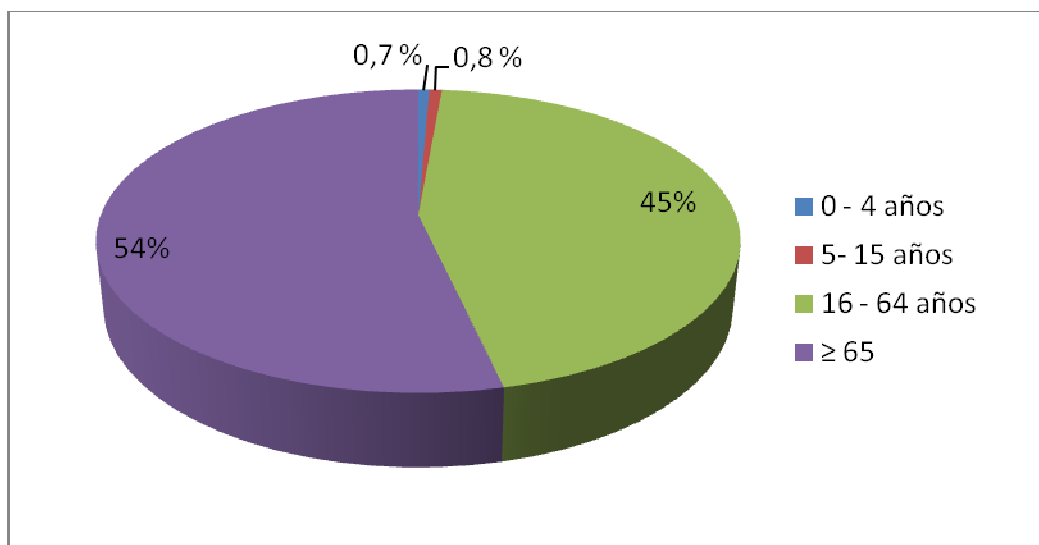
Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

FIGURA 3.22-3. EGRESOS HOSPITALARIOS POR ECV TOTALES POBLACIÓN COMUNA DE TALCA, 2004-2008.

En el periodo analizado, la población adulta mayor alcanza el 54% del total de las hospitalizaciones por ECV, en concordancia con lo presentado en siguiente figura. Por su parte, en el grupo de adultos 16-64 años, tal patología alcanza el 45% de las hospitalizaciones y solo el 1% en menores de 16 años. En el análisis se destaca que el número de hospitalizaciones por ECV entre 2004 y 2008 ha aumentado en un 28%, siendo este valor mayor a lo esperado por el crecimiento poblacional.



Fuente: Elaboración Propia

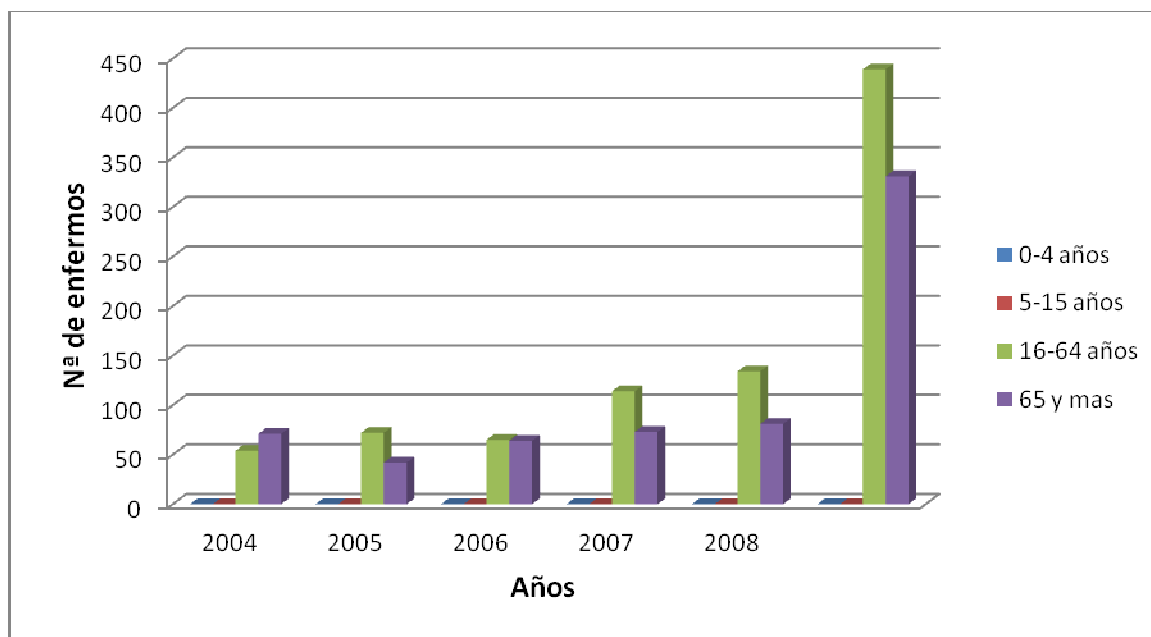
FIGURA 3.22-4. PORCENTAJE DE EGRESOS HOSPITALARIOS POR ECV, SEGÚN GRUPO DE EDAD, PERIODO 2004-2008, EN LA COMUNA DE TALCA.

La siguiente tabla y figura muestra la distribución de los egresos hospitalarios por Enfermedad Isquémica según edad, se observa que por esta causa no se registraron hospitalizaciones en menores de 16 años.

TABLA 3.22-4. EGRESOS HOSPITALARIOS POR ENFERMEDAD ISQUÉMICA, SEGÚN GRUPOS DE EDAD EN TALCA

Años	Rango de edad (años)				Total
	0 - 4	5 - 15	16 - 64	≥ 65	
2004	0	0	54	71	125
2005	0	0	72	42	114
2006	0	0	65	64	129
2007	0	0	114	73	187
2008	0	0	134	81	215
Total	0	0	439	331	770

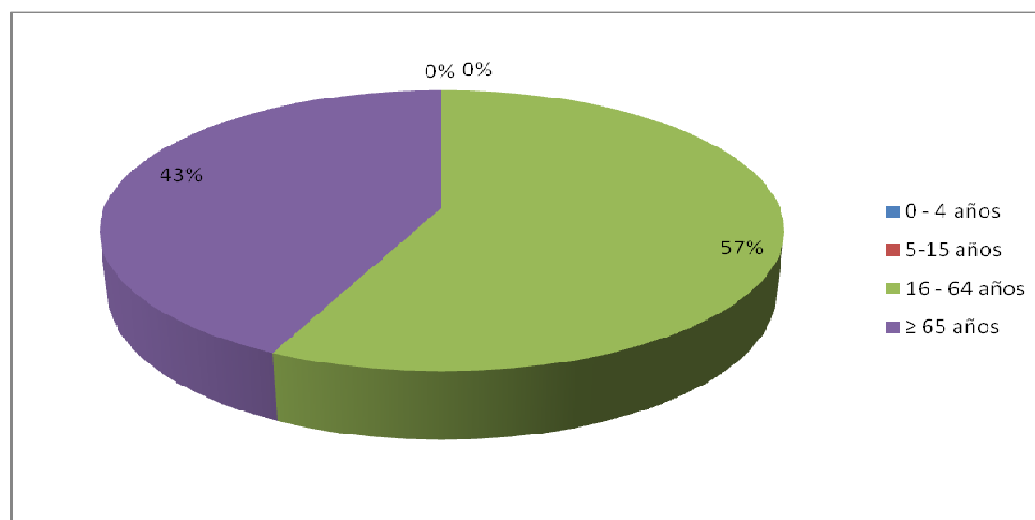
Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

FIGURA 3.22-5. EGRESOS HOSPITALARIOS POR ENFERMEDAD ISQUÉMICA EN POBLACIÓN DE LA COMUNA DE TALCA, 2004-2008.

En la siguiente figura se exhibe el porcentaje de hospitalizaciones por Enfermedad Isquémica según grupo etario. A partir de lo cual se puede concluir que el 43% de las hospitalizaciones ocurren en adultos mayores y el 57% en adultos de 16-64 años. Además, entre los años 2004 y 2008, se observó un aumento de un 72% de las hospitalizaciones por dicha causa, más de lo esperado según el crecimiento poblacional.



Fuente: Elaboración Propia

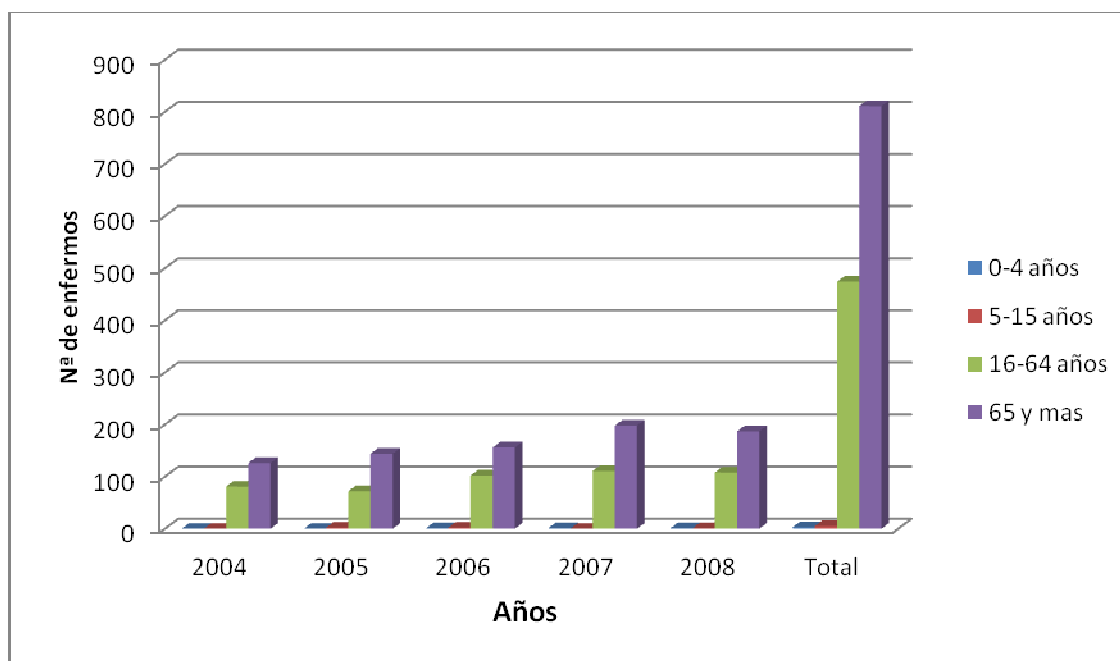
FIGURA 3.22-6. PORCENTAJE DE EGRESOS HOSPITALARIOS POR ENFERMEDAD ISQUÉMICAS SEGÚN GRUPO DE EDAD, PERIODO 2004- 2008, EN LA COMUNA DE TALCA.

En la siguiente tabla se observa el número de egresos hospitalarios por enfermedad cerebrovascular según grupos de edad, donde el mayor porcentaje de las hospitalizaciones por esta causa ocurren en los adultos de 65 años y más, a diferencia de lo que ocurría en la enfermedad isquémica.

TABLA 3.22-5. EGRESOS HOSPITALARIOS POR ENFERMEDAD CEREBROVASCULAR, SEGÚN GRUPOS DE EDAD EN TALCA

Años	Rango de edad (años)				Total
	0 - 4	5 - 15	16 - 64	≥ 65	
2004	0	0	81	126	207
2005	0	2	72	144	218
2006	1	2	102	156	261
2007	1	0	111	198	310
2008	1	1	108	187	297
Total	3	5	474	811	1293

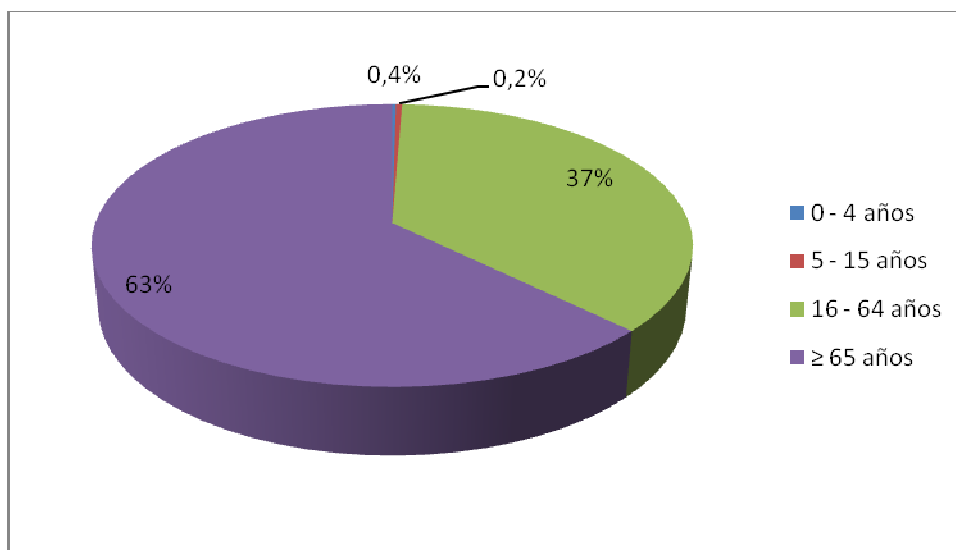
Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

FIGURA 3.22-7. EGRESOS HOSPITALARIOS POR ENFERMEDAD CEREBROVASCULAR EN POBLACIÓN DE LA COMUNA DE TALCA, 2004-2008

Tal como se observa en la siguiente figura el 63% de los egresos por enfermedad cerebrovascular ocurren en adultos mayores, el 37% en adultos y menos de 1% en menores de 15 años.



Fuente: Elaboración Propia

FIGURA 3.22-8. PORCENTAJE DE EGRESOS HOSPITALARIOS POR ENFERMEDAD CEREBROVASCULAR SEGÚN GRUPO DE EDAD, PERIODO 2004- 2008, EN LA COMUNA DE TALCA.

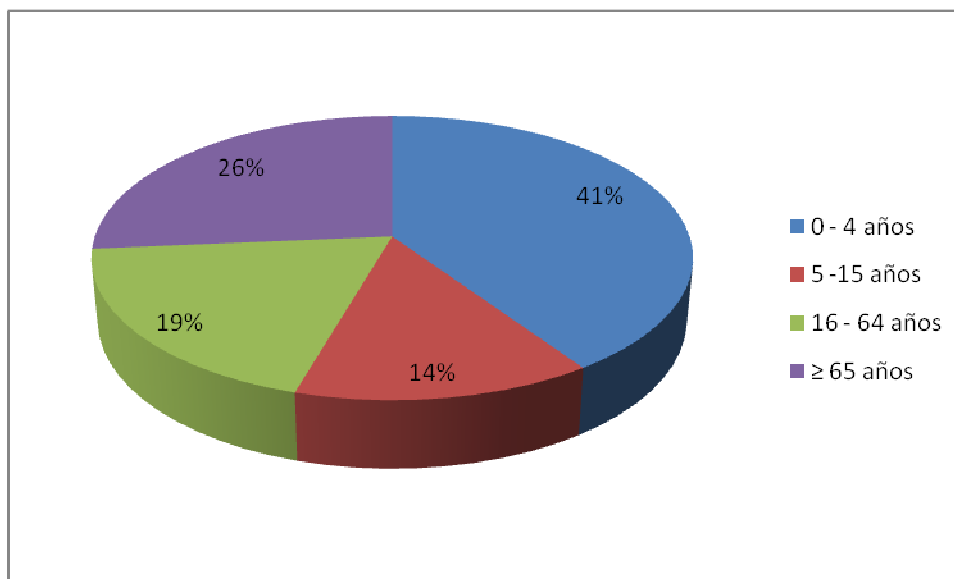
b) Enfermedades Respiratorias.

En el caso de las enfermedades respiratorias, la distribución de los egresos hospitalarios se presenta en la tabla siguiente. Es posible destacar que por dicha causa el 41% de las hospitalizaciones ocurren en menores de 5 años, el 26% en adultos mayores, el 19% en adultos de 16-64 años y solo el 14% en niños entre 5-15 años. Entre los años 2004 y 2008, se observó un aumento de las hospitalizaciones por esta patología alcanzando un 4,5%, lo que es proporcional al aumento del tamaño poblacional.

TABLA 3.22-6. ENFERMEDADES RESPIRATORIAS TOTALES SEGÚN GRUPOS DE EDAD EN TALCA

Años	Rango de edad (años)				Total Anual
	0 - 4	5 - 15	16 - 64	≥ 65	
2004	459	148	197	267	1071
2005	534	177	239	333	1283
2006	561	181	255	376	1373
2007	591	220	263	388	1462
2008	411	158	250	300	1119
Total	2556	884	1204	1664	6308

Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

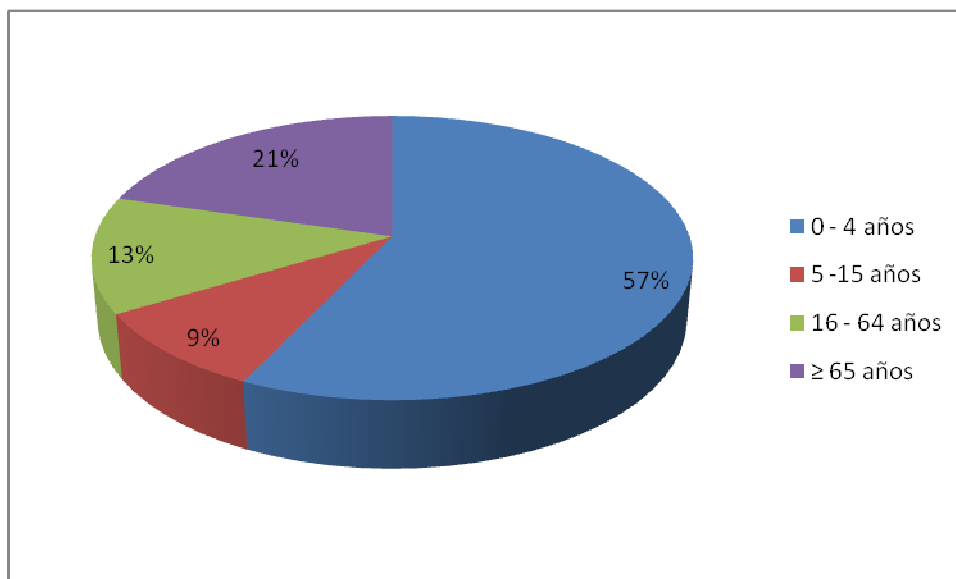
FIGURA 3.22-9. PORCENTAJE DE EGRESOS HOSPITALARIOS POR ENFERMEDADES RESPIRATORIAS TOTALES SEGÚN GRUPO DE EDAD, PERIODO 2004-2008, EN LA COMUNA DE TALCA.

En la siguiente tabla se observa la distribución de los egresos hospitalarios por Enfermedad Respiratoria Crónica, incluyendo Asma y Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC). Se observa que por esta causa el 57% de las hospitalizaciones ocurren en menores de 5 años, el 21% en adultos mayores, el 13% en adultos de 16-64 años y solamente el 9% en niños entre 5-15 años (ver figura siguiente). Entre los años 2004 y 2008 reportó un número inestable de hospitalizaciones por tales causas, siendo especialmente bajo en los años 2007 y 2008 en los menores de 16 años. Se revisaron exhaustivamente las bases de datos (DEIS/MINSAL) para corroborar estos datos.

TABLA 3.22-7. ENFERMEDADES RESPIRATORIAS CRÓNICAS, SEGÚN GRUPOS DE EDAD EN TALCA

Años	Rango de edad (años)				Total
	0 - 4	5 - 15	16 - 64	≥ 65	
2004	100	19	26	38	183
2005	122	19	18	32	191
2006	154	16	22	28	220
2007	36	9	14	22	81
2008	2	4	16	28	50
Total	414	67	96	148	725

Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

FIGURA 3.22-10. PORCENTAJE DE EGRESOS HOSPITALARIOS POR ENFERMEDADES RESPIRATORIAS CRÓNICAS SEGÚN GRUPO DE EDAD, PERIODO 2004-2008, EN LA COMUNA DE TALCA.

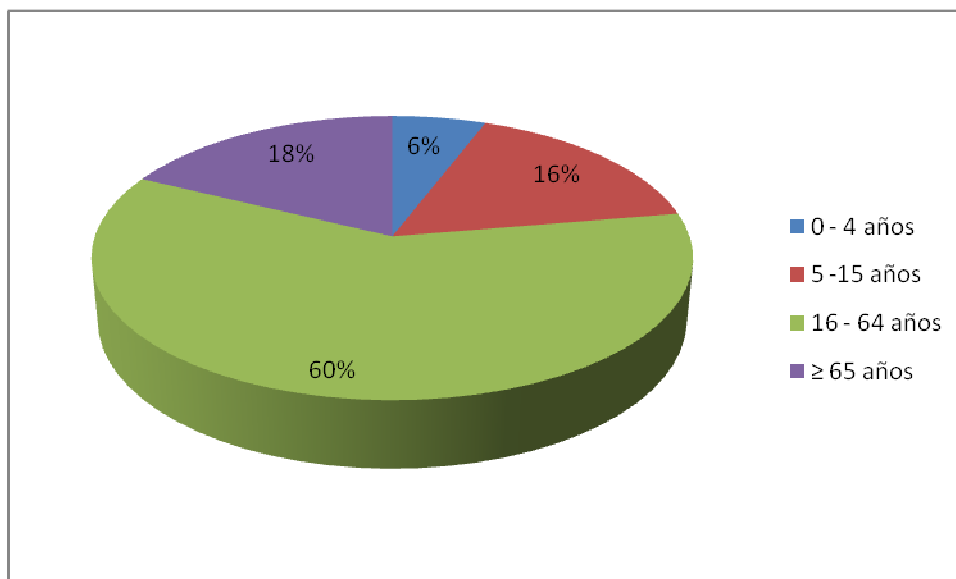
c) Enfermedades Digestivas Totales.

En la siguiente tabla se entrega la distribución de los egresos hospitalarios por Enfermedades Digestivas Totales según edad, para los años 2004 a 2008 en la comuna de Talca. Por dicha causa, el 60% de las hospitalizaciones ocurren en adultos entre 16-64 años, 18% en adultos mayores, 16% en niños de 5-15 años y 6% en menores de 5 años. Asimismo, entre los años 2004 y 2008 se observó un aumento de hospitalizaciones por estas causas, especialmente en los adultos y adultos mayores, correspondiendo a un 29% y 15%, respectivamente.

TABLA 3.22-8. ENFERMEDADES DIGESTIVAS TOTALES, SEGÚN GRUPOS DE EDAD EN TALCA

Años	Rango de edad (años)				Total
	0 - 4	5 - 15	16 - 64	≥ 65	
2004	80	274	874	267	1495
2005	80	283	922	268	1553
2006	107	314	957	303	1681
2007	120	259	1025	307	1711
2008	90	219	1128	306	1743
Total	477	1349	4906	1451	8183

Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

FIGURA 3.22-11. PORCENTAJE DE EGRESOS HOSPITALARIOS POR ENFERMEDADES DIGESTIVAS SEGÚN GRUPO DE EDAD, PERIODO 2004-2008, EN LA COMUNA DE TALCA.

3.22.1.3 Conclusiones del Análisis de Morbilidad

A continuación se presentan las tasas de morbilidad asociadas a las patologías analizadas en este estudio para el periodo comprendido entre el año 2004 y 2008, en la comuna de Talca.

TABLA 3.22-9. TASAS* DE EGRESOS HOSPITALARIOS SEGÚN ENFERMEDAD EN TALCA, CONSIDERANDO EDADES Y AMBOS SEXOS.

Enfermedades	Rango de edad (años)				Total
	0 - 4	5 - 15	16 - 64	≥ 65	
Cardiovasculares totales	39	17	305	3.213	447
- Isquémicas	0	0	59	390	68
- Cerebrovascular	4	2	63	955	114
Respiratorias totales	3.040	403	161	1.960	554
- Respiratorias crónicas	492	31	13	174	64
Digestivas totales	567	616	654	1.713	719

(*) Número de egresos por 100 mil habitantes según edad.

A partir de la Tabla 3.22-9 se puede concluir que:

- En el grupo de menores de 5 años existe un mayor riesgo de hospitalización por causa respiratoria que cardiovascular, presentando las causas digestivas un riesgo medio.

- En el grupo de niños de 5-15 años se presentan bajas tasas de hospitalización, destacando por sobre el resto las causas digestivas.
- En los adultos de 16-64 años, las causas digestivas presentan doble riesgo que las ECV, y las respiratorias se observan con riesgo bajo.
- En los adultos mayores el mayor riesgo de hospitalización es por causa cardiovascular, con un riesgo 1,6 veces mayor que para hospitalización por causa respiratoria.
- La mayor tasa de hospitalización por ECV se presenta en los adultos mayores, tanto para las ECV totales como para las isquémicas y las cerebrovasculares.
- El mayor riesgo de hospitalización por causa respiratoria la presentan los menores de 5 años, en segundo lugar los adultos mayores. Los menores de 5 años presentan un riesgo 1,6 veces mayor que los adultos mayores de hospitalizarse por estas causas.

Estadísticas de Mortalidad

La información de mortalidad es la correspondiente al análisis de las defunciones ocurridas en la población de la comuna de Talca entre los años 2004 y 2008. La base de datos de defunciones obtenida desde el DEIS/MINSAL contiene la información de fecha de defunción, sexo, edad al fallecer, causa de defunción, codificada según la 10^a Clasificación Internacional de Enfermedades (CIE-10), comuna de residencia, entre otras variables. Para la caracterización de mortalidad se consideraron las defunciones de causa cardiovascular total, y por grupos específicos de enfermedad isquémica cardíaca, y enfermedad cerebrovascular; las causas respiratorias totales y un grupo de respiratorias crónicas (que incluye Asma y EPOC), y las enfermedades digestivas totales que se usan como control en el desarrollo de los modelos.

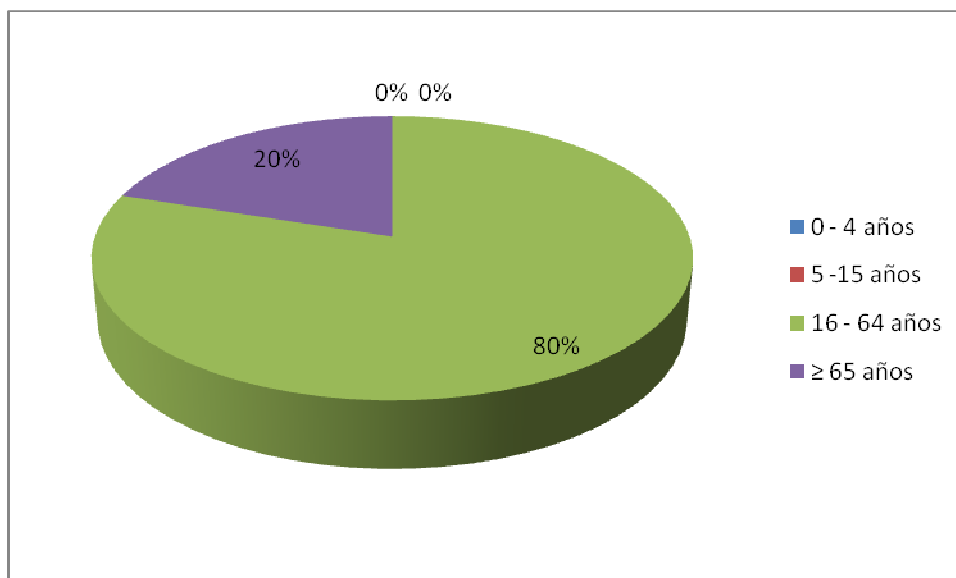
a) Enfermedades Cardiovasculares

Según de los registros del DEIS, tabulados en la siguiente tabla, en los menores de 16 años casi no ocurren muertes por causa cardiovascular. Contrariamente en los adultos mayores las defunciones por esta patología alcanzan el 80% (ver Figura 3.22-12). Además, en el periodo de estudio, las ECV aumentaron en un 6,5% en este grupo etario.

TABLA 3.22-10. MORTALIDAD ENFERMEDADES CARDIOVASCULARES POR EDADES EN TALCA

Años	Rango de edad (años)				Totales
	0 - 4	5 - 15	16 - 64	≥ 65	
2004	0	0	69	260	329
2005	0	0	57	260	317
2006	1	1	67	272	341
2007	0	0	67	278	345
2008	0	0	82	277	359
Total	1	1	342	1347	1691

Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

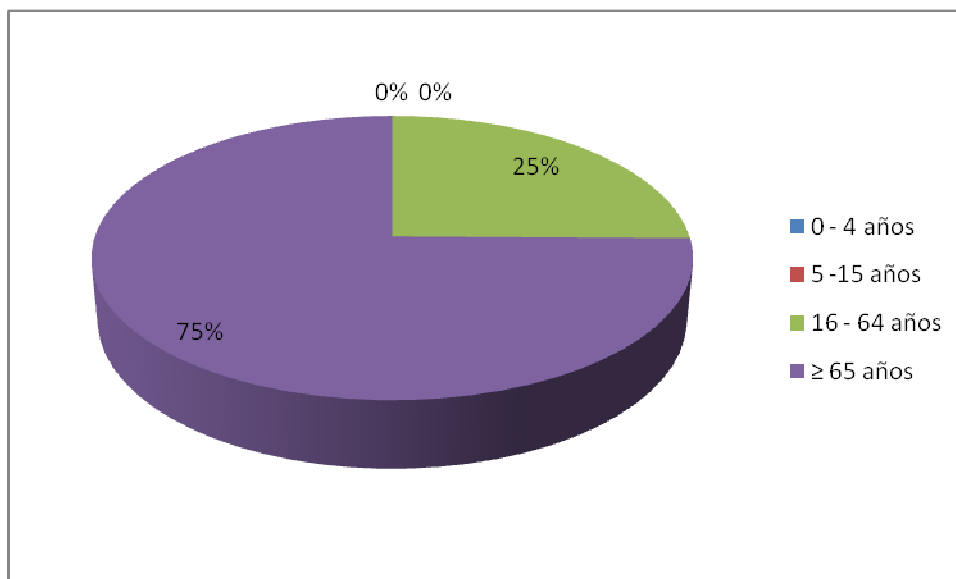
FIGURA 3.22-12. PORCENTAJE DE DEFUNCIONES POR ENFERMEDADES CARDIOVASCULARES EN LA POBLACIÓN DE LA COMUNA DE TALCA, 2004-2008.

En la tabla y figura siguiente se observa que durante el periodo de estudio no ocurrieron muertes por enfermedad isquémica cardíaca en menores de 16 años, de manera contraria el 75% de estas defunciones ocurre en el grupo de 65 años y más (ver figura 3.22-13). También, entre los años 2004 y 2008, las muertes por esta causa aumentaron un 19%.

TABLA 3.22-11. MORTALIDAD ENFERMEDADES ISQUÉMICAS POR EDADES EN TALCA

Años	Rango de edad (años)				Totales
	0 - 4	5 - 15	16 - 64	≥ 65	
2004	0	0	30	68	98
2005	0	0	17	68	85
2006	0	0	21	77	98
2007	0	0	28	82	110
2008	0	0	33	88	121
Total	0	0	129	383	512

Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

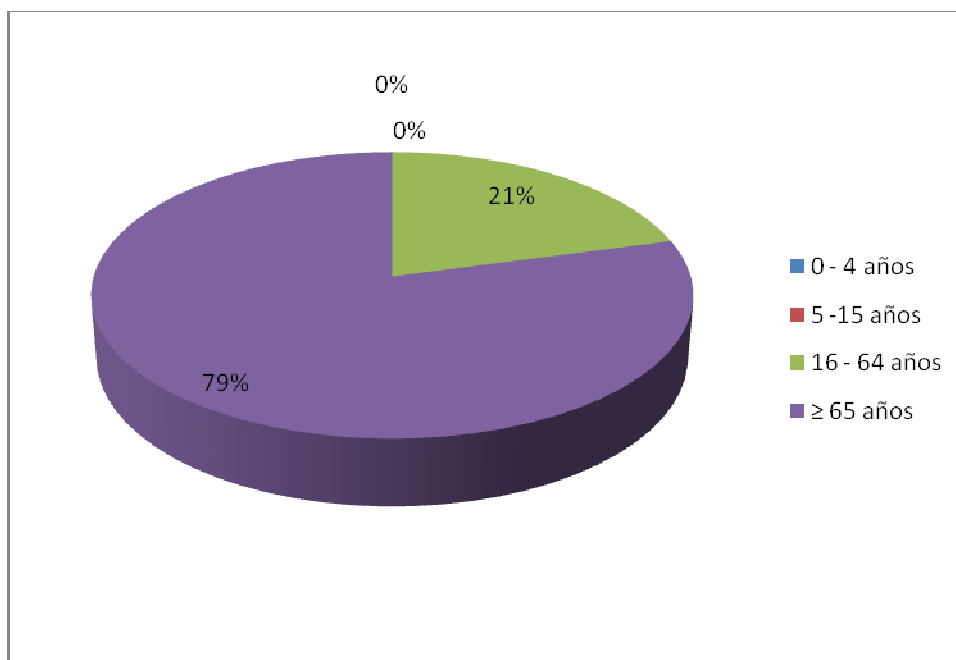
FIGURA 3.22-13. PORCENTAJE DE DEFUNCIONES POR ENFERMEDADES ISQUÉMICAS EN LA POBLACIÓN DE LA COMUNA DE TALCA, 2004-2008.

En la tabla y figura siguiente, se observa que durante el periodo de estudio no ocurrieron muertes por enfermedad cerebrovascular en menores de 16 años. El mayor porcentaje de defunciones asociadas a esta patología corresponde al grupo etario de 65 años y más, correspondiente al 79%. A su vez, entre los años 2004 y 2008, las muertes por tal causa aumentaron un 14%.

TABLA 3.22-12. MORTALIDAD ENFERMEDADES CEREBROVASCULARES POR EDADES EN TALCA

Años	Rango de edad (años)				Total
	0 - 4	5 - 15	16 - 64	≥ 65	
2004	0	0	24	76	100
2005	0	0	17	77	94
2006	0	0	28	87	115
2007	0	0	15	74	89
2008	0	0	23	93	116
Total	0	0	107	407	514

Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

FIGURA 3.22-14. PORCENTAJE DE DEFUNCIONES POR ENFERMEDADES CEREBROVASCULARES EN LA POBLACIÓN DE LA COMUNA DE TALCA, 2004-2008.

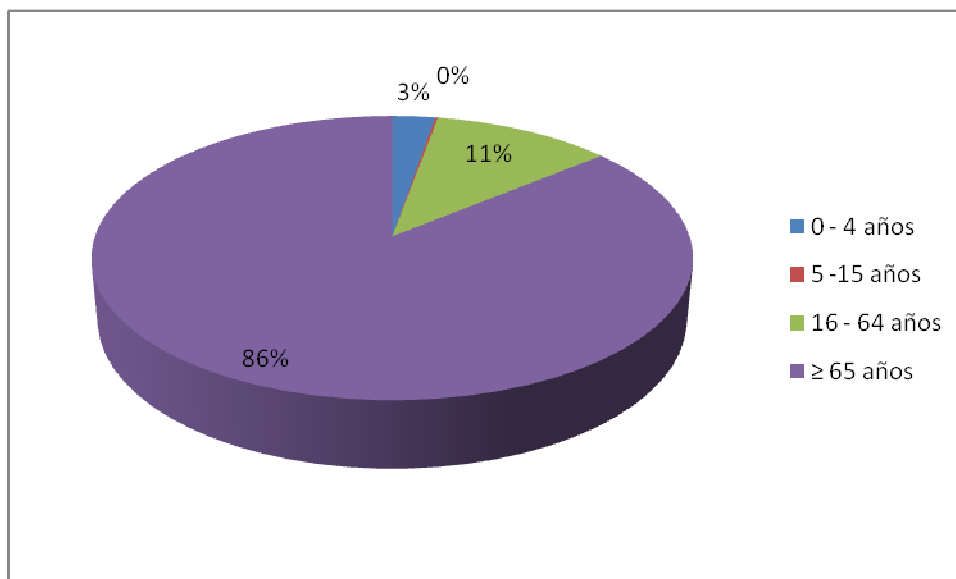
b) Enfermedades Respiratorias

En la tabla siguiente se observa que las muertes por Enfermedades Respiratorias ocurren en una mayor proporción en adultos mayores, alcanzando un 86% y que en el grupo de niños entre 5-15 años son muy infrecuentes. Además, se puede apreciar que el número de defunciones por estas causas se ha mantenido estable en el lapso de los años de estudio.

TABLA 3.22-13. MORTALIDAD ENFERMEDADES RESPIRATORIAS TOTALES, SEGÚN GRUPOS DE EDAD EN TALCA, 2004-2008.

Años	Rango de edad (años)				Total
	0 - 4	5 - 15	16 - 64	≥ 65	
2004	2	1	14	114	131
2005	4	0	13	101	118
2006	2	0	13	101	116
2007	3	0	11	120	134
2008	6	0	20	110	136
Total	17	1	71	546	635

Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

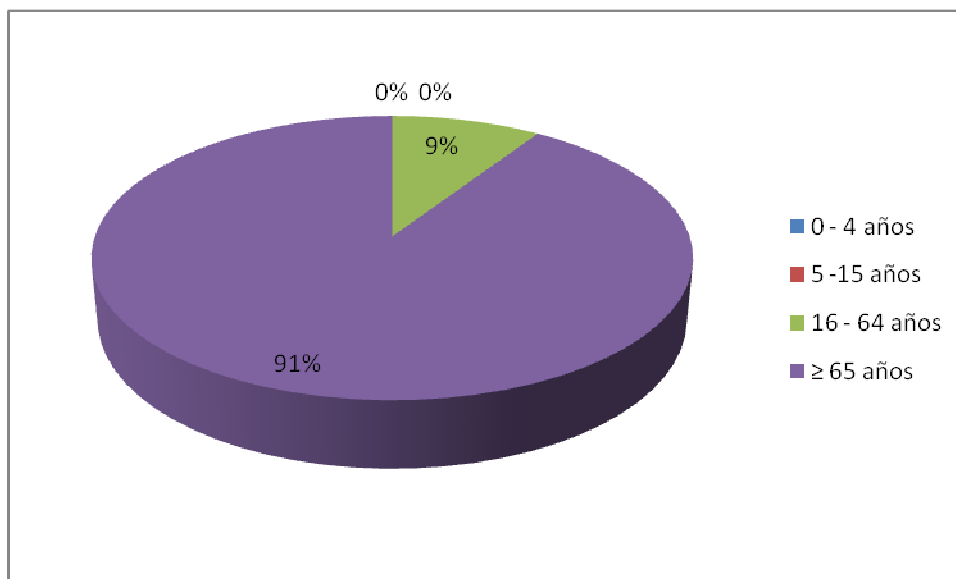
FIGURA 3.22-15. PORCENTAJE DE DEFUNCIONES POR ENFERMEDADES RESPIRATORIAS TOTALES EN LA POBLACIÓN DE LA COMUNA DE TALCA, 2004-2008.

La siguiente tabla muestra que las muertes por causa respiratoria crónica ocurren en adultos, siendo el 91% en adultos mayores, 9% en adultos de 16-64 años. Los fallecidos por dichas causas muestran una disminución en el período 2004-2008.

TABLA 3.22-14. MORTALIDAD ENFERMEDADES RESPIRATORIAS CRÓNICAS SEGÚN GRUPOS DE EDAD EN TALCA, 2004-2008.

Años	Rango de edad (años)				Totales
	0 - 4	5 - 15	16 - 64	≥ 65	
2004	0	0	4	54	58
2005	0	0	5	38	43
2006	0	0	3	38	41
2007	0	0	2	40	42
2008	0	0	6	25	31
Total	0	0	20	195	215

Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

FIGURA 3.22-16. PORCENTAJE DE DEFUNCIONES POR ENFERMEDAD RESPIRATORIA CRÓNICAS EN LA POBLACIÓN DE LA COMUNA DE TALCA, 2004-2008.

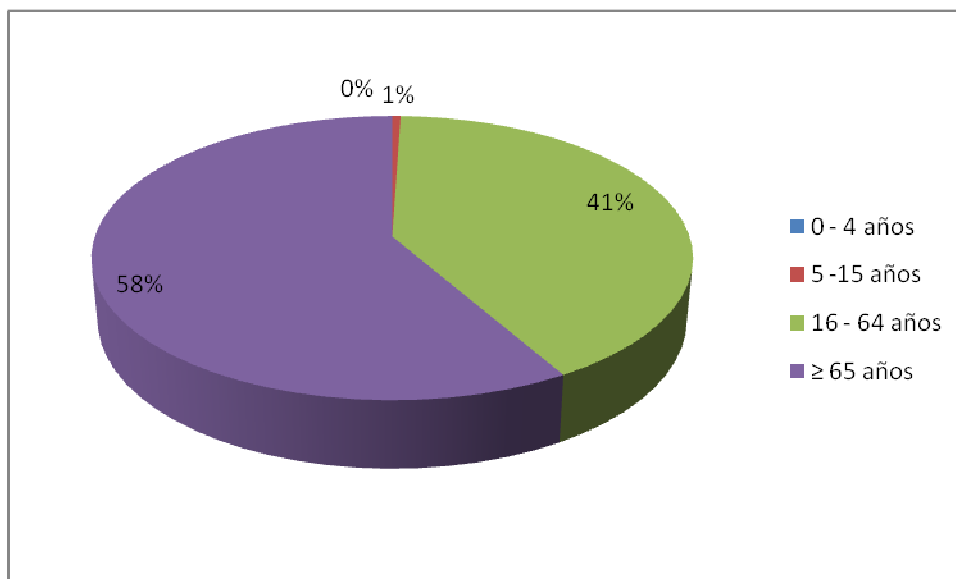
c) Enfermedades digestivas

La tabla siguiente muestra que las muertes por Enfermedades Digestivas en el periodo de estudio, alcanzan un 58% en adultos mayores y 41% en adultos de 16-64 años. El número de estas muertes se ha mantenido estable durante el periodo de estudio analizado.

TABLA 3.22-15. MORTALIDAD ENFERMEDADES DIGESTIVAS TOTALES POR EDADES EN TALCA

Años	Rango de edad (años)				Totales
	0 - 4	5 - 15	16 - 64	≥ 65	
2004	0	1	36	45	82
2005	0	0	29	32	61
2006	0	0	31	49	80
2007	0	1	31	45	77
2008	0	0	31	53	84
Total	0	2	158	224	384

Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

FIGURA 3.22-17. PORCENTAJE DE DEFUNCIONES POR ENFERMEDAD DIGESTIVA EN LA POBLACIÓN DE LA COMUNA DE TALCA, 2004-2008.

Conclusiones de Análisis de Mortalidad

Seguidamente se presentan las tablas resumen del número de muertes y las tasas de mortalidad asociadas a las patologías analizadas en este estudio, para el periodo comprendido entre el año 2004 y 2008, en la comuna de Talca.

TABLA 3.22-16. NÚMERO DE MUERTES SEGÚN ENFERMEDAD EN TALCA

Enfermedades	Años					Total
	2004	2005	2006	2007	2008	
Cardiovasculares totales	329	317	341	345	359	1691
Isquémicas	98	85	98	110	121	512
Cerebrovascular	100	94	115	89	116	514
Respiratorias totales	131	118	116	134	136	635
Respiratorias crónicas	58	43	41	42	31	215
Digestivas totales	82	61	80	77	84	384
Total	798	718	791	797	847	3951

Fuente: Elaboración Propia

TABLA 3.22-17. TASAS* DE MORTALIDAD SEGÚN ENFERMEDAD EN LA COMUNA DE TALCA

Enfermedades	Rango de edad (años)				Total
	0 - 4	5 - 15	16 - 64	≥ 65	
Cardiovasculares totales	1,2	0,5	45,6	1.586,6	148,5
- Isquémicas	0,0	0,0	17,2	451,1	45,0
- Cerebrovascular	0,0	0,0	14,3	479,4	45,2
Respiratorias totales	20,2	0,5	9,5	643,1	55,8
- Respiratorias crónicas	0,0	0,0	2,7	229,7	18,9
Digestivas totales	0,0	0,9	2,1	263,8	33,7

(*)Tasas: número de defunciones por cada 100 mil habitantes según edad.

Por último, en la tabla previa, se presenta la tasa o riesgo de morir (mortalidad) por distintas causas en los grupos de edad analizados, a partir de lo cual se puede concluir que:

- En el grupo de menores de 5 años existe un mayor riesgo de mortalidad por causa respiratoria que cardiovascular, sin considerar la mortalidad por causa digestiva;
- En el grupo de niños de 5-15 años se presentan bajas tasas de mortalidad por estas causas, siendo en general un grupo de edad con un muy bajo riesgo de fallecimiento;
- En los adultos de 16-64 años las causas cardiovasculares presentan las más altas tasas de mortalidad, con riesgos similares tanto para las enfermedades isquémicas como para las cerebrovasculares;
- Las causas respiratorias presentan una mortalidad reducida; en los adultos mayores las tasas de mortalidad más altas se observan para las enfermedades cardiovasculares, siendo 2,4 veces mayor el riesgo de fallecer por causa cardiovascular que respiratoria; además, las enfermedades cerebrovasculares presentan una tasa de mortalidad levemente mayor que las enfermedades isquémicas.
- La mayor tasa de mortalidad por enfermedades cardiovasculares se presenta en los adultos mayores, tanto para las ECV totales como para las isquémicas y las cerebrovasculares.
- La mayor mortalidad por causa respiratoria la presentan los adultos mayores, en segundo lugar los menores de 5 años, pero con tasas considerablemente mas bajas.

3.23 Actividad 2.- Realizar un diagnóstico epidemiológico de los últimos 10 años.

3.23.1 Daños en la salud de la población

3.23.1.1 Factores de Riesgo

Es importante tener una clara visión de todas aquellas condiciones que sin ser aun enfermedades, determinan a corto y mediano plazo el nivel de salud de una población, convirtiéndola en más o menos susceptibles de enfermar por otras condiciones externas tales como contaminación ambiental.

Tabaquismo

El Tabaquismo es considerado la principal causa modificable de morbimortalidad en el mundo. Es el principal factor de riesgo para cáncer, uno de los más importantes en enfermedades cardiovasculares, respiratorias, alteraciones en la fertilidad, enfermedades periodontales, dermatológicas, entre otras. En el embarazo, el consumo de tabaco es un reconocido factor de riesgo para recién nacidos con bajo peso de nacimiento, prematuridad y muertes en el primer año de vida. En la tabla siguiente se muestran las estadísticas de tabaquismo en la región del Maule junto con los valores a nivel nacional.

TABLA 3.23-1. CARACTERÍSTICAS EPIDEMIA DE TABAQUISMO, REGIÓN MAULE Y CHILE, 2009.

	Prevalencia fumador actual	Edad inicio fumadores (años)	Número promedio de cigarrillos día	Prevalencia de dependencia al tabaco	Prevalencia fumador pasivo
Región del Maule	34,4	17,3	16,5	47,1	11,9
Chile	40,5	17,9	10,4	33,2	9,6

Fuente: Encuesta Nacional de Salud 2009-2010.

Aunque la prevalencia de fumadores actuales es más alta en el promedio país, la cantidad de cigarrillos consumida, la prevalencia de dependencia al tabaco y la prevalencia de fumador pasivo son significativamente más altas en la región del Maule que en el resto país.

Malnutrición por exceso

Se considera como una persona en Sobrepeso aquella que tiene Índice de Masa Corporal entre 25 y 30, Obesa aquella persona con IMC > 30. En niños pre-púberes, se utiliza el índice "peso para la talla" y se consideran con sobrepeso aquellos que están entre 1 y 2 desviaciones estándar, obeso es aquel con más de 2 desviaciones estándar. La obesidad es un factor de riesgo para enfermedades cardiovasculares, diabetes, HTA, dislipidemias, osteoartritis, osteoporosis, y algunos cánceres. En la tabla 3.23-2 se muestran los indicadores de malnutrición de la región del Maule en comparación con el resto del país, mientras que en la tabla 3.23-3 se muestran estos indicadores para la comuna de Talca.

TABLA 3.23-2. INDICADORES DE MALNUTRICIÓN EN POBLACIÓN DE 15 AÑOS Y MÁS, REGIÓN DEL MAULE Y CHILE 2009.

	Prevalencia Bajo Peso	Prevalencia Sobrepeso	Prevalencia Obesidad	Prevalencia Obesidad Morbida	Prevalencia Exceso de peso
Región del Maule	1,15	38,7	27,9	2,3	66,6
Chile	1,77	39,3	25,1	2,2	64,5

Fuente: Encuesta Nacional de Salud 2009-2010

TABLA 3.23-3. PREVALENCIA DE MALNUTRICIÓN EN POBLACIÓN MENOR DE 6 AÑOS, COMUNA DE TALCA, REGIÓN DEL MAULE Y CHILE 2010.

	En riesgo	Desnutrición	Sobrepeso	Obesidad	Normal
Talca	2,6	0,4	20,0	8,8	68,2
Región del Maule	2,2	0,3	22,5	10,0	65,0
Chile	2,5	0,3	22,6	9,6	65,0

Fuente: DEIS/MINSAL

Tanto en población adulta como en pre-escolares la prevalencia de exceso de peso es mayor en la región del Maule que en el promedio país y que en la comuna de Talca.

Alcohol

En la tabla 3.23-4. se muestra la prevalencia de alcoholismo en la población de 15 años y más en la región del Maule y resto del país.

TABLA 3.23-4. INDICADORES DE CONSUMO DEL ALCOHOL EN POBLACIÓN DE 15 AÑOS Y MÁS, REGIÓN DEL MAULE Y CHILE 2009.

	Promedio gramos alcohol consumidos por día	Prevalencia bebedor problema (Test AUDIT > 8)	Prevalencia Bebedor Problema (Test EBBA ≥ 2)
Región del Maule	43,4	12,4	21,6
Chile	55,6	10,9	17,7

Fuente: Encuesta Nacional de Salud 2009-2010

Si bien es cierto que el consumo diario de alcohol es más alto en el promedio país, el bebedor problema se constituye en un mayor desafío en la región del Maule que en el país.

Hipertensión Arterial y Diabetes Mellitus

En la tabla 3.23-5 se muestra la prevalencia de hipertensión arterial y diabetes mellitus en la población mayor e igual a 15 años en la región del Maule y resto del país.

TABLA 3.23-5. PREVALENCIA DE HIPERTENSIÓN ARTERIAL (HTA) Y DIABETES MELLITUS (DM) EN POBLACIÓN DE 15 AÑOS Y MÁS, REGIÓN DEL MAULE Y CHILE 2009.

	Prevalencia HTA	Prevalencia DM
Región del Maule	29,2	9,7
Chile	26,9	9,4

Fuente: Encuesta Nacional de Salud 2009-2010

Tanto la hipertensión arterial como la diabetes mellitus presentan prevalencias más altas en la población de la región del Maule que en el promedio país.

Dislipidemias

En la tabla 3.23-6 se muestra la prevalencia de Dislipidemias en la población mayor e igual a 15 años en la región del Maule y resto del país.

TABLA 3.23-6. PREVALENCIA DE DISLIPIDEMIAS EN POBLACIÓN DE 15 AÑOS Y MÁS, REGIÓN DEL MAULE Y CHILE 2009.

	Prevalencia Colesterol total elevado	Prevalencia de HDL disminuido	Prevalencia Triglicéridos elevados	Prevalencia Colesterol LDL elevado
Región del Maule	33,6	46,8	27,4	22,5
Chile	38,5	45,4	31,2	22,7

Fuente: Encuesta Nacional de Salud 2009-2010

Las dislipidemias, a excepción de la prevalencia de HDL disminuido, presentan prevalencias más altas a nivel nacional que en la región del Maule.

Conclusiones Prevalencia Factores de Riesgo

Todos los factores de riesgo analizados, con la excepción de las dislipidemias, presentan niveles de mayor prevalencia en la población de la Región del Maule que en el promedio país, esto aumenta el riesgo de presentar mayor morbilidad por enfermedades crónicas no transmisibles derivadas de agentes externos tales como la contaminación del aire por combustión de leña.

3.23.1.2 Morbilidad en la Comuna de Talca

Egresos Hospitalarios por grupos de causas y sexo

En la tabla 3.23-7 se muestran los Egresos Hospitalarios según grupos de causas y sexo en el Servicio de Salud del Maule, Hospital César Garavagno Burotto, para el año 2010.

TABLA 3.23-7. EGRESOS HOSPITALARIOS SEGÚN GRUPOS DE CAUSAS Y SEXO. SERVICIO DE SALUD DEL MAULE, HOSPITAL CÉSAR GARAVAGNO BUROTTO, 2010

Grandes grupos de causas	Hombres		Mujeres	
	Nº	%	Nº	%
Infecciosas y Parasitarias	137	2,5	115	2,4
Tumores	379	6,9	559	11,6
Sangre y otros	50	0,9	46	0,9
Glándulas endocrinas	107	1,9	158	3,3
Trastornos mentales	71	1,3	89	1,9
Sistema Nervioso	90	1,7	61	1,2
Ojo y sus anexos	33	0,6	27	0,6
Oído y apófisis	14	0,2	12	0,2
Ap. Circulatorio	785	14,2	594	12,4
Ap. Respiratorio	875	15,8	745	15,5
Ap. Digestivo	620	11,3	473	9,8
Piel y tejido Subcutáneo	64	1,2	66	1,4
Sistema Osteomuscular	87	1,6	102	2,1
Ap. Genitourinario	433	7,9	640	13,3
Embarazo – Parto – Puerperio	0	0	4.284	-
Afecciones Periodo Perinatal	260	4,7	237	4,9
Malformaciones Congénitas	88	1,6	49	1,0
Signos anormales, clínicos y de lab.	145	2,6	132	2,7
Traumatismos y envenenamientos	1.260	22,9	674	14,0
Factores que influyen en estado de salud	12	0,2	38	0,8
Todas las causas	5.510	100	9.101	100

Fuente: DEIS-MINSAL

Se observa un distinto perfil de causas de hospitalización según sexo. En hombres la primera causa de hospitalización, los traumatismos, es la segunda en mujeres, con una importancia relativa mucho menor. La segunda causa en hombres, enfermedades respiratorias, es la primera en mujeres con porcentajes similares. Es interesante observar que los tumores malignos constituyen una importante causa de hospitalización en mujeres (11,6% del total de egresos en población femenina), en cambio en los hombres solo representa el 6,9% de las hospitalizaciones.

3.23.1.3 Mortalidad

Mortalidad general

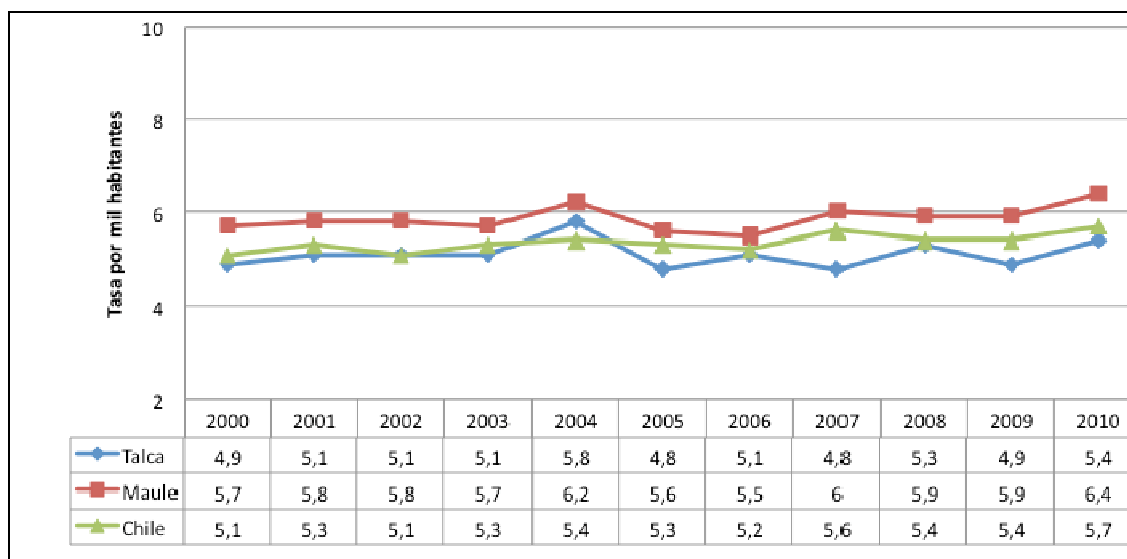
Se presenta a continuación el análisis de la mortalidad de la región del Maule, comuna de Talca y país según lo establecido en los Términos de Referencia del proyecto. Los avances tecnológicos, el desarrollo de vacunas y tratamientos más efectivos, las políticas sociales y de salud pública desarrolladas en los últimos años han permitido un mejor control de enfermedades que afectan principalmente a la población infantil. Estos progresos han determinado en la población general un cambio desde una situación de alta mortalidad, en que prevalecen las enfermedades transmisibles, a otra de baja mortalidad en que predominan las enfermedades degenerativas, los tumores malignos y las muertes violentas; este fenómeno, muy relacionado con los procesos de envejecimiento poblacional, es por el que está atravesando la población de la comuna de Talca y la región del Maule.

TABLA 3.23-8. TASA DE MORTALIDAD GENERAL 2010

	Total		Hombres		Mujeres	
	Nº	Tasa*	Nº	Tasa*	Nº	Tasa*
Comuna Talca	1.307	5,4	649	5,5	658	5,3
Región del Maule	6.424	6,4	3.512	7,0	2.912	5,8
País	97.930	5,7	52.237	6,2	45.693	5,3

Fuente: DEIS-MINSAL (*) Número de muertes por mil habitantes

Se observa en la tabla que la tasa de mortalidad general, o el riesgo de la población de fallecer, es más alta en la región del Maule que en el país y en la comuna de Talca; lo mismo en población masculina y femenina.



Fuente: DEIS/MINSAL

FIGURA 3.23-1. TENDENCIA TASAS DE MORTALIDAD GENERAL, TALCA, REGIÓN DEL MAULE, CHILE, 2000-2010.

La tasa de mortalidad general se mantiene más alta en la región que en el promedio país y en la comuna de Talca durante todo el período 2000-2010.

Mortalidad Infantil y Materna

En la tabla 3.23-9 se presentan las estadísticas de mortalidad infantil y materna para la comuna de Talca, la Región del Maule y el país.

TABLA 3.23-9. MORTALIDAD INFANTIL Y MATERNA, TALCA, REGIÓN DEL MAULE, CHILE. 2010

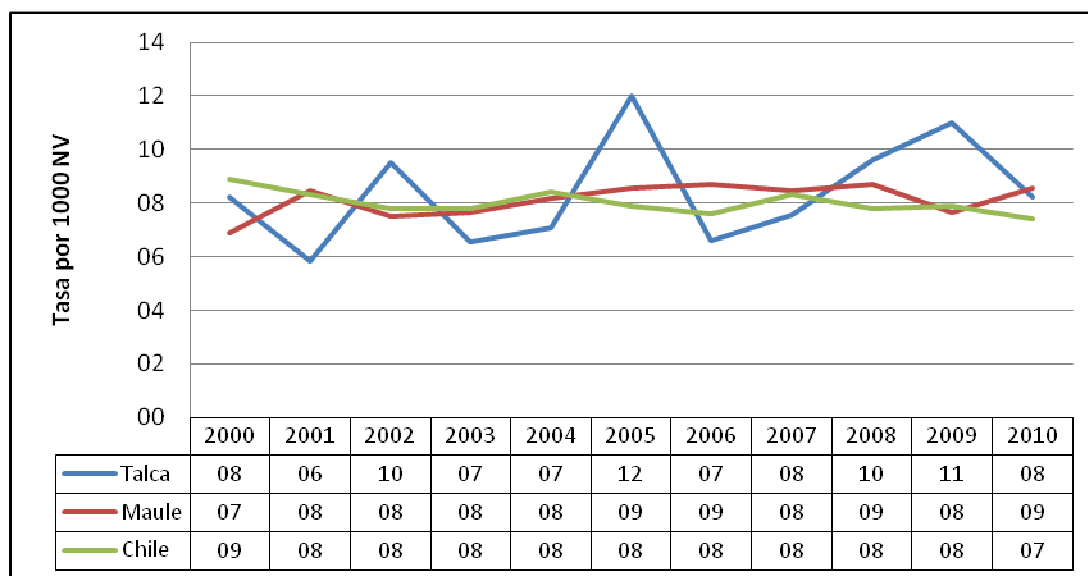
	Mortalidad Infantil ¹		Mortalidad Materna ²	
	Nº	Tasa	Nº	Tasa
Comuna Talca	27	8,2	1	30,5
Región del Maule	121	8,6	2	14,2
País	1.862	7,4	46	18,3

Fuente: DEIS-MINSAL

(1): muertes de < 1 año por cada mil NVC

(2): muertas por embarazo, parto o puerperio por cada 100 mil NVC

El riesgo de morir de los niños antes de cumplir un año es más alto en la Región que en la comuna de Talca. La tasa nacional es más baja que en la comuna de Talca. Por otro lado, se puede observar que en el año 2010 sólo hubo una muerte materna en la comuna de Talca, por lo que la tasa no es significativa. La tasa de mortalidad materna regional es mas baja que la nacional.



Fuente: DEIS/MINSAL

FIGURA 3.23-2. TENDENCIA DE LA MORTALIDAD INFANTIL, TALCA, MAULE Y CHILE. 2000-2010.

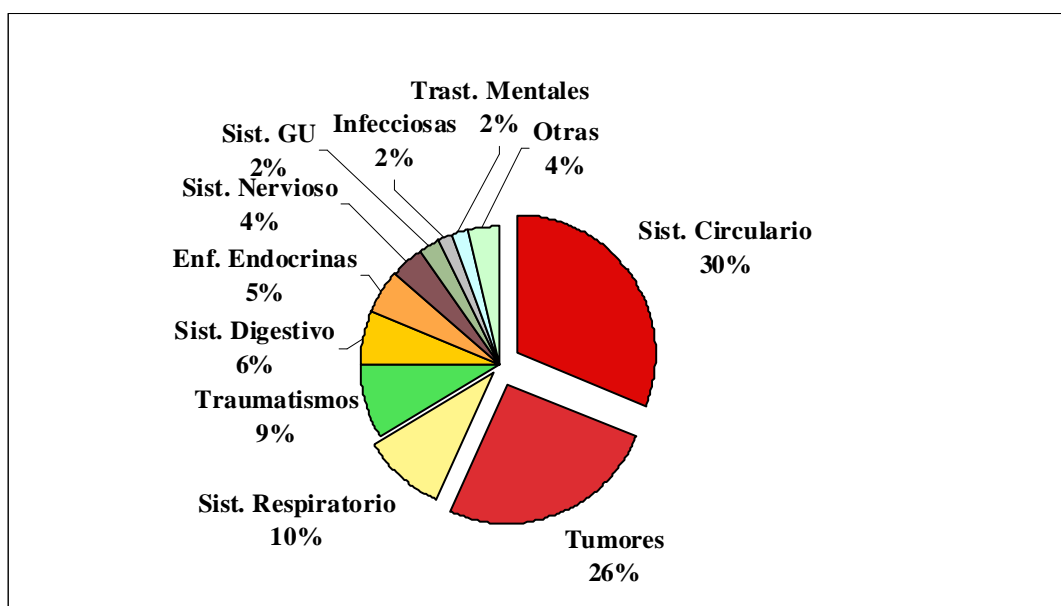
Mortalidad por grupos de causas

En la tabla 3.23-10 se presentan las estadísticas de mortalidad por grupos de causas para la comuna de Talca.

TABLA 3.23-10. MORTALIDAD SEGÚN GRUPOS DE CAUSAS CIE-10 Y SEXO COMUNA DE TALCA 2010

Grupos CIE-10	Población Total		Hombres		Mujeres	
	Nº	Tasa*	Nº	Tasa*	Nº	Tasa*
Enf Infecciosas y Parasitarias	23	9,5	17	14,4	6	4,8
Tumores malignos	336	138,6	161	136,5	175	140,5
Enf. Endocrinas y Nutricionales	66	27,2	38	32,2	28	22,5
Trastornos mentales	23	9,5	8	6,8	15	12,0
Enf. Sistema Nervioso	52	21,4	18	15,3	34	27,3
Enf. Sistema Circulatorio	405	167,0	196	166,2	209	167,8
Enf. Sistema Respiratorio	126	52,0	49	41,5	77	61,8
Enf. Sistema Digestivo	82	33,8	40	33,9	42	33,7
Enf. Sistema Genitourinario	32	13,2	15	12,7	17	13,7
Afecciones originadas en per. perinatal	14	5,8	10	8,5	4	3,2
Malformaciones Congénitas	13	5,4	6	5,1	7	5,6
Síntomas, Signos y Hallazgos anormales	12	4,9	5	4,2	7	5,6
Traumat., envenenam. y otras externas	114	47,0	84	71,2	30	24,1
Resto de las causas	9	3,7	2	1,7	7	5,6
Total	1.307	5,4	649	5,5	658	5,3

Fuente: DEIS-MINSAL (*) Número de muertes por 100 mil habitantes.



Fuente: DEIS/MINSAL

FIGURA 3.23-3. CAUSAS DE MUERTE SEGÚN GRUPO PARA LA COMUNA DE TALCA EN EL AÑO 2010.

En la comuna de Talca ocurre un fenómeno muy particular respecto a la distribución de las muertes según grandes grupos de causas. El primer grupo de causas, las enfermedades cardiovasculares son responsables del 30% de todas las muertes ocurridas en Talca en 2010; los tumores malignos del 26%. Solo estas dos causas son responsables del 56% de la mortalidad comunal. A nivel regional y nacional este porcentaje es solo cercano al 50%. En esta comuna hay una mayor carga de enfermedades crónicas no transmisibles en la población

Principales causas específicas de muerte según sexo.

En la tabla 3.23-11 se presentan las estadísticas de mortalidad por causas específicas para la comuna de Talca.

TABLA 3.23-11. MORTALIDAD POR CAUSAS ESPECÍFICAS POBLACIÓN GENERAL COMUNA DE TALCA EN EL AÑO 2010

Código CIE-10	Descripción	Nº	Tasa*
I20-I25	Enfermedad Isquémica del Corazón	130	53,6
I60-I69	Enfermedad Cerebrovascular	126	52,0
I10-I15	Enfermedad Hipertensiva	61	25,2
J12-J18	Neumonía	59	24,3
E10-E14	Diabetes Mellitus	52	21,4
K70-K76	Cirrosis Hepática	46	19,0
C16	Cáncer de Estómago	32	13,2
J40-J44	Enfermedad Pulmonar Obstructiva cr.	31	12,8
V01-V89	Accidentes de Tránsito	30	12,4
C23-C24	Cáncer de Vesícula Biliar	28	11,5

Fuente: DEIS-MINSAL (*) Número de muertes por 100 mil habitantes

Una separación según sexo se puede ver en las siguientes tablas.

TABLA 3.23-12. MORTALIDAD POR CAUSAS ESPECÍFICAS POBLACIÓN MASCULINA COMUNA DE TALCA AÑO 2010

Código CIE-10	Descripción	Nº	Tasa*
I20-I25	Enfermedad Isquémica del Corazón	71	60,2
I60-I69	Enfermedad Cerebrovascular	59	50,0
E10-E14	Diabetes Mellitus	30	25,4
K70-K76	Cirrosis Hepática	27	22,9
V01-V89	Accidentes de Tránsito	25	21,2
I10-I15	Enfermedad Hipertensiva	25	21,2
C16	Cáncer de Estómago	21	17,8
J12-J18	Neumonía	21	17,8
C33-C34	Cáncer de Pulmón	18	15,3
X60-X84	Suicidios	16	13,6

Fuente: DEIS-MINSAL (*) Número de muertes por 100 mil habitantes

En los hombres las principales causas específicas de muerte son similares a las causas de la población general. Es interesante observar que la tasa de mortalidad por accidentes de tránsito en población masculina es significativamente más alta que en población general, y que el suicidio aparece como una de las 10 principales causas de muerte. El cáncer de Pulmón

aparece también dentro de esta lista, lo que se condice con el alto consumo de cigarrillos en la población.

TABLA 3.23-13. MORTALIDAD POR CAUSAS ESPECÍFICAS POBLACIÓN FEMENINA COMUNA DE TALCA AÑO 2010

Código CIE-10		Nº	Tasa*
I60-I69	Enfermedad Cerebrovascular	67	53,8
I20-I25	Enfermedad Isquémica del Corazón	59	47,4
J12-J18	Neumonía	38	30,5
I10-I15	Enfermedad Hipertensiva	36	28,9
C23-C24	Cáncer de Vesícula Biliar	23	18,5
C50	Cáncer de Mama	22	17,7
E10-E14	Diabetes Mellitus	22	17,7
K70-K76	Cirrosis Hepática	19	15,3
J40-J44	Enfermedad Pulmonar Obstructiva cr.	18	14,5
C53	Cáncer Cuello Uterino	17	13,7

Fuente: DEIS-MINSAL (*) Número de muertes por 100 mil mujeres

En población femenina la primera causa de muerte es la enfermedad cerebrovascular, con una tasa mayor que la observada en población masculina. Aparecen tres tumores malignos dentro de las primeras 10 causas de muerte: vesícula biliar, mama y cuello uterino. No aparecen causas traumáticas dentro de las principales causas específicas.

Mortalidad por Cáncer, Enfermedades Cardiovasculares, Digestivas y Respiratorias y Traumas, Comuna de Talca, región del Maule y Chile 2010.

En la tabla 3.23-14 se presentan las estadísticas de mortalidad por Enfermedades Cardiovasculares, Digestivas y Respiratorias y Traumas, comuna de Talca, región del Maule y Chile para el año 2010.

TABLA 3.23-14. DISTRIBUCIÓN MORTALIDAD SEGÚN 5 PRINCIPALES GRUPOS DE CAUSAS CIE-10 COMUNAS TALCA, REGIÓN MAULE Y PAÍS 2010.

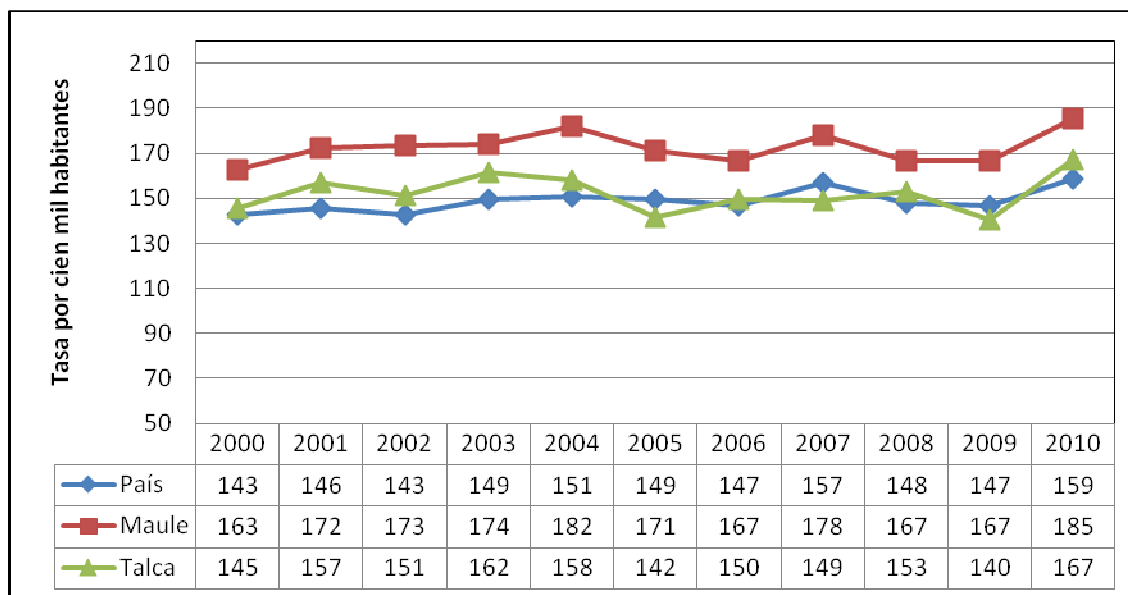
	Cardiovascular		Tumores		Trauma		Respiratorio		Digestivo	
	Nº	Tasa*	Nº	Tasa*	Nº	Tasa*	Nº	Tasa	Nº	Tasa*
Talca	405	167,0	322	132,8	114	47,0	126	52,0	82	33,8
Región del Maule	1.867	185,2	1.403	139,2	784	77,8	695	69,0	375	37,2
País	27.161	158,9	23.136	135,3	8.385	49,1	9.994	58,5	7.052	41,3

Fuente: DEIS-MINSAL (*): Número de muertes por 100 mil

En la tabla se observa que la región del Maule presenta tasas de mortalidad más altas que el país y la comuna de Talca en los cinco grupos de causas de muerte detallados. Las diferencias más importantes se observan en las causas traumáticas y cardiovasculares.

Tendencia Enfermedades Cardiovasculares

En la figura 3.23-4 se presentan las tendencias de mortalidad por Enfermedades Cardiovasculares de la Comuna de Talca, Región del Maule y Chile para el periodo 2000-2010.

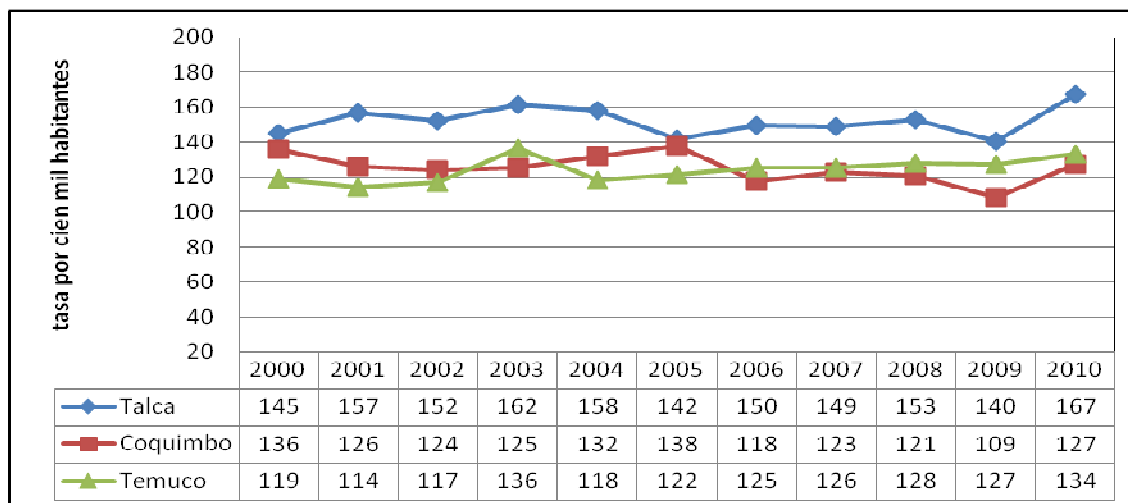


Fuente: DEIS/MINSAL

FIGURA 3.23-4. TENDENCIA MORTALIDAD POR ENFERMEDADES CARDIOVASCULARES, TALCA, REGIÓN DEL MAULE Y CHILE, 2000-2010.

En la figura se observa claramente que la curva de tendencia de mortalidad por causa cardiovascular se mueve a niveles más altos para la región del Maule que para la comuna de Talca y el resto del país. Por lo tanto, el riesgo de morir por causa cardiovascular ha sido, durante el periodo 2000-2010, mayor para la población de la comuna de Talca.

Por otro lado, como una medida comparativa se verificó la tendencia de mortalidad de la comuna de Talca con las comunas de Temuco (con documentado problema de contaminación ambiental) y Coquimbo (sin evidencia de problemas de contaminación ambiental por combustión de leña) para hacer comparación de situación de salud entre una población supuestamente dañada por la contaminación del aire y otra sin daño. En figura 3.23-5 se muestra la tendencia de la Mortalidad por Enfermedades Cardiovasculares, comunas de Coquimbo, Temuco y Talca, 2000-2010.



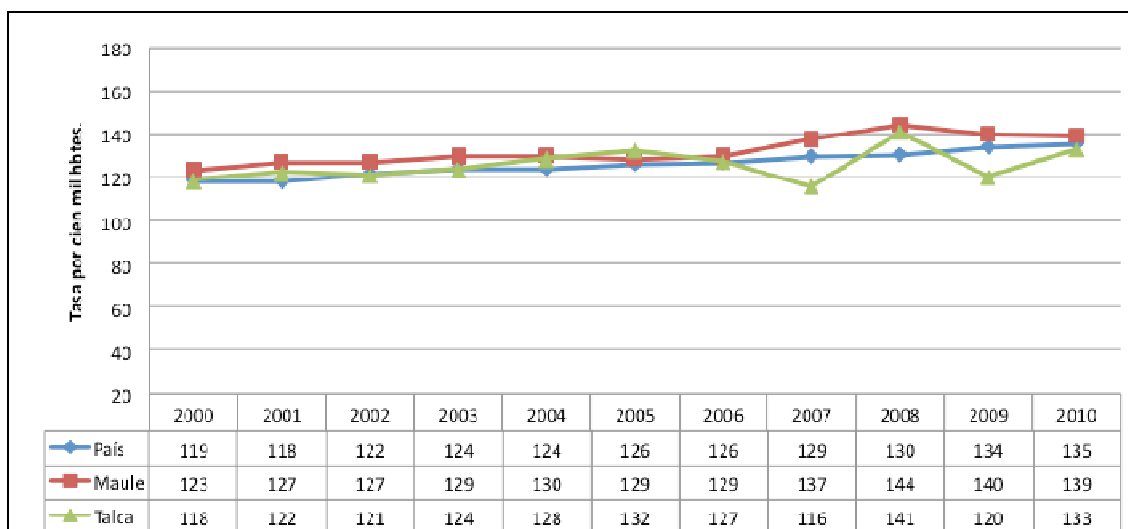
Fuente. DEIS/MINSAL

FIGURA 3.23-5. TENDENCIA DE LA MORTALIDAD POR ENFERMEDADES CARDIOVASCULARES, COMUNAS DE COQUIMBO, TEMUCO Y TALCA, 2000-2010.

En la figura se puede apreciar que la comuna Talca tiene mayores tasas de mortalidad por enfermedades cardiovasculares que la comuna de Temuco, y la comuna de Coquimbo.

Tendencia Tumores Malignos

En la figura 3.23-6 se presentan las tendencias de mortalidad por Tumores malignos de la comuna de Talca, región del Maule y Chile para el periodo 2000-2010.

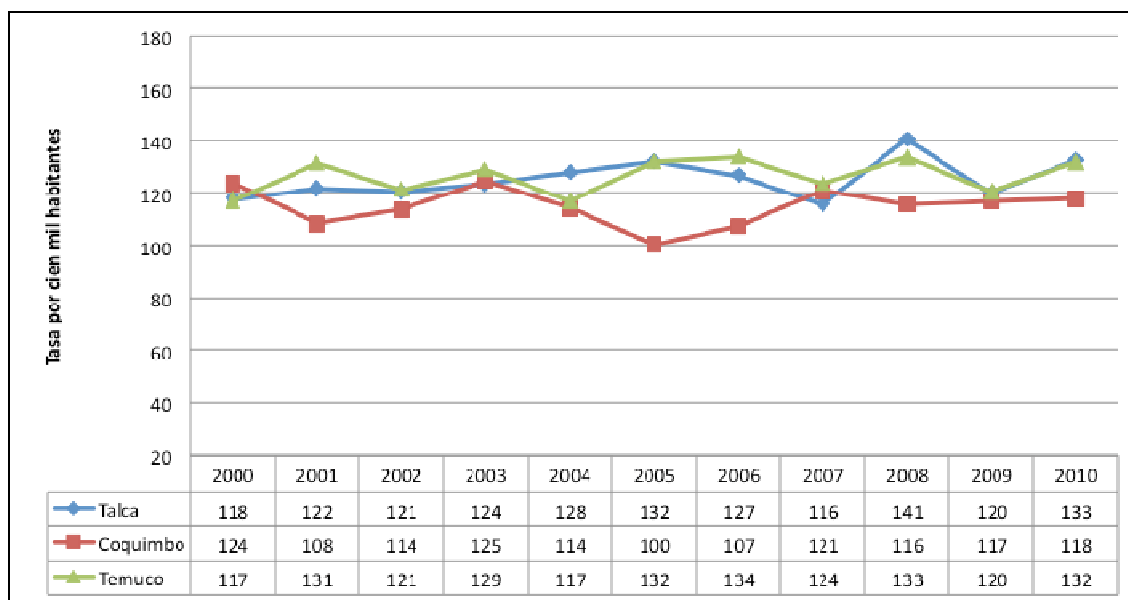


Fuente: DEIS/MINSAL

FIGURA 3.23-6. TENDENCIA EN LA MORTALIDAD POR TUMORES MALIGNOS, TALCA, REGIÓN DEL MAULE Y CHILE, 2000-2010

Se observa en el gráfico una suave tendencia al aumento en las tasas de mortalidad por cáncer tanto para Talca, Maule y Chile, sin embargo el mayor riesgo poblacional de muerte está siempre en la región del Maule.

También se verificó la tendencia de mortalidad de la comuna de Talca con las comunas de Temuco (con documentado problema de contaminación ambiental) y Coquimbo (sin evidencia de problemas de contaminación ambiental por combustión de leña) para hacer comparación de la situación de salud entre una población supuestamente dañada por la contaminación del aire y otra sin daño.



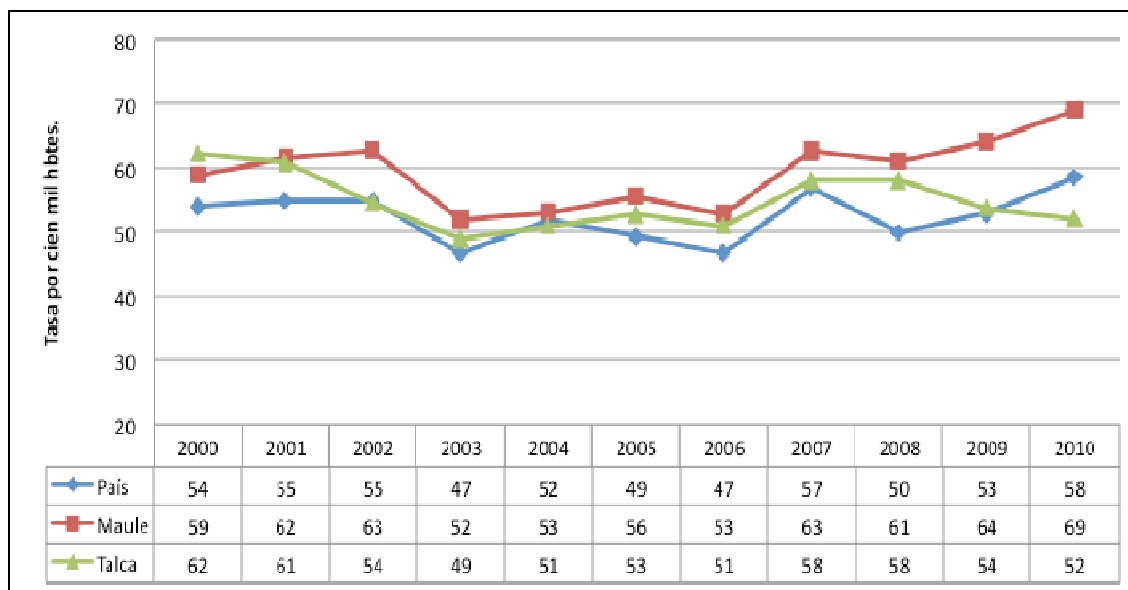
Fuente: DEIS/MINSAL

FIGURA 3.23-7. TENDENCIA DE LA MORTALIDAD POR TUMORES MALIGNOS, COMUNAS DE COQUIMBO, TEMUCO Y TALCA, 2000-2010.

En la figura se observa que la tendencia en la mortalidad por cáncer no ha experimentado importantes variaciones en la última década en las comunas estudiadas. Coquimbo es la que se mantiene con las tasas más bajas. Temuco y Talca no muestran diferencias importantes.

Tendencias Enfermedades Sistema Respiratorio

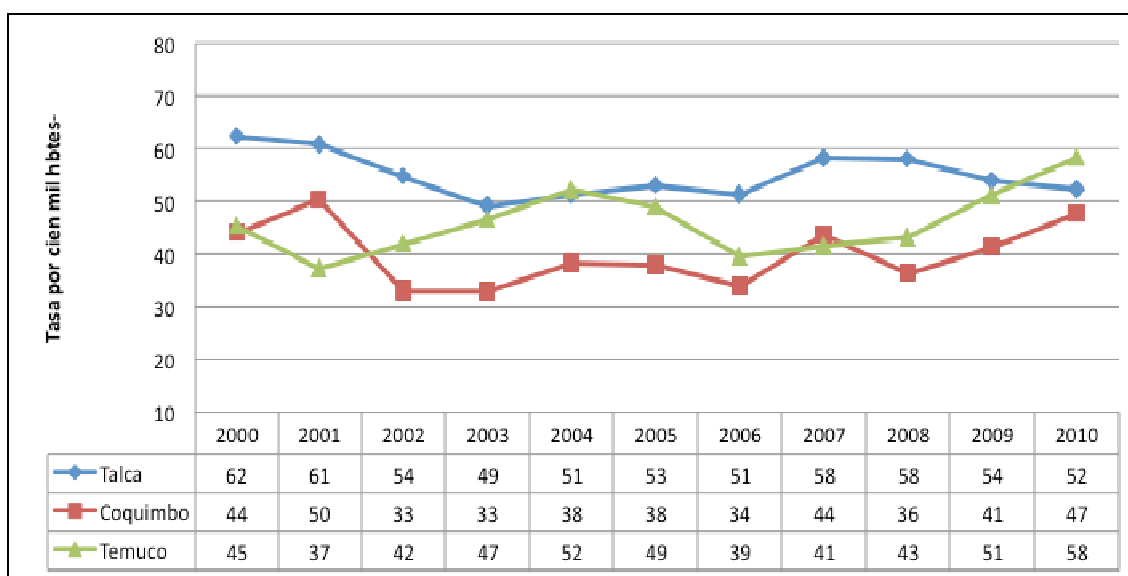
En la figura 3.23-8 se presentan las tendencias de mortalidad por Enfermedades Respiratorias de la Comuna de Talca, Región del Maule y Chile para el periodo 2000-2010.



Fuente: DEIS/MINSAL

FIGURA 3.23-8. TENDENCIA EN LA MORTALIDAD POR ENFERMEDADES RESPIRATORIAS, TALCA, REGIÓN DEL MAULE Y CHILE, 2000-2010.

Tal como ocurre para enfermedades cardiovasculares, para enfermedades del sistema respiratorio el riesgo de muerte es mayor en la región de Maule que en el promedio país y que en la comuna de Talca. Con tasas que muestran una tendencia al aumento en los últimos 3 años.



Fuente: DEIS/MINSAL

FIGURA 3.23-9. TENDENCIA DE LA MORTALIDAD POR ENFERMEDADES RESPIRATORIAS, COMUNAS DE COQUIMBO, TEMUCO Y TALCA, 2000-2010.



Como ocurre también en enfermedades cardiovasculares, es la comuna de Talca la que presenta tasas más altas que Coquimbo y Temuco. En los últimos 3 años las tasas de Coquimbo y Temuco van al aumento, así es como en el 2010 Temuco sobrepasa la tasa de Talca, la que en el último trienio viene en disminución.

3.24 Actividad 3 (Objetivo 7).- Realizar un análisis de los últimos cinco años de monitoreo, sobre la influencia de los contaminantes atmosféricos MP_{10} y $MP_{2,5}$ en la salud de la población del área de estudio.

3.24.1 Análisis de la influencia de los contaminantes atmosféricos MP_{10} y $MP_{2,5}$ en la salud de población de la comuna de Talca durante el periodo 2004- 2008

El análisis de la influencia de los contaminantes atmosféricos sobre la salud de la población en la comuna de Talca, se basa en el desarrollo de modelos estadísticos que relacionan el número de muertes y admisiones hospitalarias diarias por causas cardiovasculares y respiratorias, con las concentraciones de MP_{10} y $MP_{2,5}$ en Talca. Es importante destacar que no fue posible realizar este análisis en la comuna de Maule debido a la carencia de estaciones de monitoreo de calidad de aire.

El primer paso consistió en analizar las series de concentraciones de MP_{10} y $MP_{2,5}$ registradas en el monitor de la comuna de Talca. Los modelos consideran la métrica de MP_{10} y $MP_{2,5}$ como media en 24 horas, debido a que permite evaluar efectos en la salud de corto plazo y también corresponde a uno de los periodos de tiempo normado para estos contaminantes, junto con el promedio anual.

La base de datos quedó conformada con la información diaria de mortalidad y admisiones hospitalarios, meteorología y calidad del aire, desde 1 de enero del 2004 al 31 de diciembre del 2008, la cual posee una serie de limitaciones, específicamente de las concentraciones de MP_{10} y $MP_{2,5}$ de la estación la Florida, conteniendo registros desde el 2 de enero del 2004 al 30 de diciembre del 2007, día por medio y que a partir del 1 de enero del 2008 al 30 de diciembre del 2008 se midió diariamente, lo cual genera una gran limitación en el estudio, como asimismo para las variables meteorológicas (temperatura promedio, humedad relativa promedio y velocidad del viento promedio (m/s)), tiene datos faltantes, los cuales fueron rellenados con valores entregados por el Boletín Público E.E. Panguilemo de la página de Internet *Entorno de Visualización Electrónico de Datos Agroclimatológicos*¹. De esta manera, con los datos disponibles se generaron modelos de concentración-respuesta.

El protocolo comienza con la recopilación de la información, la cual consiste en bases de datos de registros diarios de mortalidad, morbilidad, concentraciones MP_{10} y $MP_{2,5}$ y variables meteorológicas. Con la base ya creada y según el protocolo requerido, se procedió a realizar los modelos de concentración respuesta en los cuales en una primera etapa se controla la tendencia y estacionalidad de la variable dependiente mediante regresión Poisson Multivariada, y una vez bien definido este modelo se incluyeron las variables meteorológicas, cuya relación con la variable dependiente no es lineal, ante lo cual se utilizan Modelos Aditivos Generalizados (GAM) los cuales consideran este efecto mediante suavizamientos, y que este estudio en particular considerará un suavizamiento del tipo cúbico, el cual según la literatura, tiene buenas propiedades para la estimación de los parámetros. Por último, se procede a introducir al modelo el contaminante para así crear el modelo final que explique el fenómeno estudiado. Para este trabajo, se utilizó Excel para crear las bases de datos y los análisis estadísticos se realizaron en el software r-Project V3.0.0.

Los modelos de regresión de Poisson multivariada considera como variable dependiente todas las muertes diarias o los ingresos hospitalarios (μ_i), como independientes la calidad de aire, como variables confundentes los datos meteorológicos: temperatura promedio y humedad relativa. De esta forma el modelo queda escrito de la siguiente manera

$$\ln(\mu_i) = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \beta_3 X_{3i},$$

Donde:

μ_i = Número estimado de muertes o ingresos hospitalarios

X_i = Variables independientes (tendencia, estacionalidad, meteorología, calidad del aire

β_i , con $i=0,1,2,3$ son los coeficientes de regresión .

Además se considera modelos aditivos generalizados incluyen la suma de funciones suaves de las covariables, el cual tiene la siguiente representación:

$$g(\mu_i) = X_i^T \Theta + f_1(x_{1i}) + f_2(x_{2i}) + \dots,$$

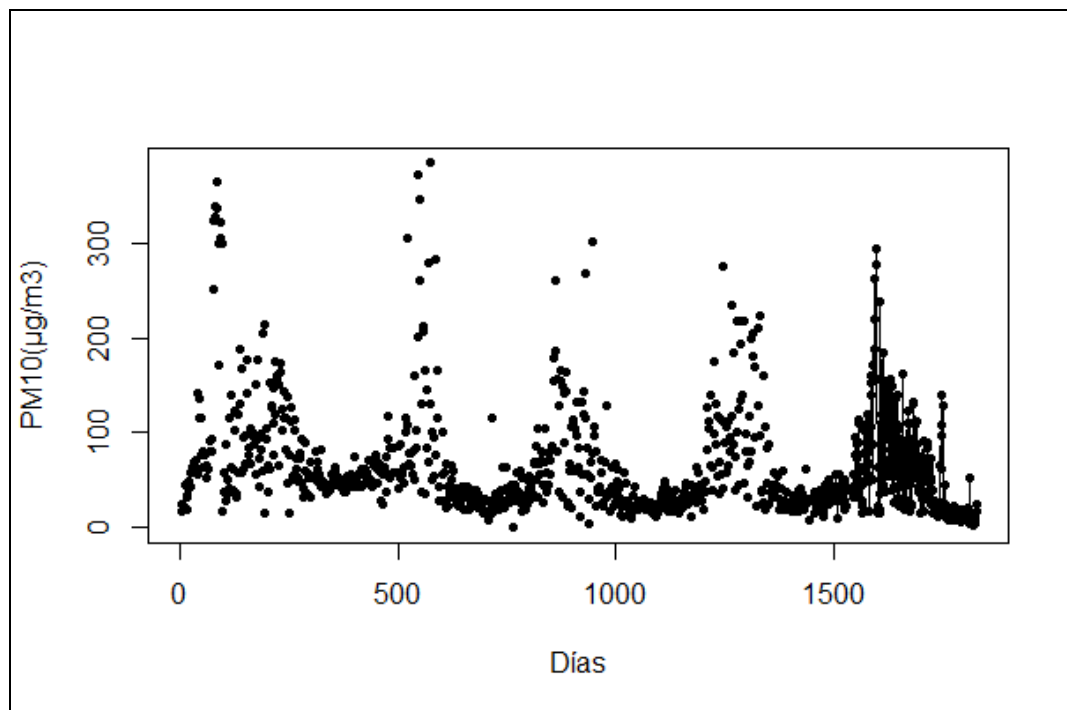
Donde $\mu_i = E(Y_i)$ y $Y_i \sim$ es alguna distribución de la familia exponencial, de esta manera tenemos que Y_i es la variable respuesta, X_i^T es la matriz de diseño de la parte paramétrica, Θ corresponde al vector de parámetros, y las f_j son las funciones suavizadas de las covariables. En el modelo la X representaría las variables de calidad aire es decir PM10 y PM25 y las funciones $f_1(x_{1i})$, $f_2(x_{2i})$, $f_3(x_{3i})$ representan las variables meteorológicas que sería temperatura, velocidad del viento y humedad relativa del aire, las cuales son las variables que serán suavizadas para un mejor ajuste los modelos de concentración respuesta.

Análisis de Calidad de Aire y Meteorología

Análisis de los niveles ambientales de MP10

Se analiza la base de calidad del aire en la estación de monitoreo ubicada en Talca (la Florida), cuyo análisis se centra en las concentraciones diarias, producto que son modelos de efectos en salud.

En Talca se dispone de registros de MP10 desde el 2 de enero 2004 al 30 de diciembre 2007, día por medio, y a partir del 1 de enero 2008 al 30 de diciembre 2008, se midió diariamente (ver Figura siguiente).



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.24-1. REGISTRO DE MP10 EN LA CIUDAD DE TALCA

En la Tabla siguiente se muestran las estadísticas descriptivas del MP10 que incluyen el total del número de datos por año para la creación de los modelos a utilizar.

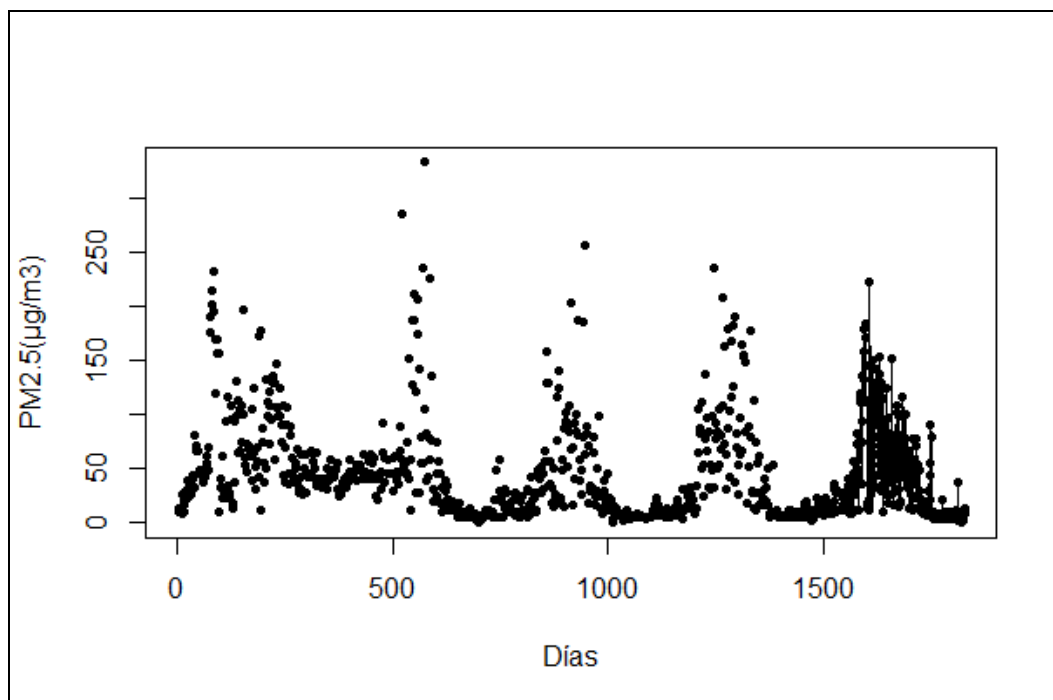
TABLA 3.24-1. ESTADÍSTICAS DE MONITOREO DE MP10 EN LA CIUDAD DE TALCA, ESTACIÓN FLORIDA

Año	N	Media	D.E.	Mín	Máx	Percentil(98)
2004	181	91,16	68,87	15	365	327
2005	176	66,15	63,08	8	384	306
2006	181	56,53	48,31	0	301	185,8
2007	181	60,97	53,5	8	275	218
2008	350	53,32	48,69	2	294	185

Fuente: Elaboración propia

Análisis de los niveles ambientales de MP2,5

Se examina la base de calidad del aire en la estación ubicada en la ciudad de Talca (Estación La Florida), análisis que se centra en las concentraciones diarias, por ser modelos de efectos en salud. En Talca se dispone de registros de MP2,5 desde el 2 de enero 2004 al 30 de diciembre 2007, día por medio, y a partir del 1 de enero 2008 al 30 de diciembre 2008, se midió diariamente.



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.24-2. REGISTRO DE MP2,5 EN LA CIUDAD DE TALCA

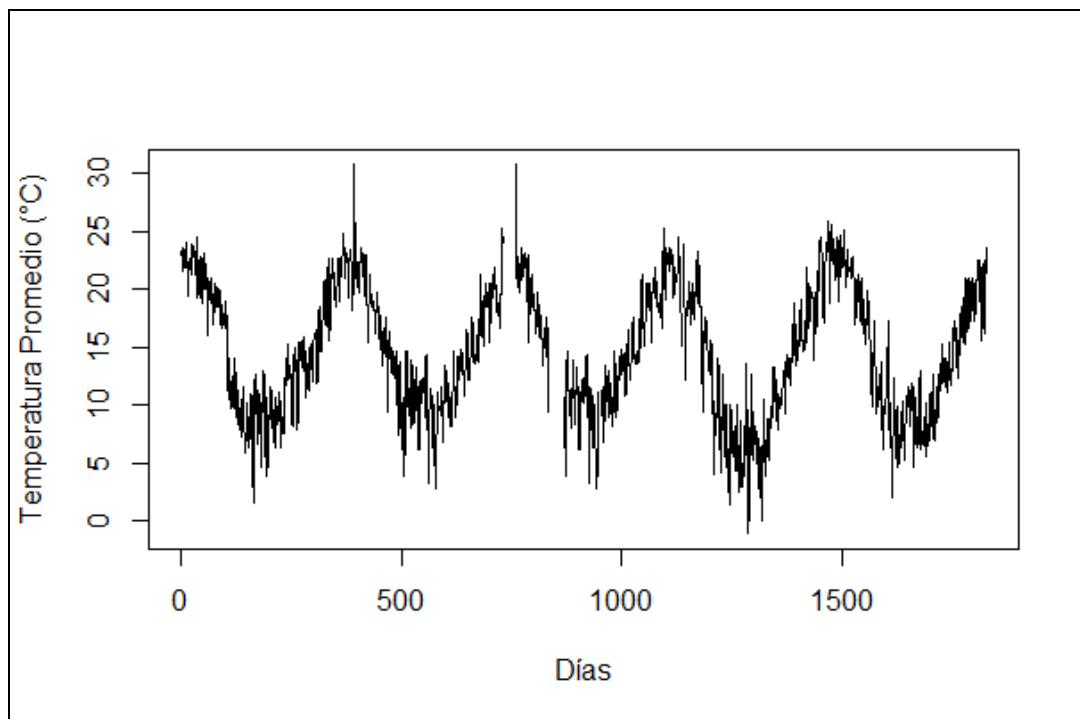
TABLA 3.24-2. ESTADÍSTICAS DE MONITOREO DE MP2,5 EN LA CIUDAD DE TALCA, ESTACIÓN FLORIDA

año	N	Media	D.E.	Mín	Máx	Percentil(98)
2004	181	67,33	45,42	9	232	197
2005	176	46,68	51,27	1	333	226
2006	181	34,82	41,39	0	257	186
2007	181	41,45	48,36	4	236	182
2008	350	36,63	39,49	1	222	150

Fuente: Elaboración propia

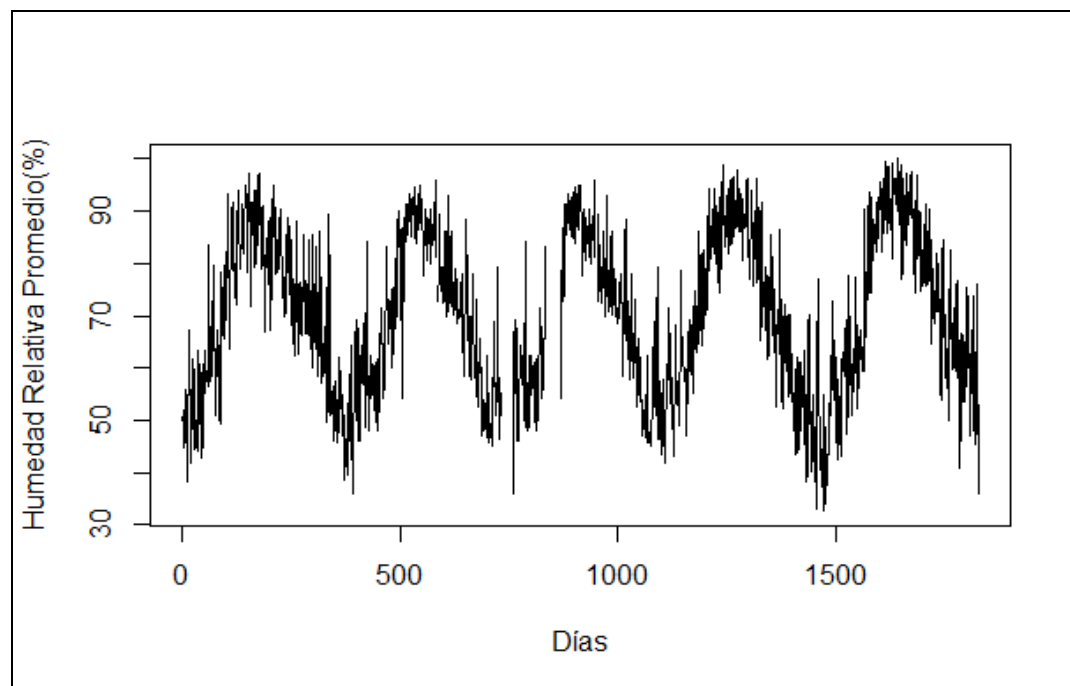
Análisis datos Meteorológicos

En las figuras siguientes, se observan las variables meteorológicas; temperatura y humedad relativa utilizadas en el modelo. En la figura se puede apreciar una marcada estacionalidad de estas variables.



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.24-3. SERIE TEMPORAL DE LA TEMPERATURA MEDIA DIARIA



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.24-4. SERIE TEMPORAL DE LA HUMEDAD RELATIVA MEDIA DIARIA

Análisis de Mortalidad y Morbilidad

Estadística de Mortalidad

La información corresponde a las muertes diarias durante el periodo comprometido entre 2004 y 2008, para la comuna de Talca. Dentro de las muertes por causa cardiovascular se incluyeron todas las codificadas con letra I del ICD-10, las muertes respiratorias (neumonías, EPOC) incluyen todas las codificadas en la letra J del IDC-10 y las digestivas (letra K del ICDF-10), que se utilizarán como control en el desarrollo de los modelos. La tabla siguiente es un resumen del número de muertes por año, según causa y grupo de edad en Talca.

TABLA 3.24-3. ESTADÍSTICA DE MORTALIDAD PARA LA COMUNA DE TALCA

Edad	Causa	Años				
		2004	2005	2006	2007	2008
65>	Cardiovascular	70	59	75	73	92
	Respiratoria	19	19	17	16	29
	Digestivas	39	32	32	33	35
65≤	Cardiovascular	275	281	301	302	301
	Respiratoria	118	105	110	136	121
	Digestivas	47	35	53	47	54
	Total	568	531	588	607	632

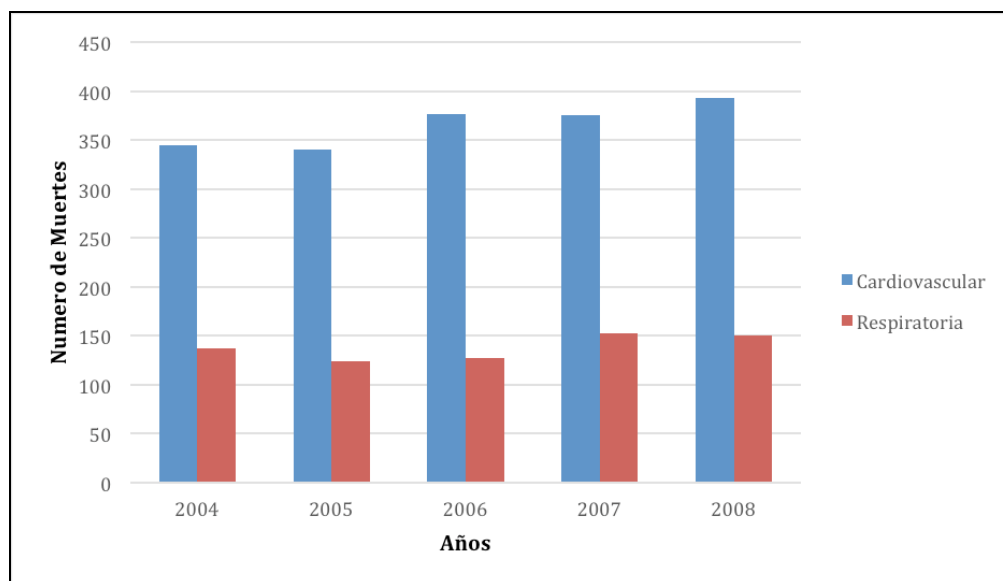
Fuente: Elaboración propia

La siguiente tabla muestra la distribución porcentual de las muertes anuales, divididas en tipo de muerte y grupo de edad en Talca. A su vez, la figura siguiente muestra la distribución del número de muertes por causas cardiovasculares y respiratorias totales.

TABLA 3.24-4. DISTRIBUCIÓN PROCENTUAL (%) DE LA MORTALIDAD EN LA COMUNA DE TALCA

Edad	Causa	Años				
		2004	2005	2006	2007	2008
65>	Cardiovascular	12,1	11,1	12,8	12,0	14,6
	Respiratoria	3,3	3,6	2,9	2,6	4,6
	Digestivas	9,6	6,0	5,4	5,4	5,5
65≤	Cardiovascular	47,6	52,9	51,2	49,8	47,6
	Respiratoria	17,7	19,8	18,7	22,4	19,1
	Digestivas	9,6	6,6	9,0	7,7	8,5
	Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.24-5. DISTRIBUCIÓN DE MUERTES POR CAUSAS CARDIOVASCULARES Y RESPIRATORIAS TOTALES EN LA COMUNA DE TALCA

Estadística de Morbilidad

La información corresponde a los egresos hospitalarios diarios durante el periodo comprendido entre los años 2004 y 2008, para la comuna de Talca. La base de datos de morbilidad incluye fecha de egreso y causa de la enfermedad. Dentro de las causas de las enfermedades considera la cardiovascular que incluye todas las codificadas con letra I del ICD-10, las enfermedades respiratorias (neumonías, EPOC) incluyen todas las codificadas en la letra J del IDC-10, y las digestivas (letra K del ICDF-10). Los egresos fueron clasificados por grupo de edad (total, mayor y menor de 65 años). Finalmente, la base de morbilidad se estructuró contabilizando para cada día, el número de admisiones hospitalarias por causa y grupo de edad. La tabla siguiente muestra un resumen del número de hospitalizaciones por año, según causa y grupo de edad en Talca.

TABLA 3.24-5. ESTADÍSTICA DE MORBILIDAD PARA LA COMUNA DE TALCA

Edad	Causa	Años				
		2004	2005	2006	2007	2008
65>	Cardiovascular	627	662	701	763	773
	Respiratoria	1124	1189	1165	1268	990
	Digestivas	1838	1857	1961	1725	1787
65≤	Cardiovascular	675	617	701	728	692
	Respiratoria	338	403	440	428	342
	Digestivas	361	373	412	379	374
	Total	4963	5101	5380	5291	4958

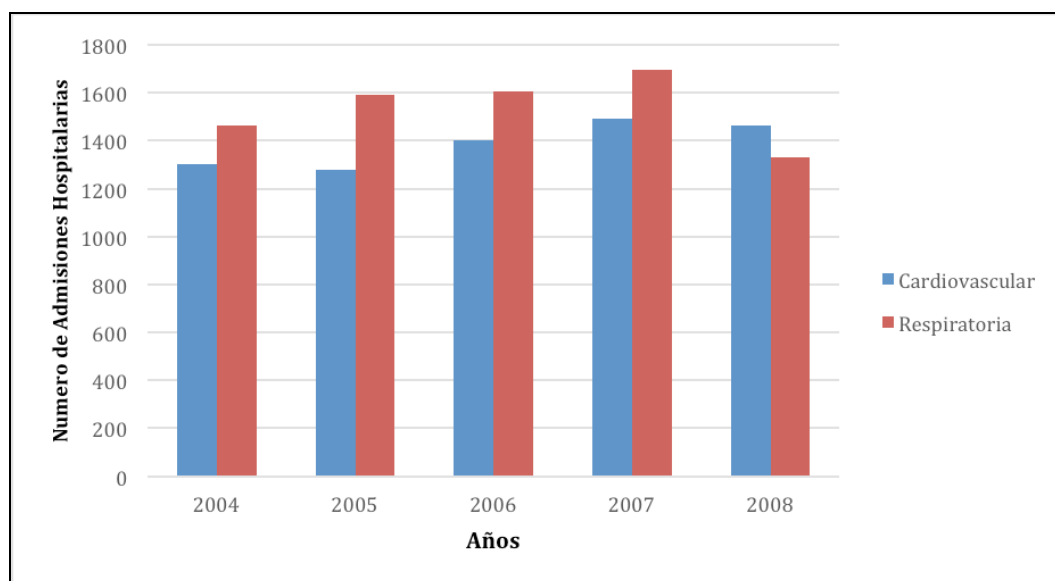
Fuente: Elaboración propia

A continuación, la tabla siguiente muestra la distribución porcentual de las hospitalizaciones anuales para la comuna de Talca, divididas en tipo de muerte y grupo de edad. Asimismo, la figura siguiente muestra la tendencia del número de hospitalizaciones por causas cardiovasculares y respiratorias totales.

TABLA 3.24-6. DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL (%) DE LA MORTALIDAD EN LA COMUNA DE TALCA

Edad	Causa	Años				
		2004	2005	2006	2007	2008
65>	Cardiovascular	12,6	13,0	13,0	14,4	15,6
	Respiratoria	22,6	23,3	21,7	24,0	20,0
	Digestivas	37,0	36,4	36,4	32,6	36,0
65≤	Cardiovascular	13,6	12,1	13,0	13,8	14,0
	Respiratoria	6,8	7,9	8,2	8,1	6,9
	Digestivas	7,3	7,3	7,7	7,2	7,5
	Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Fuente: Elaboración propia

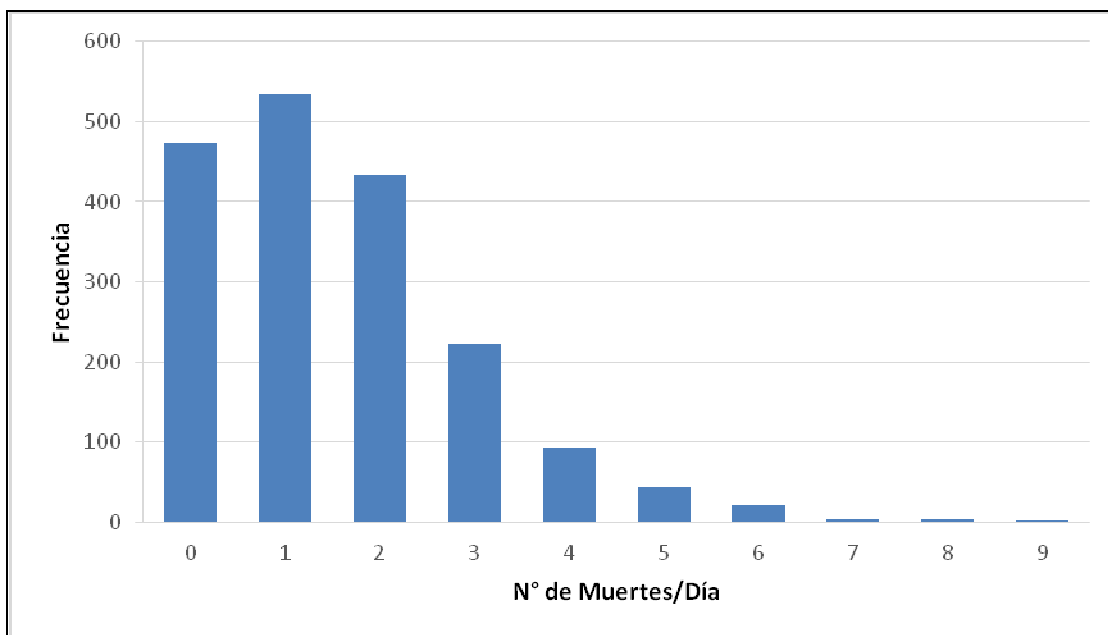


Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.24-6. MORBILIDAD ANUAL POR CAUSAS CARDIOVASCULARES Y RESPIRATORIA EN LA COMUNA DE TALCA

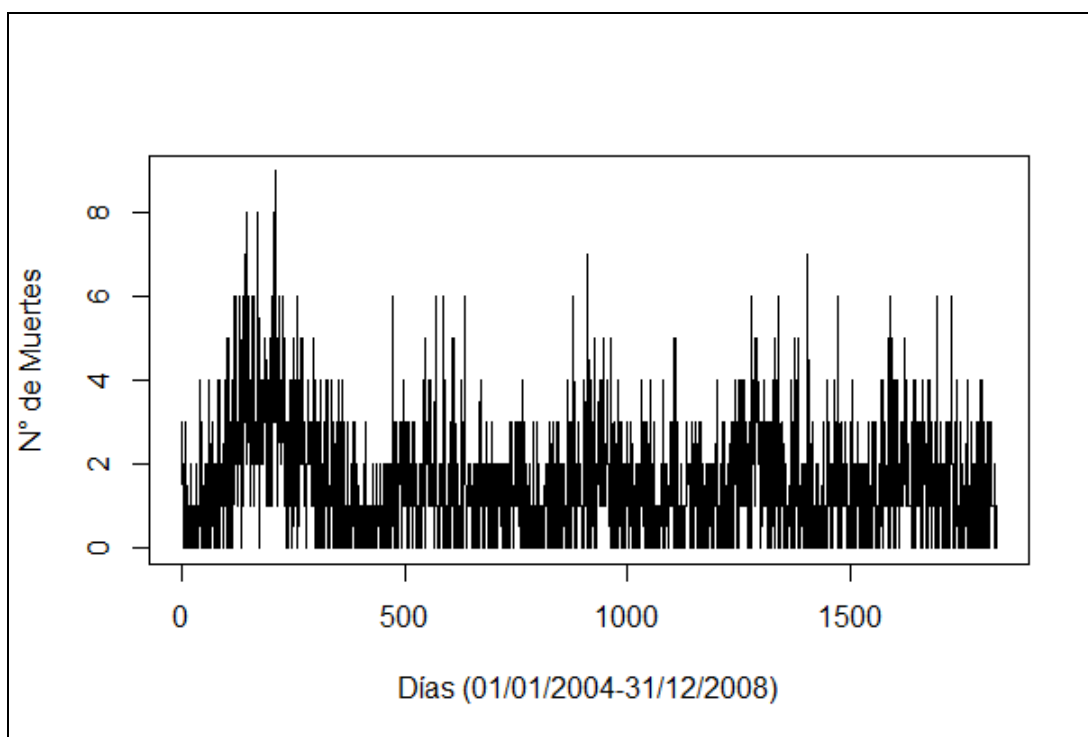
Distribución de la Variable (dependiente) Mortalidad Diaria

Las muertes diarias en la comuna de Talca se muestran en las figuras a continuación. En ella se observa que las causas de muerte siguen una distribución Poisson. Así, la serie temporal del número de muertes presenta una ligera tendencia decreciente y un claro comportamiento estacional.



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.24-7. FRECUENCIA DEL NÚMERO DE MUERTES DIARIAS PARA LA COMUNA DE TALCA



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.24-8. SERIE TEMPORAL DEL NÚMERO DE MUERTES DIARIAS PARA LA COMUNA DE TALCA

3.24.2 Desarrollo de los Modelos de Mortalidad

Para desarrollar los Modelos de Concentración-Respuesta, se debe contar con una base de datos que contenga el número de muertes por distintas causas, las concentraciones de MP10 y MP2,5 y las variables meteorológicas con resolución diaria. La base de datos se conforma con la información que abarca desde 1 enero 2004 al 31 diciembre 2008. Esta serie tiene una serie de limitaciones, ya que de las concentraciones MP10 y MP2,5 de la estación la Florida, tiene registros de MP desde el 2 enero 2004 al 30 diciembre 2007, día por medio, y a partir del 1 de enero 2008 al 30 diciembre 2008, se midió diariamente. Por otro lado, las series de variables meteorológicas (temperatura promedio, humedad relativa promedio y velocidad del viento promedio), estaban incompletas. Por lo que ese tuvo que complementar con registros entregados por el Boletín Público E.E. Panguilemo de la página de internet Entorno de Visualización Electrónico de Datos Agroclimatológicos.

Bases de Datos

Como ya se explicó anteriormente, existe disponibilidad del 100% para los datos de Mortalidad, sin embargo, esto no es así para la información de Calidad del Aire y Meteorología. Así, la tabla a continuación muestra los porcentajes registrados en el periodo entre el 1 de enero del 2004 al 31 de diciembre 2008, en la estación La Florida.

TABLA 3.24-7. PORCENTAJE DE DATOS VÁLIDOS MEDIDOS EN TALCA

Año	MP10	MP2,5	Temperatura	HR	Vel-viento
2004	42	43	99	99	99
2005	46	45	99	99	99
2006	44	46	82	82	82
2007	47	48	57	57	57
2008	93	90	58	58	58

Fuente: Elaboración propia

TABLA 3.24-8. VARIABLES DE MORTALIDAD

Código	Descripción
MCVt	Muertes por causa cardiovasculares
MCVmen65	Muertes por causa cardiovasculares menor a 65 años
MCVmay65	Muertes por causa cardiovasculares mayor o igual a 65 años
MCRt	Muertes por causa respiratorias
MCRmen65	Muertes por causa respiratorias menor a 65 años
MCRmay65	Muertes por causa respiratoria mayor igual a 65 años

Fuente: Elaboración propia

TABLA 3.24-9. VARIABLES DE CALIDAD DEL AIRE

Código	Descripción
MP10	Concentración media en 24 horas de MP10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
MP2,5	Concentración media en 24 horas de MP2,5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Fuente: Elaboración propia

TABLA 3.24-10. VARIABLES DE METEOROLOGÍA

Código	Descripción
Vto	Velocidad del viento promedio (m/s)
Tm	Temperatura promedio ($^{\circ}\text{C}$)
Hr	Humedad relativa promedio (%)

Fuente: Elaboración propia

TABLA 3.24-11. VARIABLES DE TENDENCIA Y ESTACIONALIDAD

Código	Descripción
Tend	Tendencia lineal
Tend2	Tendencia cuadrática
Ds1-Ds6	Dummy día de la semana
Dm1-Dm11	Dummy mes del año
Fs1-Fs6	Serie armónica de senos
Fc1-Fc6	Serie armónica de cosenos

Fuente: Elaboración propia

3.24.3 Revisión de Estudios Epidemiológicos

Diversos estudios internacionales y nacionales han analizado los problemas en la salud generados por la concentración de contaminantes en el aire, específicamente el material particulado MP10 y material particulado fino respirable MP2,5. Así, surge la importancia de identificar y cuantificar los impactos particulares de estos contaminantes en la salud de la población que habita en las comunas de Talca y Maule.

La literatura científica ha asociado un aumento de la contaminación por material particulado con un incremento en la mortalidad debido a problemas pulmonares y cardiopulmonares, así como también con un aumento de enfermedades respiratorias, cardiovasculares, agravamiento en casos de asma, entre otros (Pope et al., 1995; Künzli et al., 2000; Green y Armstrong, 2003; Colburn y Johnson, 2003; Dominici et al., 2003).

Además de los daños respiratorios y cardiovasculares mencionados, el material particulado fino puede inclusive generar cáncer pulmonar. Estudios como Cohen et al. (2005) y Kappos et al. (2004) correlacionan concentraciones elevadas de MP2,5 con esta enfermedad.

El primer estudio mencionado presenta datos donde destaca que alrededor del 8% de las personas que lo padecen, han estado expuestos a niveles importantes del contaminante por largos períodos de tiempo. Refuerza también estos estudios, Krewski et al. (2009) quienes tras recolectar datos de varios años, concluyen que el número de muertos por cáncer pulmonar aumenta alrededor de 3% por cada aumento de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en $\text{MP}_{2,5}$.

Pope III et al. (2009) muestran que la esperanza de vida de la población disminuye 0,6 años por cada $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de aumento en las concentraciones de material particulado fino. Jerrett et al. (2009) también encuentran que el incremento del $\text{MP}_{2,5}$ se asocia con un significativo incremento del riesgo de muerte por causas cardiopulmonares y respiratorias, resultado que fue obtenido al realizar un estudio de cohortes que incluyó el seguimiento a 448.850 sujetos durante más de 20 años.

Según D'Amato et al. (2010) la incidencia de enfermedades alérgicas respiratorias y asma bronquial está aumentando en todo el mundo, y las personas que viven en zonas urbanas experimentan estas afecciones con mayor frecuencia que las que viven en zonas rurales. Una de las diversas causas del incremento de la morbilidad asociada a las enfermedades alérgicas respiratorias es la mayor presencia de contaminantes atmosféricos en el exterior como el $\text{MP}_{2,5}$, por ello concluye que la contaminación atmosférica en las ciudades supone un riesgo grave para la salud pública.

En el caso de estudios epidemiológicos realizados en nuestro país, se puede mencionar el trabajo de Cakmak et al. (2007) quienes buscan determinar la influencia de la contaminación ambiental sobre la niveles de mortalidad general en Santiago, Chile. Sus principales resultados, mostraron que el porcentaje de muertes por enfermedades respiratorias se acercaba al 5% para personas menores de 65 años. Si se consideran individuos mayores a 85 años, esta cifra aumentaba a 14%.

Cifuentes et al. (2000) realizaron un análisis de los recuentos diarios de muertes no accidentales en Santiago de Chile, entre 1988 y 1996 relacionándolos con seis contaminantes del aire ($\text{MP}_{2,5}$, MP_{10} , monóxido de carbono, dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno y ozono). El aumento de la mortalidad asociada con los niveles medios de contaminación del aire varía entre un 4% y un 11%, dependiendo de los contaminantes y la temporada del año. Se concluye que las partículas finas son más importantes que las partículas gruesas en casi todo el año y especialmente en invierno.

Considerando todos los antecedentes anteriormente expuestos, es muy importante desde el punto de vista de salud pública encontrar alternativas eficientes y efectivas para que disminuyan las concentraciones de estos contaminantes en el aire.

Desarrollo de los Modelos de Concentración-Mortalidad

Se han estimado modelos que relacionan niveles de concentración de partículas MP_{10} y $\text{MP}_{2,5}$, con cada causa de mortalidad (Cardiovascular y Respiratoria), y grupo etario, incluyendo además las variables Calidad del Aire, y las variables confundentes definidas en las tablas 3.24-9 y 3.24-10.

De todos los modelos evaluados, sólo se encontraron relaciones significativas para muertes por causa cardiovascular al considerar el número de muertes en la comuna de Talca. Para aquellos modelos significativos estadísticamente, se les calculó el riesgo relativo (RR) ante incrementos en $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en la concentración de MP10 y MP2,5. Este incremento de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ se utiliza para fines de comparación con riegos estimados en otras ciudades, tanto en Chile como en el extranjero.

3.24.4 Modelos de Mortalidad para la Comuna de Talca

En la tabla siguiente se especifican los modelos que resultaron significativos. Para el modelo MCVt resultaron significativas el MP10 del mismo día, y para MP2,5 también resultó significativo dicho contaminante para el mismo día; también se observa el modelo MCVmay65 en el cual ambas variables fueron significativamente rezagadas en un paso.

TABLA 3.24-12. MODELOS DE MORTALIDAD – TALCA

Modelo	Tendencia	Estacionalidad	Meteorología	MP10	MP2,5
MCVt	Tend, Tend2	Dm7, Dm8, Dm10, Fc1, Fs2	Vto.1	mp10	MP2,5
MCVmay65	Tend, Tend2	Dm7, Dm8, Dm10, Fc1, Fs2		mp10.1	MP2,5.1

Fuente: Elaboración propia

Las siguientes dos tablas muestran los coeficientes y el error estándar (Beta, EE(B)) de la relación concentración-respuesta, los correspondientes riesgos relativos (RR) junto a sus intervalos de confianza del 5% y 95% (ICI, ICS), y la proporción atribuible (PA) de morir por causa cardiovascular, ante el incremento de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de MP10 y MP2,5, respectivamente.

Las relaciones entre partículas y mortalidad sólo resultaron estadísticamente significativas (p -valor $<0,05$), para las variables MCVt (Muertes por causa cardiovasculares) y MCVmay65 (Muertes por causa cardiovasculares mayor igual a 65 años). El máximo riesgo relativo de morir se produce por causas cardiovasculares y mayor que 65 años para el MP10 con $\text{RR}=1,15154$ ($1,027759 - 1,290228$).

En el caso del MP2,5, ocurre lo mismo que para el MP10, quedando con las mismas variables significativas. Asimismo, el máximo riesgo relativo de morir se produce por causas cardiovasculares y mayor que 65 años con $\text{RR} = 1,171869$ ($1,003334 - 1,368713$).

TABLA 3.24-13. RIESGO RELATIVO ASOCIADOS AL MP10 – TALCA

Modelo	Beta	EE(B)	RR	ICI	ICS	PA
MCVt	0,001113	0,0005255	1,11773	1,008337	1,238992	10,5
MCVmay65	0,001411	0,0005802	1,15154	1,027759	1,290228	13,2

Fuente: Elaboración propia

TABLA 3.24-14. RIESGO RELATIVO ASOCIADOS AL MP2,5 – TALCA

Modelo	Beta	EE(B)	RR	ICI	ICS	PA
MCVt	0,001542	0,0007065	1,166724	1,01585	1,340006	14,3
MCVmay65	0,001586	0,0007922	1,171869	1,003334	1,368713	14,7

Fuente: Elaboración propia

Valga comentar que para los modelos por muertes por causas respiratorias, no se encontraron modelos estadísticamente significativos para MP10 y MP2,5.

Desarrollo de los Modelos de Concentración-Morbilidad

Se han estimado modelos que relacionan niveles de concentración de partículas MP10 y MP2,5, con el número de admisiones hospitalarias por causas cardiovascular y respiratoria, y grupo etario, incluyendo además las variables Calidad del Aire y las variables confundentes definidas para el análisis.

En los modelos que se encontraron relaciones significativas, se les calculó el riesgo relativo (RR) ante incrementos en $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en la concentración de MP10 y MP2,5. Este incremento de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ se utiliza para fines de comparación con riesgos estimados en otras ciudades, tanto en Chile como en el extranjero.

Modelos de Morbilidad para la comuna de Talca

En la Tabla siguiente se especifican los modelos que resultaron ser significativos para MCVt, y solo se encontró un modelo estadísticamente significativo para MP10 rezagado en un paso. También, el modelo MCVmay65 en el cual la variable significativa para los contaminantes fueron MP10 rezagada en un paso; asimismo, para la variable MP2,5 fue significativamente rezagada en un paso.

TABLA 3.24-15. MODELOS DE MORBILIDAD – TALCA

Modelo	Tendencia	Estacionalidad	Meteorología	MP10	MP2,5
MCVt	Tend, Tend2	Ds1, Ds2, Ds3, Ds4, Ds5, Dm1, Dm6, Dm10, Dm11, Fc1, Fs3, Fc4, Fs5	Vto.2	mp10.1	--
MCVmay65	Tend, Tend2	Ds1, Ds2, Ds3, Ds4, Ds5, Dm1, Dm6, Dm9, Dm11, Fc1, Fc2, Fs5		mp10.1	MP2,5.1

Fuente: Elaboración propia

Las tablas siguientes muestran los coeficientes y el error estándar (Beta, EE(B)) de la relación concentración-respuesta, los correspondientes riesgos relativos (RR) junto a sus intervalos de confianza del 5% y 95% (ICI, ICS), y la proporción atribuible (PA) de morir por causa cardiovascular, ante el incremento de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de MP10 y MP2,5, respectivamente.

Las relaciones entre partículas y morbilidad sólo resultaron estadísticamente significativas (p -valor $<0,05$), las variables, MCVt (Muertes por causa cardiovasculares) y MCVmay65 (Muertes por causa cardiovasculares mayor igual a 65 años), y las demás variables no influyen en el modelo. El máximo riesgo relativo de admisiones hospitalarias por causas cardiovasculares y mayor que 65 años con $RR = 1,162648$ ($1,062648 - 1,265677$).

En el caso del MP2,5, sólo se tiene una variable significativa, la cual es MCVmay65 (Muertes por causa cardiovasculares mayor igual a 65 años). El máximo riesgo relativo de admisiones hospitalarias por causas cardiovasculares y mayor que 65 años con $RR = 1,18578$ ($1,05498 - 1,33279$).

TABLA 3.24-16. RIESGO RELATIVO ASOCIADOS AL MP10 – TALCA

Modelo	Beta	EE(B)	RR	ICI	ICS	PA
MCVt	0,0006991	0,0003374	1,072412	1,003787	1,145728	6,8
MCVmay65	0,001507	0,0004332	1,162648	1,068005	1,265677	14,0

Fuente: Elaboración propia

TABLA 3.24-17. RIESGO RELATIVO ASOCIADOS AL MP2,5 – TALCA

Modelo	Beta	EE(B)	RR	ICI	ICS	PA
MCVmay65	0,001704	0,0005963	1,185779	1,054984	1,33279	15,7

Fuente: Elaboración propia

Para los modelos por causas respiratorias no se encontraron modelos estadísticamente significativos.

3.24.5 Conclusiones

Del siguiente estudio podemos evidenciar las relaciones entre las muertes y admisiones hospitalarias por causas cardiovasculares y respiratorias, destacando las causas respiratorias en las cuales no se encontraron modelos estadísticamente significativos, lo que se estima puede deberse a que no se consideró una base de datos completa para los contaminantes, tal como se requiere para este tipo de estudio. Por lo tanto, se sugiere considerar algún método de imputación de datos para las variables MP10 y MP2,5. También del estudio, se deduce que los contaminantes MP10 y MP2,5 afectan significativamente la salud de las personas, generando muertes y admisiones por causa cardiovascular.

3.25 Actividad 4 y 5.- (Objetivo 7) Identificar y estimar los beneficios sociales de las medidas de reducción de emisiones de MP10 y MP2,5 en las comunas de Talca y Maule. Y análisis de costo-beneficio de distintos escenarios de reducción.

3.25.1 Cuantificación de Beneficios Directos en Salud

Los beneficios sobre la salud de una reducción en la contaminación por material particulado respirable provienen de una menor probabilidad de mortalidad y menor incidencia de enfermedades de la población afectada.

Para la valoración de los beneficios en las enfermedades que afectan la salud se utiliza el enfoque del costo evitado. En el caso de las enfermedades cardiovasculares el número promedio de días hospitalizado en la zona de estudio corresponde a 9,6 días, para las enfermedades respiratorias corresponde a 6,7 días, mientras en el caso del asma son 4,9 días. Así, es posible calcular los costos totales que incluyen el valor de los días cama más la consulta médica para cada enfermedad los cuales se extraen del “Estudio de costos de prestaciones de salud” realizado por el Departamento de Salud Pública de la Pontificia Universidad Católica de Chile (2012). De tal forma se puede estimar un valor de MM\$ 0,226 para una admisión hospitalaria por causas respiratorias, MM\$ 0,319 para una admisión hospitalaria por causas cardiovasculares, y MM\$ 0,168 para una admisión hospitalaria por asma. Estos valores son utilizados en el escenario de estimación de beneficios que incluye los datos generados y calculados para Talca y Maule de funciones C-R.

Sin embargo, los valores previamente estimados son menores a los utilizados por el Departamento de Estudios Ambientales del Ministerio del Medioambiente, y además, no incluyen otros tipos de patologías, pérdida de productividad y días de actividad restringida, por lo cual finalmente se utilizan estos últimos valores en el escenario que estima los beneficios en salud con las funciones C-R internacionales lo cual facilita la comparación con otros AGIES.

En ambos escenarios de estimación de beneficios en salud, el valor de la vida estadística (VVE) es el sugerido para el año 2014 por el Departamento de Estudios Ambientales del Ministerio del Medioambiente.

TABLA 3.25-1. VALORES UNITARIOS POR CASOS EVITADOS [UF/CASO]

		Niños	Adultos 18-29	Adultos 30-64	Adultos Mayores
Mortalidad	Largo Plazo	14.920	14.920	14.920	14.920
Admisiones hospitalarias	Asma	26	28	28	0
	Cardiovascular	0	56	56	56
	Respiratorias crónicas	0	36	36	37
	Neumonía	0	0	0	40
Visitas Salas de Emergencia	Asma	1	0	0	0
Productividad perdida	Días laborales	0	1	1	0
	Días de actividad restringida	0	0	0	0
	Días de actividad restringida menor	0	0	0	0

Fuente: Departamento de Estudios Ambientales del Ministerio del Medioambiente

La población expuesta considerada corresponde a los habitantes de la comuna de Talca y Maule, que según proyecciones del INE corresponden a 280.051 personas para el año 2014. Sin embargo, el estudio epidemiológico realizado en Talca concluye que la población más afectada por la contaminación de material particulado fino y respirable corresponden a personas mayores de 65 años que alcanzan según proyecciones basadas en datos del INE a 26.274 personas para el año 2014. Por lo anterior, este segmento de la población de Talca y Maule se utiliza para el cálculo de los beneficios en salud por la reducción de la contaminación bajo el contexto de la Relación Concentración-Respuesta (C-R) determinados en el análisis epidemiológico desarrollado en el presente estudio, cuyos resultados fueron informados en el Informe de Avance N° 2. Alternativamente, también se estima el beneficio en salud utilizando los coeficientes C-R propuestos en estudios internacionales para el grupo específico analizado en cada uno de estos estudios.

La relación Concentración-Respuesta (C-R) es la función que permite asociar cuantitativamente la concentración de un contaminante atmosférico con la incidencia de un determinado efecto en la salud de la población. Por lo general las funciones Concentración-Respuesta son el resultado de estudios epidemiológicos, cuyo análisis proporciona el valor de la pendiente de la curva C-R, o el riesgo relativo para una variación de la concentración del contaminante.

Para el primer escenario de análisis se utilizan los coeficientes C-R estimados para Talca en el presente estudio, y que corresponden a la realidad particular del área de estudio.

TABLA 3.25-2. COEFICIENTES DE FUNCIONES CONCENTRACIÓN-RESPUESTA CON DATOS LOCALES

Item	Coefficiente C-R	Desv. Estándar
Mortalidad Prematura MCV por MP10	0,00111	0,00053
Mortalidad Prematura MCV por MP10 > 65 años	0,00141	0,00058
Mortalidad Prematura MCV por MP2,5	0,00154	0,00071
Mortalidad Prematura MCV por MP2,5 > 65 años	0,00159	0,00079
Adm. Hosp. Respiratoria	No significativo en Talca y Maule	
Adm. Hosp. Cardiovascular por MP10 > 65 años	0,00151	0,00043
Adm. Hosp. Cardiovascular por MP2,5 > 65 años	0,00170	0,00059
Adm. Hosp. Asma	No significativo en Talca y Maule	

Fuente: Elaboración propia

Los modelos que arrojaron efectos significativos entregan resultados consistentes en términos epidemiológicos. Específicamente, los modelos para mortalidad y morbilidad por causas cardiovasculares (CVM) que incluyen toda la población presentan un impacto significativo, pero en los modelos para los menores de 65 años no se observa un efecto estadísticamente significativo. También se observa que el impacto en el riesgo relativo de un incremento de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de MP2,5 es mayor al riesgo relativo de un incremento de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de MP10. Por lo anterior, se decide utilizar los C-R de los modelos asociados al MP2,5 para mayores de 65 años para evaluar los beneficios del PDATM.

Es necesario aclarar que para los modelos de muertes o enfermedades por causas respiratorias, no se encontraron modelos estadísticamente significativos para MP10 y MP2,5 con los datos de calidad del aire, mortalidad y egresos hospitalarios disponibles para Talca y Maule.

Alternativamente, bajo un segundo escenario de análisis se utilizan los coeficientes C-R estimados en estudios internacionales. La justificación para utilizar coeficientes internacionales es que se observan diferencias importantes en los beneficios en salud para Talca y Maule cuando se utilizan coeficientes locales. Lo anterior, se puede atribuir a que solo se tuvo información de los niveles ambientales de MP10 y MP2,5 día por medio y los lapsos de varios días para los cuales faltaba información de MP10 o MP2,5, o bien, fue descartado el valor debido a que no tenían sentido físico ($\text{MP10} < \text{MP2,5}$). Todos estos elementos afectan la estimación de los efectos de la contaminación sobre la salud y mortalidad en la población expuesta.

TABLA 3.25-3. COEFICIENTES DE FUNCIONES CONCENTRACIÓN-RESPUESTA DE ESTUDIOS INTERNACIONALES

Efecto	Tipo de Efecto y Fuente	Niños	Adultos 18-29	Adultos 30-64	Adultos Mayores
Mortalidad	<i>Largo Plazo (Pope et al., 2004)</i>	0,00%	0,93%	0,93%	0,93%
Admisiones hospitalarias	<i>Asma (Sheppard, 2003)</i>	0,33%	0,33%	0,33%	0,00%
	<i>Cardiovascular (Moolgavkar, 2000)</i>	0,00%	0,15%	0,15%	0,16%
	<i>Respiratorias crónicas (Moolgavkar, 2000; Ito, 2003)</i>	0,00%	0,24%	0,24%	0,12%
	<i>Neumonía (Ito, 2003)</i>	0,00%	0,00%	0,00%	0,40%
Visitas Salas de Emergencia	<i>Asma (Dockery et al., 1989)</i>	0,44%	0,00%	0,00%	0,00%
Productividad perdida	<i>Días laborales (Ostro, 1987)</i>	0,00%	0,46%	0,46%	0,00%
	<i>Días de actividad restringida (Ostro, 1987)</i>	0,00%	0,48%	0,48%	0,00%
	<i>Días de actividad restringida menor (Ostro and Rothschild, 1989)</i>	0,00%	0,74%	0,74%	0,00%

Fuente: Citados en la tabla.

Las tasas de efectos base en salud en Talca y Maule calculados con los datos de mortalidad y morbilidad asociados a enfermedades respiratorias y cardiovasculares a partir de las estadísticas del Ministerio de Salud se utilizan para el escenario de los beneficios basados con los C-R locales.

TABLA 3.25-4. TASA DE EFECTOS BASE ESTIMADOS PARA TALCA Y MAULE ESTIMADAS CON DATOS DEL DEIS/MINSAL

Ítem	Efectos Base/día por 100000p
Mortalidad Prematura Total	1,3479
Mortalidad Prematura CVM	0,8586
Adm. Hosp. Respiratoria	1,5181
Adm. Hosp. Cardiovascular	1,2249
Adm. Hosp. Asma	0,0202

Fuente: Elaboración propia en base a DEIS/MINSAL

Para estimar los beneficios sociales de los efectos en salud hasta el año 2030 se utiliza el método de la función de daño con los coeficientes C-R locales. Como se mencionó previamente, se decide analizar el impacto en las reducciones de MP2,5 y no las del MP10, ya que la fracción fina según la literatura epidemiológica es la que causa los mayores daños a la salud de la población. De esta forma también se evita que medidas, como la pavimentación de calles, que reduce los niveles ambientales de MP10, pero no afecta significativamente los

niveles de MP2,5, aparezca con un alto potencial de beneficios económicos en salud.

La reducción de las emisiones de MP2,5 a través de las distintas medidas presentadas en este informe, se modelan con los FEC obtenidos a de la modelación con CALPUFF. Esto permite obtener los efectos marginales en las concentraciones de MP2,5 debido a cambios en las emisiones atmosféricas de las distintas fuentes evaluadas. Los beneficios totales en salud para cada uno de los escenarios planteados en el informe se presentan a continuación.

TABLA 3.25-5. CÁLCULO DE BENEFICIOS TOTALES PARA LA SALUD ESCENARIO CUMPLIMIENTO DE PLAN CON C-R LOCALES (MM\$ DE 2013)

Resumen Beneficios	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Mortalidad Prematura	0	189	275	435	558	701	867	1058	1277
AdmHosp. Respiratoria	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
AdmHosp. Cardiovascular	0	0,3	0,3	0,5	0,6	0,8	0,9	1,1	1,2
Adm. Hosp. Asma	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total	0	190	275	435	559	702	868	1059	1278

Resumen Beneficios	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Mortalidad Prematura	1529	1818	2145	2519	2945	3429	3980	4604
AdmHosp. Respiratoria	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
AdmHosp. Cardiovascular	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7	3,0
Adm. Hosp. Asma	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total	1530	1819	2147	2521	2947	3432	3982	4607

Fuente: Elaboración Propia

TABLA 3.25-6. CÁLCULO DE BENEFICIOS TOTALES PARA LA SALUD ESCENARIO PASIVO CON C-R LOCALES (MM\$ DE 2013)

Resumen Beneficios	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Mortalidad Prematura	0	95	146	206	276	358	453	563	690
AdmHosp. Respiratoria	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
AdmHosp. Cardiovascular	0	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
Adm. Hosp. Asma	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total	0	95	146	206	276	358	453	563	690

Resumen Beneficios	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Mortalidad Prematura	836	1004	1196	1416	1667	1953	2279	2650
AdmHosp. Respiratoria	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
AdmHosp. Cardiovascular	0,8	0,9	1,0	1,1	1,3	1,4	1,6	1,7
Adm. Hosp. Asma	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total	837	1005	1197	1417	1668	1954	2281	2652

Fuente: Elaboración Propia

TABLA 3.25-7. CÁLCULO DE BENEFICIOS TOTALES PARA LA SALUD ESCENARIO AGRESIVO CON C-R LOCALES (MM\$ DE 2013)

Resumen Beneficios	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Mortalidad Prematura	0,0	432	552	751	918	1111	1332	1586	1877
AdmHosp. Respiratoria	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
AdmHosp. Cardiovascular	0,0	0,6	0,7	0,9	1,1	1,2	1,4	1,6	1,8
Adm. Hosp. Asma	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total	0,0	432	553	752	919	1112	1334	1588	1878

Resumen Beneficios	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Mortalidad Prematura	2208	2587	3015	3503	4056	4683	5393	6197
AdmHosp. Respiratoria	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
AdmHosp. Cardiovascular	2,0	2,2	2,5	2,8	3,0	3,3	3,7	4,0
Adm. Hosp. Asma	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total	2210	2589	3018	3505	4059	4686	5397	6201

Fuente: Elaboración propia

De las tablas anteriores se desprende que al utilizar los coeficientes C-R locales el Valor Actual Neto (VAN) social de los beneficios en salud asociado al escenario de cumplimiento de plan alcanza un valor de \$13.730 millones, mientras el VAN social asociado al escenario pasivo un valor de \$7.584 millones. Finalmente, en el escenario agresivo los beneficios totales en salud generan un VAN social de \$19.829 millones. Cabe destacar que estos beneficios son directos en salud, y no se ha considerado otros posibles beneficios indirectos para la población.

Bajo un segundo escenario de estimación de beneficios se consideran los coeficientes C-R de estudios internacionales (cuyo impacto de largo plazo sobre el riesgo de mortalidad prematura es mucho mayor al estimado de corto plazo estimado en el estudio epidemiológico de Talca), también se utilizan las tasas bases y los valores de costos de enfermedades evitadas recomendadas por el Departamento de Estudios del Ministerio del Medioambiente que provienen del estudio "Valores Recomendados a Utilizar en la Realización de un AGIES que incorpore un Análisis Costo Beneficio" GreenLab-DICTUC (2012).

TABLA 3.25-8. TASA DE EFECTOS BASE ESTIMADOS PARA TALCA Y MAULE

Efectos Base/día por 100000p	Maule				Talca			
	< 18	18 a 29	30 a 64	> 64	< 18	18 a 29	30 a 64	> 64
Mortalidad Largo Plazo	0,02192		0,19751	6,02214	0,01647	0,02044	0,26561	7,34628
Asma Adm. Hosp.	0,02025		0,00665	0,02793	0,04236	0,01147	0,02078	0,05906
Cardiovascular Adm. Hosp.	0,05083	0,05742	0,60598	3,39588	0,07343	0,11688	1,02231	6,47847
Respiratorias Crónicas Adm. Hosp.	0,53287	0,01887	0,03355	0,24400	0,62965	0,02127	0,03699	0,48073
Neumonía Adm. Hosp.	0,89236	0,11523	0,16151	1,35223	1,28993	0,07540	0,17735	2,03602
Asma visitas urgencias								
Días laborales		353,66	353,66			353,66	353,66	
Días actividad restringida		1770,0	1770,0			1770,0	1770,0	
Días act. Restringida menor	2137,0	2137,0	2137,0	2137,0	2137,0	2137,0	2137,0	2137,0

Fuente: GreenLab-DICTUC (2012)

A continuación se presentan los beneficios totales para la salud bajo este segundo escenario que permite tener un mejor punto de comparación con otros AGIES.

TABLA 3.25-9. CÁLCULO DE BENEFICIOS TOTALES PARA LA SALUD ESCENARIO CUMPLIMIENTO DE PLAN CON C-R INTERNACIONALES (MM\$ DE 2013)

Resumen Beneficios MM\$	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Mortalidad Largo Plazo	0,00	10948	15818	24889	31831	39841	49059	59642	71766
Asma Adm. Hosp.	0,00	0,17	0,23	0,34	0,40	0,46	0,52	0,58	0,65
Cardiov. Adm. Hosp.	0,00	8,54	11,68	17,40	21,07	24,97	29,11	33,50	38,17
Resp. Crón. Adm. Hosp.	0,00	0,35	0,47	0,70	0,85	1,00	1,17	1,34	1,53
Neumonía Adm. Hosp.	0,00	2,82	3,90	5,88	7,20	8,62	10,16	11,82	13,61
Asma visitas urgencias	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Días laborales	0,00	95,83	128,87	188,80	224,65	261,58	299,60	338,74	379,04
Días actividad restringida	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Días act. Restringida menor	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	0,00	11055	15963	25102	32085	40137	49399	60028	72199
Resumen Beneficios MM\$	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	
Mortalidad Largo Plazo	85629	101453	119360	139721	162839	189055	218748	252343	
Asma Adm. Hosp.	0,71	0,78	0,84	0,91	0,98	1,04	1,11	1,18	
Cardiov. Adm. Hosp.	43,13	48,40	53,93	59,79	66,01	72,60	79,59	86,99	
Resp. Crón. Adm. Hosp.	1,72	1,93	2,15	2,38	2,62	2,88	3,15	3,44	
Neumonía Adm. Hosp.	15,53	17,60	19,80	22,17	24,71	27,43	30,34	33,46	
Asma visitas urgencias	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Días laborales	420,53	463,23	506,65	551,30	597,21	644,40	692,92	742,80	
Días actividad restringida	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Días act. Restringida menor	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Total	86111	101985	119944	140358	163531	189803	219555	253211	

Fuente: Elaboración Propia

TABLA 3.25-10. CÁLCULO DE BENEFICIOS TOTALES PARA LA SALUD ESCENARIO PASIVO CON C-R INTERNACIONALES (MM\$ DE 2013)

Resumen Beneficios MM\$	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Mortalidad Largo Plazo	0,00	5515	8403	11811	15780	20383	25707	31846	38908
Asma Adm. Hosp.	0,00	0,09	0,12	0,16	0,20	0,23	0,27	0,31	0,35
Cardiov. Adm. Hosp.	0,00	4,30	6,19	8,24	10,41	12,73	15,20	17,82	20,61
Resp. Crón. Adm. Hosp.	0,00	0,17	0,25	0,33	0,42	0,51	0,61	0,71	0,82
Neumonía Adm. Hosp.	0,00	1,42	2,07	2,78	3,56	4,40	5,31	6,29	7,35
Asma visitas urgencias	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Días laborales	0,00	48,23	68,36	89,37	111,05	133,39	156,44	180,19	204,68
Días actividad restringida	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Días act. Restringida menor	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	0,00	5569	8480	11912	15905	20534	25884	32051	39142
Resumen Beneficios MM\$	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	
Mortalidad Largo Plazo	47014	56299	66852	78889	92597	108187	125893	145979	
Asma Adm. Hosp.	0,39	0,43	0,47	0,51	0,55	0,59	0,63	0,68	
Cardiov. Adm. Hosp.	23,58	26,74	30,07	33,60	37,36	41,34	45,58	50,07	
Resp. Crón. Adm. Hosp.	0,94	1,07	1,20	1,34	1,48	1,64	1,80	1,98	
Neumonía Adm. Hosp.	8,49	9,72	11,04	12,46	13,98	15,62	17,38	19,26	
Asma visitas urgencias	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Días laborales	229,92	255,94	282,49	309,83	337,99	366,97	396,82	427,54	
Días actividad restringida	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Días act. Restringida menor	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Total	47278	56593	67177	79247	92989	108613	126356	146479	

Fuente: Elaboración Propia

TABLA 3.25-11. CÁLCULO DE BENEFICIOS TOTALES PARA LA SALUD ESCENARIO AGRESIVO CON C-R INTERNACIONALES (MM\$ DE 2013)

Resumen Beneficios MM\$	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Mortalidad Largo Plazo	0,00	24988	31808	43098	52522	63324	75682	89794	105883
Asma Adm. Hosp.	0,00	0,40	0,47	0,58	0,65	0,73	0,80	0,87	0,95
Cardiov. Adm. Hosp.	0,00	19,47	23,44	30,06	34,66	39,55	44,74	50,25	56,10
Resp. Crón. Adm. Hosp.	0,00	0,79	0,95	1,21	1,39	1,59	1,79	2,01	2,24
Neumonía Adm. Hosp.	0,00	6,43	7,83	10,16	11,84	13,66	15,62	17,73	20,00
Asma visitas urgencias	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Días laborales	0,00	218,54	258,77	326,11	369,61	414,42	460,56	508,08	557,01
Días actividad restringida	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Días act. Restringida menor	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	0,00	25234	32100	43466	52940	63794	76206	90373	106519
Resumen Beneficios MM\$	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	
Mortalidad Largo Plazo	124196	145013	168520	195158	225309	259403	297918	341388	
Asma Adm. Hosp.	1,03	1,10	1,18	1,26	1,34	1,42	1,51	1,59	
Cardiov. Adm. Hosp.	62,30	68,87	75,79	83,13	90,90	99,13	107,86	117,10	
Resp. Crón. Adm. Hosp.	2,49	2,74	3,02	3,30	3,61	3,93	4,27	4,62	
Neumonía Adm. Hosp.	22,43	25,05	27,84	30,82	34,02	37,45	41,12	45,04	
Asma visitas urgencias	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Días laborales	607,38	659,24	712,10	766,47	822,39	879,90	939,04	999,85	
Días actividad restringida	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Días act. Restringida menor	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Total	124892	145770	169340	196043	226262	260425	299012	342556	

Fuente: Elaboración propia

De las tablas anteriores se desprende que al utilizar los coeficientes C-R internacionales el VAN social de los beneficios en salud asociado al escenario de cumplimiento de plan alcanza un valor de \$767.856 millones, mientras el VAN social asociado al escenario pasivo un valor de \$425.702 millones, finalmente en el escenario agresivo los beneficios totales en salud generan un VAN social de \$1.115.060 millones. Cabe destacar que estos beneficios son directos en salud, y no se han considerado otros posibles beneficios indirectos para la población.

Dado que los beneficios estimados con coeficientes C-R locales son sustancialmente menores a los estimados con coeficientes C-R internacionales, se sugiere utilizar estos últimos para la evaluación costo-beneficio, ya que no existen razones para creer que en Talca y Maule la población sea sustancialmente más resistente a la contaminación que a nivel internacional, por lo cual, los bajos coeficientes se pueden atribuir a los problemas de datos sobre mediciones de MP10 y MP2,5 comentados previamente, así como también a una falta de información diaria sobre estos mismos indicadores, y además, que el tipo de información disponible no permitió estimar el efecto de largo plazo sobre la mortalidad sino solamente el efecto de corto plazo.

Finalmente, se incluye una desagregación de los aportes específicos que tiene cada medida sobre los beneficios totales en salud para cada escenario propuesto. Los resultados varían de acuerdo a la penetración de cada medida, pero en términos generales se puede

señalar que las medidas CEQUIPOS, PROHIBLENA, NEQUIPOS, RLEÑA, TERMICOANT y TERMICONUE son las más relevantes. En el escenario agresivo la medida SUBSGAS se torna muy importante y cambia el peso relativo de las medidas anteriormente mencionadas. Las medidas NORMAIND, PAVIMENFUG y PCHIMENEAS tienen un aporte menor respecto a las medidas previas, pero su aporte también es relevante. La medida SUBCALALT tiene un aporte menor pero esto es debido a que solo involucra un programa piloto.

TABLA 3.25-12. APORTE RELATIVO DE CADA MEDIDA A LOS BENEFICIOS EN SALUD

Escenarios	Cumpl. Plan	Pasivo	Agresivo
NEQUIPOS	10,7%	19,3%	7,4%
CEQUIPOS	40,7%	24,5%	33,2%
PCHIMENEAS	2,2%	4,0%	1,5%
RLEÑA	7,8%	10,4%	8,0%
TERMICOANT	7,0%	12,7%	4,8%
TERMICONUE	6,7%	12,1%	4,6%
PROHIBLEÑA	11,5%	0,0%	8,1%
CONGEQUIPOS	1,7%	0,0%	1,2%
TERMICOPUS	0,8%	1,5%	0,6%
SUBSGAS	0,0%	0,0%	23,0%
SUBCALALT	1,3%	2,4%	0,9%
NORMAIND	3,4%	6,3%	2,4%
COMPEMIND	1,1%	2,1%	0,8%
TRANSCARGA	0,0%	0,1%	0,0%
TRANSPUB	0,0%	0,1%	0,0%
PQUEMAS	0,9%	0,8%	0,6%
PAVIMENFUG	4,2%	3,9%	3,0%
AREAVERD	0,1%	0,1%	0,0%

Fuente: Elaboración Propia

3.25.2 Beneficios Indirectos en Visibilidad del PDATM

Para realizar una valoración de los beneficios producto de mejoras en la visibilidad de la población se utiliza el estudio del DICTUC (2009) "Evaluación Ambiental del Transantiago" el cual realiza una evaluación de los beneficios por mejoras en visibilidad producto de la implementación del Transantiago. El estudio de valoración con métodos de experimentos de elección (logit multinomial) realizado determina la valoración de un día extra de visibilidad, los que bajos ciertos supuestos en el mismo estudio son transformados a disponibilidad a pagar por $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Para transferir dicho valor a la zona de Talca y Maule se calculó la disponibilidad a pagar por $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per cápita del estudio previo, el cual se proyectó por la población de Talca y Maule, luego se consideró la diferencia de ingreso per cápita entre la Región Metropolitana y la Región del Maule (Fuente: CASEN). Finalmente, se asumió una elasticidad ingreso consistente con los supuestos de transferencias de beneficios.

TABLA 3.25-13. CÁLCULO DE BENEFICIOS TOTALES POR MEJORAS EN VISIBILIDAD (MM\$ DE 2013)

Escenario	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Cumpl. Plan	0,0	171,7	228,6	317,8	378,7	441,3	505,9	572,4	641,1
Pasivo	0,0	104,7	137,2	170,6	205,1	240,6	277,3	315,2	354,3
Agresivo	0,0	318,9	383,3	480,4	549,3	620,2	693,4	768,8	846,6

Escenario	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Cumpl. Plan	711,9	785,1	860,0	937,3	1017,2	1099,9	1185,4	1274,0
Pasivo	394,8	436,6	479,6	524,1	570,2	617,9	667,5	719,0
Agresivo	926,9	1009,8	1094,7	1182,5	1273,1	1366,9	1464,0	1564,4

Fuente: Elaboración Propia

El VAN a la tasa de descuento social (6%) de las mejoras en las visibilidad es de 5.792 millones en el escenario cumplimiento de plan, 3.232 millones en el escenario pasivo y 7.717 millones en el escenario agresivo.

3.26 Objetivo 8. Elaborar el análisis general de impacto económico y social (AGIES) y una versión en borrador del anteproyecto de Plan de Descontaminación Atmosférica (PDA) para las comunas de Talca y Maule, considerando los antecedentes generados en las etapas anteriores.

3.26.1 Descripción Socioeconómica Zona Saturada

La presente sección entrega una revisión de los aspectos fundamentales relacionados al entorno socioeconómico de la zona saturada constituida por las comunas de Talca y Maule. El objetivo es mostrar cómo este entorno se relaciona con los demás componentes del análisis económico y social del Plan de Descontaminación Atmosférica.

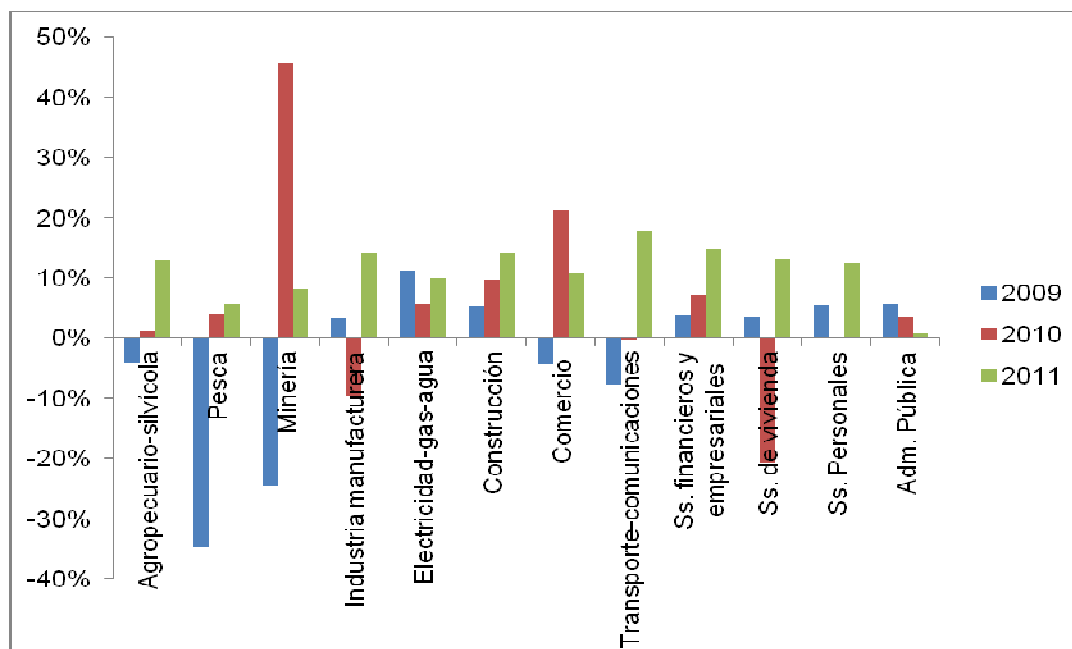
La importancia de contar con información socioeconómica se fundamenta en el hecho que cualquier acción que se lleve a cabo en el marco de este estudio tendrá un efecto directo o indirecto sobre las industrias, hogares y actividades económicas de la zona. Por lo tanto, contar con una línea de base socioeconómica, que describa la situación actual del área considerada dentro del Plan, permitirá a la autoridad respectiva tomar decisiones sobre regulación, planes de gestión, fiscalización u otros. Lo anterior, considerando la capacidad que tienen las fuentes reguladas de asumir obligaciones y compromisos, que deben ser incorporados en el análisis de los posibles costos y beneficios sociales.

3.26.2 Análisis Económico Región del Maule

La actividad económica de la Región del Maule, medida por el Producto Interno Bruto (PIB) regional corresponde a un 3,2% del total nacional entre los años 2008 a 2011. En el mismo período tuvo una tasa de crecimiento de 5,4%, con bastante variabilidad anual durante el último año influenciada en gran medida por los sectores agropecuario-silvícola, industria manufacturera, construcción, transporte y comunicaciones, servicios financieros y otros servicios.

Las principales actividades económicas de la Región del Maule son electricidad-gas-agua con un 19,0% del PIB regional, le sigue la industria manufacturera con 16,5%, agropecuario-silvícola con 12,6% y servicios personales con 12,1% (Fuente: Banco Central).

La evolución del PIB regional por actividad económica se presenta en la siguiente figura. Se observa una fuerte caída en el crecimiento del sector minería durante el año 2009 explicado por los efectos de la crisis financiera internacional que generó una significativa caída en el precio del cobre. Sin embargo, junto con la rápida recuperación del precio al año siguiente la actividad minera creció fuertemente. También se observa un crecimiento sostenido en el sector de electricidad-gas-agua, servicios financieros y empresariales, y en la construcción. El año 2010 producto del terremoto y tsunami hubo una fuerte caída en el sector de servicios de vivienda y en la industria manufacturera.

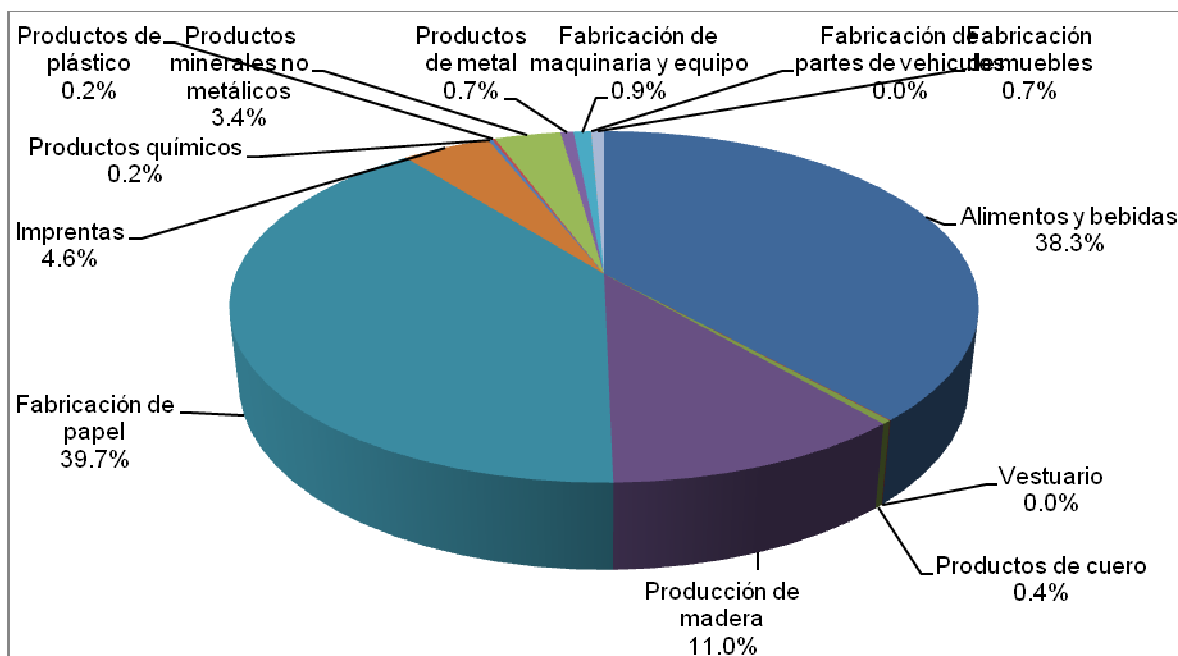


Fuente: Elaboración Propia en Base a Cuentas Nacionales del Banco Central de Chile

FIGURA 3.26-1. TASA DE CRECIMIENTO POR ACTIVIDAD ECONÓMICA REGIONAL 2009-2011

De incrementarse las tendencias de crecimiento en algunos sectores económicos sin aplicar un plan que ayude a controlar o mitigar las emisiones, ya sea por utilización de combustibles en sus calderas, procesos o transporte, se puede prever un escenario con mayores concentraciones de material particulado aportado por las empresas.

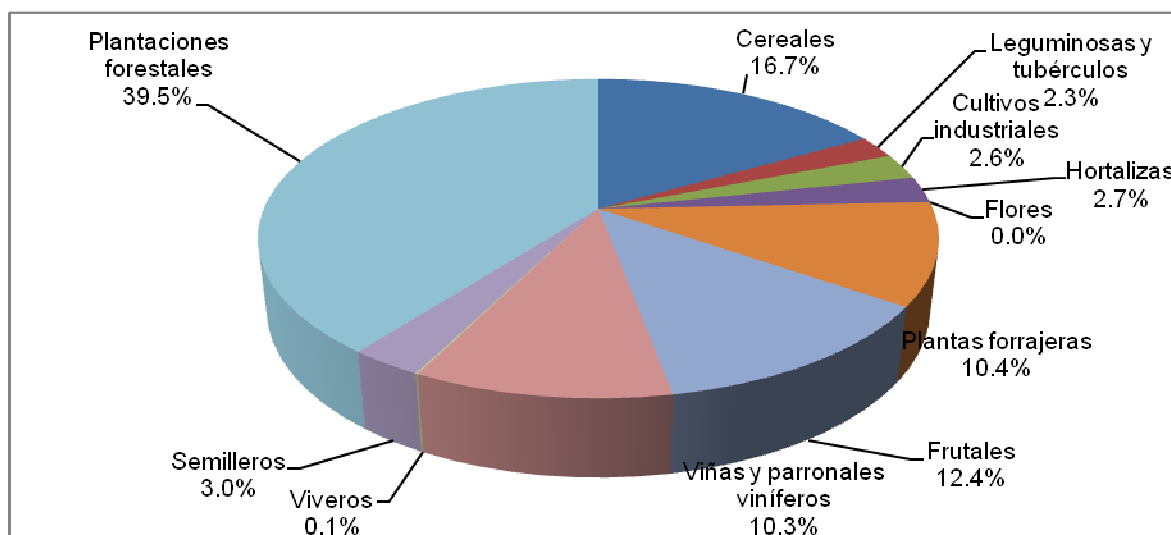
Al interior de la industria manufacturera de la Región del Maule, las actividades predominantes en las ventas totales son Fabricación de papel y de productos de papel la que aporta el 39,7%; Elaboración de productos alimenticios y bebidas aportando 38,3%; y Producción de madera y fabricación de productos de madera y corcho, excepto muebles; fabricación de artículos de paja y de materiales trenzables contribuye en 11,0% (Fuente: ENIA, 2011).



Fuente: Elaboración Propia en Base a ENIA 2011

FIGURA 3.26-2. PARTICIPACIÓN DE VENTAS INDUSTRIALES REGIÓN DEL MAULE

Con respecto al sector agrícola, la región cuenta con diferentes tipos de cultivos. Según datos del Censo Agropecuario 2007 el principal destino de la superficie está destinado a las plantaciones forestales, le siguen en importancia el cultivo de cereales, frutales y viñedos.



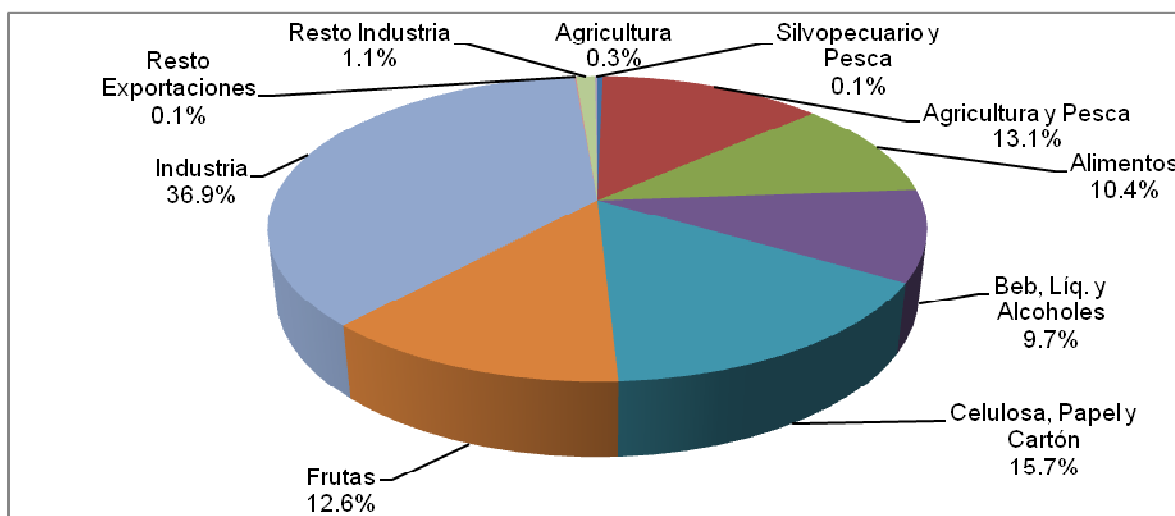
Fuente: Elaboración Propia en Base a Censo Agropecuario 2007

FIGURA 3.26-3. CULTIVOS AGRÍCOLAS REGIÓN DEL MAULE SEGÚN SUPERFICIE

Las comunas de Talca y Maule aportan con una cifra menor a la superficie cultivada dado que representan solo un 1,7% de las hectáreas cultivadas en la región. Sin embargo, aportan significativamente a algunos tipos de cultivos específicos como flores (21,8%), hortalizas (19,4%), semilleros (9,6%) y viñedos (8,4%).

La capacidad de generación eléctrica de la región aporta en promedio con 7.704 GWh al SIC, en los últimos cinco años, lo cual representa un 13,2% de la generación eléctrica nacional.

El sector comercio se muestra bastante dinámico, ya que el índice de ventas de supermercados ha crecido a una tasa de 11,1% promedio, en los últimos cinco años con información disponible. La actividad económica regional cuenta con una fuerte base exportadora proveniente del sector de la industria agroalimentaria basado en productos como frutas, alimentos, bebidas y alcoholes, así como también, del sector forestal con exportaciones de celulosa, papel y cartón. El año 2011 las exportaciones totales alcanzaron un total de 6.101 millones de dólares.

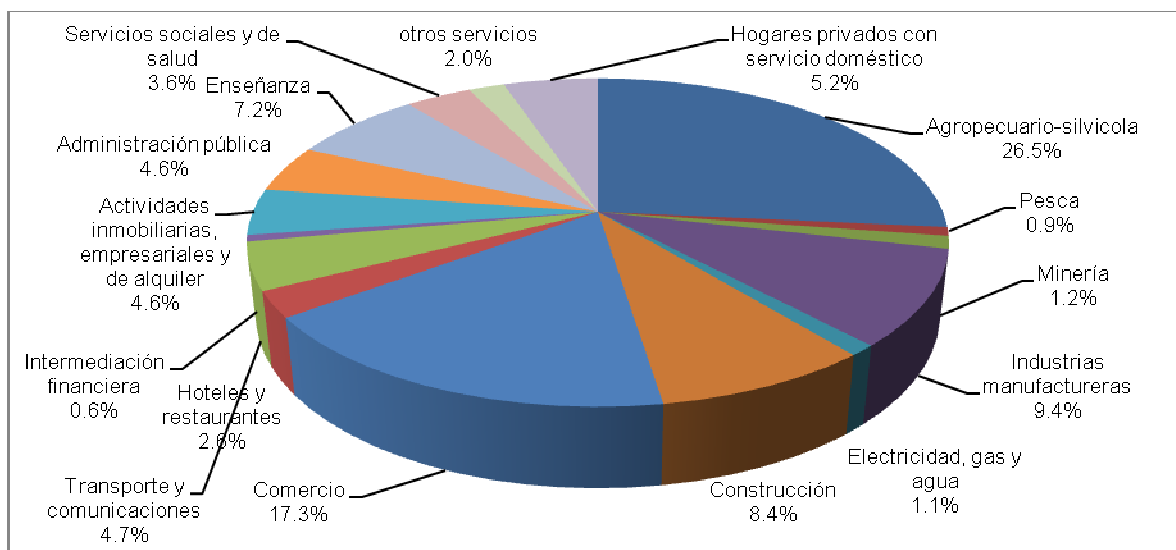


Fuente: Elaboración Propia en Base a INE Maule

FIGURA 3.26-4. PARTICIPACIÓN EN VOLUMEN DE EXPORTACIONES REGIONALES

En el ámbito del mercado laboral, durante el año 2013 en la Región del Maule la fuerza de trabajo tuvo una participación promedio de 53,8% alcanzando las 438.794 personas, mientras la tasa de desocupación alcanzó el 5,5%. Esta cifra es menor que la tasa a nivel nacional la cual se encuentra en un 6,0%. Esto refleja una actividad económica dinámica en la región con respecto a la generación de empleos.

Desde el punto de vista de la ocupación, la actividad que genera más empleo es por lejos la agricultura con un 26,5%, le sigue con un 17,3% el comercio, y en tercer lugar se ubica la industria manufacturera con un 9,4% de la ocupación regional.

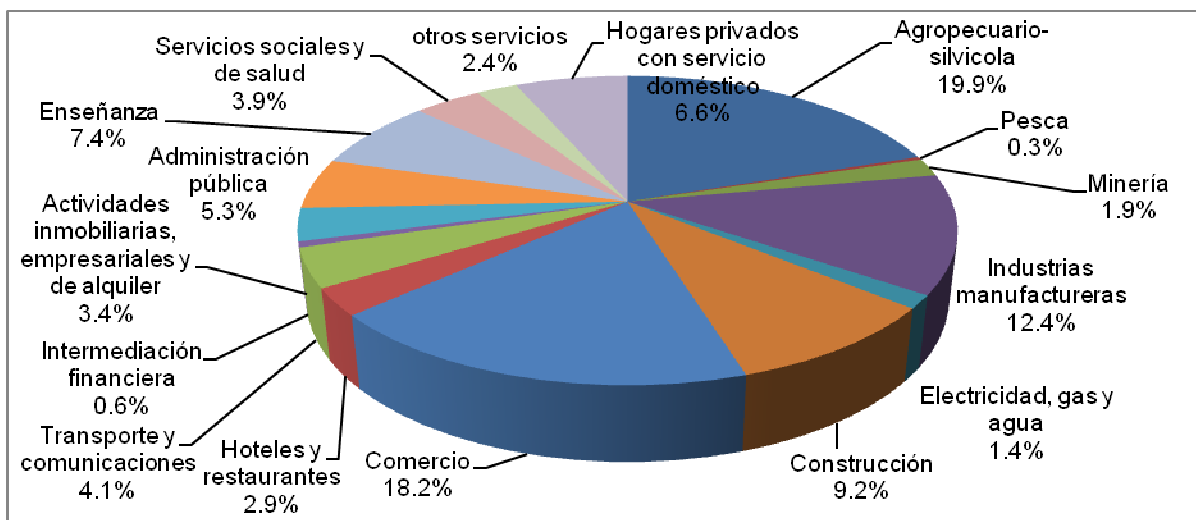


Fuente: Elaboración Propia en Base a INE Maule

FIGURA 3.26-5. PARTICIPACIÓN DEL EMPLEO REGIONAL POR RAMA DE ACTIVIDAD ECONÓMICA, AÑO 2013

En la provincia de Talca la fuerza de trabajo tiene una participación promedio de 56,9% alcanzando las 189.706 personas, mientras la tasa de desocupación alcanza el 5,1%, menor que a nivel regional y nacional (6,0%).

Desde el punto de vista de la ocupación la estructura de participación es similar con respecto a la región, pero la agricultura baja su participación a 19,9%, mientras el comercio y la industria suben a 18,2% y 12,4%, respectivamente.



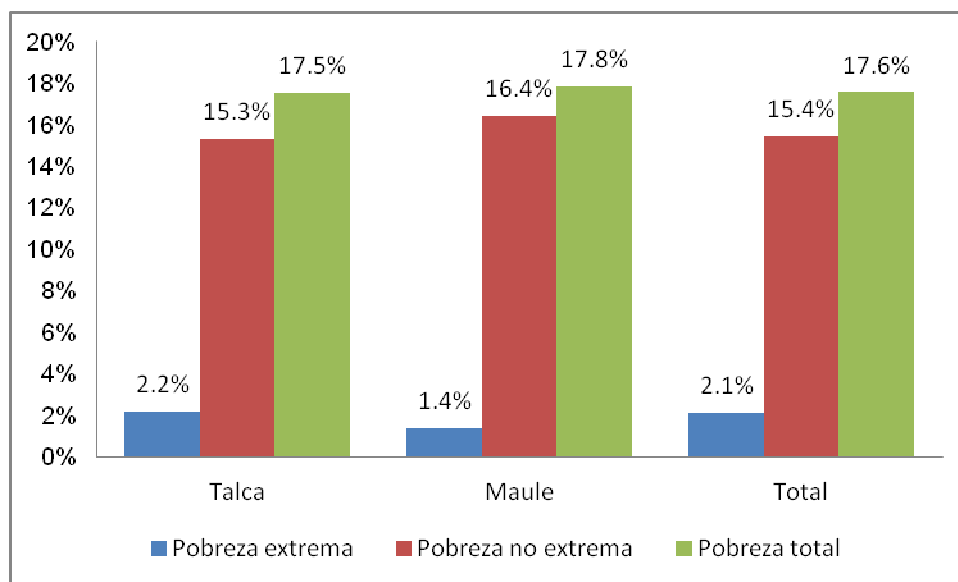
Fuente: Elaboración Propia en Base a INE Maule

FIGURA 3.26-6. PARTICIPACIÓN DEL EMPLEO PROVINCIA DE TALCA POR RAMA DE ACTIVIDAD ECONÓMICA, AÑO 2013

En lo que respecta a los posibles efectos del Plan de Descontaminación Atmosférica de Talca y Maule en el mercado laboral, no se prevé un menor dinamismo en las inversiones de las diversas actividades económicas, ya que el aporte de la industria a la contaminación es relativamente menor comparado con otras fuentes, por lo cual el costo de compensar emisiones y/o cumplir normas de emisiones no debería ser tan relevante en la economía local. Sin embargo, la prohibición de quemas agrícolas podría tener un efecto positivo en el empleo al requerirse más mano de obra para utilizar técnicas alternativas a la quema que involucren mayor contratación de personal y la generación de nuevos negocios (ej. Elaboración de pellets y/o generación de energía), pero también un efecto negativo, si la prohibición se traduce en disminución en la actividad agrícola debido al alto costo de internalizar el control de heladas o remoción de desechos agrícolas.

3.26.3 Análisis Económico Zona Saturada de Talca y Maule

Según la última encuesta CASEN 2011, la región tiene un 18,8% de pobreza, de los cuales un 2,6% se categorizan en condición de indigencia (pobreza extrema) y un 13,6% en condición de pobres no indigentes. Esta situación de pobreza es superior a la media del país la cual alcanza un 14,5%. En la siguiente figura se presentan indicadores de pobreza e indigencia de las comunas que conforman la zona del PDATM.



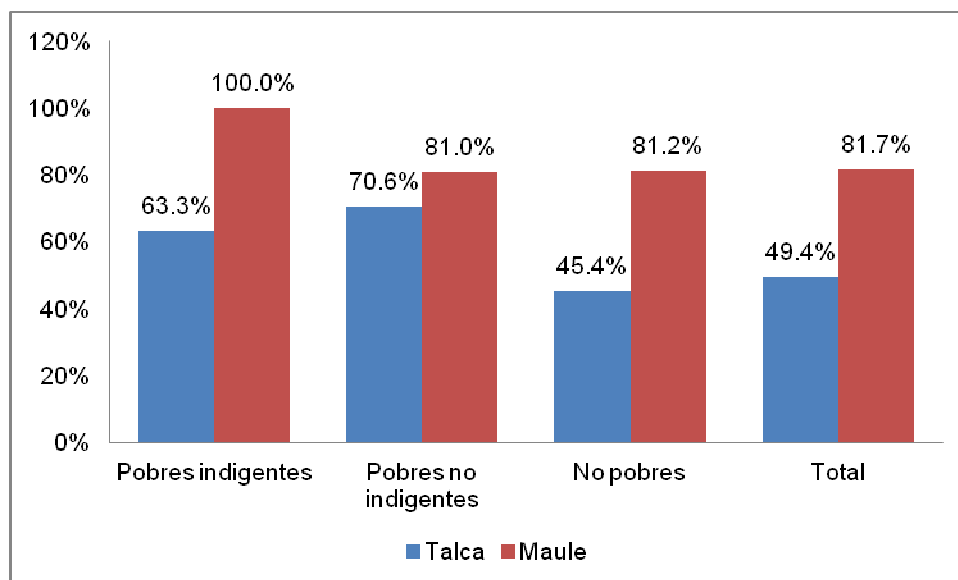
Fuente: Elaboración Propia en Base a CASEN 2011

FIGURA 3.26-7. SITUACIÓN DE POBREZA EN LAS COMUNAS DE TALCA Y MAULE

La condición de pobreza podría ser una de los motivos de contaminación del aire de la zona, porque la leña es un combustible barato y de fácil acceso para calefacción, lo cual fomentaría su uso en relación a otros combustibles sustitutos, entre ellos gas, parafina y electricidad. Además, las regulaciones a la comercialización de la leña y los artefactos que

utilizan este energético podrían impactar más significativamente a las familias más desposeídas.

Al analizar los datos de consumo de leña de la encuesta CASEN 2006⁷¹ se observa una relación positiva en la proporción de hogares que consumen leña y situación de pobreza. En la comuna de Talca esta relación es más fuerte que en la comuna de Maule, ya que en ésta última, la utilización de leña entre hogares pobres no indigentes y hogares no pobres es muy similar.

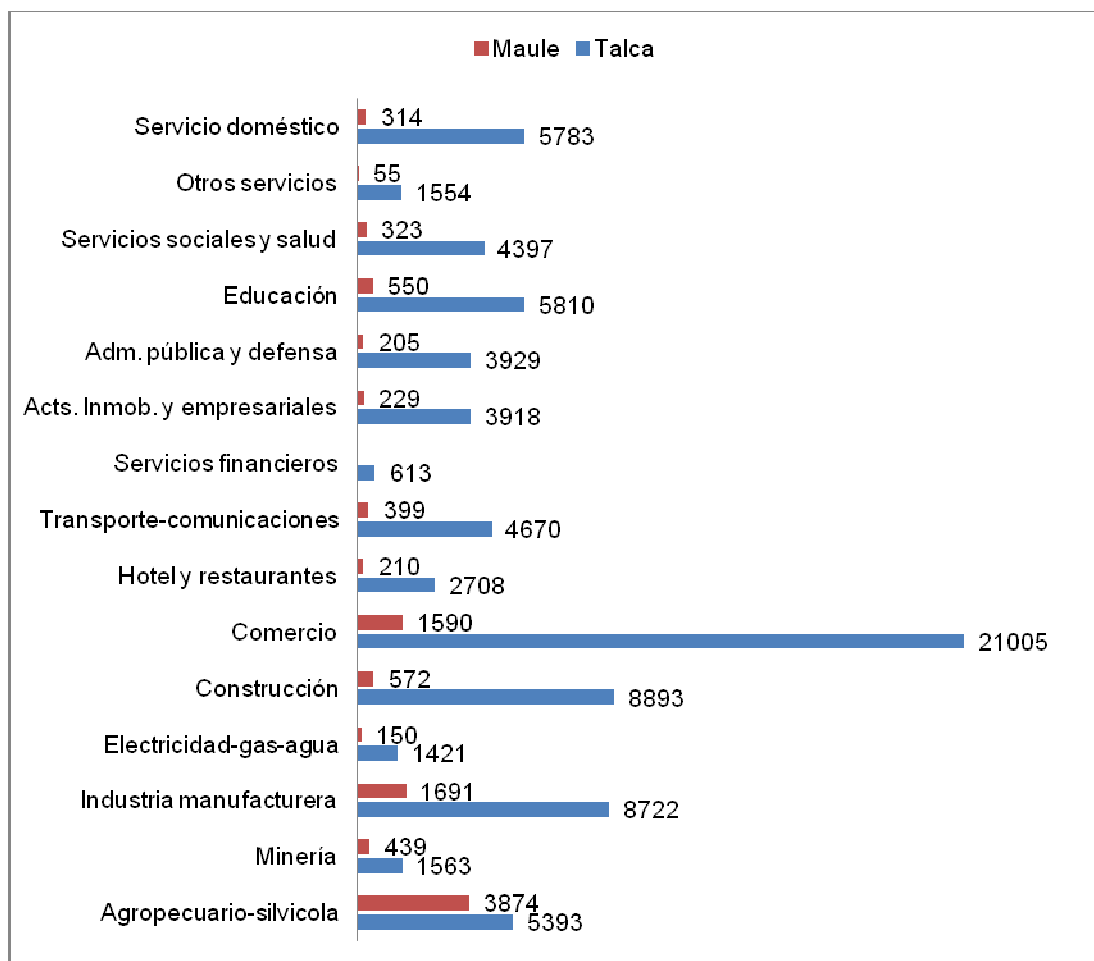


Fuente: Elaboración Propia a Partir de Casen 2006

FIGURA 3.26-8. UTILIZACIÓN DE LEÑA POR SITUACIÓN DE POBREZA EN LAS COMUNAS DE TALCA Y MAULE

Con respecto al mercado laboral, es necesario entender el contexto económico en el cual se aplicará el Plan de Descontaminación Atmosférica para Talca y Maule, así como también su posible impacto directo e indirecto en los hogares y en el empleo. Una breve descripción de estos aspectos se presenta en la siguiente figura, en la cual se detalla el número de empleados por sector económico según oficio (CASEN 2011).

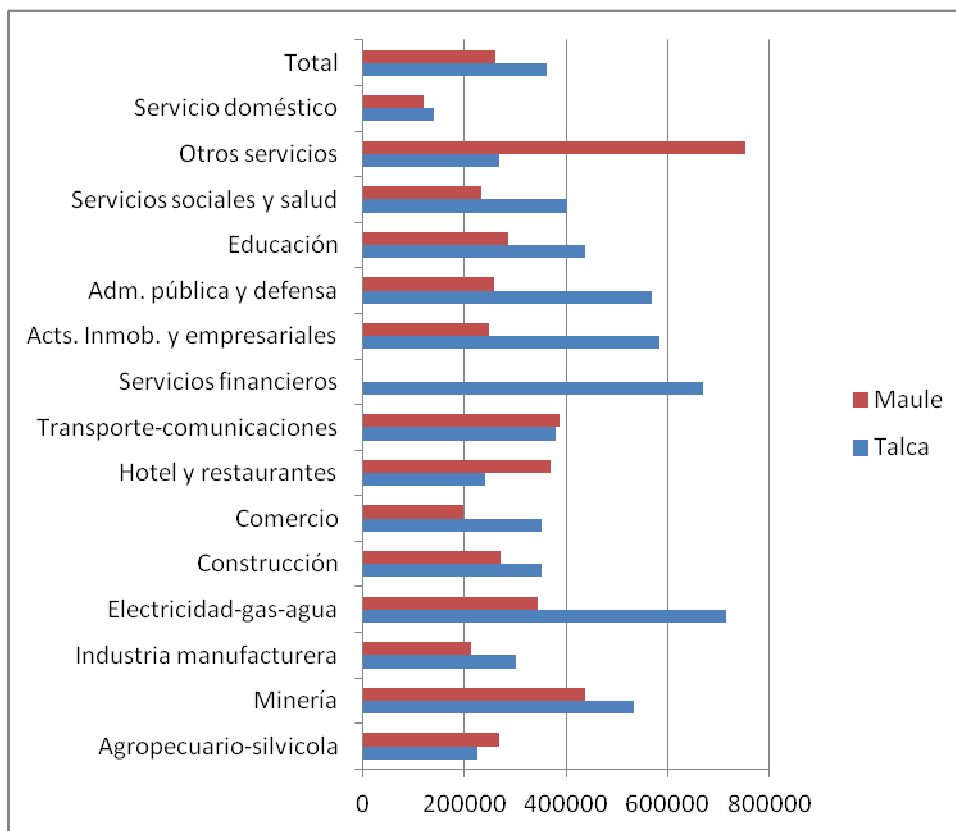
⁷¹ La Encuesta CASEN 2009 y CASEN 2011 no incluyeron información sobre consumo de leña en su cuestionario.



Fuente: Elaboración propia en base a CASEN 2011

FIGURA 3.26-9. NÚMERO DE OCUPADOS POR RAMA DE ACTIVIDAD EN LAS COMUNAS DE TALCA Y MAULE

El nivel promedio de las remuneraciones correspondió a \$362.835 en la comuna de Talca y \$261.050 en la comuna de Maule, ambos para datos del año 2011. El detalle por rama de actividad económica se puede apreciar en la siguiente figura.



Fuente: Elaboración propia en base a Casen 2011

FIGURA 3.26-10. NIVEL DE INGRESOS PROMEDIO POR RAMA DE ACTIVIDAD (PESOS DE 2011)

3.26.4 Estimación de Emisiones Atmosféricas en la Zona de Estudio

La información existente para las emisiones atmosféricas en la zona circundante a las zonas urbanas de Talca y Maule corresponde al inventario de emisiones atmosféricas elaborado por Ambiosis (2009). Este inventario fue desarrollado en el estudio "Inventario de Emisiones de Contaminantes Atmosféricos y Definición de Área de Influencia de las Emisiones que Causan el Efecto de Saturación por MP10 en la Ciudad de Talca".

Sin embargo, en el presente estudio se realizó una actualización de las emisiones al año 2012 para las fuentes residenciales por combustión de leña, quemas agrícolas, fuentes móviles en ruta, y fuentes industriales. Las emisiones por incendios forestales provienen del estudio de Ambiosis (2009).

TABLA 3.26-1. INVENTARIO DE EMISIONES DE TALCA Y MAULE EN ESCENARIO BASE 2012

Tipo de Fuente	MP10 ton/año	MP2,5 ton/año
Fuentes Fijas	187,7	134,2
Calefacción residencial leña	974,6	947,9
Incendios Forestales	7,5	6,6
Quemas Agrícolas	67,6	57,3
Caminos Sin Pavimentar	817,5	81,7
Fuentes Móviles	32,8	25,9
Total	2087,7	1253,6

Fuentes: Inventario de Emisiones Atmosféricas Ambiosis (2009) y Diagnóstico de la calidad del aire y medidas de descontaminación en Talca y Maule (IIT-UDEC, 2013).

Para el cálculo de emisiones por combustión residencial de leña en las urbanas de las comunas de Talca y Maule se levantó una encuesta de consumo de leña (IIT-UDEC, 2013) a 755 hogares de la comuna de Talca y 59 en la comuna de Maule.

Esta encuesta permitió caracterizar el consumo, el parque de equipos, la humedad de la leña utilizada, operación de los equipos, entre otras variables. Considerando solamente los hogares que consumen leña se estimó un consumo promedio por hogar de 1.615 kg/año en Talca y 1.588 kg/año en Maule. Además, se determinó que el parque de equipos en Talca está constituido en un 66,2% por estufas de combustión lenta con sistema de templador (conocidas como de doble cámara en Chile), 15,6% por estufas de combustión lenta de cámara simple, 7,9% por cocinas de fierro, 4,6% por salamandras, 2,7% por estufas de lata, 1,9% por chimeneas, 1% por estufas artesanales y 0,2% por braseros. El parque de equipos en Maule está constituido en un 88,4% por estufas de combustión lenta con sistema de templador, 7,5% por estufas de combustión lenta de cámara simple, 7,9% por cocinas de fierro, 2,3% por salamandras, y 2,3% por estufas artesanales. Las mediciones con el xilohigrómetro permiten afirmar que la leña tiene un contenido de humedad promedio de 17,3% (b.s.) en la comuna de Talca y de 16,1% (b.s.) en la comuna de Maule. A partir de esta información es posible concluir que las emisiones de MP10 y MP2,5 al año 2012 habrían alcanzado las 974,6 ton/año y 947,9 ton/año, respectivamente. A continuación se resumen las emisiones totales de MP10, MP2,5 monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOx), compuestos orgánicos volátiles (COV), óxidos de azufre (SOx) y amoniaco (NH₃) para la combustión residencial de leña según la tecnología del calefactor y la comuna.

TABLA 3.26-2. EMISIONES COMBUSTIÓN DE LEÑA RESIDENCIAL AÑO BASE 2012 (TON/AÑO)

Equipo/ emisiones (ton/año)	MP10	MP2,5	CO	NOx	COV	SOx	NH ₃
Talca							
Salamandra	40,5	39,3	336,1	3,0	304,8	0,5	2,5
Cámara simple + templador	485,1	472,3	4419,3	46,1	1.014,8	6,6	36,2
Cocina de fierro	80,5	78,0	577,2	5,1	523,3	0,8	4,3
Cámara simple	210,0	204,1	1041,4	10,9	239,1	1,6	8,5
Chimenea	16,7	16,2	138,8	1,2	125,9	0,2	1,0
Estufa de lata	32,6	31,6	270,3	2,4	245,1	0,4	2,0
Horno de barro	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Otros	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Subtotal	865,4	841,6	6783,1	68,6	2.453,0	9,9	54,7
Maule							
Salamandra	2,8	2,7	23,5	0,2	21,3	0,0	0,2
Cámara simple + templador	90,4	88,0	823,7	8,6	189,2	1,2	6,8
Cocina de fierro	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cámara simple	13,2	12,8	65,2	0,7	15,0	0,1	0,5
Chimenea	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Estufa de lata	2,8	2,7	23,5	0,2	21,3	0,0	0,2
Horno de barro	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Otros	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Subtotal	109,2	106,3	935,9	9,7	246,7	1,4	7,6
Total	974,6	947,9	7719,0	78,3	2.699,6	11,3	62,3

Fuente: Elaboración Propia

Las emisiones atmosféricas de las fuentes móviles en ruta de las comunas de Talca y Maule al año 2012 fueron estimadas considerando el parque de vehículos (INE, 2012). Con esta información se calcularon los porcentajes de vehículos según tecnología de acuerdo a los datos del inventario de emisiones y luego se aplicó un factor de emisiones de g/km recorrido considerando la metodología utilizada en el AGIES de la región Metropolitana, desarrollado por el DICTUC (2008). En la tabla siguiente se muestra el resumen de las emisiones atmosféricas de MP10, MP2,5, CO, dióxido de azufre (SO₂), NOx, hidrocarburos totales (HCT) para las fuentes móviles en ruta de Talca y Maule

TABLA 3.26-3. EMISIONES ATMOSFÉRICAS ESCENARIO PARA EL 2012 DE FUENTES MÓVILES EN TALCA Y MAULE

Comuna	MP10	MP2,5	CO	SO ₂	NOx	HCT
Talca	27,4	21,6	245,4	0,9	472,6	97,4
Maule	5,4	4,3	40,8	0,2	96,2	17,5
Total	32,8	25,9	286,2	1,1	568,7	114,9

Fuente: Elaboración propia

Las emisiones de polvo fugitivo por caminos sin pavimentar fueron actualizadas de acuerdo a la proyección de la superficie de calles sin pavimentar en las comunas de Talca y

Maule. A continuación se muestra el resumen de las emisiones de MP10 y MP2,5 por polvo fugitivo en caminos sin pavimentar para las comunas de Talca y Maule.

TABLA 3.26-4. EMISIONES GENERADAS POR CAMINOS SIN PAVIMENTAR (TON/AÑO) AÑO 2012

Comuna/ emisiones	MP10	MP2,5
Talca	449,4	44,9
Maule	368,1	36,8
Total	817,5	81,7

Fuente: Elaboración propia

Las emisiones de MP10 y MP2,5 provenientes de las quemas forestales se estimaron en el inventario de Ambiosis (2009) las cuales se presentan a continuación:

TABLA 3.26-5. EMISIONES GENERADAS POR QUEMAS FORESTALES (TON/AÑO) AÑO 2006

Comuna/ emisiones	MP10	MP2,5
Talca	1,89	1,67
Maule	5,62	4,94
Total	7,51	6,61

Fuente: Ambiosis (2009)

Las emisiones de MP10 y MP2,5 provenientes quemas agrícolas para el control de heladas y eliminación de desechos inicialmente se estimaron con factores de emisión de acuerdo a los desechos estimados por la producción de cereales, frutales, semilleros, y viñas, de acuerdo a la superficie cultivada con información obtenida del Censo Agropecuario (2007). Sin embargo, esta estimación fue superior a la obtenida a partir de los datos de hectáreas quemadas por parte de CONAF. Por lo anterior, se decidió utilizar un promedio de las hectáreas quemadas según los datos del Censo Agropecuario y CONAF, para posteriormente utilizar los factores de emisión y carga arrojando el siguiente resultado.

TABLA 3.26-6. EMISIONES GENERADAS POR QUEMAS AGRÍCOLAS (TON/AÑO) AÑO 2012

Comuna/ emisiones	MP10	MP2,5
Talca	43,0	36,4
Maule	24,6	20,8
Total	67,6	57,3

Fuente: Elaboración propia en base a Censo Agropecuario 2007

El inventario de emisiones de fuentes industriales y comerciales, año base 2012, actualiza el inventario año base 2006 desarrollado por Ambiosis (2009). De acuerdo a las declaraciones del D.S. N° 138/2005, del Ministerio de Salud para el año 2012 se encontraron 208 fuentes activas para las comunas de Talca (194 fuentes) y Maule (14 fuentes), además se utiliza información de tipos de fuentes, combustibles, tasas de actividad, junto con el uso de factores de emisión⁷² para estimar las emisiones atmosféricas de MP10, MP2,5, CO, NOx, SOx, COV y NH₃. El total de las emisiones atmosféricas de MP10 y MP2,5 estimadas para las fuentes industriales y comerciales son 187,75 ton/año y 134,22 ton/año⁷³, respectivamente. Estas fuentes incluyen; calderas de calefacción (CA), equipos electrógenos (EL), calderas Industriales (IN), panaderías industriales (PA) y procesos de combustión (PC).

TABLA 3.26-7. RESUMEN DE LAS EMISIONES ATMOSFÉRICAS DE LAS FUENTES INDUSTRIALES Y COMERCIALES PARA LAS COMUNAS TALCA Y MAULE, AÑO BASE 2012

		Emisiones atmosféricas (ton/año)						
		MP10	MP2.5	NOx	CO	COV	NH ₃	SOx
Talca	CA	33,46	28,23	9,66	80,06	1,31	12,94	0,88
	EL	7,11	1,71	201,93	43,61	16,03	0,36	10,71
	IN	78,40	55,44	74,66	146,28	5,17	26,11	462,87
	PA	0,04	0,04	1,11	0,23	0,04	0,01	0,00
	PC	0,02	0,02	0,59	0,10	0,01	0,01	0,04
	Subtotal	119,03	85,45	287,94	270,29	22,56	39,43	474,51
Maule	CA	48,67	41,06	12,89	114,95	1,86	18,60	1,00
	EL	0,24	0,06	6,86	1,48	0,54	0,01	0,36
	IN	19,35	7,32	24,51	19,61	0,20	5,63	360,17
	PA	-	-	-	-	-	-	-
	PC	0,45	0,33	2,38	0,21	0,21	0,04	8,33
	Subtotal	68,72	48,77	46,65	136,25	2,82	24,28	369,86
Total		187,75	134,22	334,59	406,54	25,37	63,71	844,37

Fuente: Elaboración propia

Al considerar las emisiones de MP10 y MP2,5 según el tipo de combustible el mayor aporte a la emisión de estos contaminantes proviene del uso de biomasa vegetal y carbón mineral como combustible, lo cual se observa en la siguientes tablas donde se muestra el resumen de las emisiones atmosféricas según el tipo de combustible utilizado en las fuentes industriales y comerciales.

⁷² Factores de emisión de emisión del AP-42, US EPA (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos).

⁷³ Los valores de las emisiones totales son mayores a las presentadas en el Informe de Avance N°1 ya que incluye la actualización de dos fuentes cuyos procesos fueron verificados en terreno.

TABLA 3.26-8. RESUMEN DE LAS EMISIONES ATMOSFÉRICAS DE MP10 SEGÚN TIPO DE COMBUSTIBLE PARA LAS FUENTES INDUSTRIALES Y COMERCIALES DE LAS COMUNAS TALCA Y MAULE

		Emisiones atmosféricas MP10 (ton/año)					
		CA	EL	IN	PA	PC	Subtotal
Talca	Biomasa vegetal	33,42	-	51,98	-	-	85,41
	Carbón	-	-	18,37	-	-	18,37
	GLP	0,02	-	0,01	0,04	0,02	0,10
	Petróleo N° 2	0,01	7,10	0,14	-	-	7,26
	Petróleo N° 5	-	-	1,85	-	-	1,85
	Petróleo N° 6	-	0,01	6,04	-	-	6,05
	Subtotal	33,46	7,11	78,40	0,04	0,02	119,03
Maule	Biomasa vegetal	48,66	-	-	-	-	48,66
	Carbón	-	-	19,35	-	-	19,35
	GLP	-	-	0,00	-	-	0,00
	Petróleo N° 2	0,01	0,24	-	-	-	0,25
	Petróleo N° 5	-	-	-	-	-	-
	Petróleo N° 6	-	-	-	-	0,45	0,45
	Subtotal	48,67	0,24	19,35	-	0,45	68,72

Fuente: Elaboración propia en base al D.S. N° 138/2005 del MINSAL, declaración 2012

TABLA 3.26-9. RESUMEN DE LAS EMISIONES ATMOSFÉRICAS DE MP2,5 SEGÚN TIPO DE COMBUSTIBLE PARA LAS FUENTES INDUSTRIALES Y COMERCIALES DE LAS COMUNAS TALCA Y MAULE

		Emisiones atmosféricas MP2,5 (ton/año)					
		CA	EL	IN	PA	PC	Subtotal
Talca	Biomasa vegetal	28,20	0,00	43,86	0,00	0,00	72,06
	Carbón	-	-	6,95	-	-	6,95
	GLP	0,02	-	0,01	0,04	0,02	0,10
	Petróleo N° 2	0,00	1,71	0,03	-	-	1,75
	Petróleo N° 5	-	-	1,35	-	-	1,35
	Petróleo N° 6	-	0,00	3,24	-	-	3,24
	Subtotal	28,23	1,71	55,44	0,04	0,02	85,45
Maule	Biomasa vegetal	41,06	-	-	-	-	41,06
	Carbón	-	-	7,32	-	-	7,32
	GLP	-	-	0,00	-	-	0,00
	Petróleo N° 2	0,00	0,06	-	-	-	0,06
	Petróleo N° 5	-	-	-	-	-	-
	Petróleo N° 6	-	-	-	-	0,33	0,33
	Subtotal	41,06	0,06	7,32	-	0,33	48,77

Fuente: Elaboración propia en base al D.S. N° 138/2005 del MINSAL, declaración 2012

Las emisiones atmosféricas de MP10 y MP2,5 de las fuentes industriales y comerciales provienen principalmente de 15 fuentes que emiten más de una tonelada de MP10 al año, entre ellas, existen empresas de alimentos, del rubro forestal y agroindustrias. En total, estas 15 fuentes representan el 90,3% y 92,9% del total de las emisiones totales de MP10 y MP2,5, para el año 2012. Estas emisiones corresponden a fuentes del tipo calderas industriales para generar vapor y/o agua caliente y que utilizan como combustible, biomasa vegetal, carbón mineral y petróleo N°6.

3.26.5 Descripción de Medidas Incorporadas en el PDATM

A partir de los antecedentes recopilados en los estudios desarrollados para la zona saturada de las comunas de Talca y Maule se generó una revisión y clasificación de potenciales medidas de reducción material particulado y sus precursores para ser consideradas en el Anteproyecto de Plan de Descontaminación Atmosférico de Talca y Maule (PDATM). En consecuencia, según este análisis se diferencian medidas con potencial de reducción de emisiones atmosféricas, instrumentos económicos y programas complementarios. Particularmente, las medidas con potencial de reducción debiesen permitir una reducción considerable de emisiones de material particulado respirable tanto en su fracción MP10, como MP2,5, y además, debiesen cumplir con las características de ser realizables en el largo plazo, verificables, fiscalizables y tener un fundamento económico desde el punto de vista de su beneficio-costeo.

3.26.5.1 Medidas con Potencial de Reducción de Emisiones del PDATM

En esta sección se describen detalladamente cada una de las medidas con potencial de reducción de emisiones de material particulado (MP10 y MP2,5) para la zona urbana de la comuna de Talca y la zona norte de la comuna Maule, adyacente a la comuna de Talca. En la tabla siguiente se incluye una descripción breve de la medida, las actividades y tipos de contaminantes que se ven afectados, el potencial máximo de reducción, así como también, los organismos responsables de su implementación y fiscalización.

TABLA 3.26-10. RESUMEN DE MEDIDAS PROPUESTAS PARA EL ANTEPROYECTO DEL PDA DE TALCA Y MAULE

N°	Nombre	Descripción	Actividad y Contaminantes Afectados
1	NEQUIPOS	Exigencia en el cumplimiento de norma de emisión (D.S. No 39/2011) para calefactores nuevos de combustión a leña.	<p>Actividad: residencial</p> <p>Contaminantes: MP10, MP2,5, SO₂, CO y COV</p> <p>Potencial máximo de reducción: 4,4% de total MP10 y 6,2% de total MP2,5</p> <p>Organismo responsable: <i>Implementación:</i> Seremi MMA <i>Coordinación:</i> Seremi MMA <i>Fiscalización:</i> - Municipalidades de Talca y Maule - Esta norma la fiscaliza la SEC Art. 5° DS 39/2011 y Ley 18.410 Art. 3°</p>

CONTINUACIÓN TABLA 3.26-10 ...

N°	Nombre	Descripción	Actividad y Contaminantes Afectados
2	RLEÑA	Regular el mercado de la leña en las zonas circundantes a las comunas de Talca y Maule para dar cumplimiento a la NCh 2907 del INN (leña seca) y dar cumplimiento a la ordenanza de leña para la comuna de Talca.	<p>Actividad: residencial, comerciantes y productores de leña</p> <p>Contaminantes: MP10, MP2,5, CO y COV</p> <p>Potencial máximo de reducción: 2,5% de total MP10 y 5,6% de total MP2,5</p> <p>Organismo responsable: <i>Implementación:</i> Municipalidad de Talca y Maule <i>Coordinación:</i> Seremi de MMA <i>Fiscalización:</i> - Seremi de Salud - Carabineros, y SII - CONAF. - Se sugiere la SEC.</p>
3	CEQUIPOS	Recambio de calefactores a leña antiguos por nuevos equipos más limpios de parte del Estado. Se evaluarán equipos que cumplen con el D.S.N° 39/2011 vs equipos a pellets.	<p>Actividad: residencial</p> <p>Contaminantes: MP10, MP2,5, CO y COV</p> <p>Potencial máximo de reducción: 19,4% de total MP10 y 27,6% de total MP2,5</p> <p>Organismo responsable: <i>Implementación y coordinación:</i> Seremi MMA <i>Fiscalización:</i> Esta norma la fiscaliza la SEC Art. 5° DS 39/2011 y Ley 18.410 Art. 3 <i>Financiamiento:</i> FNDR</p>
4	PCHIMENEAS	Prohibición de uso de chimeneas abiertas en zona urbana.	<p>Actividad: residencial</p> <p>Contaminantes: MP10, MP2,5, SO₂, CO y COV</p> <p>Potencial máximo de reducción: 0,6% de total MP10 y 0,7% de total MP2,5</p> <p>Organismo responsable: <i>Implementación y coordinación:</i> Seremi MMA <i>Fiscalización:</i> Seremi Salud - Inspectores municipales - Superintendencia del Medio Ambiente (SMA) - Denuncias ciudadanas</p>

CONTINUACIÓN TABLA 3.26-10 ...

N°	Nombre	Descripción	Actividad y Contaminantes Afectados
5	CONGEQUIPOS	Se prohíbe la comercialización e instalación de nuevos calefactores a biomasa a menos que sean equipos a pellets.	<p>Actividad: residencial</p> <p>Contaminantes: MP10, MP2,5, SO₂, CO y COV</p> <p>Potencial máximo de reducción: 0,7% de total MP10 y 1,0% de total MP2,5</p> <p>Organismo responsable: <i>Implementación y coordinación:</i> Seremi MMA <i>Fiscalización:</i> Seremi Salud - SMA</p>
6	PROHIBLEÑA	Restricción de uso para todo artefacto a leña en cualquier episodio crítico de contaminación por MP2,5. - Emergencia: Restricción total a partir del año inicial del PDA - Preemergencia: Restricción total a partir del 3er año del PDA	<p>Actividad: residencial</p> <p>Contaminantes: MP10, MP2,5, SO₂, CO y COV</p> <p>Potencial máximo de reducción: 3,0% de total MP10 y 4,2% de total MP2,5</p> <p>Organismo responsable: <i>Implementación y coordinación:</i> Seremi MMA <i>Fiscalización:</i> Seremi Salud - SMA</p>
7	TERMICOVIV	Mejoramiento térmico de las viviendas nuevas y existentes.	<p>Actividad: residencial</p> <p>Contaminantes: MP10, MP2,5, SO₂, CO y COV</p> <p>Potencial máximo de reducción: 2,8% y 2,4% de total MP10 y 4,0% y 3,7% de total MP2,5, para existentes y nuevas, respectivamente.</p> <p>Organismo responsable: <i>Implementación y coordinación:</i> Seremi MINVU <i>Fiscalización:</i> - SMA</p>
8	TERMICOPLUS	Elevar el estándar de aislación térmica para nuevos proyectos inmobiliarios por sobre los requerimientos actuales como medida de compensación de los nuevos proyectos inmobiliarios.	<p>Actividad: construcción</p> <p>Contaminantes: MP10 y MP2,5</p> <p>Potencial máximo de reducción: 0,3% de total MP10 y 0,5% de total MP2,5</p> <p>Organismo responsable: Seremi MINVU y Seremi MMA <i>Fiscalización:</i> - SMA</p>

CONTINUACIÓN TABLA 3.26-10 ...

N°	Nombre	Descripción	Actividad y Contaminantes Afectados
9	NORMAIND	Establecimiento de límites de emisión para calderas y hornos industriales que se encuentran operando dentro de la zona declarada saturada	Actividad: Industrial Contaminantes: MP10, MP2,5, NOx y SOx Potencial máximo de reducción: 6,0% de total MP10 y 6,4% de total MP2,5 Organismo responsable: <i>Implementación:</i> Seremi MMA <i>Coordinación:</i> Seremi Salud <i>Fiscalización:</i> - SMA
10	COMPEMIND	Las nuevas emisiones de MP deben ser compensadas en un 120%.	Actividad: Industrial Contaminantes: MP10 y MP2,5 Potencial máximo de reducción: 3,8% de total MP10 y 4,0% de total MP2,5 Organismo responsable: <i>Implementación y Coordinación:</i> Seremi MMA <i>Fiscalización:</i> - SMA
11	EMINDFUG	Incorporación de medidas para reducir y minimizar emisiones fugitivas e implementar un programa de buenas prácticas de operación.	Actividad: Industrial Contaminantes: MP10 y MP2,5 Potencial máximo de reducción: ya incorporadas en COMPEMIND. Organismo responsable: <i>Implementación y Coordinación:</i> Seremi MMA <i>Fiscalización:</i> SMA
12	SUBSGAS	Subsidio al precio del gas, con el objetivo de reducir la penetración de la leña elevando su precio relativo por kilocaloría.	Actividad: residencial Contaminantes: MP10, MP2,5, SO ₂ , CO y COV Potencial máximo de reducción: 8,0% de total MP10 y 11,4% de total MP2,5 Organismo responsable: <i>Implementación:</i> Seremi MMA <i>Coordinación:</i> Seremi MMA y FNDR (financiamiento). <i>Fiscalización:</i> - SMA

CONTINUACIÓN TABLA 3.26-10 ...

N°	Nombre	Descripción	Actividad y Contaminantes Afectados
13	SUBCALALT	Subsidio a equipos con tecnologías de combustión alternativas del tipo ERNC. Esta medida apunta a un programa piloto que puede eventualmente sustituir a CEQUIPOS si los equipos comercializados no pueden cumplir factores de emisión establecidos en el D.S.N° 39/2011.	<p>Actividad: residencial</p> <p>Contaminantes: MP10, MP2,5, SO₂, CO y COV</p> <p>Potencial máximo de reducción: 1,6% de total MP10 y 2,3% de total MP2,5</p> <p>Organismo responsable: Se sugiere y <i>Implementación y Coordinación</i>: Seremi MMA Financiamiento: FNDR <i>Fiscalización</i>: SMA (Se sugiere como organismo Subprogramado a la SEC)</p>
14	TRANSPUB	Establecimiento de condiciones mínimas para que buses presten servicio, incentivo para ingreso de buses con filtro de partículas-y/o norma Euro V.	<p>Actividad: transporte</p> <p>Contaminantes: MP10, MP2,5, SO₂, CO, NOX y NH₃</p> <p>Potencial máximo de reducción: 0,0% de total MP10 y 0,0% de total MP2,5</p> <p>Organismo responsable: <i>Implementación y coordinación</i>: Seremi Transporte <i>Fiscalización</i>: La Municipalidad al controlar los permisos de circulación / SMA.</p>
15	TRANSCARGA	Programa voluntario de retiro de camiones antiguos que carecen de sistemas de certificación de emisiones, a través de la utilización de distintos fondos públicos. Fiscalizar el cumplimiento de normativa que impide circulación de camiones con más de 28 años. Establecimiento de norma para camiones nuevos que cumplan con estándar Euro V o filtros de partículas.	<p>Actividad: transporte</p> <p>Contaminantes: MP10, MP2,5, SO_x, CO, NOX y NH₃</p> <p>Potencial máximo de reducción: 0,0% de total MP10 y 0,0% de total MP2,5</p> <p>Organismo responsable: <i>Implementación y coordinación</i>: Seremi Transporte <i>Fiscalización</i>: La Municipalidad al controlar los permisos de circulación /SMA</p>

CONTINUACIÓN TABLA 3.26-10 ...

N°	Nombre	Descripción	Actividad y Contaminantes Afectados
16	PAVIMENFUG	Pavimentación de calles para evitar emisiones fugitivas de MP10	<p>Actividad: transporte</p> <p>Contaminantes: MP10 y MP2,5</p> <p>Potencial máximo de reducción: 20,9% de total MP10 y 3,1% de total MP2,5</p> <p>Organismo responsable: <i>Implementación y Coordinación:</i> MOP y el MINVU <i>Financiamiento:</i> FNDR <i>Fiscalización:</i> SMA</p>
17	PQUEMAS	Prohibición de quemas agrícolas y forestales en toda la zona saturada	<p>Actividad: productores agrícolas</p> <p>Contaminantes: MP10, MP2,5, SO₂, CO, NO_x y COV</p> <p>Potencial máximo de reducción: 4,5% de total MP10 y 5,5% de total MP2,5</p> <p>Organismo responsable: <i>Implementación:</i> SAG <i>Coordinación:</i> CONAF <i>Fiscalización:</i> CONAF y Carabineros de Chile/ SMA</p>
18	AREASVERDES	Elevar estándar de m ² de áreas verdes por habitante para nuevos proyectos inmobiliarios. Aumento y mantenimiento de áreas verdes públicas.	<p>Actividad: construcción y municipios</p> <p>Contaminantes: MP10 y MP2,5</p> <p>Potencial máximo de reducción: 1,0% de total MP10 y 0,1% de total MP2,5</p> <p>Organismo responsable: <i>Implementación:</i> MINVU <i>Coordinación:</i> Municipalidades <i>Fiscalización:</i> SMA <i>Financiamiento:</i> FNDR.</p>

Fuente: Elaboración Propia

Las 18 medidas de reducción de material particulado propuestas preliminarmente para el Anteproyecto del PDA de Talca y Maule poseen distintos potenciales de reducción de emisiones de MP10 y MP2,5, por lo tanto, es recomendable que los mayores esfuerzos se centren en aquellas medidas con alto potencial de reducción que sea cuantificable claramente, con el fin de alcanzar los objetivos de concentraciones ambientales. Además, es necesario identificar y cuantificar económicamente las medidas que modifiquen el escenario base temporal de estimación de emisiones, es decir, identificar aquellas medidas cuya reducción de emisiones sean atribuibles al Plan de Descontaminación y no aquellas que corresponden a normativas implementadas a nivel nacional (carácter nacional). En este último caso, lo que se modifica es

el escenario base temporal de emisiones, pero sus costos o beneficios no son atribuibles al PDA.

Las medidas a priorizar en este estudio para su evaluación dado el potencial de reducción de emisiones son: RLEÑA, CEQUIPOS⁷⁴, PCHIMENEAS, CONGEQUIPOS, PROHIBLEÑA, TERMICOVIV, TERMICOPLUS, SUBSGAS, SUBCALALT, NORMAIND, COMPEMIND y PQUEMAS. El aporte de cada medida a la reducción de MP2,5 y MP10, pero ordenadas según el aporte de emisiones para el primer contaminante se presenta en la siguiente tabla.

TABLA 3.26-11. MEDIDAS A PRIORIZAR SEGÚN EN RELACIÓN A SU POTENCIAL DE REDUCCIÓN DE EMISIONES EN EL ESCENARIO MÁS AGRESIVO

Medida	Reducción MP2.5	Reducción MP10
CEQUIPOS	27.6%	19.4%
SUBSGAS	11.4%	8.0%
NORMAIND	6.4%	6.0%
NEQUIPOS	6.2%	4.4%
RLEÑA	5.6%	2.5%
PQUEMAS	5.5%	4.5%
PROHIBLEÑA	4.2%	3.0%
COMPEMIND	4.0%	3.8%
TERMICO ANTIG	4.0%	2.8%
TERMICO NUEVA	3.7%	2.4%
PAVIMENFUG	3.1%	20.9%
SUBCALEFALT	2.3%	1.6%
CONGEQUIPOS	1.0%	0.7%
PCHIMENEAS	0.7%	0.6%
TERMICOPLUS	0.5%	0.3%
AREAVRD	0.1%	1.0%
TRANSCARGA	0.0%	0.0%
TRANSPUB	0.0%	0.0%

Fuente: Elaboración Propia

Las medidas que no serán evaluadas económicamente por ser independientes del PDA, en el sentido que están vinculadas a normativas a nivel nacional y por lo tanto sus costos y beneficios no son atribuibles al Plan corresponden a NEQUIPOS, TRANSPUB, y TRANSCARGA. No obstante, dada su importancia en el cambio de las emisiones del escenario base en su perspectiva temporal, sí se considera la disminución de emisiones atmosféricas

⁷⁴ El aporte del recambio de calefactores es altamente dependiente a que los equipos nuevos cumplan con los factores de emisión en condiciones normales de operación. Si este no es el caso se deberían priorizar medidas de recambio alternativas. Por lo anterior, se sugiere un programa piloto de recambio por tecnologías alternativas en la medida SUBCALALT.

asociada a estas medidas. Adicionalmente, existen otras tres medidas (EMINDFUG, PAVIMENFUG, y AREASVERDES) que en estudios previos realizados en otras zonas con similares problemas de calidad del aire (Rancagua, Chillán y Chillán Viejo) han mostrado ser poco costo-efectivas debido al alto costo por tonelada reducida de MP10, de difícil cuantificación en cuanto al aporte real en reducción, pero que de todas formas se cuantificará su aporte en la zona de estudio.

A continuación se presenta una clasificación de las medidas propuestas según el tipo de fuente emisora.

TABLA 3.26-12. CLASIFICACIÓN DE MEDIDAS PROPUESTAS POR FUENTE PARA EL ANTEPROYECTO DEL PDA DE TALCA Y MAULE

Fuentes	Sub-Categoría	Medidas Propuestas
Fuentes de área, quema de leña	Combustión residencial de leña	NEQUIPOS RLEÑA CEQUIPOS PCHIMENEAS CONGEQUIPOS PROHIBLEÑA TERMICOVIV TERMICOPLUS SUBSGAS SUBCALALT
	Quemas agrícolas e incendios forestales	PQUEMAS
Fuentes Fijas	Fuentes de Combustión	NORMAIND COMPEMIND
	Procesos	EMINDFUG COMPEMIND
Fuentes Móviles	Buses urbanos	TRANSPUB
	Camiones	TRANSCARGA
Otras Fuentes de Área	Caminos sin pavimentar	PAVIMENFUG AREASVERDES

Fuente: Elaboración Propia

3.26.5.2 Supuestos de Ordenamiento para la Aplicación de las Medidas Propuestas

En cualquier evaluación económica es muy importante establecer adecuadamente los diversos escenarios alternativos (medidas aplicadas en el plan) así como también el escenario base (Business as usual). Esto requiere que los cambios en el escenario base generados por diversas medidas que ocurren al mismo tiempo, sean aditivas, en el sentido que uno pueda ir estableciendo un orden de aplicación de tal forma que cada medida adicional aplicada vaya modificando el escenario anterior. Esto es importante, porque combinar medidas que son dependientes unas de otras, se puede interpretar matemáticamente como un problema de sistemas de ecuaciones con variables desconocidas y endógenas, pero con más incógnitas que ecuaciones, lo cual se traduce en que existen infinitas soluciones posibles.

Para entender lo anterior, a modo de ejemplo, si hubieran solo tres medidas CEQUIPOS, RLEÑA y TERMICOVIV. Se podría asumir que se cambian Y% equipos, pero el cambio de equipos disminuye el consumo de leña en X%, lo cual si existe un Z% de casas aisladas, pero a su vez si la casa está aislada se podría reducir el consumo de leña o tal como muestran los resultados de este estudio los hogares podrían consumir lo mismo porque la temperatura original no estaba en el nivel de confort, así que el consumo de leña se modifica en W%. En este sencillo ejemplo se establecen que existen solo tres ecuaciones de comportamiento (CEQUIPOS, RLEÑA y TERMICOVIV), pero que existen 4 incógnitas (Y%, X%, Z% y W%)⁷⁵. Por lo cual, existen infinitas soluciones para tres variables, dado el valor de una. Esto significa que necesariamente se debe asumir un valor de algunas variables y establecer un ordenamiento, para encontrar una solución al problema.

Por lo anterior, el procedimiento utilizado en este estudio es establecer un orden de aplicación de las medidas permitiendo una interacción de las medidas, pero logrando que cada medida se aditiva, esto último es muy importante, para no doble contabilizar los beneficios de una medida (por ejemplo, no contabilizar varias veces el efecto de la aislación).

El ordenamiento utilizado e interacción de las medidas es el siguiente:

- Primero, se incluye la medida NEQUIPOS que es independiente de las otras (si se incluyera menor contenido de humedad de la leña se estaría doble contabilizando la reducción de RLEÑA).
- Segundo, se incluye la medida de CEQUIPOS, esta medida interactúa con TERMICOVIV antigua (si se incluyera menor contenido de humedad de la leña se estaría doble contabilizando la reducción de RLEÑA).
- Tercero, se incluye la medida PCHIMENEAS que es independiente de las otras.
- Cuarto, se incluye la medida RLEÑA.
- Quinto, se incluye la medida TERMICOVIV antigua, la cual depende del número de equipos cambiado cada año establecido en CEQUIPOS, y de la disminución en el consumo de leña húmeda de acuerdo a RLEÑA.
- Sexto, se incluye la medida TERMICOVIV nueva.
- Séptimo, se incluye la medida CONGEQUIPOS que analiza el diferencial entre emisiones con DS39 vs pellets de los equipos nuevos que ingresen al parque de acuerdo a NEQUIPOS.
- Octavo, se incluye la medida PROHIBLEÑA que toma a partir del escenario de la caída en los factores de emisión promedio a partir del cambio en la composición de equipos y humedad de la leña.
- Noveno, se incluye la medida COMPEMIND que es una medida industrial independiente de las anteriores, que regula el incremento natural de las emisiones industriales.
- Décimo, se incluye la medida, NORMAIND que regula las emisiones existentes, por lo cual es independiente de la medida anterior.
- Décimo primero, se incluye la medida, EMINDFUG cuya reducción de nuevas emisiones ya están incluidas en COMPEMIND.
- Décimo segundo, se incluye la medida PQUEMAS que es aplicada a los agricultores y es independiente de las medidas previas.

⁷⁵ Como si esto no fuera suficiente uno podría imaginar que el problema se vuelve más complejo al modificarse el consumo de leña, ya que también se vuelve a modificar el porcentaje de leña húmeda utilizada.

- Décimo tercero, se incluye la medida PAVIMENFUG que es aplicada a los caminos sin pavimentar y es independiente de las medidas previas.
- Décimo cuarto, se incluye la medida TRANSPUB que es aplicada a los buses y es independiente de las medidas previas.
- Décimo quinto, se incluye la medida TRANSCARGA que es aplicada a los camiones y es independiente de las medidas previas.
- Décimo sexto, se incluye la medida AREASVERDES que es aplicada a los camiones y es independiente de las medidas previas.
- Décimo séptimo, se incluye la medida SUBGAS que es aplicada sobre el escenario de la caída en los factores de emisión promedio a partir del cambio en la composición de equipos y humedad de la leña.
- Décimo octavo, se incluye la medida de SUBCALALT que es aplicada sobre el escenario de la caída en los factores de emisión promedio a partir del cambio en la composición de equipos y humedad de la leña.

En el caso de las dos últimas medidas no sería posible discriminar sobre cual medida es más conveniente en términos económicos si se estableciera un orden de aplicación, ya que se disminuirían los beneficios en términos de reducción de emisiones a la medida que se incluya posteriormente, por lo cual se decidió analizar como independientes a partir del cambio en los factores de emisión promedio a partir del cambio en la composición de equipos y humedad de la leña.

3.26.6 Instrumentos Económicos del Anteproyecto del PDATM

Algunas propuestas que pueden ser interpretadas como instrumentos económicos para el Anteproyecto del PDA de Talca y Maule apuntan a incentivos para el recambio de calefactores a leña para las viviendas, subsidio a combustibles y/o equipos limpios alternativos a la leña, subsidio para el acondicionamiento térmico de viviendas, y programas de compensación de emisiones atmosféricas por parte de las nuevas fuentes industriales y/o nuevos proyectos inmobiliarios. A continuación se describen cada una de las propuestas:

En el plazo contado desde doce meses de la publicación en el Diario Oficial del Plan de Descontaminación Atmosférico, en conjunto con los organismos competentes, se diseñará y pondrá en marcha un programa de recambio de calefactores a leña existentes, que contendrá elementos para focalizar los instrumentos económicos diseñados, priorizar los beneficiarios e implementar un sistema de seguimiento del recambio. Dicho programa deberá contemplar un recambio de al menos 1.500 calefactores a leña por año en el período de implementación del PDA.

Transcurridos doce meses desde la publicación en el Diario Oficial del Plan de Descontaminación Atmosférico de Talca y Maule, se desarrollará un programa de fomento a la aplicación del subsidio a la incorporación de calefactores basados en Energías Renovables No Convencionales (ERNC), en diversos tipos de viviendas.

En el plazo de seis meses desde la publicación en el Diario Oficial del Plan de Descontaminación Atmosférico, se definirá un procedimiento para incorporar el recambio de calefactores a leña como una alternativa para compensar emisiones de material particulado de proyectos con exigencias de compensación surgidas en el marco del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA). Así los proyectos que ingresen al SEIA deberán presentar dentro del plazo que establezca la respectiva resolución que califique ambientalmente el proyecto (Resolución de Calificación Ambiental, RCA) un programa de compensación para las emisiones incrementales del proyecto. El plazo no podrá ser superior a un año a contar de la notificación de la RCA.

Considerando todas las propuestas anteriores para el Anteproyecto del PDA y dada la situación particular de las zonas urbanas de las comunas de Talca y Maule, en la que las principales fuentes emisoras de MP10 y MP2,5 corresponden a hogares que utilizan artefactos de combustión de leña, la recomendación es que los instrumentos económicos deberían apuntar a dos objetivos principales:

Primero, modificar el comportamiento del gran número de pequeñas fuentes, como son los hogares que utilizan artefactos a leña. Este cambio puede ser conseguido mediante la incorporación de subsidios y/o créditos blandos para el recambio de artefactos antiguos por otros sistemas de calefacción limpios, entre ellos equipos que cumplan con la normativa de artefactos a leña D. S. N° 39/2011, y sistemas de calefacción basados en ERNC y/o que utilicen combustibles limpios. Para ello se deberá considerar el cambio a otras tecnologías de calefacción (pellets, bombas de calor, calefacción distrital, etc.) y/o combustibles menos

contaminantes (como gas, parafina o electricidad).

Segundo, se debería lograr que las fuentes industriales y los proyectos inmobiliarios internalicen el costo ambiental de sus emisiones atmosféricas, a través de instrumentos que permitan generar las facilidades para que los titulares de los proyectos puedan compensar mediante mecanismos que generen menores costos de compensación (reducción de emisiones tanto en la mismo proyecto o a través de otras fuentes existentes), lo cual se puede lograr simplemente con un sistema de compensación de emisiones o bien con un mecanismo de mercado más sofisticado como los permisos de emisión (o de concentraciones ambientales) transable. Por lo anterior, recomendamos para la particularidad de la zona saturada de Talca y Maule utilizar los siguientes instrumentos económicos:

Instrumento Económico N° 1: instrumentos de incentivo a la renovación o cambio de artefactos a leña.

Un programa gubernamental que incluya algún tipo de subsidio parcial o total para la renovación o cambio de equipos a leña, acelerará el recambio tecnológico natural. Sin embargo, dadas las condiciones de variabilidad de la operación de los equipos a leña y el contenido de humedad de la leña, es necesario determinar si pudiese ser más eficiente para la reducción de emisiones permitir flexibilidad para cambiar un equipo que utilice combustibles limpios y que genere menores emisiones de contaminantes del aire. Por ello, en el plazo de doce meses contados desde la publicación en el Diario Oficial del Plan, la SEREMI del MMA debería desarrollar un estudio referido al diseño de detalle técnico-económico de un sistema de calefacción centralizada para conjuntos habitacionales (calefacción distrital) aplicable a las realidades de las comunas de Talca y Maule.

Fuentes de financiamiento: Las fuentes de financiamiento corresponden a recursos públicos y privados. Los recursos públicos subsidiarían la mayor parte del costo del nuevo calefactor que se aproxima a \$500 mil por equipo, estos recursos deben ser aportados por el Gobierno Regional y podría ser complementados con recursos centralizados del Estado para aumentar los beneficiarios del PDA. El financiamiento del sector privado corresponde al co-pago que cada familia debe aportar para el recambio, que usualmente ha correspondido al valor de la instalación del nuevo calefactor; Por ejemplo, en un programa piloto en Osorno el aporte fue entre \$120 mil a \$150 mil, mientras en otros como en Coyhaique ha sido solo de \$30 mil a \$60 mil, dependiendo de la capacidad del calefactor, el número de pisos de la vivienda y el diseño del Programa de Recambio.

Barreras a la utilización de los instrumentos: aun cuando el aporte público es significativo, los hogares que comiencen a participar en el programa de recambio podrían no estar satisfechos con los nuevos calefactores entregados, ya que como no pueden ser manipulados en su operación como los equipos antiguos, sus prestaciones en términos de desempeño podrían no ser iguales a los anteriores, esto traería como consecuencia que los hogares beneficiados pidan su equipo antiguo para revertir su participación en programa de recambio, o bien, nuevos hogares al conocer estos antecedentes podrían decidir no postular a los programas. Sin embargo, en los programas de recambio ya efectuados en el país, el argumento anterior no ha significado una barrera de postulación significativa a los programas. Más bien la falta de alternativas de modelos diferentes que se ofrecen a los beneficiarios ha sido una de las principales barreras de postulación.

Otra dificultad importante son los procesos de licitación, ya que los retrasos administrativos en la entrega de los nuevos equipos también pueden desincentivar el deseo de participar en el programa.

Mecanismo de entrega de los instrumentos: Para tener acceso al programa de recambio se deberían cumplir los siguientes requisitos. Primero, el artefacto del hogar que postule a recambio debe estar en un registro de calefactores de Talca y Maule. Segundo, ser propietario del artefacto antiguo ya instalado en el hogar y que según su tipo o características técnicas sea considerado como más contaminante (combustión lenta cámara simple, salamandra, estufa de lata). Tercero, el artefacto se debe encontrar instalado en zonas urbanas priorizadas dentro de la zona incluida en el Plan. Cuarto, los propietarios deben escoger el modelo dentro de los que estén a disposición en el programa. Quinto, el equipo antiguo debe ser entregado al momento de la recepción del nuevo artefacto para que sea destruido como parte del Programa de Recambio.

El copago realizado por el hogar puede ser cancelado en efectivo, tarjetas de debito, tarjetas de crédito de casas comerciales o bancarias, letras o pagarés.

El ranking para seleccionar a los hogares debería depender de los niveles de consumo de leña, tecnología del artefacto antiguo, humedad y tipo de la leña utilizada, horario de operación, entre otras variables que permitan discriminar los hogares donde el programa de recambio pueda maximizar las emisiones reducidas.

Ejemplos de aplicación en otros proyectos/programas: Han existido programas de recambio en Temuco, Padre las Casas, Osorno, Coyhaique, Rengo, Curicó, Chillán y Chillán Viejo. Para un resumen detallado de las experiencias dificultades y ventajas de la aplicación de estos programas se puede revisar el estudio "Identificación, diseño y evaluación de factibilidad de implementación de instrumentos económicos para promover el recambio masivo de artefactos a leña" de UDEC (2013).

Instrumento Económico Nº 2: subsidio para cambio de combustible para calefacción

Los principales motivos para la alta penetración de la leña en los hogares son la costumbre, la capacidad de calefacción, porque la leña es considerada un combustible económico y de fácil acceso. Dado que los agentes económicos responden a los incentivos basados en precios (aunque se puede discutir el grado en función de la elasticidad de la demanda) otro instrumento económico que debiese ser evaluado por las autoridades es subsidiar un combustible sustituto más limpio, como el pellet de madera, kerosene y/o gas durante los meses de invierno. Por ello, en el plazo de doce meses contados desde la publicación en el Diario Oficial del Plan, la SEREMI del MMA desarrollará un estudio referido al diseño de detalle, montos de subsidios requeridos y mecanismos de asignación que maximice la reducción de emisiones en las comunas de Talca y Maule, y además, se deberán gestionar los recursos a nivel de FNDR o a nivel central.

Fuentes de financiamiento: Un subsidio para el combustible en el hogar debería centrarse en combustibles que sólo sean utilizados para calefacción en invierno y no tengan otros usos (ej. parafina o pellets) para evitar el uso ineficiente de recursos públicos, y además, su duración debería ser temporal aplicándose solo en los meses fríos del año. Este subsidio podría ser financiado con recursos del FNDR solo en la zona saturada, lo cual se podría justificar porque

un subsidio generado por el Estado a nivel central sería difícil de gestionar en términos políticos.

Barreras a la utilización de los instrumentos: Aun cuando el financiamiento de combustibles alternativos tiene por objetivo elevar el precio relativo de la leña para desincentivar su uso. El problema práctico es la escasa disposición al cambio de combustible que presentan los hogares, por lo cual, el monto del subsidio tendría que ser muy importante, de tal forma se transforma menos atractivo en términos de costo-efectividad (una tesis en proceso de publicación del Magíster en Ingeniería Industrial de la Universidad de Concepción aporta antecedentes sobre este tema para el caso de la parafina). Además, el otro problema es que los hogares podrían requerir un subsidio también para el equipo y no solo para el combustible.

Mecanismo de entrega de los instrumentos: El subsidio debería ser aportado por el Estado en los puntos de ventas de los combustibles alternativos. Siendo posible deducirlo del débito fiscal mensual pagado por los distribuidores de combustibles en el periodo de tiempo mientras dure el beneficio.

Ejemplos de aplicación en otros proyectos/programas: Este tipo de programa solo ha sido ejecutado en Punta Arenas para el caso del gas natural.

Instrumento Económico Nº 3: fortalecer y simplificar el sistema de compensación de emisiones

El atractivo que surge del sistema para compensar emisiones es su menor costo respecto a regulaciones que especifiquen requerimientos tecnológicos, ya que los agentes regulados pueden escoger aquellas alternativas de reducción que sean más económicas dado un cierto nivel de emisiones a compensar. Este mecanismo para ser eficiente requiere que los costos de transacción sean bajos, por lo tanto, una simplificación del procedimiento para autorizar esta compensación, bases de datos con información de fuentes que deseen ser parte del sistema, entre otros esfuerzos, unidos a un nivel de fiscalización suficiente para el cumplimiento de las regulaciones, facilitará su utilización como instrumento económico. Por ello, en el plazo de seis meses contados desde la publicación en el Diario Oficial del Plan, la SEREMI del MMA deberá tener implementado el diseño de mecanismos para los proyectos desarrollados en la zona saturada.

Fuentes de financiamiento: Son las fuentes industriales instaladas en la zona saturada quienes deben financiar la compensación de las emisiones. También se podría entregar la opción para que los nuevos proyectos inmobiliarios que están incrementando el número potencial de hogares que en un futuro instalarán calefactores a leña, estén obligadas a compensar emisiones por el aporte que realizarán estas nuevas viviendas. Esta compensación de emisiones podría establecer la opción de compensar por medio de un incremento en la calificación energética de las viviendas que aporta el proyecto.

Las barreras de utilización de los instrumentos: El sistema ya opera a nivel nacional por lo cual las barreras a la utilización están dados por las dificultades que tengan las fuentes para que el regulador acepte las medidas propuestas de compensación. Por ello, se recomienda que exista un listado con potenciales opciones de compensación que estén estandarizadas en términos de reducción de emisiones y costos para que las fuentes puedan escoger fácilmente las alternativas más atractivas.

Mecanismo de entrega de los instrumentos: La compensación debe ser autorizada por el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) y la SEREMI del Medioambiente en el marco del SEIA.

Ejemplos de aplicación en otros proyectos/programas: Un ejemplo es la compensación realizada en diciembre de 2012 por Colbún, en coordinación con el Municipio de Coronel y las Juntas de Vecinos del sector sur de la comuna, entregando 1.000 equipos nuevos para calefacción en el marco del Plan de Compensación de Material Particulado del Complejo Termoeléctrico Santa María de Coronel, que la obligó a compensar el 100% del material particulado generado por el complejo durante su etapa de operación.

Instrumento Económico Nº 4: Programas de subsidio para mejorar la eficiencia térmica de las viviendas

Otro instrumento económico es subsidiar el mejoramiento térmico de viviendas existentes, el cual puede ser acompañado por una política de incremento en los niveles de exigencias de calificación energética de las viviendas nuevas. Por ello, en el plazo de doce meses contados desde la publicación en el Diario Oficial del Plan, el SERVIU de la región del Maule presentará al MINVU una propuesta de mecanismos de incentivos al mejoramiento térmico de las viviendas en la zona saturada.

Fuentes de financiamiento: Para las viviendas existentes se puede utilizar el Programa de Protección del Patrimonio Familiar (PPPF), el cual permite financiar casi la totalidad de la inversión en proyectos que mejoren la eficiencia energética de las viviendas. Los montos de este subsidio permiten cubrir gran parte de la inversión para obtener una vivienda bien aislada.

Barreras a la utilización de los instrumentos: Actualmente el programa está en funcionamiento pero cuando los hogares postulan al Programa de Protección del Patrimonio Familiar pueden escoger entre diversas opciones de proyecto. Por lo anterior, se sugiere priorizar aquellos proyectos que apunten a obtener las mayores eficiencias en términos energéticos, o limitar las opciones de los hogares en función de las características particulares de la vivienda para maximizar la reducción de emisiones.

Mecanismo de entrega de los instrumentos: La Subsecretaría del MINVU y las Secretarías Regionales Ministeriales hacen los llamados a postulación al PPPF; SERVIU evalúa los proyectos, otorga y paga los subsidios cuando corresponde y supervisa a los Prestadores de Servicios de Asistencia Técnica y la correcta ejecución de las obras realizadas; los Prestadores de Servicios de Asistencia Técnica organizan la demanda, elaboran los proyectos y los postulan al SERVIU, ejecutan el Plan de Habilitación Social con las familias, además gestionan y apoyan a las familias en la elección de las constructoras y actúan como Inspectores Técnicos de Obras. Las familias propietarias de las viviendas postulan a los subsidios, cuya postulación se puede hacer individual o colectivamente, mientras las Municipalidades difunden el programa y se encargan de la aplicación de la Ficha de Protección Social.

Se recomienda priorizar el subsidio para la aislación del techo y luego un segundo subsidio para instalar 5 cm de aislación en los muros. Eso puede materializarse con montos fijos por subsidio y según la superficie a intervenir (m²). Se debería reglamentar que no se pueda postular a un segundo subsidio, si no se tiene ejecutada la primera mejora (aislación del techo), o bien ejecutar ambos acondicionamientos en forma simultánea.

Ejemplos de aplicación en otros proyectos/programas: El Título II del PPPF contempla dos clases de subsidios. El primero destinado a la reparación y mejoramiento de la vivienda que busca interrumpir el deterioro y renovar la morada de familias vulnerables y de sectores emergentes, apoyando el financiamiento de las siguientes obras: reparación de cimientos, pilares, vigas, cadenas o estructura de techumbre y pisos, mejoramiento de instalaciones sanitarias, eléctricas o de gas, reparación de filtraciones de muros y cubiertas, canales y bajadas de aguas lluvia, reposición de ventanas, puertas, pavimentos, tabiques, cielos u otras similares, reparación de ventanas, puertas, pavimentos, tabiques, cielos, pinturas interiores o exteriores u otras similares. El segundo subsidio se refiere al acondicionamiento térmico de la vivienda y tiene como fin mejorar el aislamiento de la vivienda de manera que la familia ahorre en calefacción y disminuya la condensación al interior de las viviendas.

Para las viviendas existentes, actualmente se tiene el programa de Protección del Patrimonio Familiar y el Sistema de Calificación Energética de Viviendas Existentes. En general, una crítica a todos estos programas es que los subsidios están orientados a familias de escasos recursos, que en la práctica no son las únicas que consumen leña o sus derivados, por lo tanto, tienen menor impacto. Si se quiere realmente bajar los niveles de emisiones mediante este Programa, se deben considerar permitir postular al programa familias todos los niveles de ingresos, en particular de clase media.

3.26.7 Programas Complementarios del PDATM

Dentro del marco de la elaboración del anteproyecto del PDA de Talca y Maule se propone considerar actividades o programas complementarios que sin tener un potencial de reducción de emisiones directo, permitan alcanzar las metas de reducción propuestas. Los programas complementarios se detallan a continuación.

Programa Complementario N° 1: Monitoreo de emisiones atmosféricas del sector industrial

Las fuentes industriales y comerciales existentes y nuevas deberán realizar mediciones de las emisiones para material particulado (MP), dióxido de azufre (SO₂), óxidos de nitrógeno (NOx) y de otros parámetros de interés según las exigencias de la Tabla siguiente:

TABLA 3.26-13. EXIGENCIAS DE MONITOREO DEL ANTEPROYECTO DEL PDA DE TALCA Y MAULE

Potencia térmica	Exigencias de Monitoreo
< 3MWt	<ul style="list-style-type: none"> - Valores son indicativos, utilizables p.e. para efectos de compensaciones - Mínimo de 1 medición puntual al año. - Fuentes que demuestran usar combustibles limpios por más del 95% de sus horas de operación, se eximen de medir.
3 a < 25MWt	<ul style="list-style-type: none"> - Mínimo de 2 mediciones puntuales por año - Mínimo de 1 medición por año para fuentes que utilicen combustibles limpios
25 a < 50MWt	<ul style="list-style-type: none"> - Mínimo de 2 mediciones puntuales por año. - Mínimo de 1 medición por año para fuentes que utilicen combustibles limpios. - Valores norma y exigencia de monitoreo, aplican a fuentes que operen regularmente, más de un 75% de las horas del año.
≥ 50MWt	<ul style="list-style-type: none"> - Operen con combustibles sólidos o petróleos 5/6, en forma exclusiva o mezclas con otros combustibles más limpios, deberán implementar CEMS. - Fuentes que operen exclusivamente, es decir más de 95% del tiempo de operación, con combustibles limpios podrán optar por métodos continuos alternativos a los CEMS. A definir por protocolo casos de excepción.

Fuente: Elaboración propia

Programa Complementario Nº 2: Registro del sector industrial

El objetivo del registro del sector industrial es facilitar el seguimiento de las fuentes existentes y nuevas en términos de sus emisiones y cumplimiento a las medidas del Plan. El registro que se implemente será operado por la SEREMI del Medio Ambiente.

La información base del registro del sector industrial se encuentra disponible en la declaración de emisiones exigida a través del D.S. Nº 138/2005, del MINSAL. Sin embargo, la información base deberá ser complementada para los complejos industriales y extendidas a otras fuentes que hoy no tienen exigencia de reportar, por ejemplo fuentes emisoras relevantes como producción de madera y productos derivados de la madera, hornos de panaderías a leña, u hornos ahumadores.

Programa Complementario Nº 3: Vigilancia de la calidad del aire y seguimiento de los parámetros meteorológicos

La vigilancia permanente de la calidad del aire permite a las autoridades tomar medidas oportunas para enfrentar los problemas de contaminación atmosférica e informar a la comunidad sobre la calidad del aire que se respira, hacer seguimiento de largo plazo de los impactos de las estrategias implementadas, el logro de las medidas y evaluar el impacto que la contaminación produce sobre la salud de las personas.

Actualmente, las comunas de Talca y Maule cuentan con 3 estaciones de monitoreo de calidad del aire (UC Maule, La Florida, Universidad de Talca) que reportan datos en línea de calidad del aire al Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire, SINCA (<http://sinca.mma.gob.cl>). Todas las estaciones de monitoreo de calidad del aire miden la fracción respirable y fina de material particulado, mientras que la estación La Florida registra otros parámetros como se observa en la siguiente tabla:

TABLA 3.26-14. PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AIRE MEDIDOS POR LAS ESTACIONES DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE LAS COMUNAS DE TALCA Y MAULE

Estación/ Parámetro	MP10	MP2,5	CO	NO	NO ₂	O ₃	SO ₂
U.C. Maule	X	X					
La Florida	X	X	X	X	X	X	X
Universidad de Talca	X	X					

Fuente: SINCA

Cada una de estas estaciones de monitoreo de calidad del aire cuentan con una estación meteorológica para registrar en línea los parámetros; presión atmosférica, humedad relativa, temperatura ambiente, dirección y velocidad del viento. Adicionalmente, la SEREMI de Medio Ambiente del Maule cuenta con equipos para caracterizar la distribución del tamaño de las partículas, entre ellos sistemas de impactadores de cascada.

Para mejorar, la gestión de la información generada en las estaciones y como una medida de poder evitar periodos críticos de calidad del aire se recomienda avanzar en la implementación de sistemas ya operativos como el descrito a continuación.

Por ejemplo, la Región Metropolitana ha utilizado modelos de pronóstico de calidad del aire desarrollados por Joseph Cassmassi entre los años 1997 y 1998. Este modelo fue mejorado y actualizado (Cassmassi 2.0) para ser implementado el año 2011.

Actualmente existe Convenio de Colaboración Técnica entre la Dirección Meteorológica de Chile y el Ministerio del Medio Ambiente con el fin de generar reportes oficiales sobre el Potencial Meteorológico de Contaminación Atmosférica (PMCA) y Pronóstico de Calidad del Aire para Material Particulado MP10 para la Región Metropolitana.

El objetivo de este convenio es generar los pronósticos meteorológicos y de calidad del aire, en los periodos establecidos en el PPDA de La región Metropolitana que sería entre 1° de abril y el 31 de agosto de 2013. La Dirección Meteorológica de Chile trabajó en la implementación del modelo Cassmassi 2.0. Los resultados de las predicciones del modelo se

remiten diariamente a la Seremi del Medio Ambiente de la región Metropolitana y al Departamento de Planes de Descontaminación del Ministerio del Medio Ambiente.

Un indicador relevante para la calidad del aire es el factor de ventilación o Índice de ventilación. Este factor se obtiene como el producto entre la altura de capa de mezcla y la velocidad del viento a nivel de la superficie. Tanto la velocidad del viento como la altura de la capa límite tiene incidencia en este índice, en particular durante periodos de invierno donde la altura de capa límite es menor debido a la menor incidencia de la radiación solar. Cabe señalar, que en las noches el índice de ventilación suele ser bajo debido a que se genera la capa estable (o nocturna) que solo alcanza unos pocos metros sobre la superficie y, además, la velocidad del viento tiende a disminuir considerablemente en el valle central de la región del Maule.

Para construir el indicador se puede medir la velocidad del viento en la superficie utilizando un anemómetro. La altura de capa límite puede ser determinada mediante equipos perfiladores (SODAR) que miden entre otros parámetros la temperatura de la atmósfera en función de la altura. En función de estas mediciones se puede determinar los puntos de inflexión de temperatura para establecer la altura de la capa de inversión térmica (capa de mezcla). También se puede lograr similares mediciones mediante el uso de radio sondas. Sin embargo, dado que se quiere anticipar cuales serán las condiciones de ventilación y, a través de ello, los niveles de calidad del aire (material particulado fino), se podrían utilizar pronóstico meteorológicos generados por la Dirección Meteorológica de Chile para la zona del valle central de la región del Maule con el fin de anticipar episodios críticos de calidad del aire en los meses de invierno tanto en las comunas de Talca y Maule, como en las de Curicó que también presentan problemas similares de calidad del aire.

En consecuencia, como la generación de estos pronósticos de ventilación requiere del procesamiento de información por profesionales especializados (meteorólogos) para obtener boletines diarios durante el periodo crítico del año en las comunas de Talca y Maule sería recomendable establecer un convenio con la Dirección Meteorológica de Chile para extender los pronósticos de ventilación a la Región del Maule.

Por otro lado, considerando que las variables externas a la zona circundante del PDA son fundamentales para la gestión de la calidad del aire, la SEREMI del Medio Ambiente de la región del Maule en conjunto con los organismos técnicos competentes, deberán gestionar los recursos presupuestarios que se requieran para la implementación de una red de monitoreo meteorológico regional que incluyan estaciones de background (línea de base regional), y un modelo de pronóstico de calidad del aire para evitar episodios críticos de calidad del aire en las zonas pobladas bajo estudio.

Con cargo al presupuesto regular del Plan, se propone implementar auditorías técnicas nacionales y/o internacionales que permitan un proceso de mejoramiento continuo y flexible de esta red.

Programa Complementario N° 4: Generación de información estratégica para la gestión de la calidad del aire

Se deberán desarrollar estudios para la caracterización del Material Particulado MP10 incluyendo fracciones fina (MP2,5) y ultrafina (MP1,0), según se priorice, en distintos lugares dentro de la región, atendidos los criterios de emplazamiento de estaciones en uso y de acuerdo con las recomendaciones de diseño de red disponibles. En particular, se deberá mejorar la caracterización de sitios de monitoreo urbanos y establecer sitios representativos de la situación de background regional y en sitios directamente afectados por actividades industriales, transporte y/o quemas agrícolas.

También se deberán generar estudios de análisis de riesgo y epidemiológicos de tipo panel, que incluyan gradientes de toxicología, para distintas áreas directamente afectadas. Por ejemplo, la combustión residencial de leña, las emisiones del transporte, quemas agrícolas y/o actividades industriales las que podrían resultar de mayor importancia relativa en términos de impacto en salud de la población afectada. Para lo anterior, se requieren diseñar e implementar bases de datos de morbilidad y mortalidad en el tiempo que antecedan al desarrollo de estudios epidemiológicos e indicadores de seguimiento asociados.

Por otro lado, es necesario abordar el diseño e implementación de un modelo de exposición a contaminantes atmosféricos para la zona saturada en particular, dada las condiciones meteorológicas propias de la zona y el perfil epidemiológico de sus habitantes y que dé cuenta del tipo de exposición al que se ven expuestos habitantes de Talca y Maule. Este tipo de información permitirá precisar niveles de contaminación intradomiciliario (Indoor) y ambiental (Outdoor) lo que ayudará en la priorización de acciones en términos de impacto a la salud de la población.

Adicionalmente, se debe considerar la definición de criterios para las exigencias del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. Esto ha de permitir la obligatoriedad de entrega de información para determinadas actividades comerciales específicas dentro de la zona de influencia, tales como la venta de equipos de calefacción a leña. Así como también, la obligatoriedad de efectuar un seguimiento de la evolución de la matriz energética regional, específicamente en lo concerniente a consumos de combustibles.

Programa Complementario N° 5: Registro de calefactores

La SEREMI del Medio Ambiente Región del Maule en conjunto con la SEC, la SEREMI de Salud, la SEREMI de Energía y el Gobierno Regional deberán coordinar el desarrollo de los procedimientos para establecer un catastro de calefactores a leña en uso instalados en las zonas urbanas de Talca y Maule en un plazo de seis meses antes de la entrada en vigencia del Plan. Esta medida se desarrollará de forma preliminar ya que sirve de insumo para los programas de recambio de calefactores que se puedan iniciar antes de la entrada en vigencia del PDA.

Una vez que el catastro haya entrado en funcionamiento, toda nueva instalación en las zonas urbanas de Talca y Maule de un artefacto residencial de combustión de leña, u otro combustible de biomasa vegetal deberá ser declarada por el usuario a la SEREMI del Medio Ambiente. Se mantendrá este registro actualizado, el que será utilizado como insumo del Programa de Recambio Tecnológico. En consecuencia, aquellas personas que registren su

calefactor podrán optar al recambio de su calefactor en uso. La sugerencia de los consultores con respecto a este programa es que para que sea efectivo debe involucrar un registro total de los calefactores y no solo un registro voluntario.

Programa Complementario N° 6: Información al consumidor de leña

La Dirección Regional del SERNAC dará a conocer mensualmente a la comunidad los establecimientos que cuentan con stock de leña seca, según lo establecido en la Norma Chilena (NCh) Oficial N° 2907/2005. Dicha información será proporcionada al SERNAC por la Secretaría Regional Ministerial del Medio Ambiente Región del Maule, en coordinación con el órgano fiscalizador respectivo, el Consejo de Certificación de Leña (COCEL).

Además, el SERNAC con la colaboración de la SEREMI del Medio Ambiente Región del Maule, adoptará todas las medidas, en el ámbito de sus competencias, a fin de elaborar un listado actualizado de carácter público, respecto de todos los modelos de calefactores que hayan sido certificados bajo el D.S. N° 39/2011 del Ministerio del Medio Ambiente. Dicho listado tendrá como objetivo entregar información al consumidor respecto de las emisiones de los equipos que presentan menor emisión de contaminantes a la atmósfera según su tipo, además de informar y promover el recambio a equipos de baja emisión.

Programa Complementario N° 7: Cumplimiento de la ordenanza municipal para el comercio de leña

El Municipio de Maule deberá tener homologada la ordenanza Municipal de comercialización de leña de la comuna de Talca, Decreto Alcaldicio N° 5381 publicada el 29 de agosto de 2011, con el fin de poder regular la venta de leña con un bajo contenido de humedad en las zonas pobladas de Talca. Esta ordenanza tiene que incluir sanciones para el comercio de leña que no cumpla con la norma NCh N° 2907/2005 (que define como leña seca aquella que tiene un contenido de humedad $\leq 25\%$ en base seca), que no cuente con un xilohigrómetro para verificar el cumplimiento de esta norma a solicitud o requerimiento del cliente, o que no comercialice leña usando como unidad de medida el metro cúbico (m³) o kilogramo (kg).

La sugerencia con respecto a este programa es que aún cuando parece adecuado, debería involucrar los suficientes recursos humanos y materiales para ser eficazmente fiscalizado y sancionado, de tal forma que cumpla con sus objetivos.

Programa Complementario N° 8: Mejoramiento Térmico

Transcurridos seis meses contados desde la fecha de publicación en el Diario Oficial del Plan de Descontaminación, el MINVU en coordinación con el Programa País de Eficiencia Energética, desarrollará un programa de fomento a la aplicación del subsidio a la incorporación de calefactores solares de agua, elaborará un estudio destinado a evaluar posibles intervenciones para el reacondicionamiento térmico del parque habitacional construido, desarrollará un modelo y una herramienta de certificación térmica de viviendas nuevas, un programa de difusión de buenas prácticas en esta materia, los instrumentos de financiamiento disponibles, y un programa de capacitación orientado a comités de vivienda con el objeto de entregar recomendaciones de habitabilidad interior y soluciones constructivas posibles de realizar con el subsidio de mejoramiento térmico.

Este programa sería complementario al actual subsidio contemplado en el artículo 6 bis del DS N° 255, dictado por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) en 2006, también como de aquéllos del Título II del Programa de Protección del Patrimonio Familiar (PPPF). Este subsidio permite mejorar la aislación térmica de viviendas sociales o cuya tasación no supere las 650 UF y que sean pertenecientes a familias que cuentan con máximo de 13.484 puntos en su Ficha de Protección Social. Este subsidio permite que las familias beneficiadas accedan a ahorros en calefacción y que disminuyan los efectos de condensación al interior de las viviendas.

Programa Complementario N° 9: Mejoramiento de información para eliminación de quemas agrícolas y/o forestales

Transcurrida la publicación del Plan de Descontaminación Atmosférico, se iniciará un proceso de estudios y/o desarrollos que compatibilicen la prohibición de las autorizaciones de las quemas con nuevos métodos para el manejo o destino de la biomasa vegetal descartada. Este proceso de fomento e innovación deberá ser liderado por CONAF con apoyo de la Secretaría Regional Ministerial del Medio Ambiente Región del Maule. Además, CONAF deberá mantener estadísticas adecuadas que permitan mejorar las estimaciones de emisión producto de las quemas agrícolas y forestales de la zona.

Programa Complementario N° 10: Mejoramiento de información para reducción de emisiones en el sector transporte

Se debería complementar el inventario de emisiones de las fuentes móviles con un estudio de diagnóstico de las emisiones vehiculares medidas en plantas de revisión técnica de tipo A1, A2 y B. En base a los resultados del estudio, se elaborará una propuesta de fortalecimiento del sistema de inspección y mantención vehicular para el área circundante a las comunas de Talca y Maule

Se desarrollarán estudios y programas piloto necesarios para evaluar la incorporación de tecnologías de postcombustión en los vehículos de locomoción colectiva tales como filtros de partículas y/o conversión a combustibles limpios entre ellos gas natural y/o gas licuado de petróleo (GLP). Para esto se requerirá disponer de recursos FNDR. En base a los resultados, se podrá evaluar la factibilidad de establecer programas de financiamiento para la incorporación de tecnologías de mejoras para los vehículos de carga existentes (retrofit).

Programa Complementario N° 11: Introducción del componente medioambiental en licitación del transporte público

El tamaño de la flota, límites de edad de los buses, tecnologías, formas de operación, trazados, frecuencias y restricciones para los buses que prestan servicios de transporte público está establecido por el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. Sería conveniente revisar estas disposiciones para introducir objetivos ambientales en el próximo proceso de licitación del transporte público en la ciudad de Talca.

Programa Complementario Nº 12: Estudios y fomento de áreas verdes

Realización de estudios para mejorar la información de áreas verdes existentes que incluya información relativa a áreas verdes consolidadas, sitios eriazos, cobertura vegetal actual y proyectada, tipos de especies presentes, etc., que sirva de base al diseño y aplicación de instrumentos de gestión, pero además que especifique un diseño de la red de áreas verdes más eficaz para la obtención de los objetivos ambientales de remoción de contaminantes del aire y sociales, entre ellas la recreación, y esparcimiento.

La Secretaría Regional de Vivienda y Urbanismo coordinará el programa de generación de áreas verdes, de manera que los responsables asociados a cada instrumento cumplan con las acciones encomendadas; mantendrá y actualizará la información referente a áreas verdes, incluyendo ubicación (referenciada geográficamente), el organismo responsable de la mantención, grado de consolidación del área, cobertura arbórea, nivel de madurez, etc.; gestionará la asignación de recursos presupuestarios que permitan crear y mantener áreas verdes, y fomentará la canalización e inversión de recursos privados en áreas verdes; fomentará la creación, mantención y cuidado de las áreas verdes y el arbolado urbano; propondrá nuevos instrumentos de gestión que permitan cumplir con los objetivos anteriores.

Los Municipios incorporarán la temática de áreas verdes en diversos instrumentos tales como: la mantención de un catastro actualizado de los terrenos que pueden ser utilizados para la creación de áreas verdes; los fondos de desarrollo vecinal, FONDEVE podrán o deberán incorporar la generación de áreas verdes en los distintos sectores poblacionales; los Municipios postularán proyectos de Mejoramiento Urbano para la creación de áreas verdes de acuerdo a los catastros construidos, priorizando por sectores más carenciados; y los Municipios deberán informarse y postular a Fondos Concursables o financiamientos disponibles para la construcción de áreas verdes.

También se deberán generar facilidades para que los privados inviertan en la construcción y mantención de áreas verdes. Puede ser mediante la incorporación en los programas de responsabilidad social empresarial líneas de apoyo a las organizaciones sociales para la creación de áreas verdes u oficiar como asociados en postulaciones a Fondos Concursables que aborden esta temática.

Sin embargo, consideramos que esta medida es poco costo efectiva y sus efectos son más bien de largo plazo en cuanto a la capacidad de remoción de contaminación del aire.

Programa Complementario Nº 13: Programa de Fortalecimiento de las Capacidades para la Implementación del PDA

Para la adecuada gestión del Plan de Descontaminación de Talca y Maule, se considera incorporar los siguientes elementos:

- Desarrollo de programas de acreditación y/o certificación que cuenten con experticia y/o capacidades para el caso de certificación de emisiones de equipos a leña y acreditación de las características de las tecnologías de los calefactores para los programas de recambio.
- Desarrollo de programas de capacitación de profesionales y técnicos involucrados en el diseño e implementación del PDA, tanto a nivel público como privado.

- Fortalecimiento y capacitación de los equipos técnicos encargados del diseño, implementación y seguimiento del PDA en los organismos competentes.
- Apoyo a proyectos y programas dirigidos a lograr mayor eficiencia energética, tanto en bienes públicos como de propiedad privada.

Un último elemento de interés para esta línea de acción se relaciona con la posibilidad del establecimiento de instancias de cooperación con entidades internacionales para los distintos aspectos constitutivos del PDA de Talca y Maule, pero especialmente respecto a experiencias de desarrollo y utilización de ERNC limpias para calefacción domiciliar e institucional.

Programa Complementario N° 14: Programa de Fortalecimiento de la Gestión Ambiental Local

A partir de la entrada en vigencia del Plan, la SEREMI de Medio Ambiente junto a la Intendencia Regional y a los Servicios competentes, iniciará el diseño, desarrollo e implementación de los siguientes programas, que a su vez serán parte integral del Planes Comunes de Educación para el Desarrollo Sustentable:

- Programa de fortalecimiento de la gestión ambiental local y acceso a la información.
- Acciones de educación ambiental y calidad del aire combinado con el programa de Eficiencia Energética.
- Énfasis en el tema de contaminación atmosférica dentro del Sistema de Certificación Ambiental de Establecimientos Educativos.

La SEREMI del Medio Ambiente y los organismos competentes, con el objetivo de fortalecer las capacidades de gestión ambiental local de los Municipios y de la comunidad en general, sistematizarán la información generada en el proceso de implementación y seguimiento del Plan de Descontaminación y promoverán la participación de los ciudadanos en la ejecución de la dimensión local de las medidas del PDA, para lo cual desarrollarán las siguientes actividades:

- g) **Plan de capacitación a los (as) funcionarios(as) municipales:** A partir de la entrada en vigencia del Plan de Descontaminación, se implementará un plan de capacitación para los funcionarios municipales en la creación, gestión, promoción y aplicación de instrumentos de gestión ambiental local, con énfasis en la implementación de medidas del PDA incluyendo formación técnica.
- h) **Plan de capacitación a los(as) líderes socio ambientales:** A partir de la entrada en vigencia del PDA de Talca y Maule, se implementará un plan de capacitación a través de distintas metodologías tales como, talleres, charlas educativas, foros, post títulos y seminarios, para establecer estrategias de trabajo consensuadas y participativas en las instancias comunales para el cumplimiento de las medidas en torno a la implementación del PDA.
- i) **Diseño e implementación de instrumentos de gestión a niveles local:** La SEREMI del Medio Ambiente, junto a las Municipalidades de Talca y Maule, iniciarán a partir de la entrada en vigencia del PDA, el diseño e implementación de herramientas de control de gestión a nivel local, para evaluar el avance y la eficiencia de las medidas implementadas

en cada municipio y que se relacionen, a nivel local, con la prevención en la generación y exposición a contaminantes atmosféricos.

- j) **Implementación de un portal de Internet para la Gestión Ambiental Local:** A partir de la entrada en vigencia del PDA, la Superintendencia del Medio Ambiente, iniciará el diseño, desarrollo e implementación de un sistema de manejo de denuncias ciudadanas que permitan establecer canales de derivación y seguimiento de la información referente al PDA, generada en los niveles ciudadanos, municipal y regional.
- k) **Plan Comunicacional Anual:** A partir de la entrada en vigencia del PDA de Talca y Maule, la SEREMI del Medio Ambiente junto a la Intendencia Regional, desarrollarán e implementarán un Plan Comunicacional anual, que definirá actividades de difusión en medios de comunicación, tales como radio de transmisión local y regional, y canales de televisión, desarrollo de festivales y campañas informativas. Lo anterior con objeto de informar a la ciudadanía sobre el avance y efectividad de las medidas del PDA.
- l) **Actividades de divulgación:** A partir de la entrada en vigencia del PDA, la SEREMI del Medio Ambiente junto a los Servicios competentes, diseñarán, y desarrollarán material de divulgación con información referente a los resultados de los estudios o antecedentes técnicos generados en el PDA. Así mismo, se difundirán estos contenidos a través de la realización de actividades en terreno, Oficina de Información Reclamos y Solicitudes (OIRS) municipales y de la SEREMI del Medio Ambiente.

Programa Complementario Nº 15: Programa de Educación para el Desarrollo Sustentable

Con el objetivo de fortalecer la gestión educativa local relativa al PDA de Talca y Maule, la SEREMI de Medio Ambiente en conjunto con las Unidades de Medio Ambiente y las Corporaciones o Direcciones Municipales de Educación, y con el apoyo del Comité Regional de Certificación (SEREMI de Medio Ambiente, SECREDUC, CONAF, MINSAL y DGA), diseñarán, desarrollarán e implementarán actividades de educación ambiental orientados a fortalecer la incorporación del tema de control de la contaminación atmosférica en la gestión y vida escolar. Las actividades a desarrollar serán:

- d) **Plan de capacitación docente:** A partir de la entrada en vigencia del PDA, la SEREMI de Medio Ambiente junto la SEREMI de Educación, y las Corporaciones y/o Direcciones Municipales de Educación, desarrollará un Plan de Capacitación docente orientado al mejoramiento de herramientas pedagógicas que permitan una mejor comprensión de la contaminación atmosférica, sus impactos en salud y alternativas de control, en coordinación con el SNCAE.
- e) **Red Escolar de Información Calidad del Aire:** A partir de la entrada en vigencia del Plan, la SEREMI del Medio Ambiente junto a las municipalidades, SEREMI de Educación y el Comité Regional de Certificación, implementará una red escolar de información del estado diario de la calidad del aire en el las comunas de Talca y Maule. La información estará orientada a educar respecto de los impactos en salud, la eficiencia energética, conductas preventivas y acciones concretas para descontaminar.
- f) **Elaboración de Material Didáctico:** La SEREMI del Medio Ambiente en conjunto con la SEREMI de Educación y los servicios competentes, diseñarán, desarrollarán y entregarán a la comunidad escolar material didáctico relacionado con el PDA, y del uso correcto de estufas domiciliarias con leña seca.

Programa Complementario N° 16: Programa de Fiscalización de la Implementación del PDA de Talca y Maule

La Superintendencia de Medio Ambiente, además de los Servicios competentes del Estado desarrollarán e implementarán un plan de fiscalización que contemplará la elaboración de indicadores de cumplimiento de las medidas del PDA, dando cuenta de cada una de las medidas establecidas.

Cada Servicio deberá solicitar anualmente los requerimientos de presupuesto, fiscalización, inspección y medición asociados al Plan, estableciendo los mecanismos de aseguramiento de calidad y cumplimiento de las actividades desarrolladas.

Las actividades de fiscalización y los organismos responsables serán:

- Combustibles: Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC).
- Fuentes Móviles: SEREMI de Transportes y Telecomunicaciones.
- Fuentes Fijas: Superintendencia del Medio Ambiente - Autoridad Sanitaria Región del Maule.
- Quemadas Agrícolas y Forestales: Ministerio de Agricultura, a través de la Corporación Nacional Forestal (CONAF) y Servicio Agrícola y Ganadero (SAG).
- Calefactores residenciales a leña: SEC

La sugerencia con respecto a este programa es que sea considerado de máxima prioridad para lograr los objetivos del plan, por lo cual se deben tener a disposición todos los recursos necesarios en términos de personal, vehículos y materiales.

Programa Complementario N° 17: Programa de Seguimiento de la Implementación del PDA de Talca y Maule

En el Artículo. 2 LOC de la Superintendencia de Medio Ambiente, Ley N° 20.417, señala "La Superintendencia del Medio Ambiente tendrá por objeto ejecutar, organizar y coordinar el seguimiento y fiscalización de las Resoluciones de Calificación Ambiental, de las medidas de los Planes de Prevención y/o de Descontaminación Ambiental, del contenido de las Normas de Calidad Ambiental y Normas de Emisión, y de los Planes de Manejo, cuando corresponda, y de todos aquellos otros instrumentos de carácter ambiental que establezca la ley."⁷⁶

⁷⁶ Para el año 2014, se dictó la **Resolución N° 3, Programa y subprogramas sectoriales de fiscalización ambiental de planes de prevención y/o descontaminación para el año 2014.**

Esta resolución fija las actividades de fiscalización ambiental que deberá ejecutar directamente la SMA o a través de organismos subprogramados, los presupuestos asignados a la ejecución de dichas actividades, así como los indicadores de desempeño asociados para la fiscalización ambiental de planes de prevención y/o descontaminación para el año 2014. Los organismos subprogramados para este año son:

Servicio Agrícola y Ganadero.

Subsecretaría de Salud Pública.

Superintendencia de Electricidad y Combustibles.

Corporación Nacional Forestal.

Con el objetivo de desarrollar un seguimiento continuo de la implementación de las distintas medidas definidas en el Plan y las actividades asociadas, así como su efectividad en el cumplimiento de las metas establecidas, la SEREMI de Medio Ambiente de la Región del Maule implementará un sistema de control de gestión del Plan. Este sistema facilitará el seguimiento de las actividades comprometidas y la generación de reportes internos y reportes públicos que faciliten la consulta de la ciudadanía.

La SEREMI del Medio Ambiente consolidará un informe anual que dé cuenta de los avances en calidad del aire, impactos en salud y desempeño de las medidas y disposiciones del Plan, así como de la ejecución presupuestaria asociada, para lo cual solicitará los informes pertinentes a los organismos competentes.

La SEREMI del Medio Ambiente consolidará un informe anual que dé cuenta de los avances en calidad del aire, impactos en salud y desempeño de las medidas y disposiciones del Plan, así como de la ejecución presupuestaria asociada, para lo cual solicitará los informes pertinentes a los organismos competentes.

La SEREMI del Medio Ambiente y los Órganos de la Administración del Estado competentes, elaborarán un plan de financiamiento total de las medidas, actividades, programas y estudios asociados a la implementación, seguimiento y fiscalización del PDA para períodos de cinco años, con el fin de dar continuidad al proceso de descontaminación de la zona Saturada de Talca y Maule. Los principales aspectos que deben ser contemplados son:

- Programa de Mejoramiento de la Información para la Gestión de la Calidad del Aire.
- Programa de Fortalecimiento de las Capacidades Locales para la Implementación del PDA.
- Programa de Fiscalización y Seguimiento de la Implementación de las Medidas del PDA.

Cada servicio deberá dimensionar anualmente los requerimientos de fiscalización, inspección y medición asociados al PDA para solicitar el financiamiento que asegure el cumplimiento de las actividades establecidas en este anteproyecto.

La SMA podrá, en el uso de sus facultades, disponer la realización de inspecciones o exámenes de información no contempladas en los programas y subprogramas fijados a través de la presente resolución, en caso de denuncias o reclamos y en los demás casos en que tome conocimiento, por cualquier medio, de incumplimientos o infracciones de su competencia

3.26.8 Metodología de Evaluación Económica del AGIES

Considerando la información disponible y las metodologías aplicables para la evaluación, se deben definir específicamente los alcances, la magnitud de los impactos y su valoración en términos económicos. Para ello, se requiere identificar cómo las medidas y la regulación del plan afectarán el comportamiento, así como también, los beneficios y costos de los agentes involucrados.

3.26.8.1 Revisión Bibliográfica de Metodologías para la Evaluación de Impacto Económico y Social

La Ley 19.300, de Bases Generales del Medio Ambiente, establece que en la elaboración de los planes ambientales debe considerarse una estimación de los costos y los beneficios económicos y sociales. Para desarrollar esta estimación se ha sugerido como esquema conceptual el uso de la metodología de Análisis Costo/Beneficio, enfoque metodológico que busca identificar y valorar la totalidad de efectos económicos resultantes de la futura aplicación de la regulación ambiental.

Dado de las normas MP10 y MP2,5 son de carácter primaria, los alcances del estudio en términos de cuantificación de beneficios de la descontaminación ambiental son la valoración de impactos sobre la salud por disminución en las concentraciones de MP2,5 y MP10 en la zona bajo estudio.

Para la estimar la magnitud de los impactos en términos cuantitativos se realiza una estimación de beneficios directos para la población y el Estado, por la reducción de los impactos del material particulado sobre la salud mediante funciones concentración respuesta (ver Cifuentes et al., 2000; Ostro, 1996; entre otros).

Para la valoración de los beneficios en las enfermedades que afectan la salud se utiliza el enfoque del costo evitado y para el valor de la vida estadística (VVE), que es una medida de la suma de disposiciones a pagar de la población expuesta por la reducción en el riesgo de mortalidad, se utilizan los valores recomendados por el Departamento de Estudios Ambientales del Ministerio para la elaboración de AGIES. La evaluación económica del PDATM se realiza utilizando la metodología estándar de análisis costo/beneficio (ACB), la cual consiste en comparar las diferencias en beneficios y costos entre un escenario con plan y otro escenario base sin plan, ambos proyectados hacia el futuro.

Para la estimación de los costos y beneficios se sigue el enfoque utilizado en la evaluación social de proyectos que busca expresar la totalidad de estos costos y beneficios a precios sociales o precios sombra, con el fin de cuantificar las externalidades, efectos indirectos y otras distorsiones presentes en los precios privados.

La principal diferencia de la evaluación social con la evaluación privada es que esta última evalúa la conveniencia económica a partir de los precios de mercado o privados. Esta es la razón principal de la necesidad de evaluar socialmente los proyectos que involucren cambios en

los bienes ambientales, ya que estos bienes en general no se transan explícitamente en los mercados, por lo cual el precio de mercado o privado no refleja su verdadero valor para la sociedad. Por lo anteriormente mencionado, el componente inicial para caracterizar el escenario del plan de descontaminación implica identificar los impactos de las medidas propuestas sobre los beneficios y costos de los distintos agentes económicos. Para este estudio, se construyeron tres escenarios de cumplimiento que se presentan a continuación.

3.26.8.2 Escenarios de Cumplimiento Normativo

A partir de los antecedentes previos se han generado tres escenarios (Cumplimiento de Plan, Pasivo y Agresivo) con su correspondiente potencial reducción de emisiones producto de las medidas implementadas.

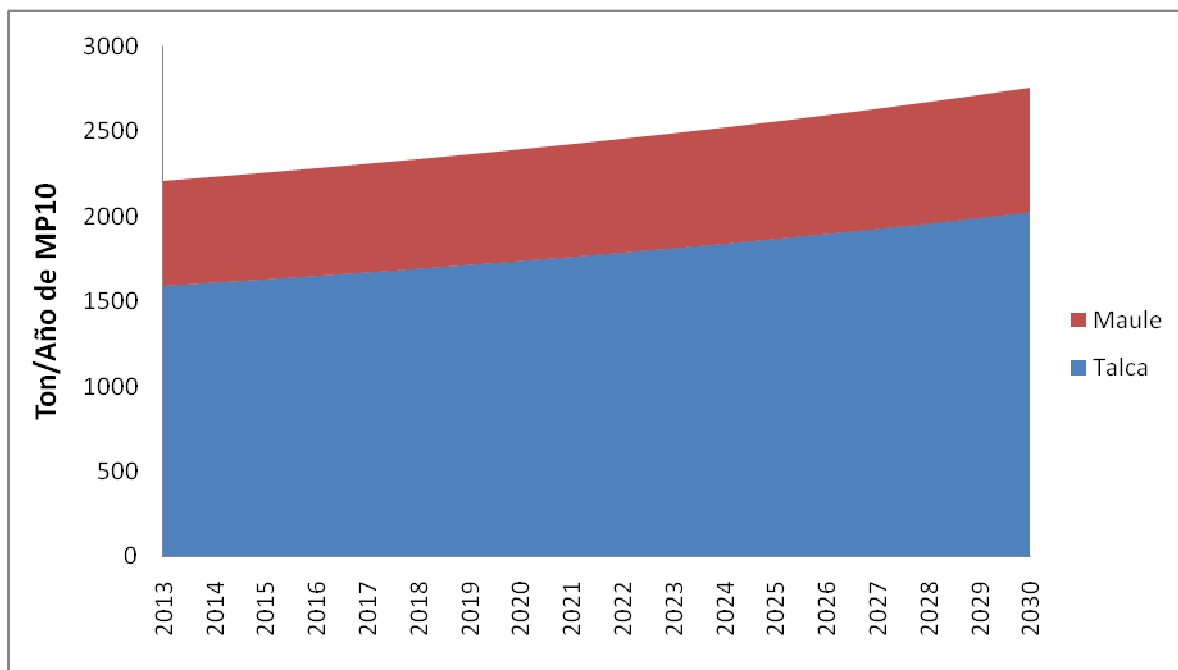
El escenario Cumplimiento de Plan se estructura bajo el criterio del cumplimiento esperado de las medidas incorporadas, esto significa supuestos razonables sobre la efectividad de las medidas cuyo efecto es más incierto debido al comportamiento de los agentes afectados o por esfuerzos de fiscalización. Por ejemplo, la medida CEQUIPOS supone un recambio de 1500 equipos, para la medida RLEÑA se asume un cumplimiento del 30% al inicio y 60% al final del plan, mientras para la medida PQUEMAS se asume un 10% de cumplimiento al año 2015 incrementándose en 10% cada año hasta alcanzar un 100%. La medida SUBSGAS asume que no aplica para este escenario.

El escenario Pasivo se basa en la lógica que los procesos de adopción del cumplimiento de la normativa y problemas de fiscalización puedan alterar negativamente las metas del escenario de Cumplimiento de Plan. Por ejemplo, para la medida RLEÑA se asume un cumplimiento del 0% al inicio y 60% al final del plan, un programa de recambio por 500 equipos al año, las medidas PROHIBLEÑA y CONGEQUIPOS no son aplicadas, mientras para la medida PQUEMAS se asume la mitad de cumplimiento respecto al escenario cumplimiento de plan. La medida SUBSGAS asume que no aplica para este escenario.

El escenario agresivo incluye mayores recursos y esfuerzos de reducción en el ámbito de la combustión de leña residencial financiados por parte del Estado. Por ejemplo, para la medida RLEÑA se asume un cumplimiento del 30% al inicio y 100% al final del plan, la medida CEQUIPOS es aplicada con estufas a pellets en vez de equipos que cumplan el D.S. N° 39/2011, mientras para la medida PQUEMAS se asume un 10% de cumplimiento al año 2015 incrementándose en 10% cada año hasta alcanzar un 100%. Adicionalmente, en la medida SUBSGAS se incorpora una penetración de un 25% del parque de artefactos a leña que se cambia a gas debido a un subsidio al precio de este combustible.

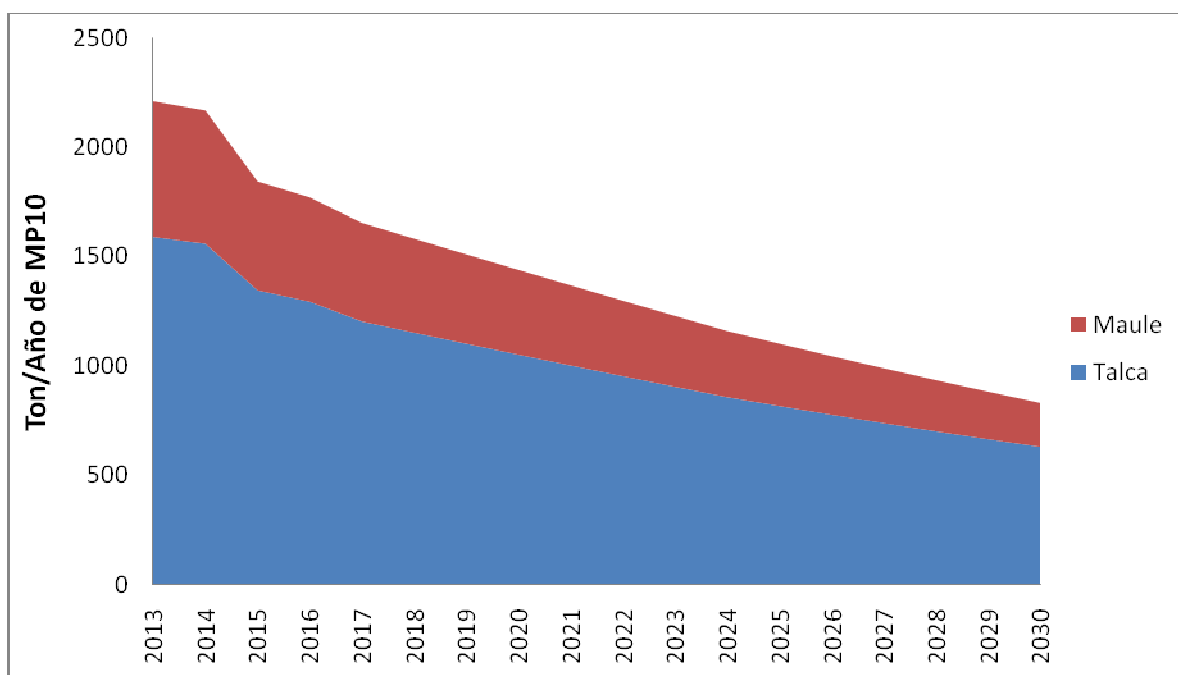
Las medidas asociadas al sector industrial se asumen con 100% de cumplimiento en los tres escenarios esto se justifica porque son relativamente pocas fuentes y existe mayor probabilidad de fiscalización por parte de la autoridad, lo cual facilita el cumplimiento.

En las siguientes figuras se presenta la evolución de emisiones en cada comuna a través del tiempo para los escenarios Base, Cumplimiento de Plan, Pasivo y Agresivo, respectivamente.



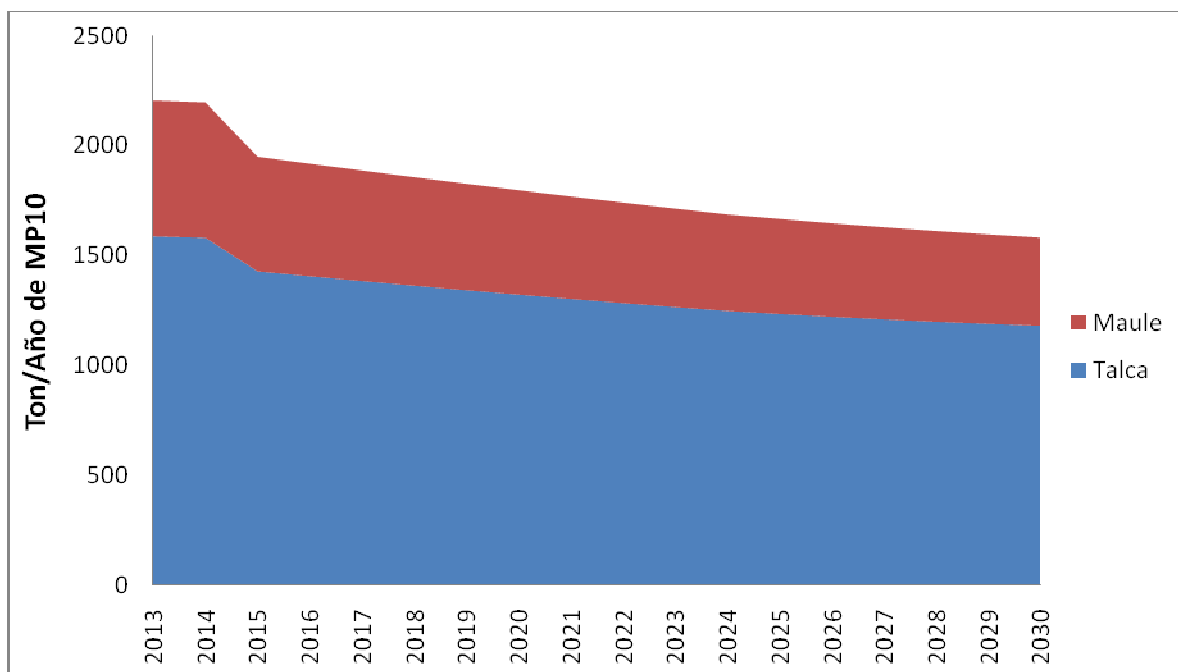
Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.26-11. EMISIONES DE MP10 ESCENARIO BASE



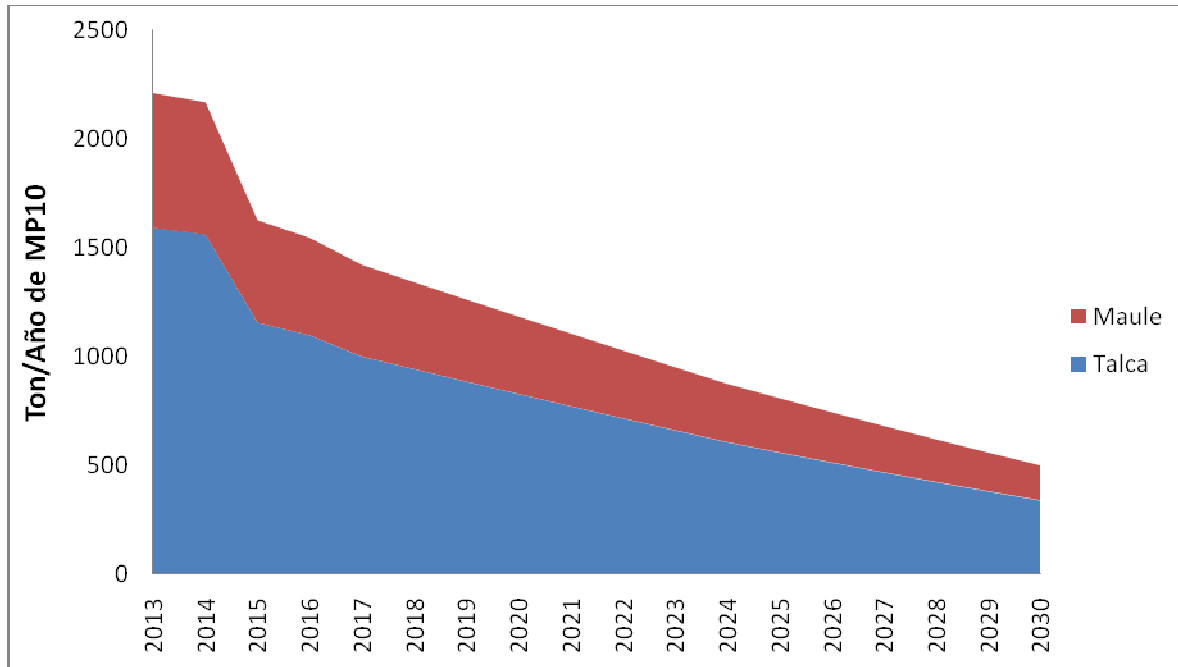
Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.26-12. EMISIONES DE MP10 ESCENARIO CUMPLIMIENTO DE PLAN



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.26-13. EMISIONES DE MP10 ESCENARIO PASIVO

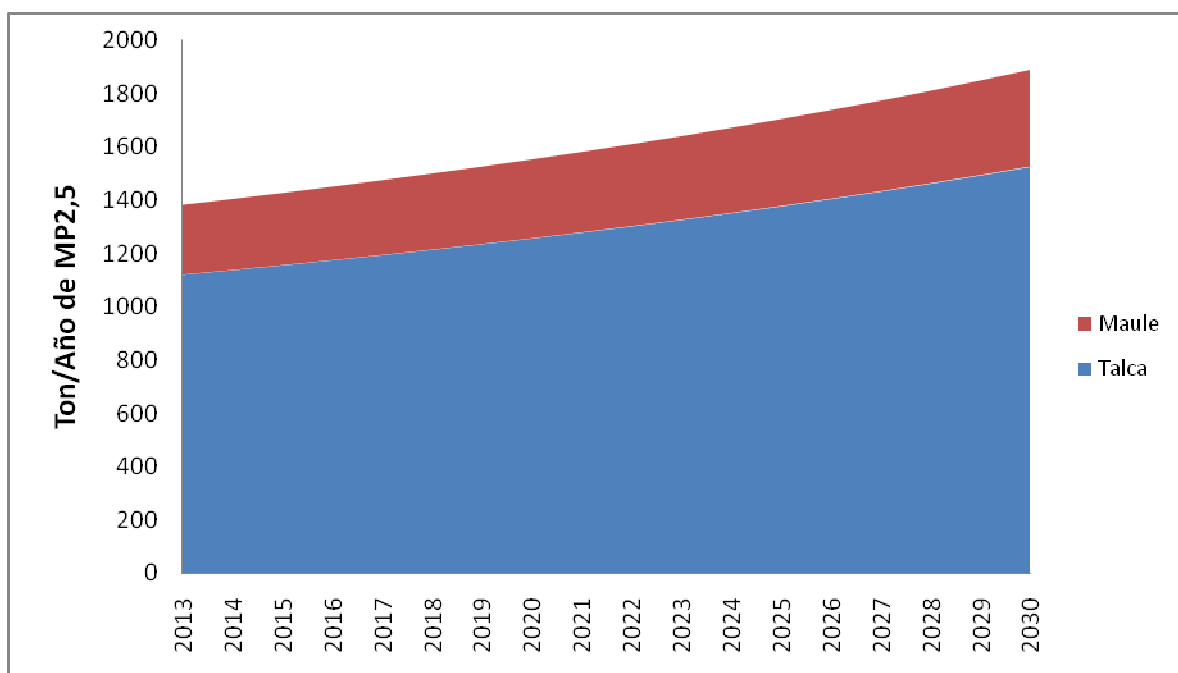


Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.26-14. EMISIONES DE MP10 ESCENARIO AGRESIVO

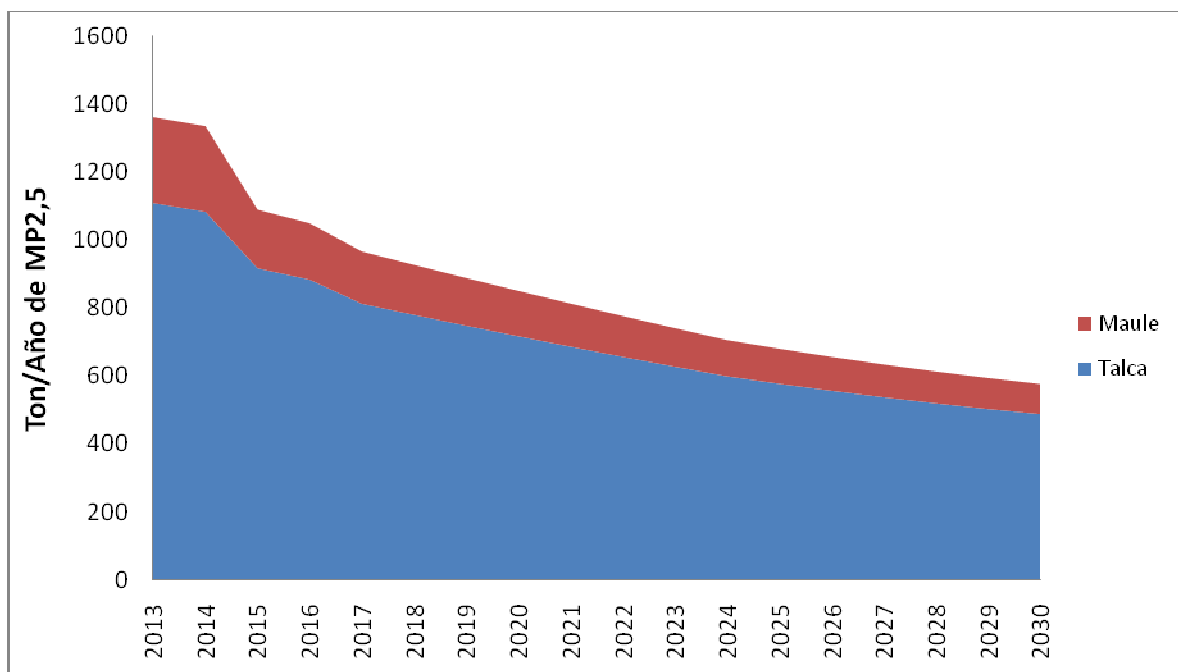
De las figuras anteriores se desprende que sin medidas que modifiquen el escenario base en las comunas de Talca y Maule, las emisiones de MP10 seguirán incrementando través del tiempo. También se concluye que sólo la aplicación de las medidas en los escenarios Cumplimiento de Plan y Agresivo permiten lograr una reducción significativa de las emisiones con respecto al año base, al contrario del escenario Pasivo en el cual las emisiones bajan pero de forma más paulatina y en menor magnitud.

A continuación se presentan los mismos análisis pero esta vez para el contaminante MP2,5 en los escenarios Base, Cumplimiento de Plan, Pasivo y Agresivo, respectivamente.



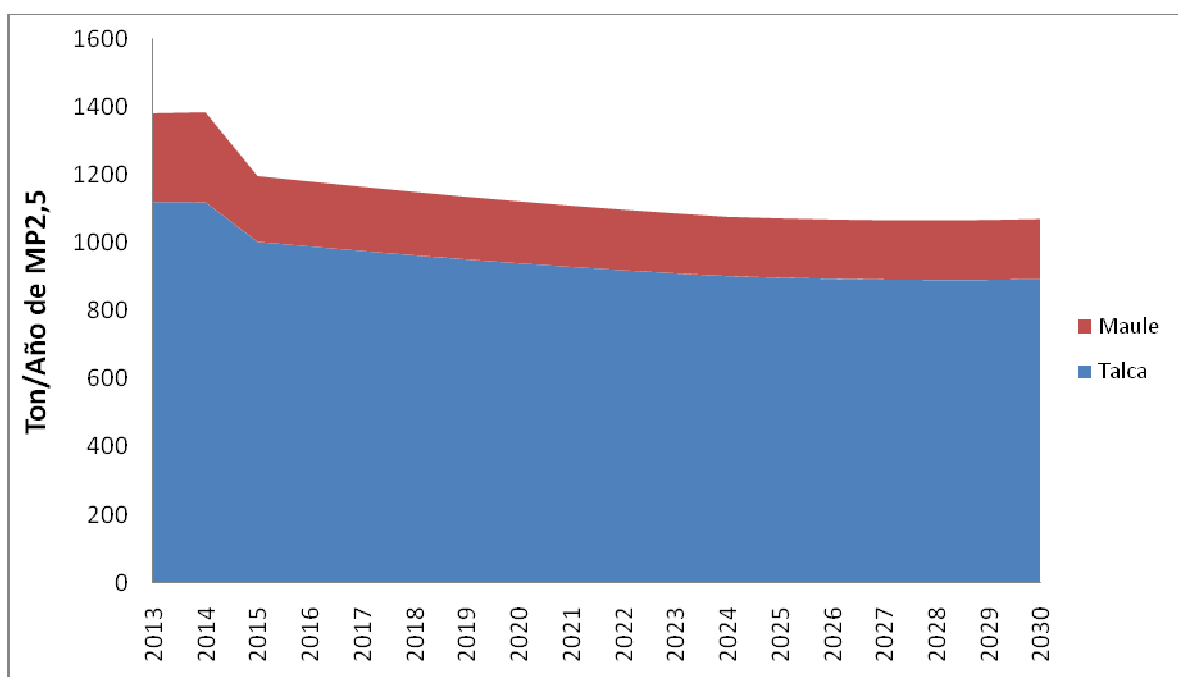
Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.26-15. EMISIONES DE MP2,5 ESCENARIO BASE



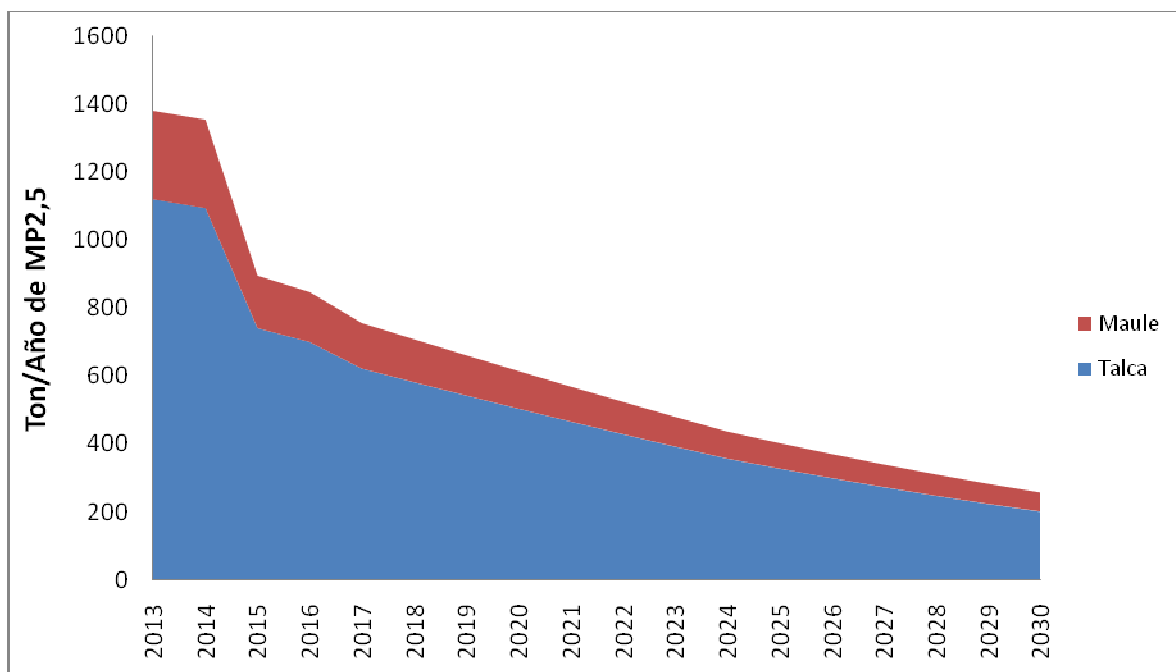
Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.26-16. EMISIONES DE MP2,5 ESCENARIO CUMPLIMIENTO DE PLAN



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.26-17. EMISIONES DE MP2,5 ESCENARIO PASIVO



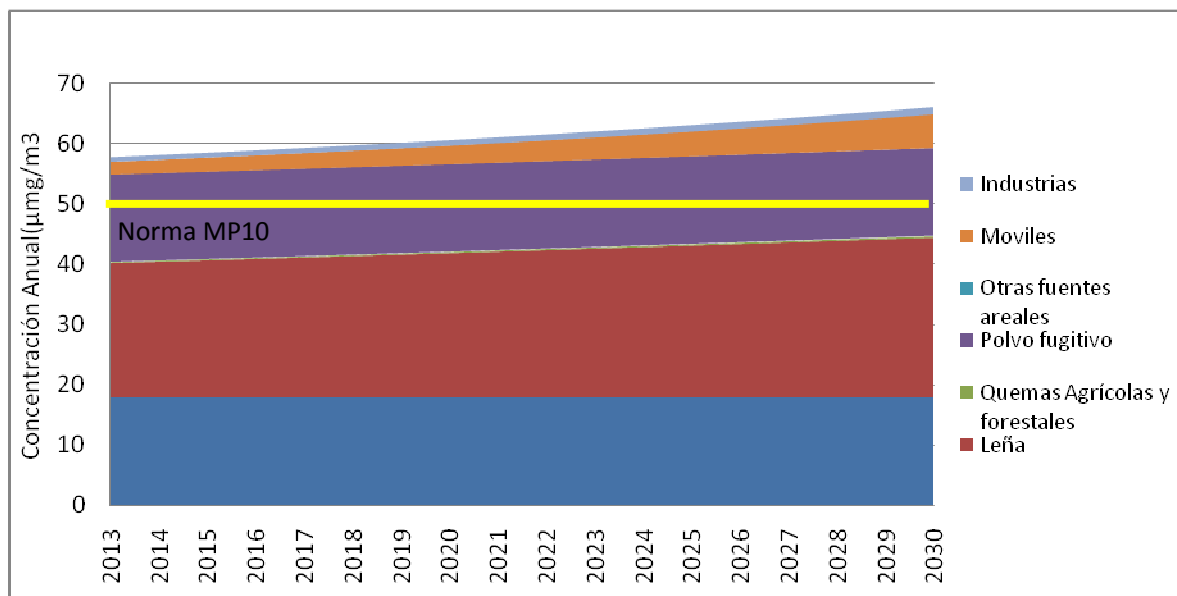
Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.26-18. EMISIONES DE MP2,5 ESCENARIO AGRESIVO

Para generar una aproximación al impacto de las medidas incluidas en los escenarios sobre las concentraciones ambientales de estos contaminantes, se utilizó los resultados de la modelación de los factores de emisión-concentración o FEC. Estos factores fueron calculados para cada una de las fuentes analizadas; combustión residencial de leña, quemas agrícolas, fuentes móviles e industrias. Para el análisis también se consideró el background estimado para MP10 ($17,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y MP2,5 ($13 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

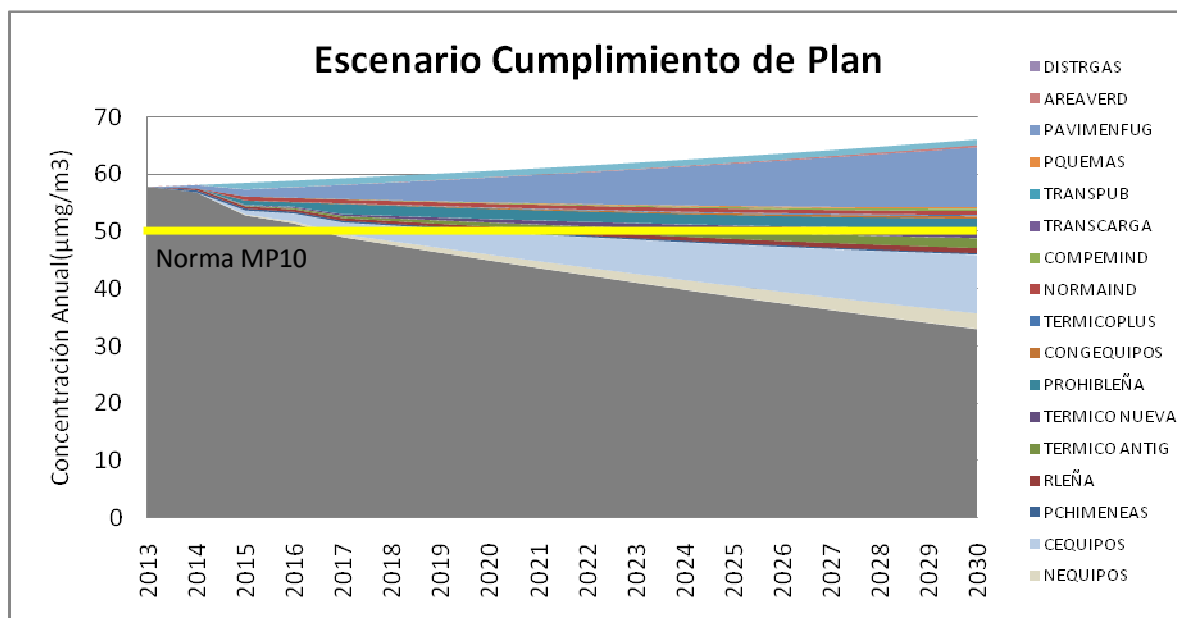
De este modo se multiplica el FEC de cada fuente con el nuevo nivel de emisiones, el cual es menor respecto al escenario base debido al impacto de reducción de cada medida. Así se obtiene el nuevo nivel de concentraciones a través del tiempo para cada comuna. Sin embargo, para identificar cuáles de las medidas generan las mayores reducciones en los niveles de concentraciones de estos contaminantes (MP10 y MP2,5), se construyen figuras para cada escenario a partir de los efectos promedios en las comunas de Talca y Maule. Esto permite visualizar el aporte incremental de las medidas para dar cumplimiento con los objetivos del Plan.

Los resultados de concentraciones para el contaminante MP10 se presentan en las siguientes figuras.



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.26-19. CONCENTRACIONES DE MP10 ESCENARIO BASE



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.26-20. REDUCCIÓN DE CONCENTRACIONES DE MP10 ESCENARIO CUMPLIMIENTO DE PLAN

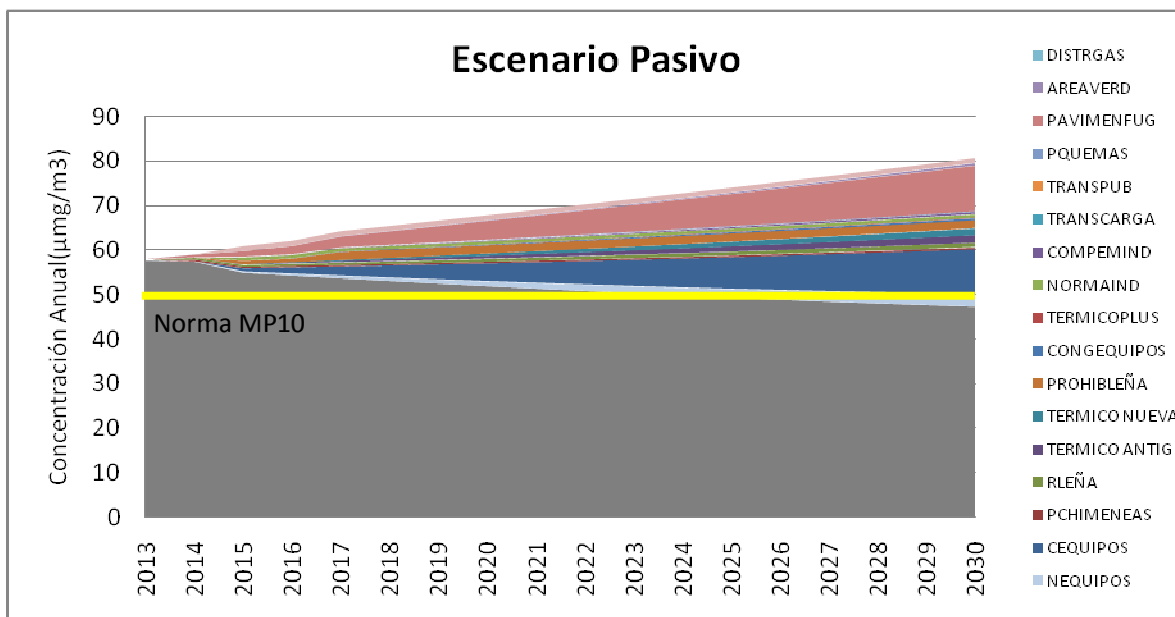


FIGURA 3.26-21. REDUCCIÓN DE CONCENTRACIONES DE MP10 ESCENARIO PASIVO

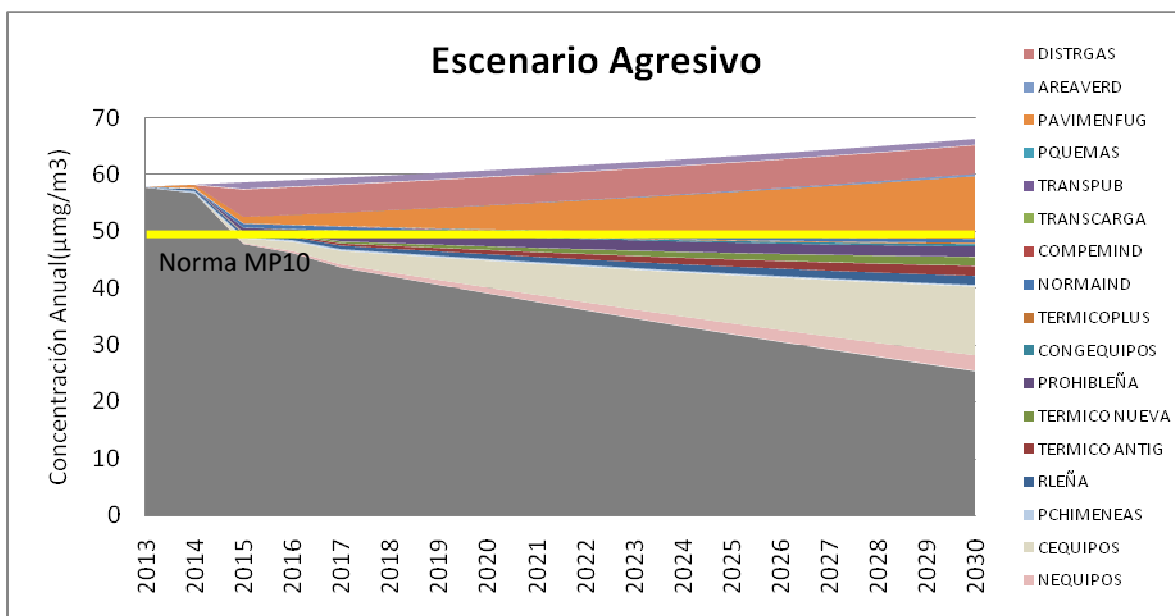
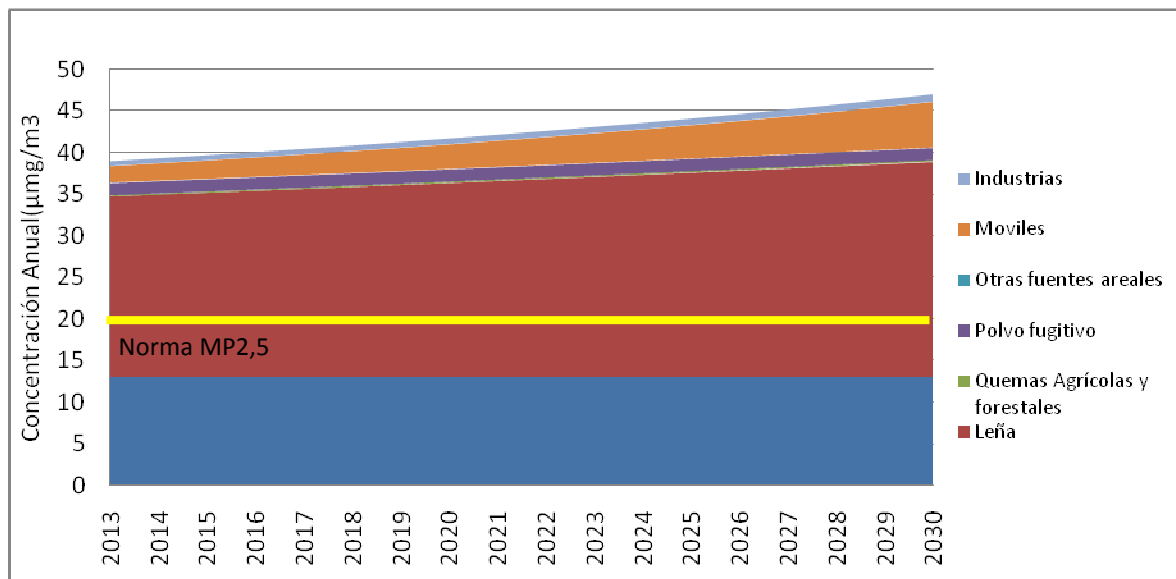


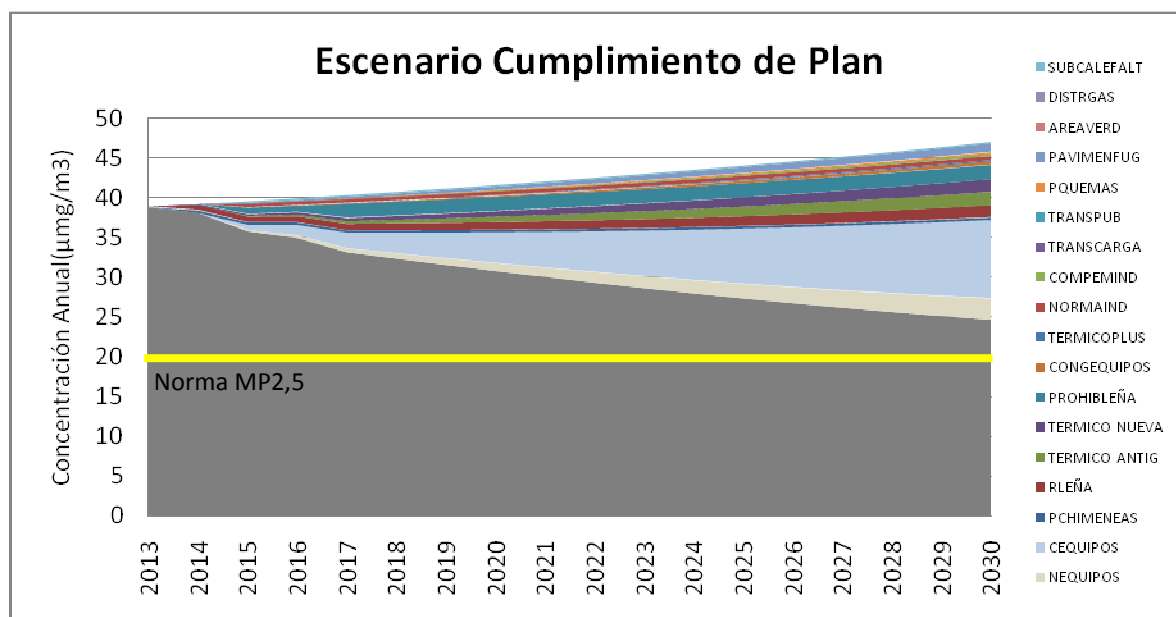
FIGURA 3.26-22. REDUCCIÓN DE CONCENTRACIONES DE MP10 ESCENARIO AGRESIVO

Los resultados en concentraciones para el contaminante MP2,5 se presentan en las siguientes figuras.



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.26-23. CONCENTRACIONES DE MP2,5 ESCENARIO BASE



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.26-24. REDUCCIÓN DE CONCENTRACIONES DE MP2,5 ESCENARIO CUMPLIMIENTO DE PLAN

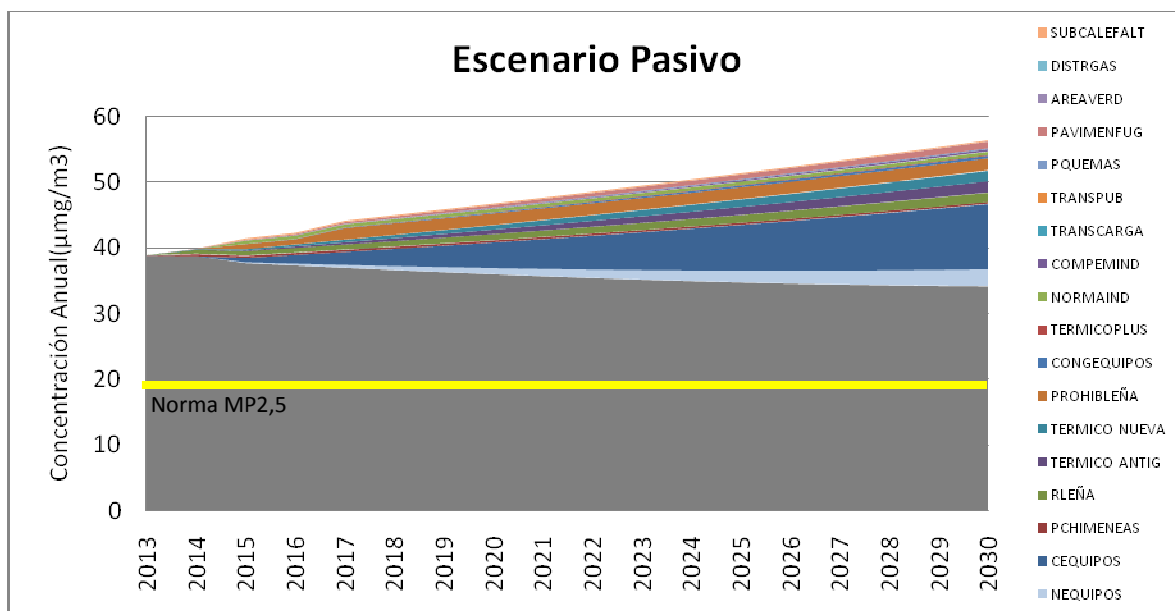


FIGURA 3.26-25. REDUCCIÓN DE CONCENTRACIONES DE MP2,5 ESCENARIO PASIVO

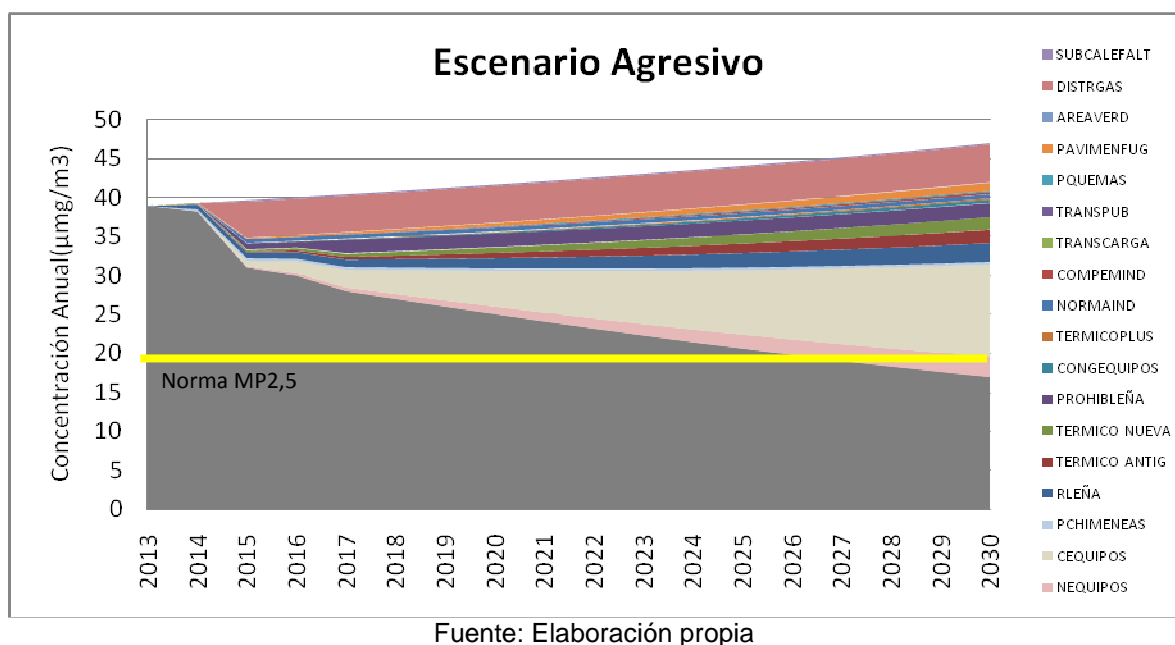


FIGURA 3.26-26. REDUCCIÓN DE CONCENTRACIONES DE MP2,5 ESCENARIO AGRESIVO

Independientemente del contaminante analizado, se desprende de las figuras anteriores que las medidas enfocadas al consumo residencial de leña como el recambio de equipos a leña y subsidio al gas, aportan significativamente a la reducción de los niveles de concentración de MP10 y MP2,5 en la zona saturada de Talca y Maule. La medida asociada a la pavimentación

de calles es relevante para reducir el MP10, pero no en el caso de MP2,5 dado que las emisiones fugitivas de polvo corresponden principalmente a partículas gruesas. La prohibición del uso de leña en episodios de emergencia y preemergencia, el aislamiento térmico de viviendas nuevas y antiguas, así como también, la norma de equipos a leña a nivel nacional tienen aportes relevantes para la reducción de concentraciones de MP10 y MP2,5. El resto de las medidas evaluadas aportan de forma marginal a la reducción de concentraciones. Por lo anterior, los mayores esfuerzos de cumplimiento y fiscalización deberían concentrarse principalmente en las medidas CEQUIPOS, SUBSGAS, PAVIMENFUG, NEQUIPOS, TERMICONUE y TERMICOANT. En el caso de la medida SUBALTCAL, su bajo aporte se explica debido a que corresponde a un programa piloto en todo el horizonte de evaluación, para el cual la introducción de números equipos con tecnologías limpias de calefacción es muy inferior al recambio propuesto en la medida CEQUIPOS. Por lo tanto, su impacto en los niveles ambientales de MP10 y MP2,5 es menor en el tiempo.

A continuación se presenta un resumen de las proyecciones de los niveles promedios de concentraciones anuales de MP10 y MP2,5 en la zona bajo estudio bajo los distintos escenarios evaluados.

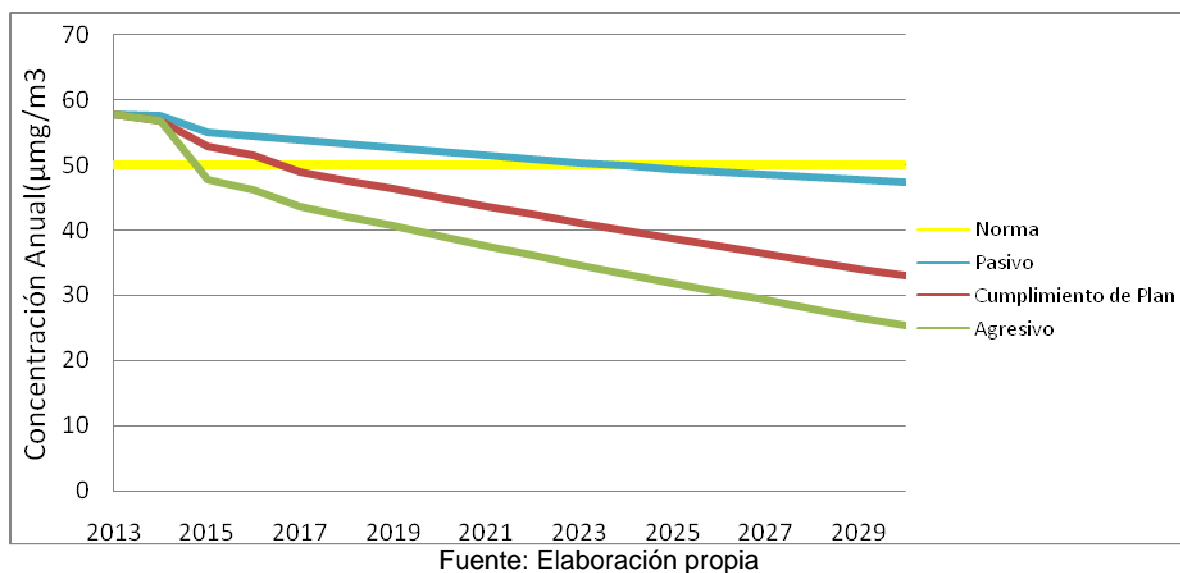


FIGURA 3.26-27. NIVEL DE CONCENTRACIONES ANUALES DE MP10 EN LOS TRES ESCENARIOS CONSIDERADOS

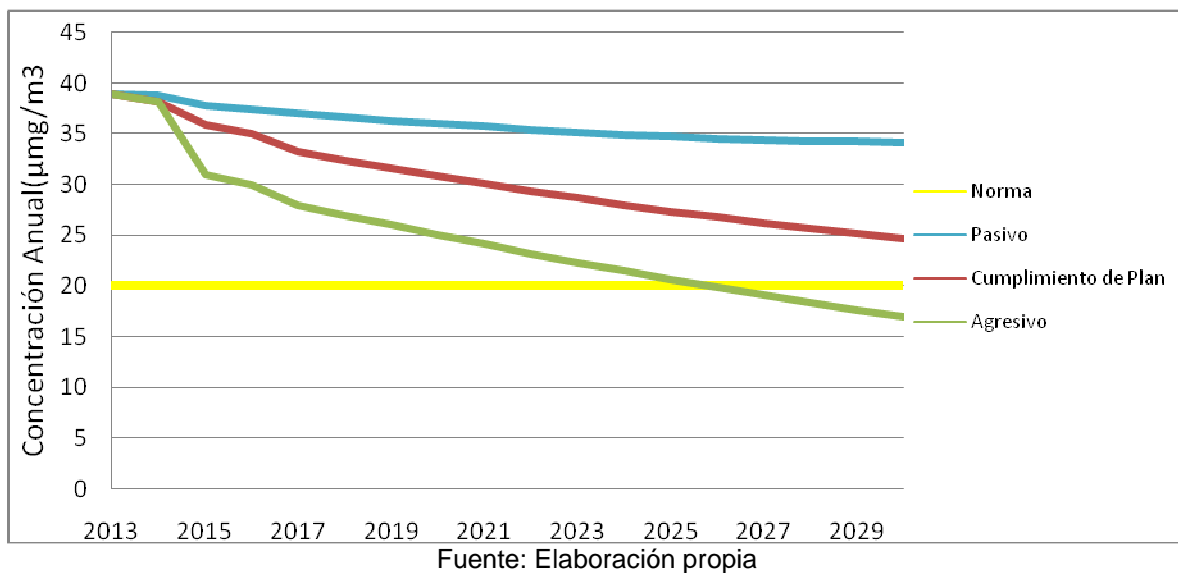


FIGURA 3.26-28. NIVEL DE CONCENTRACIONES ANUALES DE MP2,5 EN LOS TRES ESCENARIOS CONSIDERADOS

A continuación se presenta un resumen que identifica el impacto y efectividad de las medidas en términos de reducción de emisiones y concentraciones de MP10.

TABLA 3.26-15. IMPACTO Y EFECTIVIDAD DE MEDIDAS AÑO FINAL DE EVALUACIÓN PARA MP10

Medidas	Escenario de Emisiones de MP10						Escenario de Concentraciones de MP10					
	Cumpl. de Plan		Pasivo		Agresivo		Cumpl. de Plan		Pasivo		Agresivo	
NEQUIPOS	121,0	4,4%	121,0	4,4%	121,0	4,4%	2,7	2,1%	2,7	2,1%	2,7	2,1%
CEQUIPOS	450,0	16,3%	150,0	5,4%	535,6	19,4%	10,2	7,7%	3,4	2,6%	12,1	9,2%
PCHIMENEAS	16,3	0,6%	16,3	0,6%	16,3	0,6%	0,4	0,3%	0,4	0,3%	0,4	0,3%
RLEÑA	41,7	1,5%	41,7	1,5%	69,5	2,5%	0,9	0,7%	0,9	0,7%	1,6	1,2%
TERMICO ANTIG	77,0	2,8%	77,0	2,8%	77,0	2,8%	1,7	1,3%	1,7	1,3%	1,7	1,3%
TERMICO NUEVA	67,5	2,4%	67,5	2,4%	67,5	2,4%	1,5	1,2%	1,5	1,2%	1,5	1,2%
PROHIBLEÑA	82,1	3,0%	0,0	0,0%	82,1	3,0%	1,9	1,4%	0,0	0,0%	1,9	1,4%
CONGEQUIPOS	19,1	0,7%	0,0	0,0%	19,1	0,7%	0,4	0,3%	0,0	0,0%	0,4	0,3%
TERMICOPUS	9,0	0,3%	9,0	0,3%	9,0	0,3%	0,2	0,2%	0,2	0,2%	0,2	0,2%
NORMAIND	165,6	6,0%	165,6	6,0%	165,6	6,0%	0,7	0,5%	0,7	0,5%	0,7	0,5%
COMPEMIND	105,2	3,8%	105,2	3,8%	105,2	3,8%	0,4	0,3%	0,4	0,3%	0,4	0,3%
TRANSCARGA	0,7	0,0%	0,7	0,0%	0,7	0,0%	0,0	0,0%	0,0	0,0%	0,0	0,0%
TRANSPUB	0,7	0,0%	0,7	0,0%	0,7	0,0%	0,0	0,0%	0,0	0,0%	0,0	0,0%
PQUEMAS	122,9	4,5%	61,5	2,2%	122,9	4,5%	0,2	0,2%	0,1	0,1%	0,2	0,2%
PAVIMENFUG	577,9	20,9%	289,0	10,5%	577,9	20,9%	10,3	7,8%	5,2	3,9%	10,3	7,8%
AREAVERD	27,9	1,0%	27,9	1,0%	27,9	1,0%	0,5	0,4%	0,5	0,4%	0,5	0,4%
SUBSGAS	0,0	0,0%	0,0	0,0%	221,0	8,0%	0,0	0,0%	0,0	0,0%	5,0	3,8%
SUBCALALT	45,1	1,6%	45,1	1,6%	45,1	1,6%	1,0	0,8%	1,0	0,8%	1,0	0,8%

Fuente: Elaboración propia

De los resultados se desprende que al año final de evaluación del Plan las medidas CEQUIPOS, PAVIMENFUG, SUBSGAS y NEQUIPOS, son las que más aportan a la reducción de emisiones de MP10 (respecto a las emisiones totales del escenario base al año 2030) y también a la reducción de concentraciones ambientales de este contaminante. Otras medidas que aportan son NORMAIND, COMPEMIND, TERMICOANT, TERMICONUE, PROHIBLEÑA y RLEÑA. Las medidas enfocadas al transporte y quemas agrícolas aportan de forma marginal a las concentraciones y a la solución del problema en la zona de estudio. También se concluye que los escenarios cumplimiento de plan y agresivo permiten salir de la zona de saturación y latencia para el MP10. Sin embargo, si los equipos a leña disponibles en el mercado no son capaces de cumplir la norma del D.S. N° 39/2011 bajo condiciones normales de operación, entonces debería existir un flujo de recursos desde CEQUIPOS a SUBCALALT para incrementar el número de hogares partícipes de esta última medida.

El mismo análisis se puede realizar para la reducción de emisiones y concentraciones de MP2,5 en el las zonas urbanas de Talca y Maule.

TABLA 3.26-16. IMPACTO Y EFECTIVIDAD DE MEDIDAS AÑO FINAL DE EVALUACIÓN PARA MP2,5

Medidas	Escenario de Emisiones de MP2,5						Escenario de Concentraciones de MP2,5					
	Cumpl. de Plan		Pasivo		Agresivo		Cumpl. de Plan		Pasivo		Agresivo	
NEQUIPOS	117,8	6,3%	117,8	6,2%	117,8	6,2%	2,7	2,8%	2,7	2,8%	2,7	2,8%
CEQUIPOS	438,2	23,5%	146,1	7,7%	521,7	27,6%	9,9	10,6%	3,3	3,5%	11,8	12,5%
PCHIMENEAS	13,5	0,7%	13,5	0,7%	13,5	0,7%	0,3	0,3%	0,3	0,3%	0,3	0,3%
RLEÑA	63,7	3,4%	63,7	3,4%	106,1	5,6%	1,4	1,5%	1,4	1,5%	2,4	2,6%
TERMICO ANTIG	74,8	4,0%	74,8	4,0%	74,8	4,0%	1,7	1,8%	1,7	1,8%	1,7	1,8%
TERMICO NUEVA	69,5	3,7%	69,5	3,7%	69,5	3,7%	1,6	1,7%	1,6	1,7%	1,6	1,7%
PROHIBLEÑA	79,8	4,3%	0,0	0,0%	79,8	4,2%	1,8	1,9%	0,0	0,0%	1,8	1,9%
CONGEQUIPOS	18,6	1,0%	0,0	0,0%	18,6	1,0%	0,4	0,4%	0,0	0,0%	0,4	0,4%
TERMICOPLUS	8,8	0,5%	8,8	0,5%	8,8	0,5%	0,2	0,2%	0,2	0,2%	0,2	0,2%
NORMAIND	121,3	6,5%	121,3	6,4%	121,3	6,4%	0,5	0,5%	0,5	0,5%	0,5	0,5%
COMPEMIND	75,2	4,0%	75,2	4,0%	75,2	4,0%	0,3	0,3%	0,3	0,3%	0,3	0,3%
TRANSCARGA	0,5	0,0%	0,5	0,0%	0,5	0,0%	0,0	0,0%	0,0	0,0%	0,0	0,0%
TRANSPUB	0,5	0,0%	0,5	0,0%	0,5	0,0%	0,0	0,0%	0,0	0,0%	0,0	0,0%
PQUEMAS	104,2	5,6%	52,1	2,8%	104,2	5,5%	0,2	0,2%	0,1	0,1%	0,2	0,2%
PAVIMENFUG	57,8	3,1%	28,9	1,5%	57,8	3,1%	1,0	1,1%	0,5	0,5%	1,0	1,1%
AREAVRD	1,3	0,1%	1,3	0,1%	1,3	0,1%	0,0	0,0%	0,0	0,0%	0,0	0,0%
SUBSGAS	0,0	0,0%	0,0	0,0%	214,8	11,4%	0,0	0,0%	0,0	0,0%	4,9	5,2%
SUBCALALT	43,8	2,3%	43,8	2,3%	43,8	2,3%	0,2	0,2%	0,2	0,2%	0,2	0,2%

Fuente: Elaboración propia

Los resultados para el contaminante MP2,5 difieren respecto al MP10, ya que al año final de evaluación del Plan, la medida CEQUIPOS se transforma por lejos en la más relevante para reducir las emisiones y concentraciones del material particulado fino. La medida PAVIMENFUG es desplazada por otras medidas con mayor efectividad en la reducción de este contaminante, como por ejemplo SUBSGAS, NEQUIPOS, RLEÑA, PROHIBLEÑA, TERMICO ANTIG y TERMICO NUEVA. Las medidas enfocadas al sector industrial, transporte y prohibición de quemas agrícolas aportan de forma marginal a la reducción de los niveles ambientales de MP2,5 en la zona de estudio. También se concluye que solo a través de la implementación del escenario agresivo se podría cumplir la norma anual de concentraciones para el MP2,5. Además, si los calefactores a leña disponibles en el mercado no son capaces de cumplir la norma del D.S. N° 39/2011 bajo condiciones normales de operación, entonces debería existir un flujo de recursos desde CEQUIPOS a SUBCALALT para incrementar el número de hogares partícipes en esta última medida que promueve la introducción de sistemas de calefacción más limpios, en términos de emisiones de material particulado.

3.26.8.3 Población Afectada por el PDATM

Para realizar una cuantificación de los beneficios para la población y el Estado es necesario contar con información de la población afectada por la declaración de zona saturada. Según las proyecciones de población del INE, las comunas de Talca y Maule tienen una población de 280.051 habitantes al año 2014, con tasas de crecimiento variables según rango de etario, observándose un claro patrón de envejecimiento de su población, así hacia el año 2030 que corresponde al periodo final de evaluación del plan debería alcanzar los 367.703 habitantes.

TABLA 3.26-17. PROYECCIONES DE POBLACIÓN DE LAS COMUNAS DE TALCA Y MAULE

Año	Talca				Maule				Total Zona Saturada				Total
	< 18	18 a 29	30 a 64	>64	< 18	18 a 29	30 a 64	>64	< 18	18 a 29	30 a 64	>64	
2014	67805	50755	114287	24417	6412	4457	10060	1857	74217	55213	124348	26274	280051
2015	67633	51542	116454	25592	6442	4541	10322	1930	74075	56083	126776	27522	284456
2016	67462	52340	118662	26824	6472	4627	10590	2006	73934	56967	129252	28830	288983
2017	67291	53151	120911	28115	6502	4714	10866	2086	73793	57865	131777	30200	293636
2018	67121	53974	123204	29468	6533	4803	11148	2168	73653	58778	134352	31635	298418
2019	66951	54811	125540	30886	6563	4894	11438	2254	73514	59704	136977	33139	303335
2020	66781	55660	127920	32372	6594	4986	11735	2343	73375	60646	139655	34715	308390
2021	66612	56522	130345	33930	6625	5080	12040	2435	73237	61602	142385	36365	313589
2022	66443	57398	132816	35563	6656	5176	12353	2532	73099	62573	145169	38094	318936
2023	66275	58287	135334	37274	6687	5273	12674	2632	72962	63560	148008	39906	324436
2024	66107	59190	137900	39068	6719	5373	13004	2736	72825	64563	150904	41804	330095
2025	65939	60107	140514	40948	6750	5474	13342	2844	72689	65581	153856	43792	335918
2026	65772	61038	143178	42919	6782	5577	13689	2956	72554	66615	156867	45875	341911
2027	65605	61984	145893	44984	6814	5683	14044	3073	72419	67666	159937	48057	348080
2028	65439	62944	148659	47149	6846	5790	14410	3194	72285	68734	163068	50343	354430
2029	65273	63919	151477	49418	6878	5899	14784	3321	72151	69818	166261	52739	360969
2030	65108	64909	154349	51797	6910	6010	15168	3452	72018	70919	169517	55248	367703

Fuente: Elaboración propia en base a INE

Uno de los objetivos del análisis económico es diferenciar los efectos en la salud de la población según el tipo de previsión, para discriminar entre costos privados y sociales considerando que parte de los costos serán finalmente asignados al Estado y a la población de acuerdo al sistema previsional al cual pertenecen los afectados. La información para generar esta división fue extraída de la Encuesta CASEN 2011, con la cual se pueden calcular los porcentajes de la población según tipo de previsión para las comunas de Talca y Maule, tal como se aprecia en la siguiente tabla.

TABLA 3.26-18. PREVISIÓN EN POBLACIÓN TOTAL DE TALCA Y MAULE

Tipo de Previsión	Porcentaje
Fonasa A	38,6%
Fonasa B	27,3%
Fonasa C	9,2%
Fonasa D	6,4%
Fonasa no sabe tramo	2,0%
FFAA y del orden	3,7%
ISAPRE	7,6%
Particular (ninguno)	3,9%
Otro Sistema	0,4%
No sabe	0,8%
Total	100,0%

Fuente: Elaboración Propia en Base a Casen 2011

Se puede observar que sólo un 7,6% del total de la población pertenece al sistema privado de ISAPRE, un 3,9% es particular, mientras el resto que corresponde a 88,5% pertenecen a FONASA, FFAA y del orden, otros sistemas o no sabe su sistema. Esta clasificación de las personas por sistema previsional permite categorizar los efectos distributivos del plan de acuerdo a la Guía Metodológica para la Elaboración de AGIES (DICTUC, 2011) en tres agentes: el Estado (usuarios de FONASA), Privados (usuarios de ISAPRE) y Hogares (usuarios particulares).

El valor que paga el usuario por la atención en el sistema público depende de la modalidad de atención utilizada. Si escoge la modalidad institucional el pago que debe efectuar depende del grupo de ingreso en el cual se encuentre clasificado (grupos B, C o D). Si el beneficiario utiliza la modalidad de libre elección, el valor de la atención depende del nivel de inscripción del profesional o institución de salud en convenio con FONASA, que puede ser 1, 2 ó 3, donde el nivel 1 es el más barato y el nivel 3 el más caro.

Por lo anterior, no es posible determinar qué parte del monto desembolsado por la población que se atiende en el sistema público corresponde a gasto privado y que parte a desembolso público. En consecuencia, se asume que las personas que pertenecen a un sistema particular financian los controles, tratamientos y medicamentos producto de problemas respiratorios completamente de manera privada y que el resto de la población se atiende en servicios públicos con cargo para el Estado. Adicionalmente, suponiendo que los costos son similares en el sector público y privado por cada prestación de morbilidad, entonces se podría asumir que del total de beneficios por una menor contaminación del aire un 7,6% correspondería a beneficios para las ISAPRES, un 3,9% de los beneficios para los hogares, mientras que el 88,5% son beneficios para el Estado. Finalmente, se asume que los beneficios de reducción en la mortalidad afectan solo a los hogares.

3.26.9 Antecedentes para el Cálculo de Beneficios Directos en Salud

Los beneficios sobre la salud de una reducción en la contaminación por material particulado respirable provienen de una menor probabilidad de mortalidad y menor incidencia de enfermedades de la población afectada. Para la valoración de los beneficios en las enfermedades que afectan la salud se utiliza el enfoque del costo evitado. En el caso de las enfermedades cardiovasculares el número promedio de días hospitalizado en la zona de estudio corresponde a 9,6 días, para las enfermedades respiratorias corresponde a 6,7 días, mientras en el caso del asma son 4,9 días. Así, es posible calcular los costos totales que incluyen el valor de los días cama más la consulta médica para cada enfermedad los cuales se extraen del “Estudio de costos de prestaciones de salud” realizado por el Departamento de Salud Pública de la Pontificia Universidad Católica de Chile (2012). De tal forma se puede estimar un valor de MM\$ 0,226 para una admisión hospitalaria por causas respiratorias, MM\$ 0,319 para una admisión hospitalaria por causas cardiovasculares, y MM\$ 0,168 para una admisión hospitalaria por asma. Estos valores son utilizados en el escenario de estimación de beneficios que incluye los datos generados y calculados para Talca y Maule de funciones C-R.

Sin embargo, los valores previamente estimados son menores a los utilizados por el Departamento de Estudios Ambientales del Ministerio del Medioambiente, y además, no incluyen otros tipos de patologías, pérdida de productividad y días de actividad restringida, por lo cual finalmente se utilizan estos últimos valores en el escenario que estima los beneficios en salud con las funciones C-R internacionales lo cual facilita la comparación con otros AGIES.

En ambos escenarios de estimación de beneficios en salud, el valor de la vida estadística (VVE) es el sugerido para el año 2014 por el Departamento de Estudios Ambientales del Ministerio del Medioambiente. El cual es actualizado anualmente de acuerdo al crecimiento del PIB per cápita estimado a partir del crecimiento del PIB potencial (Ministerio de Hacienda) y el crecimiento de la población (INE).

TABLA 3.26-19. VALORES UNITARIOS POR CASOS EVITADOS [UF/CASO]

	Efecto	Niños	Adultos 18-29	Adultos 30-64	Adultos Mayores
Mortalidad	<i>Largo Plazo</i>	14.920	14.920	14.920	14.920
Admisiones hospitalarias	<i>Asma</i>	26	28	28	0
	<i>Cardiovascular</i>	0	56	56	56
	<i>Respiratorias crónicas</i>	0	36	36	37
	<i>Neumonía</i>	0	0	0	40
Visitas Salas de Emergencia	<i>Asma</i>	1	0	0	0
Productividad perdida	<i>Días laborales</i>	0	1	1	0
	<i>Días de actividad restringida</i>	0	0	0	0
	<i>Días de actividad restringida menor</i>	0	0	0	0

Fuente: Departamento de Estudios Ambientales del Ministerio del Medioambiente

La población expuesta considerada corresponde a los habitantes de la comuna de Talca y Maule, que según proyecciones del INE corresponden a 280.051 personas para el año 2014. Sin embargo, el estudio epidemiológico realizado en Talca concluye que la población más afectada por la contaminación de material particulado fino y respirable corresponden a personas mayores de 65 años que alcanzan según proyecciones basadas en datos del INE a 26.274 personas para el año 2014. Por lo anterior, este segmento de la población de Talca y Maule se utiliza para el cálculo de los beneficios en salud por la reducción de la contaminación bajo el contexto de la Relación Concentración–Respuesta (C-R) determinados en el análisis epidemiológico desarrollado en el presente estudio, cuyos resultados fueron informados en el Informe de Avance N° 2. Alternativamente, también se estima el beneficio en salud utilizando los coeficientes C-R propuestos en estudios internacionales para el grupo específico analizado en cada uno de estos estudios.

La relación Concentración-Respuesta(C-R) es la función que permite asociar cuantitativamente la concentración de un contaminante atmosférico con la incidencia de un determinado efecto en la salud de la población. Por lo general las funciones Concentración-Respuesta son el resultado de estudios epidemiológicos, cuyo análisis proporciona el valor de la pendiente de la curva C-R, o el riesgo relativo para una variación de la concentración del contaminante.

Para el primer escenario de análisis se utilizan los coeficientes C-R estimados para Talca en el presente estudio, y que corresponden a la realidad particular del área de estudio.

TABLA 3.26-20. COEFICIENTES DE FUNCIONES CONCENTRACIÓN-RESPUESTA CON DATOS LOCALES

Item	Coefficiente C-R	Desv. Estándar
Mortalidad Prematura MCV por MP10	0,00111	0,00053
Mortalidad Prematura MCV por MP10 > 65 años	0,00141	0,00058
Mortalidad Prematura MCV por MP2,5	0,00154	0,00071
Mortalidad Prematura MCV por MP2,5 > 65 años	0,00159	0,00079
Adm. Hosp. Respiratoria	No significativo en Talca y Maule	
Adm. Hosp. Cardiovascular por MP10 > 65 años	0,00151	0,00043
Adm. Hosp. Cardiovascular por MP2,5 > 65 años	0,00170	0,00059
Adm. Hosp. Asma	No significativo en Talca y Maule	

Fuente: Elaboración propia

Los modelos que arrojaron efectos significativos entregan resultados consistentes en términos epidemiológicos. Específicamente, los modelos para mortalidad y morbilidad por causas cardiovasculares (CVM) que incluyen toda la población presentan un impacto significativo, pero en los modelos para los menores de 65 años no se observa un efecto estadísticamente significativo. También se observa que el impacto en el riesgo relativo de un incremento de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de MP2,5 es mayor al riesgo relativo de un incremento de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de MP10. Por lo anterior, se decide utilizar los C-R de los modelos asociados al MP2,5 para mayores de 65 años para evaluar los beneficios del PDATM.

Es necesario aclarar que para los modelos de muertes o enfermedades por causas respiratorias, no se encontraron modelos estadísticamente significativos para MP10 y MP2,5

con los datos de calidad del aire, mortalidad y egresos hospitalarios disponibles para Talca y Maule.

Alternativamente, bajo un segundo escenario de análisis se utilizan los coeficientes C-R estimados en estudios internacionales. La justificación para utilizar coeficientes internacionales es que se observan diferencias importantes en los beneficios en salud para Talca y Maule cuando se utilizan coeficientes locales. Lo anterior, se puede atribuir a que solo se tuvo información de los niveles ambientales de MP10 y MP2,5 día por medio y los lapsos de varios días para los cuales faltaba información de MP10 o MP2,5, o bien, fue descartado el valor debido a que no tenían sentido físico (MP10 < MP2,5). Todos estos elementos afectan la estimación de los efectos de la contaminación sobre la salud y mortalidad en la población expuesta.

TABLA 3.26-21. COEFICIENTES DE FUNCIONES CONCENTRACIÓN-RESPUESTA DE ESTUDIOS INTERNACIONALES

Efecto	Tipo de Efecto y Fuente	Niños	Adultos 18-29	Adultos 30-64	Adultos Mayores
Mortalidad	<i>Largo Plazo (Pope et al., 2004)</i>	0,00%	0,93%	0,93%	0,93%
Admisiones hospitalarias	<i>Asma (Sheppard, 2003)</i>	0,33%	0,33%	0,33%	0,00%
	<i>Cardiovascular (Moolgavkar, 2000)</i>	0,00%	0,15%	0,15%	0,16%
	<i>Respiratorias crónicas (Moolgavkar, 2000; Ito, 2003)</i>	0,00%	0,24%	0,24%	0,12%
	<i>Neumonía (Ito, 2003)</i>	0,00%	0,00%	0,00%	0,40%
Visitas Salas de Emergencia	<i>Asma (Dockery et al., 1989)</i>	0,44%	0,00%	0,00%	0,00%
Productividad perdida	<i>Días laborales (Ostro, 1987)</i>	0,00%	0,46%	0,46%	0,00%
	<i>Días de actividad restringida (Ostro, 1987)</i>	0,00%	0,48%	0,48%	0,00%
	<i>Días de actividad restringida menor (Ostro and Rothschild, 1989)</i>	0,00%	0,74%	0,74%	0,00%

Fuente: Citados en la tabla.

Las tasas de efectos base en salud en Talca y Maule calculados con los datos de mortalidad y morbilidad asociados a enfermedades respiratorias y cardiovasculares a partir de las estadísticas del Ministerio de Salud se utilizan para el escenario de los beneficios basados con los C-R locales.

TABLA 3.26-22. TASA DE EFECTOS BASE ESTIMADOS PARA TALCA Y MAULE ESTIMADAS CON DATOS DEL DEIS/MINSAL

Ítem	Efectos Base/día por 100000p
Mortalidad Prematura Total	1,3479
Mortalidad Prematura CVM	0,8586
Adm. Hosp. Respiratoria	1,5181
Adm. Hosp. Cardiovascular	1,2249
Adm. Hosp. Asma	0,0202

Fuente: Elaboración propia en base a DEIS/MINSAL

Para estimar los beneficios sociales de los efectos en salud hasta el año 2030 primero se utiliza el método de la función de daño con los coeficientes C-R locales. Como se mencionó previamente, se decide analizar el impacto en las reducciones de MP2,5 y no las del MP10, ya que la fracción fina según la literatura epidemiológica es la que causa los mayores daños a la salud de la población. De esta forma también se evita que medidas, como la pavimentación de calles, que reduce los niveles ambientales de MP10, pero no afecta significativamente los niveles de MP2,5, aparezca con un alto potencial de beneficios económicos en salud.

La reducción de las emisiones de MP2,5 a través de las distintas medidas presentadas en este informe, se modelan con los FEC obtenidos a de la modelación con CALPUFF. Esto permite obtener los efectos marginales en las concentraciones de MP2,5 debido a cambios en las emisiones atmosféricas de las distintas fuentes evaluadas. Los beneficios totales en salud para cada uno de los escenarios planteados en el informe se presentan a continuación.

TABLA 3.26-23. CÁLCULO DE BENEFICIOS TOTALES PARA LA SALUD ESCENARIO CUMPLIMIENTO DE PLAN CON C-R LOCALES (MM\$ DE 2013)

Resumen Beneficios	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Mortalidad Prematura	0	189	275	435	558	701	867	1058	1277
AdmHosp. Respiratoria	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
AdmHosp. Cardiovascular	0	0,3	0,3	0,5	0,6	0,8	0,9	1,1	1,2
Adm. Hosp. Asma	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total	0	190	275	435	559	702	868	1059	1278

Resumen Beneficios	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Mortalidad Prematura	1529	1818	2145	2519	2945	3429	3980	4604
AdmHosp. Respiratoria	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
AdmHosp. Cardiovascular	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7	3,0
Adm. Hosp. Asma	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total	1530	1819	2147	2521	2947	3432	3982	4607

Fuente: Elaboración Propia

TABLA 3.26-24. CÁLCULO DE BENEFICIOS TOTALES PARA LA SALUD ESCENARIO PASIVO CON C-R LOCALES (MM\$ DE 2013)

Resumen Beneficios	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Mortalidad Prematura	0	95	146	206	276	358	453	563	690
AdmHosp. Respiratoria	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
AdmHosp. Cardiovascular	0	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
Adm. Hosp. Asma	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total	0	95	146	206	276	358	453	563	690

Resumen Beneficios	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Mortalidad Prematura	836	1004	1196	1416	1667	1953	2279	2650
AdmHosp. Respiratoria	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
AdmHosp. Cardiovascular	0,8	0,9	1,0	1,1	1,3	1,4	1,6	1,7
Adm. Hosp. Asma	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total	837	1005	1197	1417	1668	1954	2281	2652

Fuente: Elaboración Propia

TABLA 3.26-25. CÁLCULO DE BENEFICIOS TOTALES PARA LA SALUD ESCENARIO AGRESIVO CON C-R LOCALES (MM\$ DE 2013)

Resumen Beneficios	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Mortalidad Prematura	0,0	432	552	751	918	1111	1332	1586	1877
AdmHosp. Respiratoria	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
AdmHosp. Cardiovascular	0,0	0,6	0,7	0,9	1,1	1,2	1,4	1,6	1,8
Adm. Hosp. Asma	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total	0,0	432	553	752	919	1112	1334	1588	1878

Resumen Beneficios	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Mortalidad Prematura	2208	2587	3015	3503	4056	4683	5393	6197
AdmHosp. Respiratoria	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
AdmHosp. Cardiovascular	2,0	2,2	2,5	2,8	3,0	3,3	3,7	4,0
Adm. Hosp. Asma	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total	2210	2589	3018	3505	4059	4686	5397	6201

Fuente: Elaboración propia

De las tablas anteriores se desprende que al utilizar los coeficientes C-R locales el Valor Actual Neto (VAN) social de los beneficios en salud asociado al escenario de cumplimiento de plan alcanza un valor de \$13.730 millones, mientras el VAN social asociado al escenario pasivo un valor de \$7.584 millones. Finalmente, en el escenario agresivo los beneficios totales en salud generan un VAN social de \$19.829 millones. Cabe destacar que estos beneficios son directos en salud, y no se ha considerado otros posibles beneficios indirectos para la población.

Bajo un segundo escenario de estimación de beneficios se consideran los coeficientes C-R de estudios internacionales (cuyo impacto de largo plazo sobre el riesgo de mortalidad prematura es mucho mayor al estimado de corto plazo estimado en el estudio epidemiológico de Talca), también se utilizan las tasas bases y los valores de costos de enfermedades evitadas recomendadas por el Departamento de Estudios del Ministerio del Medioambiente que provienen del estudio “Valores Recomendados a Utilizar en la Realización de un AGIES que incorpore un Análisis Costo Beneficio” GreenLab-DICTUC (2012).

TABLA 3.26-26. TASA DE EFECTOS BASE ESTIMADOS PARA TALCA Y MAULE ESTIMADAS CON DATOS DEL DEIS

Efectos Base/día por 100000p	Maule				Talca			
	< 18	18 a 29	30 a 64	> 64	< 18	18 a 29	30 a 64	> 64
Mortalidad Largo Plazo	0,02192		0,19751	6,02214	0,01647	0,02044	0,26561	7,34628
Asma Adm. Hosp.	0,02025		0,00665	0,02793	0,04236	0,01147	0,02078	0,05906
Cardiovascular Adm. Hosp.	0,05083	0,05742	0,60598	3,39588	0,07343	0,11688	1,02231	6,47847
Respiratorias Crónicas Adm. Hosp.	0,53287	0,01887	0,03355	0,24400	0,62965	0,02127	0,03699	0,48073
Neumonía Adm. Hosp.	0,89236	0,11523	0,16151	1,35223	1,28993	0,07540	0,17735	2,03602
Asma visitas urgencias								
Días laborales		353,66	353,66			353,66	353,66	
Días actividad restringida		1770,0	1770,0			1770,0	1770,0	
Días act. Restringida menor	2137,0	2137,0	2137,0	2137,0	2137,0	2137,0	2137,0	2137,0

Fuente: GreenLab-DICTUC (2012)

A continuación se presentan los beneficios totales para la salud bajo este segundo escenario que permite tener un mejor punto de comparación con otros AGIES.

TABLA 3.26-27. CÁLCULO DE BENEFICIOS TOTALES PARA LA SALUD ESCENARIO CUMPLIMIENTO DE PLAN CON C-R INTERNACIONALES (MM\$ DE 2013)

Resumen Beneficios	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Mortalidad Largo Plazo	0,00	10948	15818	24889	31831	39841	49059	59642	71766
Asma Adm. Hosp.	0,00	0,17	0,23	0,34	0,40	0,46	0,52	0,58	0,65
Cardiov. Adm. Hosp.	0,00	8,54	11,68	17,40	21,07	24,97	29,11	33,50	38,17
Resp. Crón. Adm. Hosp.	0,00	0,35	0,47	0,70	0,85	1,00	1,17	1,34	1,53
Neumonía Adm. Hosp.	0,00	2,82	3,90	5,88	7,20	8,62	10,16	11,82	13,61
Asma visitas urgencias	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Días laborales	0,00	95,83	128,87	188,80	224,65	261,58	299,60	338,74	379,04
Días actividad restringida	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Días act. Restringida	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	0,00	11055	15963	25102	32085	40137	49399	60028	72199
Resumen Beneficios		2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Mortalidad Largo Plazo		85629	101453	119360	139721	162839	189055	218748	252343
Asma Adm. Hosp.		0,71	0,78	0,84	0,91	0,98	1,04	1,11	1,18
Cardiov. Adm. Hosp.		43,13	48,40	53,93	59,79	66,01	72,60	79,59	86,99
Resp. Crón. Adm. Hosp.		1,72	1,93	2,15	2,38	2,62	2,88	3,15	3,44
Neumonía Adm. Hosp.		15,53	17,60	19,80	22,17	24,71	27,43	30,34	33,46
Asma visitas urgencias		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Días laborales		420,53	463,23	506,65	551,30	597,21	644,40	692,92	742,80
Días actividad restringida		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Días act. Restringida		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total		86111	101985	119944	140358	163531	189803	219555	253211

Fuente: Elaboración Propia

TABLA 3.26-28. CÁLCULO DE BENEFICIOS TOTALES PARA LA SALUD ESCENARIO PASIVO CON C-R INTERNACIONALES (MM\$ DE 2013)

Resumen Beneficios	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Mortalidad Largo Plazo	0,00	5515	8403	11811	15780	20383	25707	31846	38908
Asma Adm. Hosp.	0,00	0,09	0,12	0,16	0,20	0,23	0,27	0,31	0,35
Cardiov. Adm. Hosp.	0,00	4,30	6,19	8,24	10,41	12,73	15,20	17,82	20,61
Resp. Crón. Adm. Hosp.	0,00	0,17	0,25	0,33	0,42	0,51	0,61	0,71	0,82
Neumonía Adm. Hosp.	0,00	1,42	2,07	2,78	3,56	4,40	5,31	6,29	7,35
Asma visitas urgencias	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Días laborales	0,00	48,23	68,36	89,37	111,05	133,39	156,44	180,19	204,68
Días actividad restringida	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Días act. Restringida	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	0,00	5569	8480	11912	15905	20534	25884	32051	39142
Resumen Beneficios	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	
Mortalidad Largo Plazo	47014	56299	66852	78889	92597	108187	125893	145979	
Asma Adm. Hosp.	0,39	0,43	0,47	0,51	0,55	0,59	0,63	0,68	
Cardiov. Adm. Hosp.	23,58	26,74	30,07	33,60	37,36	41,34	45,58	50,07	
Resp. Crón. Adm. Hosp.	0,94	1,07	1,20	1,34	1,48	1,64	1,80	1,98	
Neumonía Adm. Hosp.	8,49	9,72	11,04	12,46	13,98	15,62	17,38	19,26	
Asma visitas urgencias	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Días laborales	229,92	255,94	282,49	309,83	337,99	366,97	396,82	427,54	
Días actividad restringida	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Días act. Restringida	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Total	47278	56593	67177	79247	92989	108613	126356	146479	

Fuente: Elaboración Propia

TABLA 3.26-29. CÁLCULO DE BENEFICIOS TOTALES PARA LA SALUD ESCENARIO AGRESIVO CON C-R INTERNACIONALES (MM\$ DE 2013)

Resumen Beneficios	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Mortalidad Largo Plazo	0,00	24988	31808	43098	52522	63324	75682	89794	105883
Asma Adm. Hosp.	0,00	0,40	0,47	0,58	0,65	0,73	0,80	0,87	0,95
Cardiov. Adm. Hosp.	0,00	19,47	23,44	30,06	34,66	39,55	44,74	50,25	56,10
Resp. Crón. Adm. Hosp.	0,00	0,79	0,95	1,21	1,39	1,59	1,79	2,01	2,24
Neumonía Adm. Hosp.	0,00	6,43	7,83	10,16	11,84	13,66	15,62	17,73	20,00
Asma visitas urgencias	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Días laborales	0,00	218,54	258,77	326,11	369,61	414,42	460,56	508,08	557,01
Días actividad restringida	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Días act. Restringida	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	0,00	25234	32100	43466	52940	63794	76206	90373	106519
Resumen Beneficios	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	
Mortalidad Largo Plazo	124196	145013	168520	195158	225309	259403	297918	341388	
Asma Adm. Hosp.	1,03	1,10	1,18	1,26	1,34	1,42	1,51	1,59	
Cardiov. Adm. Hosp.	62,30	68,87	75,79	83,13	90,90	99,13	107,86	117,10	
Resp. Crón. Adm. Hosp.	2,49	2,74	3,02	3,30	3,61	3,93	4,27	4,62	
Neumonía Adm. Hosp.	22,43	25,05	27,84	30,82	34,02	37,45	41,12	45,04	
Asma visitas urgencias	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Días laborales	607,38	659,24	712,10	766,47	822,39	879,90	939,04	999,85	
Días actividad restringida	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Días act. Restringida	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Total	124892	145770	169340	196043	226262	260425	299012	342556	

Fuente: Elaboración propia

De las tablas anteriores se desprende que al utilizar los coeficientes C-R internacionales el VAN social de los beneficios en salud asociado al escenario de cumplimiento de plan alcanza un valor de \$767.856 millones, mientras el VAN social asociado al escenario pasivo un valor de \$425.702 millones, finalmente en el escenario agresivo los beneficios totales en salud generan un VAN social de \$1.115.060 millones. Cabe destacar que estos beneficios son directos en salud, y no se han considerado otros posibles beneficios indirectos para la población.

Dado que los beneficios estimados con coeficientes C-R locales son sustancialmente menores a los estimados con coeficientes C-R internacionales, se sugiere utilizar estos últimos para la evaluación costo-beneficio, ya que no existen razones para creer que en Talca y Maule la población sea sustancialmente más resistente a la contaminación que a nivel internacional, por lo cual, los bajos coeficientes se pueden atribuir a los problemas de datos sobre mediciones de MP10 y MP2,5 comentados previamente, así como también a una falta de información diaria sobre estos mismos indicadores, y además, que el tipo de información disponible no permitió estimar el efecto de largo plazo sobre la mortalidad sino solamente el efecto de corto plazo.

Finalmente, se incluye una desagregación de los aportes específicos que tiene cada medida sobre los beneficios totales en salud para cada escenario propuesto. Los resultados varían de acuerdo a la penetración de cada medida, pero en términos generales se puede

señalar que las medidas CEQUIPOS, PROHIBLENA, NEQUIPOS, RLEÑA, TERMICOANT y TERMICONUE son las más relevantes. En el escenario agresivo la medida SUBSGAS se torna muy importante y cambia el peso relativo de las medidas anteriormente mencionadas. Las medidas NORMAIND, PAVIMENFUG y PCHIMENEAS tienen un aporte menor respecto a las medidas previas, pero su aporte también es relevante. La medida SUBCALALT tiene un aporte menor pero esto es debido a que solo involucra un programa piloto.

TABLA 3.26-30. APORTE RELATIVO DE CADA MEDIDA A LOS BENEFICIOS EN SALUD

Escenarios	Cumpl. Plan	Pasivo	Agresivo
NEQUIPOS	10,7%	19,3%	7,4%
CEQUIPOS	40,7%	24,5%	33,2%
PCHIMENEAS	2,2%	4,0%	1,5%
RLEÑA	7,8%	10,4%	8,0%
TERMICOANT	7,0%	12,7%	4,8%
TERMICONUE	6,7%	12,1%	4,6%
PROHIBLEÑA	11,5%	0,0%	8,1%
CONGEQUIPOS	1,7%	0,0%	1,2%
TERMICOPUS	0,8%	1,5%	0,6%
SUBSGAS	0,0%	0,0%	23,0%
SUBCALALT	1,3%	2,4%	0,9%
NORMAIND	3,4%	6,3%	2,4%
COMPEMIND	1,1%	2,1%	0,8%
TRANSCARGA	0,0%	0,1%	0,0%
TRANSPUB	0,0%	0,1%	0,0%
PQUEMAS	0,9%	0,8%	0,6%
PAVIMENFUG	4,2%	3,9%	3,0%
AREAVERD	0,1%	0,1%	0,0%

Fuente: Elaboración Propia

3.26.10 Beneficios Indirectos en Visibilidad del PDATM

Beneficios Indirectos en Visibilidad del PDATM

Para realizar una valoración de los beneficios producto de mejoras en la visibilidad de la población se utiliza el estudio del DICTUC (2009) "Evaluación Ambiental del Transantiago" el cual realiza una evaluación de los beneficios por mejoras en visibilidad producto de la implementación del Transantiago. El estudio de valoración con métodos de experimentos de elección (logit multinomial) realizado determina la valoración de un día extra de visibilidad, los que bajos ciertos supuestos en el mismo estudio son transformados a disponibilidad a pagar por $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Para transferir dicho valor a la zona de Talca y Maule se calculó la disponibilidad a pagar por $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per cápita del estudio previo, el cual se proyectó por la población de Talca y Maule, luego se consideró la diferencia de ingreso per cápita entre la Región Metropolitana y la Región del Maule (Fuente: CASEN). Finalmente, se asumió una elasticidad ingreso consistente con los supuestos de transferencias de beneficios.

TABLA 3.26-31. CÁLCULO DE BENEFICIOS TOTALES POR MEJORAS EN VISIBILIDAD (MM\$ DE 2013)

Escenario	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Cumpl. Plan	0,0	171,7	228,6	317,8	378,7	441,3	505,9	572,4	641,1
Pasivo	0,0	104,7	137,2	170,6	205,1	240,6	277,3	315,2	354,3
Agresivo	0,0	318,9	383,3	480,4	549,3	620,2	693,4	768,8	846,6

Escenario	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Cumpl. Plan	711,9	785,1	860,0	937,3	1.017,2	1.099,9	1.185,4	1.274,0
Pasivo	394,8	436,6	479,6	524,1	570,2	617,9	667,5	719,0
Agresivo	926,9	1.009,8	1.094,7	1.182,5	1.273,1	1366,9	1.464,0	1.564,4

Fuente: Elaboración Propia

El VAN a la tasa de descuento social (6%) de las mejoras en las visibilidad es de 5.792,2 millones en el escenario cumplimiento de plan, 3.232,5 millones en el escenario pasivo y 7.717,0 millones en el escenario agresivo.

3.26.11 Costos del PDATM

Los costos del PDATM corresponden a aquellos desembolsados de las empresas y los hogares asociados a cada una de las medidas propuestas, así como también, los costos que deba realizar el Estado en el marco de las políticas de recambio de equipos, subsidios al aislamiento térmico de las viviendas, regulación, diseño de programas, difusión y actividades de fiscalización.

El detalle de los costos totales de las empresas y la población se presentaron previamente en distintas secciones de este informe, tanto para el corto como largo plazo, a continuación se presenta un resumen de estos costos en las siguientes tablas.

TABLA 3.26-32. CÁLCULO DE COSTOS TOTALES POR MEDIDAS ESCENARIO CUMPLIMIENTO DE PLAN (\$MM 2013)

Costos	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
NEQUIPOS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RLEÑA	0	5,0	5,3	5,6	5,9	6,3	6,6	7,0	7,4	7,8	8,3	8,8	9,3	9,8	10,4	11,0	11,6
CEQUIPOS	0	130,4	260,9	391,3	521,7	652,2	782,6	913,0	1043,5	1173,9	1304,3	1434,8	1565,2	1695,6	1826,1	1956,5	2086,9
PCHIMENEAS	0	51,9	51,9	51,9	51,9	51,9	51,9	51,9	51,9	51,9	51,9	51,9	51,9	51,9	51,9	51,9	51,9
CONGEQUIPOS	0	39,1	78,6	118,5	158,9	199,6	240,8	282,4	324,4	366,8	409,7	453,1	496,8	541,1	585,8	630,9	676,5
PROHIBLEÑA	0	1262,9	1276,0	1289,1	2544,2	2570,5	2597,0	2623,8	2650,9	2678,2	2705,9	2733,8	2762,0	2790,5	2819,3	2848,4	2877,8
TERMICOVIVNUE	0	37,7	56,8	76,1	95,5	115,1	134,8	154,6	174,7	194,9	215,2	235,7	256,4	277,3	298,3	319,5	340,8
TERMICOVIVANT	0	29,9	59,8	89,7	119,6	149,5	179,4	209,3	239,2	269,2	299,1	329,0	358,9	388,8	418,7	448,6	478,5
TERMICOPLUS	0	0,0	13,3	26,6	40,1	53,7	67,3	81,1	95,0	109,1	123,2	137,4	151,8	166,3	180,8	195,5	210,4
COMPEMIND	0	17,2	34,8	52,9	71,5	90,6	110,2	130,3	151,0	172,2	194,0	216,4	239,4	263,0	287,3	312,2	337,8
EMINDFUG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NORMAIND	0	4796,3	4796,3	4796,3	4796,3	4796,3	4796,3	4796,3	4796,3	4796,3	4796,3	4796,3	4796,3	4796,3	4796,3	4796,3	4796,3
SUBGAS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SUBCALALT	0	318,8	318,8	318,8	318,8	318,8	318,8	318,8	318,8	318,8	318,8	318,8	318,8	318,8	318,8	318,8	318,8
TRANSPUB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TRANSCARGA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PQUEMAS	0	2422,9	4877,8	7365,0	9884,9	12437,6	15023,7	17643,3	20296,9	22984,7	25707,1	25876,7	26047,5	26219,4	26392,5	26566,7	26742,0
AREASVERDES	0	14,9	19,4	24,5	30,2	36,7	43,9	51,9	61,0	71,1	82,4	95,1	109,3	125,2	142,9	162,7	184,9
PAVIMENFUG	0	630,0	630,0	630,0	630,0	630,0	630,0	630,0	630,0	630,0	630,0	630,0	630,0	630,0	630,0	630,0	630,0
Total	0	9757,1	12479,7	15236,4	19269,5	22108,6	24983,3	27893,9	30840,9	33824,9	36846,3	37317,9	37793,7	38274,0	38759,1	39249,1	39744,3

Fuente: Elaboración Propia

TABLA 3.26-33. CÁLCULO DE COSTOS TOTALES POR MEDIDAS ESCENARIO PASIVO (\$MM 2013)

Costos	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
NEQUIPOS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RLEÑA	0	0,0	0,8	1,6	2,3	3,1	3,9	4,7	5,4	6,2	7,0	7,8	8,5	9,3	10,1	10,9	11,6
CEQUIPOS	0	43,5	87,0	130,4	173,9	217,4	260,9	304,3	347,8	391,3	434,8	478,3	521,7	565,2	608,7	652,2	695,6
PCHIMENEAS	0	51,9	51,9	51,9	51,9	51,9	51,9	51,9	51,9	51,9	51,9	51,9	51,9	51,9	51,9	51,9	51,9
CONGEQUIPOS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PROHIBLEÑA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TERMICOVIVNUE	0	37,7	56,8	76,1	95,5	115,1	134,8	154,6	174,7	194,9	215,2	235,7	256,4	277,3	298,3	319,5	340,8
TERMICOVIVANT	0	29,9	59,8	89,7	119,6	149,5	179,4	209,3	239,2	269,2	299,1	329,0	358,9	388,8	418,7	448,6	478,5
TERMICOPLUS	0	0,0	13,3	26,6	40,1	53,7	67,3	81,1	95,0	109,1	123,2	137,4	151,8	166,3	180,8	195,5	210,4
COMPEMIND	0	17,2	34,8	52,9	71,5	90,6	110,2	130,3	151,0	172,2	194,0	216,4	239,4	263,0	287,3	312,2	337,8
EMINDFUG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NORMAIND	0	4796,3	4796,3	4796,3	4796,3	4796,3	4796,3	4796,3	4796,3	4796,3	4796,3	4796,3	4796,3	4796,3	4796,3	4796,3	4796,3
SUBGAS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SUBCALALT	0	318,8	318,8	318,8	318,8	318,8	318,8	318,8	318,8	318,8	318,8	318,8	318,8	318,8	318,8	318,8	318,8
TRANSPUB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TRANSCARGA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PQUEMAS	0	1211,5	2438,9	3682,5	4942,4	6218,8	7511,8	8821,6	10148,4	11492,3	12853,5	12938,4	13023,8	13109,7	13196,2	13283,3	13371,0
AREASVERDES	0	14,9	19,4	24,5	30,2	36,7	43,9	51,9	61,0	71,1	82,4	95,1	109,3	125,2	142,9	162,7	184,9
PAVIMENFUG	0	630,0	630,0	630,0	630,0	630,0	630,0	630,0	630,0	630,0	630,0	630,0	630,0	630,0	630,0	630,0	630,0
Total	0	7151,7	8507,8	9881,4	11272,6	12681,8	14109,2	15555,0	17019,6	18503,3	20006,3	20235,1	20466,9	20701,8	20940,1	21181,9	21427,7

Fuente: Elaboración Propia

TABLA 3.26-34. CÁLCULO DE COSTOS TOTALES POR MEDIDAS ESCENARIO AGRESIVO (\$MM 2013)

Costos	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
NEQUIPOS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RLEÑA	0	5,0	5,5	6,0	6,5	7,2	7,8	8,6	9,4	10,3	11,3	12,3	13,5	14,8	16,2	17,7	19,4
CEQUIPOS	0	101,5	203,0	304,6	406,1	507,6	609,1	710,6	812,2	913,7	1015,2	1116,7	1218,2	1319,8	1421,3	1522,8	1624,3
PCHIMENEAS	0	51,9	51,9	51,9	51,9	51,9	51,9	51,9	51,9	51,9	51,9	51,9	51,9	51,9	51,9	51,9	51,9
CONGEQUIPOS	0	39,1	78,6	118,5	158,9	199,6	240,8	282,4	324,4	366,8	409,7	453,1	496,8	541,1	585,8	630,9	676,5
PROHIBLEÑA	0	1262,9	1276,0	1289,1	2544,2	2570,5	2597,0	2623,8	2650,9	2678,2	2705,9	2733,8	2762,0	2790,5	2819,3	2848,4	2877,8
TERMICOVIVNUE	0	37,7	56,8	76,1	95,5	115,1	134,8	154,6	174,7	194,9	215,2	235,7	256,4	277,3	298,3	319,5	340,8
TERMICOVIVANT	0	29,9	59,8	89,7	119,6	149,5	179,4	209,3	239,2	269,2	299,1	329,0	358,9	388,8	418,7	448,6	478,5
TERMICOPLUS	0	0,0	13,3	26,6	40,1	53,7	67,3	81,1	95,0	109,1	123,2	137,4	151,8	166,3	180,8	195,5	210,4
COMPEMIND	0	17,2	34,8	52,9	71,5	90,6	110,2	130,3	151,0	172,2	194,0	216,4	239,4	263,0	287,3	312,2	337,8
EMINDFUG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NORMAIND	0	4796,3	4796,3	4796,3	4796,3	4796,3	4796,3	4796,3	4796,3	4796,3	4796,3	4796,3	4796,3	4796,3	4796,3	4796,3	4796,3
SUBGAS	0	5392,3	5392,3	5392,3	5392,3	5392,3	5392,3	5392,3	5392,3	5392,3	5392,3	5392,3	5392,3	5392,3	5392,3	5392,3	5392,3
SUBCALALT	0	318,8	318,8	318,8	318,8	318,8	318,8	318,8	318,8	318,8	318,8	318,8	318,8	318,8	318,8	318,8	318,8
TRANSPUB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TRANSCARGA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PQUEMAS	0	2422,9	4877,8	7365,0	9884,9	12437,6	15023,7	17643,3	20296,9	22984,7	25707,1	25876,7	26047,5	26219,4	26392,5	26566,7	26742,0
AREASVERDES	0	14,9	19,4	24,5	30,2	36,7	43,9	51,9	61,0	71,1	82,4	95,1	109,3	125,2	142,9	162,7	184,9
PAVIMENFUG	0	630,0	630,0	630,0	630,0	630,0	630,0	630,0	630,0	630,0	630,0	630,0	630,0	630,0	630,0	630,0	630,0
Total	0	15120,5	17814,4	20542,4	24546,8	27357,3	30203,3	33085,4	36004,0	38959,5	41952,4	42395,7	42843,3	43295,5	43752,4	44214,4	44681,8

Fuente: Elaboración Propia

Además de los costos anteriores existen costos de regulación, diseño e implementación del PDATM para el Estado. A continuación se realiza una revisión de todos los programas complementarios y medidas generadoras de costos para el Estado.

La operación de la red de monitoreo de calidad del aire incluye equipamiento adicional necesario para la red, auditorías de implementación, participación de expertos internacionales. Una estimación del costo de los equipos, instalación, calibración, operación y mantención de una red de monitoreo involucra aproximadamente un costo anualizado de aproximadamente \$143 millones (Fuente: AGIES del PPACM). También se considera la realización de un estudio al inicio del plan el cual debería actualizarse por ejemplo cada 5 años para la caracterización del material particulado respirable, fino y ultrafino, cada estudio por un monto de \$55.000.000 según una licitación similar realizada en Mercado Público (1856-14-LP09). Se considera la generación de información, operación diaria, y mantención de un modelo de pronóstico por un monto de \$22.000.000 de acuerdo a montos de una licitación similar realizada en Temuco (608897-12-LE13).

La evaluación del impacto de la contaminación sobre la salud de la población debería ser cuantificada cada cierta cantidad de años para determinar las tasas relativas de mortalidad y morbilidad utilizando el enfoque de series de tiempo. Para ello se estima un costo aproximado de \$17.000.000 (1856-28-LE08). Mientras para la evaluación de los impactos intradomiciliario "indoor" y ambiental "outdoor" se requieren estudios epidemiológicos que sigan a muestras representativas de la población por largos periodos de tiempo por lo que su costo es mucho más elevado estimándose aproximadamente en \$180.000.000 (no existen estudios referenciales por lo cual el valor es estimado de acuerdo al costo de elaboración de un estudio a pequeña escala).

Para el registro y actualización de emisiones se utilizan valores referenciales asociados a los costos de licitaciones sobre elaboración de inventarios de emisiones en ciudades similares por un monto total (por ejemplo cada 5 años) de \$17.000.000 (ejemplo licitación 613419-4-LE13 para la actualización del inventario de emisiones y medidas para reducir la contaminación en Chillán y Chillán Viejo).

El registro de calefactores a leña, requiere la participación de la SEREMI del MMA y SEREMI de Salud. La fiscalización de mercado de leña requiere de la participación de Carabineros e Chile, La Municipalidad, y la SEREMI del MMA. Para la fiscalización de quemas agrícolas y forestales, se requiere la participación de CONAF y el SAG. Para la licitación y aplicación del programa de cambio de equipos se requiere personal de la SEREMI del MMA. Todas las actividades previas incluyen personal, equipos y materiales para que cada servicio desarrolle sus acciones enmarcadas dentro del PDATM.

Para la implementación de un recambio de calefactores a leña antiguos por nuevos equipos más limpios D.S. N° 39/2011 se requiere que los organismos públicos, en especial SEREMI del Medio Ambiente, Municipalidades y SEREMI de Salud, impulsen una serie de gestiones que van desde definir los mecanismos de asignación de los equipos a recambiar, generar listados, verificar en terreno, difundir, licitar la compra, supervisar la instalación y destino de los equipos recambiados, entre otras. Todo lo anterior, ha implicado en casos similares costos aproximados del orden de los \$15.000.000 anuales, sólo en costos operacionales y administrativos. Además de unas 1.600 HH/año, con un costo bruto aproximado de \$12.800.000.

Para la campaña de educación se utiliza como valor referencial el costo de licitación sobre talleres de capacitación (1588-74-LE09) por un monto de \$17.000.000 anuales, el costo de campaña comunicacional (2122-17-L111) por \$4.000.000, el costo de una campaña de educación por \$30.000.000 (608897-62-LE13) y el costo de difusión de frases radiales por \$18.000.000 (1852-20-L110) y de televisión por \$36.000.000 (1657-94-LE10) anuales. Además, se incluyen actividades de educación ambiental de la SEREMI del MMA y unidades educacionales, que incluyen capacitación a docentes, red de información escolar, elaboración de material didáctico, encuentros anuales. Como valor referencial se utiliza el costo de licitación sobre producción e implementación de talleres de capacitación (1588-6-LE09) por un monto de \$15.000.000 anuales.

El desarrollo de nuevas bases de licitación, mediante resolución del Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones sobre la regulación de la operación del sistema de transporte público urbano en Talca y Maule, no incluye recursos adicionales.

Para el estudio de áreas verdes se utiliza el 50% del costo de licitación sobre un catastro de bosques regional (633-69-LP10) por un monto de \$45.000.000.

Se debe considerar la realización de análisis y estudios específicos para el seguimiento del plan. Como valor referencial se utilizan los costos publicados para el año 2013 por la SMA, para fiscalización del PDA de Temuco y Padre Las Casas por un monto estimado (entre directos y subprogramados) de \$25.000.000 anuales.

TABLA 3.26-35. COSTOS PÚBLICOS DE PROGRAMAS COMPLEMENTARIOS

Clasificación	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Estaciones de monitoreo	143	143	143	143	143	143	143	143	143
Modelo de Pronóstico	22	22	22	22	22	22	22	22	22
Caracterización MP	0	55	0	0	0	0	55	0	0
E. Epid. series tiempo	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E. Epid. Panel	0	180	0	0	0	0	0	0	0
Registro de emisiones	0	0	0	0	0	17	0	0	0
Fiscalización y cumplim.	689,0	689,0	689,0	689,0	689,0	689,0	689,0	689,0	689,0
Recambio calefactores	27,8	27,8	27,8	27,8	27,8	27,8	27,8	27,8	27,8
Campaña educación	120	120	120	120	120	120	120	120	120
Estudios áreas verdes	0	45	0	0	0	0	0	0	0
Seguimiento Plan	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Total Anual	1027	1307	1027	1027	1027	1044	1082	1027	1027

CONTINUACIÓN TABLA 3.26-35...

Clasificación	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Estaciones de monitoreo	143	143	143	143	143	143	143	143
Modelo de Pronóstico	22	22	22	22	22	22	22	22
Caracterización MP	0	0	55	0	0	0	0	55
E. Epid. series tiempo	17	0	0	0	0	0	0	0
E. Epid. Panel	0	0	0	0	0	0	0	0
Registro de emisiones	0	17	0	0	0	0	17	0
Fiscalización y cumplim.	689,0	689,0	689,0	689,0	689,0	689,0	689,0	689,0
Recambio calefactores	27,8	27,8	27,8	27,8	27,8	27,8	27,8	27,8
Campaña educación	120	120	120	120	120	120	120	120
Estudios áreas verdes	0	0	0	0	0	0	0	0
Seguimiento Plan	25	25	25	25	25	25	25	25
Total Anual	1044	1044	1082	1027	1027	1027	1044	1082

Fuente: Elaboración Propia

Todas las actividades anteriores enmarcadas en el contexto del Plan arrojan un VAN de los costos totales para el Estado de \$11.128,5 millones de pesos, o alternativamente un costo anual uniforme equivalente de \$1.062,2 millones.

El detalle de los costos asociados a la fiscalización y cumplimiento de cada una de las medidas se presenta en la siguiente Tabla.

TABLA 3.26-36. DETALLE DE COSTOS DE FISCALIZACIÓN Y CUMPLIMIENTO POR MEDIDA

Medidas	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
NEQUIPOS	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2
RLEÑA	115,0	115,0	115,0	115,0	115,0	115,0	115,0	115,0	115,0
CEQUIPOS	138,0	138,0	138,0	138,0	138,0	138,0	138,0	138,0	138,0
PCHIMENEAS	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2
CONGEQUIPOS	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2
PROHIBLEÑA	170,4	170,4	170,4	170,4	170,4	170,4	170,4	170,4	170,4
TERMICOVIVNUE	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TERMICOVIVANT	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TERMICOPLUS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
COMPEMIND	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
EMINDFUG	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
NORMAIND	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SUBGAS	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
SUBCALALT	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TRANSPUB	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TRANSCARGA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
PQUEMAS	166,1	166,1	166,1	166,1	166,1	166,1	166,1	166,1	166,1
AREASVERDES	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
PAVIMENFUG	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total	689,0	689,0	689,0	689,0	689,0	689,0	689,0	689,0	689,0

Fuente: Elaboración Propia

CONTINUACIÓN TABLA 3.26-36...

Medidas	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
NEQUIPOS	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2
RLEÑA	115,0	115,0	115,0	115,0	115,0	115,0	115,0	115,0
CEQUIPOS	138,0	138,0	138,0	138,0	138,0	138,0	138,0	138,0
PCHIMENEAS	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2
CONGEQUIPOS	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2
PROHIBLEÑA	170,4	170,4	170,4	170,4	170,4	170,4	170,4	170,4
TERMICOVIVNUE	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TERMICOVIVANT	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TERMICOPLUS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
COMPEMIND	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
EMINDFUG	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
NORMAIND	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SUBGAS	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
SUBCALALT	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TRANSPUB	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TRANSCARGA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
PQUEMAS	166,1	166,1	166,1	166,1	166,1	166,1	166,1	166,1
AREASVERDES	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
PAVIMENFUG	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total	689,0	689,0	689,0	689,0	689,0	689,0	689,0	689,0

Fuente: Elaboración Propia

3.26.12 Costo-Efectividad y Evaluación Económica Social

A continuación se define un conjunto de indicadores económicos que permiten evaluar y orientar al regulador sobre qué medidas pueden alcanzar un mismo objetivo de reducción de emisiones pero al costo más bajo posible dentro del conjunto de medidas discutidas previamente en este informe.

El indicador de costo-efectividad utilizado es \$MM por tonelada de MP10 reducida (\$MM/ton MP10) y \$MM por tonelada de MP2,5 (\$MM/ton MP2,5). Para su cálculo, se divide el costo total de la medida por la reducción total en las emisiones de cada contaminante. Los resultados para el año final de evaluación 2030 se presentan en las siguientes tablas.

TABLA 3.26-37. COSTO-EFECTIVIDAD DE LAS MEDIDAS PROPUESTAS AL AÑO 2030 (\$MM/TON MP10)

Indicador	Total Reducción toneladas de MP10	Costo MM\$/ton MP10
NEQUIPOS	121,0	0,00 (no atribuible al plan)
RLEÑA	41,7 (esc. cumplimiento de plan)	0,28
CEQUIPOS	450,0	3,48
PCHIMENEAS	16,3	3,18
CONGEQUIPOS	19,1	35,31
PROHIBLEÑA	82,1	35,05
TERMICOVIV ANT	77,0	6,22
TERMICOVIV NUE	67,5	4,77
TERMICOPLUS	9,0	25,02
NORMAIND	165,6	28,96
COMPEMIND	105,2	4,30
EMINDFUG	Incluidas en COMPEMIND	Incluido en COMPEMIND
TRANSPUB	0,7	0,00 (no atribuible al plan)
TRANSCARGA	0,7	0,00 (no atribuible al plan)
SUBSGAS	221,0 (esc. agresivo)	28,46
SUBCALALT	45,1	7,1
PQUEMAS	122,9	217,6
AREASVERDES	27,9	8,77
PAVIMENFUG	577,9	18,53

Fuente: Elaboración Propia

TABLA 3.26-38. COSTO-EFECTIVIDAD DE LAS MEDIDAS PROPUESTAS AL AÑO 2030 (\$MM/TON MP2,5)

Indicador	Total Reducción toneladas de MP2,5	Costo MM\$/ton MP2,5
NEQUIPOS	117,8	0,00 (no atribuible al plan)
RLEÑA	63,7 (esc. cumplimiento de plan)	0,18
CEQUIPOS	438,2	3,57
PCHIMENEAS	13,5	3,84
CONGEQUIPOS	18,6	36,28
PROHIBLEÑA	79,8	36,1
TERMICOVIV ANT	74,8	6,4
TERMICOVIV NUE	69,5	4,9
TERMICOPLUS	8,8	25,7
NORMAIND	121,3	39,55
COMPEMIND	75,2	4,49
EMINDFUG	Incluidas en COMPEMIND	Incluido en COMPEMIND
TRANSPUB	0,5	0,00 (no atribuible al plan)
TRANSCARGA	0,5	0,00 (no atribuible al plan)
SUBSGAS	214,8 (esc. agresivo)	29,28
SUBCALALT	43,8	7,3
PQUEMAS	104,2	256,7
AREASVERDES	1,3	194,8
PAVIMENFUG	57,8	185,31

Fuente: Elaboración Propia

Una vez jerarquizados los indicadores de costo-efectividad, se establece que las medidas implementadas a nivel nacional (NEQUIPOS, TRANSPUB y TRANSCARGA) que tienen potencial de reducción pero cuyos costos no son atribuibles al plan en el momento de ejecutarse modifican el escenario base.

La jerarquización de las medidas atribuibles al plan basándose en el índice de costo-efectividad del MP2,5⁷⁷ permite concluir que aquellas asociadas a la combustión de leña en los hogares como RLEÑA, CEQUIPOS y PCHIMENEAS son las más atractivas en términos de costo-efectividad, les sigue la medida COMPEMIND asociada a las fuentes industriales, y después vuelven a aparecer como atractivas otras medidas enfocadas al consumo de leña residencial como TERMICOVIV NUE, TERMICOVIV ANT o SUBCALALT. Sin embargo, otras medidas enfocadas a hogares como TERMICOPLUS, SUBSGAS y PROHIBLEÑA presentan mayores valores en el indicador. Después de la medida NORMAIND, el conjunto de medidas restantes PAVIMENFUG, AREASVERDES y PQUEMAS presentan un incremento muy significativo en los indicadores de costo-efectividad para el MP2,5.

⁷⁷ \$MM/ton MP2,5, se escoge este indicador porque como se vio anteriormente, en los distintos escenarios generados si se cumple con las metas de este contaminante, también se cumpliría con la norma de MP10. Además, es más exigente la meta de cumplimiento normativo para MP2,5.

El ordenamiento de las medidas basada en los indicadores de costo-efectividad se modifican levemente para el contaminante MP10. Especialmente, en el caso de las medidas AREASVERDES y PAVIMENFUG, las cuales se vuelven más atractivas que para el caso del indicador MP2,5.

Adicionalmente a los indicadores de costo-efectividad previamente calculados, es necesario identificar si cada una de las medidas es socialmente rentable mediante un análisis de la evaluación económica social de proyectos. Para determinar el VAN social de cada una de las medidas propuestas en el PDATM, se descuentan los beneficios netos de cada medida a la tasa de descuento social (6%), los resultados se presentan en la siguiente tabla resumen.

TABLA 3.26-39. VAN SOCIAL DE MEDIDAS SEGÚN ESCENARIO (\$MM AÑO 2013)

Escenario	Esc. Cumplimiento de Plan (\$MM año 2013)			Esc. Pasivo (\$MM año 2013)			Esc. Agresivo (\$MM año 2013)			
	VAN Social	Beneficios	Costos	Beneficios Netos	Beneficios	Costos	Beneficios Netos	Beneficios	Costos	Beneficios Netos
NEQUIPOS		82489	0	82489	82487	0	82487	82489	0	82489
RLEÑA		60307	70	60237	44560	46	44513	90014	92	89923
CEQUIPOS		313921	9052	304869	104637	3017	101620	372426	7046	365381
PCHIMENEAS		17338	495	16843	17337	495	16842	17338	495	16843
CONGEQUIPOS		12787	2846	9942	0	0	0	13040	2846	10195
PROHIBLEÑA		88986	22047	66939	0	0	0	90513	22047	68465
TERMICOVIVNUE		51946	1543	50403	51945	1543	50402	51946	1543	50403
TERMICOVIVANT		54261	2076	52186	54260	2076	52184	54261	2076	52186
TERMICOPLUS		6112	821	5291	6233	821	5412	6233	821	5412
COMPEMIND		8793	1351	7442	8969	1351	7618	8969	1351	7618
EMINDFUG		0	0	0	0	0	0	0	0	0
NORMAIND		26395	45728	-19333	26823	45728	-18905	26824	45728	-18903
SUBGAS		0	0	0	0	0	0	257613	51410	206203
SUBCALALT		10474	3039	7434	10471	3039	7432	10474	3039	7434
TRANSPUB		336	0	336	342	0	342	342	0	342
TRANSCARGA		339	0	339	346	0	346	346	0	346
PQUEMAS		7071	155762	-148692	3605	77881	-74277	7209	155762	-148553
AREASVERDES		599	625	-25	610	625	-15	610	625	-14
PAVIMENFUG		34297	6006	28290	17461	6006	11454	34931	6006	28925
Costos Regulador			11128	-11128		11128	-11128		11128	-11128
Total		776453	262589	513863	430084	153757	276327	1125580	312014	813567

Fuente: Elaboración Propia

La medida asociada a fuentes industriales NORMAIND, la medida asociada al sector agrícola PQUEMAS, y la medida AREASVERDES arrojan un VAN social negativo. El resto de las medidas arrojan un VAN positivo en los tres escenarios, por lo que son económicamente atractivas para reducir las concentraciones de MP2,5, en el caso de la medida EMINDFUG

debemos recordar que no implicaba un cambio marginal en la reducción de emisiones respecto a otras medidas relacionadas al sector industrial por ello su VAN social es cero.

Al agregar todas las medidas se obtiene un VAN social de los beneficios netos para cada escenario. El escenario cumplimiento de plan arroja el VAN social de \$513,9 mil millones, el escenario pasivo entrega un VAN social de \$276,3 mil millones, y el escenario agresivo entrega un VAN social de \$813,6 mil millones.

La magnitud del VAN positivo varía en los escenarios en función de la inversión requerida, de la mayor penetración, cumplimiento de la medida y de su capacidad para reducir concentraciones, que depende de los factores de emisión-concentración, de la reducción de emisiones y su localización.

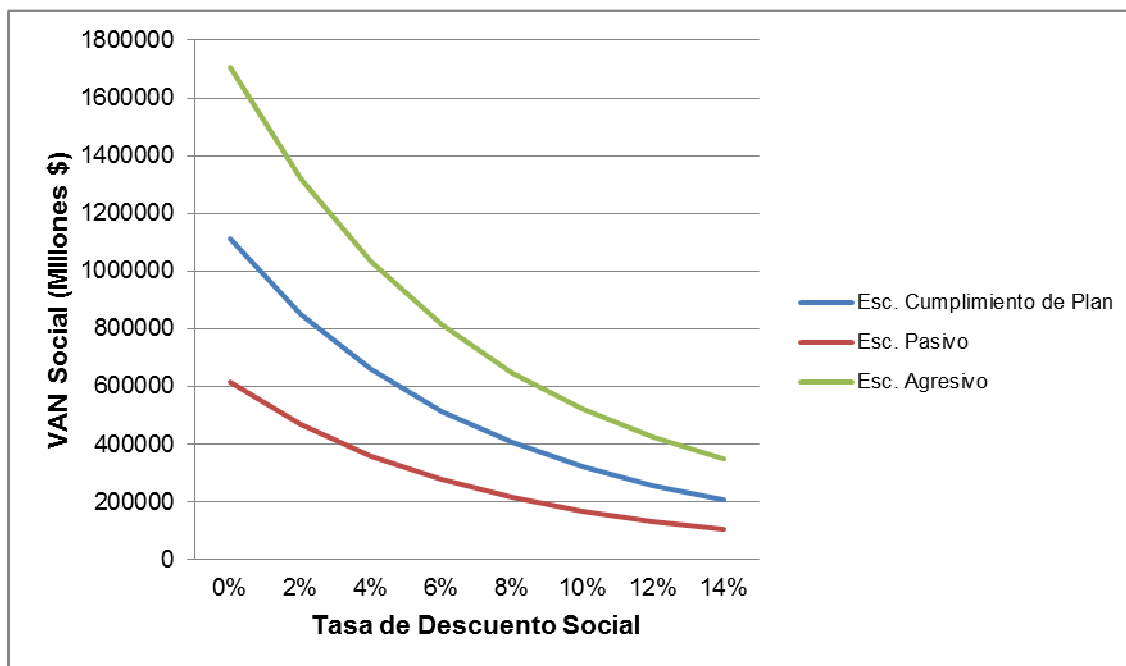
Se concluye que todas las medidas en conjunto permiten cumplir con el objetivo del plan al año final de evaluación (en su versión agresiva). Sin embargo, desde el punto de vista económico se recomienda por su eficiencia que se priorice y aumente la magnitud de medidas con menor índice de costo-efectividad, este cambio de enfoque podría elevar aún más el VAN Social dado un nivel de reducción.

3.26.13 Análisis de Sensibilidad

Considerando que para obtener los resultados de la sección previa se han utilizado muchos supuestos, valores y parámetros de distintos estudios, es crucial realizar un análisis de sensibilidad. De esta forma, se pueden identificar los impactos de los distintos parámetros o variables de decisión sobre los resultados.

Específicamente, el análisis de sensibilidad consiste en estimar el efecto de cambios en las variables sobre los indicadores económicos bajo estudio. Por lo general, sólo se realiza análisis de sensibilidad sobre los parámetros más relevantes. Para los AGIES se sugiere realizar análisis de sensibilidad en la tasa de descuento, valor de la vida estadística y coeficientes de riesgo relativo para los efectos en la salud.

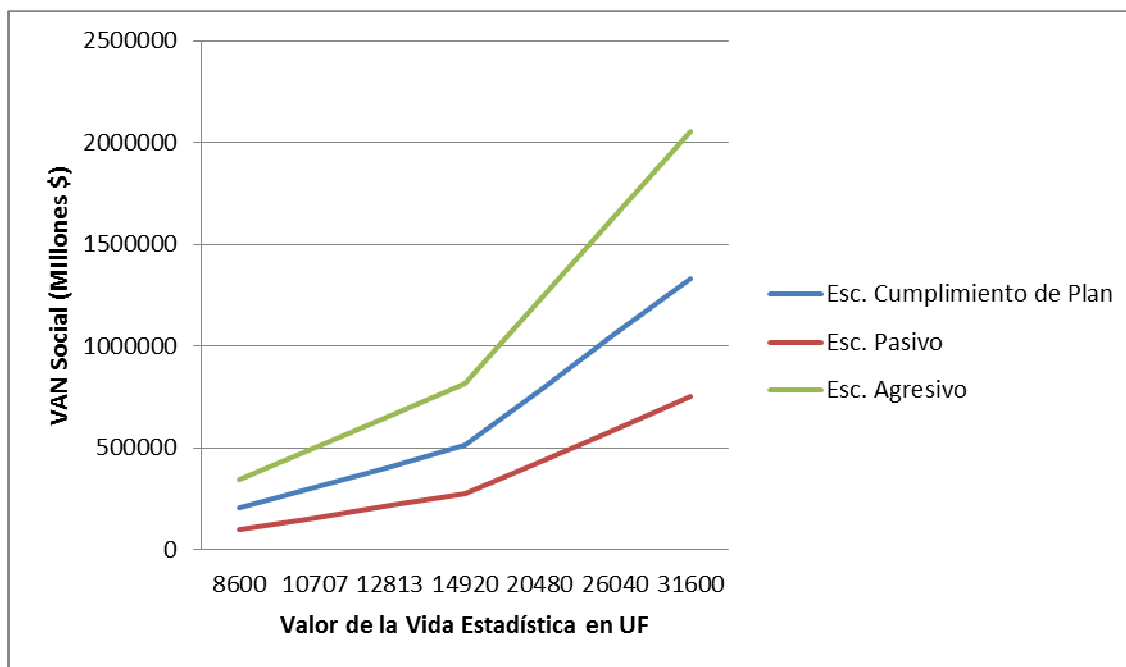
Para el caso de la tasa de descuento social se sensibiliza con valores desde una tasa de descuento de 0% a 14%. Una tasa de descuento baja ayuda a las evaluaciones económicas de proyectos ambientales, ya que en general los beneficios de tales proyectos están en el futuro, mientras las inversiones y costos en general se desembolsan en el corto plazo. Sin embargo, dados los flujos de beneficios netos de las medidas del PDATM observamos que es socialmente rentable incluso a tasas de descuento superiores al 14%, lo que permite concluir que el beneficio social neto a valor presente del PDATM es robusto a distintas tasas de descuento.



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.26-29. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE TASA DE DESCUENTO SOCIAL

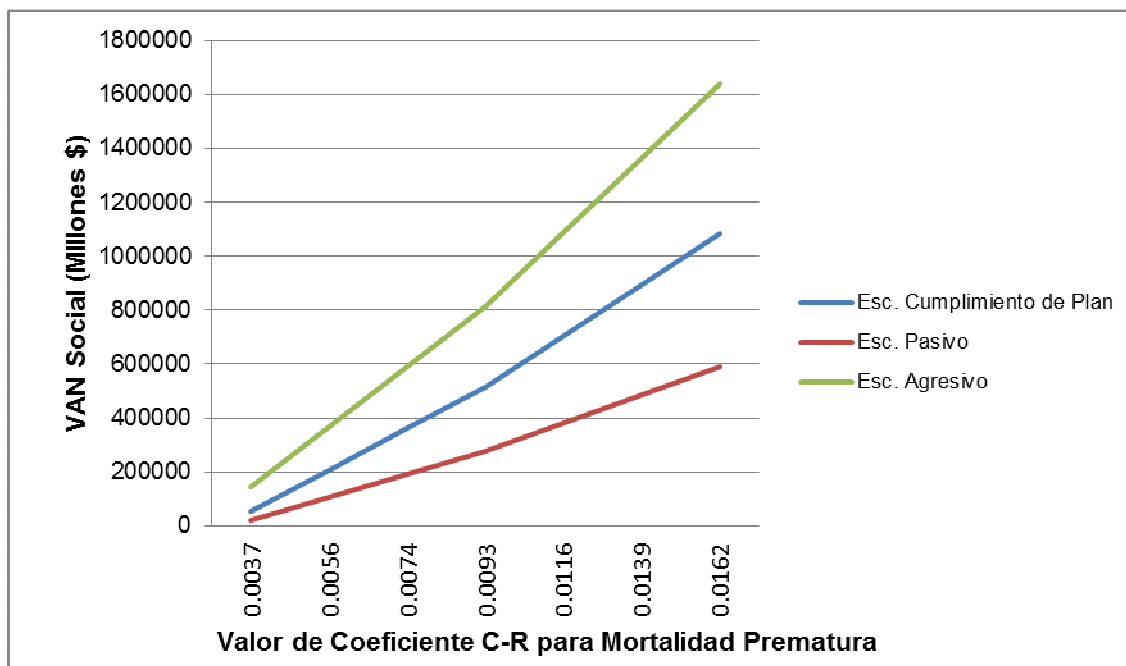
Para el caso del valor de la vida estadística se sensibiliza con las cotas mínima y máxima de 8600 UF y 31600 UF recomendados por GreenLab DICTUC (2012). Además, se incluyen otros valores intermedios entre estos rangos. Se observa que sobre la cota mínima de valor de la vida estadística el PDATM es socialmente rentable en los escenarios cumplimiento de plan, pasivo y agresivo.



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.26-30. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE VALOR DE LA VIDA ESTADÍSTICA

También se sensibiliza el coeficiente de C-R de mortalidad prematura, que es el parámetro que explica la mayor parte de los beneficios monetarios del PDATM. Se utilizan valores para este parámetro que están dentro de un nivel de confianza del 95% con respecto al valor estimado del C-R. Se observa que sobre el rango inferior del 95% de confianza, el VAN social del PDATM es positivo para los escenarios cumplimiento de plan, pasivo y agresivo.



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.26-31. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE COEFICIENTE PARA MORTALIDAD PREMATURA

3.26.14 Simulación de Montecarlo

Un problema del análisis de sensibilidad, es que además de evaluar la variación en una sola variable, no se considera la distribución de probabilidades en el rango de valores que puede adoptar. Un método alternativo para superar esta limitación es la simulación de Monte Carlo, la cual asigna aleatoriamente el valor de una variable o varias variables respetando la distribución de probabilidad asumida para cada una de ellas, este procedimiento se repite N veces produciendo una distribución empírica del indicador económico a través de los escenarios simulados.

Para este análisis de Monte Carlo se consideran las variables de valor de vida estadística con una distribución triangular entre los rangos de 8600 UF y 31600 UF (Fuente: GreenLab DICTUC, 2012), C-R de la mortalidad y enfermedades con una distribución normal con media y desviación estándar igual al C-R citado en el respectivo estudio del cual es extraído, el valor de la disposición a pagar por visibilidad con una distribución normal y la tasa de descuento social con una distribución uniforme entre 0% y 12%.

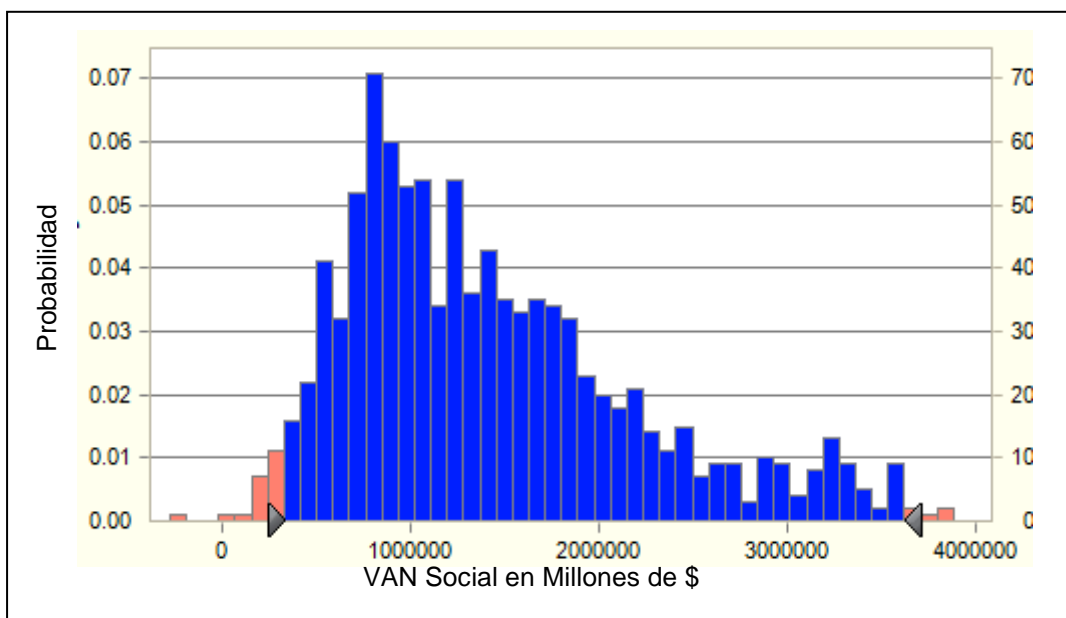
Los resultados de las simulaciones luego de 1000 iteraciones para el escenario agresivo (el cual es el único que permitiría cumplir con la norma de MP2,5) se reporta en la siguiente tabla, en la cual se entregan los estadísticos descriptivos e intervalo de confianza al 95% del VAN social de cada una de las medidas que incorpora el PDATM.

TABLA 3.26-40. SIMULACIÓN DE MONTECARLO VAN SOCIAL DE MEDIDAS PARA EL ESCENARIO AGRESIVO (\$MM AÑO 2013)

Medida	Iteraciones	Media	Mediana	Desv. Est.	Mínimo	Máximo	Rango	Perc. 2,5%	Perc. 97,5%
NEQUIPOS	1000	109330.1	92612.4	68153.9	-21654.0	554336.1	575990.1	24886.3	274122.6
RLEÑA	1000	118240.3	101668.5	70803.7	-22684.3	574696.8	597381.1	28494.8	286830.6
CEQUIPOS	1000	493286.9	417715.0	306765.2	-97419.4	2494606.8	2592026.2	112561.9	1234196.2
PCHIMENEAS	1000	22424.6	19772.2	12550.2	-3859.2	101042.9	104902.0	5692.9	51558.5
CONGEQUIPOS	1000	17282.5	14638.3	10771.3	-3422.1	87608.1	91030.1	3934.8	43324.5
PROHIBLEÑA	1000	117844.4	102814.6	68393.2	-21373.7	552304.9	573678.6	29141.3	279048.5
TERMICOVIVANT	1000	71833.2	60836.2	44586.5	-14152.6	362517.0	376669.6	16423.6	179420.1
TERMICOVIVNUE	1000	68643.4	58370.9	42233.8	-13445.1	343323.2	356768.3	15881.9	170146.9
TERMICOPLUS	1000	8256.5	6991.4	5136.4	-1631.2	41770.3	43401.5	1883.4	20664.3
COMPEMIND	1000	11907.6	10057.7	7471.1	-2344.1	60800.8	63145.0	2701.5	30035.6
EMINDFUG	1000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
NORMAIND	1000	34779.2	30482.8	19769.2	-6057.7	159376.2	165434.0	8702.1	81071.8
SUBGAS	1000	334322.3	292488.6	190699.7	-59371.7	1537830.9	1597202.5	83191.6	781436.8
SUBCALALT	1000	13495.3	11875.5	7511.5	-1844.0	60584.2	62428.2	3568.7	31041.3
TRANSPUB	1000	449.7	385.3	270.6	-84.5	2196.8	2281.3	107.7	1095.5
TRANSCARGA	1000	454.2	388.9	273.4	-85.4	2219.4	2304.8	108.7	1106.7
PQUEMAS	1000	9532.4	8077.3	5901.4	-1860.3	47940.3	49800.6	2186.4	23750.6
AREASVERDES	1000	799.9	682.8	485.4	-38.1	3945.2	3983.4	207.9	1987.8
PAVIMENFUG	1000	45810.5	39069.4	27622.2	-5756.9	224516.3	230273.2	11564.6	112401.5
TOTAL	1000	1478693.0	1267960.2	888589.4	-277084.2	7211616.2	7488700.4	354695.4	3597923.1

Fuente: Elaboración Propia

El intervalo de confianza al 95% del VAN social de todas las medidas del PDATM para el escenario agresivo está entre \$354.695 millones y \$3.597.923 millones. Así, este análisis demuestra que los resultados de la conveniencia económica de llevar a cabo el PDATM en su escenario agresivo son robustos a los distintos supuestos simulados por lo que se recomienda su implementación.



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.26-32. SIMULACIÓN DE MONTECARLO VAN SOCIAL ESCENARIO AGRESIVO

3.27 Proceso de validación y difusión del Borrador del Anteproyecto de PDA en las comunas de Talca y Maule (Objetivo 9)

El borrador del Anteproyecto del Plan de Descontaminación Atmosférico de las comunas de Talca y Maule será difundido entre las autoridades y organismos competentes mediante un seminario a organizar en la ciudad de Talca. En el seminario se presentarán las medidas evaluadas e incluidas en el borrador del Anteproyecto del PDA de Talca y Maule. Junto con ello, se generará material gráfico consistente en un díptico que contendrá información relevante en cuanto a las medidas del PDA y los organismos responsables. El seminario y el material gráfico serán desarrollados en conjunto con la Seremi del Medio Ambiente, quien actuará como organismo coordinador y encargado de la difusión del seminario entre los organismos sectoriales.

3.27.1 Seminario de difusión

El seminario de difusión de las medidas del borrador Anteproyecto del PDA de las comunas de Talca y Maule, consistirá en una actividad que contempla una duración de medio día y se realizará en la ciudad de Talca en una fecha a convenir con la contraparte. Este puede ser en la mañana, o bien en la tarde y contará con un “coffee break” aproximadamente para 20 personas, financiado por el consultor. En el caso que se incurra en gastos por concepto de arriendo de salón, éste será financiado por el consultor.

En el seminario se presentarán los fundamentos de cada una de las medidas del PDA de Talca y Maule, el resultado de la evaluación de beneficio-costos y los organismos responsables de su implementación, coordinación, fiscalización y financiamiento. Para la actividad serán invitados formalmente representantes de las siguientes instituciones:

- Gobierno Regional del Maule
- Secretaría Regional Ministerial (SEREMI) de Salud del Maule
- Secretaría Regional Ministerial (SEREMI) de Agricultura del Maule
- Secretaría Regional Ministerial (SEREMI) de Vivienda y Urbanismo
- Secretaría Regional Ministerial (SEREMI) de Medio Ambiente del Maule
- Corporación Nacional Forestal (CONAF) Región del Maule
- Servicio Agrícola Ganadero (SAG) Región del Maule
- Ministerio del Medio Ambiente
- Superintendencia del Medio Ambiente
- Municipalidad de Talca
- Municipalidad del Maule
- Otras instituciones relevantes

3.27.2 Generación de material gráfico para difusión

En función de los requerimientos de las bases técnicas del estudio se entregarán 2 copias impresas a color del informe final del estudio y se generarán 10 copias de respaldo en formato digital (CD-ROM), los cuales serán distribuidos entre las siguientes instituciones:

- Gobierno Regional del Maule
- Secretaría Regional Ministerial (SEREMI) de Salud del Maule
- Secretaría Regional Ministerial (SEREMI) de Agricultura del Maule
- Secretaría Regional Ministerial (SEREMI) de Vivienda y Urbanismo
- Secretaría Regional Ministerial (SEREMI) de Medio Ambiente del Maule
- Corporación Nacional Forestal (CONAF) Región del Maule
- Servicio Agrícola Ganadero (SAG) Región del Maule
- Ministerio del Medio Ambiente
- Superintendencia del Medio Ambiente
- Municipalidad de Talca
- Municipalidad del Maule
- Otras instituciones relevantes

Adicionalmente, se propone generar material gráfico consistente en un díptico a color que contendrá información de las medidas del borrador del Plan de Descontaminación Atmosférica de las comunas de Talca y Maule y los organismos responsables de su implementación y fiscalización para ser distribuido entre las instituciones.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las comunas de Talca y Maule enfrentan problemas de altas concentraciones de material particulado respirable y material particulado fino, las cuales pueden atribuirse principalmente a las emisiones generadas por fuentes residenciales por la combustión de leña para calefacción (46,7% de MP10 y 75,6% de MP2,5), así como también, a fuentes fijas (9,0% de MP10 y 10,7% de MP2,5), quemas agrícolas (3,2% de MP10 y 4,6% de MP2,5) y fuentes móviles (1,6% de MP10 y 2,1% de MP2,5).

La población afectada por esta contaminación se aproxima a los 280 mil habitantes, por lo cual la autoridad ambiental deberá implementar un Plan de Descontaminación Ambiental para las comunas de Talca y Maule (PDATM) en el cual se incluya una serie de medidas con el fin de controlar las emisiones de material particulado de las distintas fuentes involucradas.

A partir de este estudio se concluye que se requiere un compromiso del Estado, hogares y diversos sectores productivos, con el fin de colaborar y asumir los costos que involucra el mejoramiento de la calidad del aire en las zonas urbanas de las comunas de Talca y Maule. Las fuentes industriales y comerciales deberán asumir los costos de instalación y operación de distintas tecnologías de abatimiento y/o cambios en el combustible, o bien compensar emisiones para cumplir con la normativa. Los predios agrícolas deben internalizar los costos de producción evitando las quemas para el control de heladas y/o deshacerse de desechos. Por otra parte, los hogares que utilizan artefactos a leña enfrentarán nuevas normas y prohibiciones, pero además, existirán subsidios para cambio de equipos, combustibles y el mejor aislamiento térmico de las viviendas. Por ello, los costos se distribuirán entre el Estado y los hogares para abordar esta problemática. Además, el Estado deberá incurrir en costos asociados a la regulación y adecuada fiscalización de las medidas propuestas en el PDATM.

La evaluación del impacto de las emisiones de cada grupo de fuentes sobre las concentraciones en la zona de Talca y Maule fue estimada con un modelo de dispersión, el cual permitió generar factores de emisión-concentración para cada fuente según su localización geográfica. Esto permitió determinar el impacto en las concentraciones ambientales debido a una reducción en las emisiones a partir de las medidas incorporadas en el PDATM. De este modo, se concluyó que las medidas con mayor potencial de reducción de emisiones y concentraciones de MP10 son CEQUIPOS, PAVIMENFUG, SUBSGAS y NEQUIPOS, otras medidas que aportan son NORMAIND, COMPEMIND, TERMICOANT, TERMICONUE, PROHIBLEÑA y RLEÑA. En el caso del MP2,5, los resultados difieren ya que la medida CEQUIPOS se transforma por lejos en la más relevante para reducir las emisiones y concentraciones del material particulado fino, mientras la medida PAVIMENFUG es desplazada por otras medidas con mayor efectividad en la reducción de este contaminante; por ejemplo, SUBSGAS, SUBCALALT, NEQUIPOS, PROHIBLEÑA, TERMICO ANTIG, TERMICO NUEVA y RLEÑA.

Las medidas enfocadas al sector industrial, transporte y prohibición de quemas agrícolas aportan de forma marginal a la solución del problema en la zona de estudio. Cabe señalar, que si los equipos a leña disponibles en el mercado no son capaces de cumplir la norma del D.S. N° 39/2011 del MMA bajo condiciones normales de operación, entonces debería existir un flujo de recursos desde CEQUIPOS a otras medidas con mayor potencial de reducción, entre ellas; PROHIBLEÑA, SUBSGAS y SUBCALALT.

A partir del aporte a la reducción de concentraciones se puede concluir que sólo a través de la implementación de medidas bajo un escenario agresivo es posible cumplir la norma anual de concentraciones para el contaminante del aire MP2,5.

Para poder optimizar este escenario es importante identificar las medidas más atractivas en términos de costo-efectividad. Los resultados arrojan que las medidas con menor costo por tonelada reducida (\$MM/ ton) están asociadas a la combustión de leña en los hogares como RLEÑA, CEQUIPOS y PCHIMENEAS, les sigue la medida COMPEMIND asociada a las fuentes industriales, y después vuelven a aparecer como atractivas otras medidas enfocadas a reducir el consumo de leña residencial, como TERMICOVIV NUE, TERMICOVIV ANT o SUBCALALT. No obstante, algunas medidas enfocadas a hogares como TERMICOPLUS, SUBSGAS y PROHIBLEÑA presentan indicadores significativamente mayores. Después de la medida NORMAIND, el conjunto de medidas restantes PAVIMENFUG, AREASVERDES y PQUEMAS presentan un incremento muy significativo en los indicadores de costo-efectividad para MP2,5.

A partir de estos resultados, podemos señalar que el PDATM debe llevarse a cabo en su versión más exigente (escenario agresivo). Además, es recomendable reasignar las regulaciones industriales, agrícolas y polvo en suspensión de calles no pavimentadas a aquellas relacionadas con la combustión de leña residencial, dado que tienen menores costos y mayor impacto sobre las concentraciones en los receptores. El escenario agresivo es el único que asegura que en promedio las concentraciones cumplan con la normativa en un horizonte hasta el año 2030, periodo final de evaluación del AGIES.

El cumplimiento de las normas primarias de calidad del aire, no sólo implica costos sino que también genera beneficios económicos asociados a la reducción de mortalidad, morbilidad y mejoras en visibilidad para los habitantes de Talca y Maule. Esto se atribuye a una menor exposición a concentraciones de material particulado respirable y fino, y para el caso de la visibilidad, a un menor efecto de atenuación de la luz (dispersión + extinción) lo que se traduce en pérdida del valor paisajístico. Por lo que la evaluación social de todos los beneficios económicos en salud y visibilidad, así como también los costos de implementación, regulación y fiscalización de cada una de las medidas evaluadas en el AGIES arroja que el VAN social del PDATM en el escenario agresivo es \$813,6 mil millones. Para contrastar este resultado, se consideran otros dos escenarios menos restrictivos, uno llamado escenario pasivo que arroja un VAN social de \$276,3 mil millones y un escenario cumplimiento de plan que genera un VAN social de \$513,9 mil millones. Finalmente, los resultados de la evaluación económica son robustos al análisis de sensibilización y simulación de Montecarlo a un nivel de confianza del 95%.

5. BIBLIOGRAFÍA

Barmpadimos et al. (2012). One decade of parallel fine (PM_{2.5}) and coarse (PM₁₀–PM_{2.5}) particulate matter measurements in Europe: trends and variability: *Atmos. Chem. Phys.*, 12, 3189–3203, 2012

Chiesura, A. (2004). The role of urban parks in a sustainable city. *Landscape and Urban Planning* 68, 129-138.

Colburn K.A., Johnson P.R. (2003). "Public health. Air pollution concerns not changed by S-PLUS flaw". *Science* 2003; 299:665–6.

De la Maza, O, Hernández, J., Bown, H., Rodríguez, M. & Escobedo, E (2002). Vegetation diversity in the Santiago de Chile urban ecosystem. *Arboricultural journal* 26, 347-357.

Dockery, D., Pope, C. A., Xu, X., Spengler, J., Ware, J., Fay, M., Ferris, B., and Speizer, F. (1993). "An association between air pollution and mortality in six U.S. cities." *New England Journal of Medicine*, 329, 1753-1759.

Dominici, F., McDermott, A., Daniels, M., Zeger, S. L., & Samet J. M. (2003). A Special Report to the Health Effects Institute on the Revised Analyses of the NMMAPS II Data. The Health Effects Institute, Cambridge, MA.

DICTUC (2010) "Análisis General del Impacto Económico y Social de la norma de calidad del aire por MP_{2,5}", preparado para el Ministerio del Medio Ambiente.

Escobedo, F., Nowak, D., Wagner, J., De la Maza, C, Rodríguez, M., Crane, D. y otros (2006). The socioeconomics and management of Santiago de Chile's public urban forests. *Urban Forestry & Urban Greening* 4,105-114

Figuerola, I. (2009). Conectividad y accesibilidad de los espacios abiertos urbanos en Santiago de Chile. Tesis para optar al Grado de Magíster en Asentamientos Humanos y Medio Ambiente. Santiago: Instituto de Estudios Urbanos y Territoriales. Pontificia Universidad Católica de Chile.

Hernández, J. (2007). La situación del arbolado urbano en Santiago. *Ambiente Forestal* 3, 14-16.

Hough, M. (1998). *Naturaleza y Ciudad*. Barcelona: Gustavo Gili.

Gramsch et al. 2006. Examination of pollution trends in Santiago de Chile with cluster analysis of PM₁₀ and Ozone data. *Atmospheric Environment* 40 (2006) 5464–5475.

INFOR (2012), "Inventario continuo de bosques nativos y actualización de plantaciones forestales".

INFOR y FAO (2010), WISDOM Chile, "Análisis espacial de la producción y consumo de dendrocombustibles usando la metodología WISDOM, Bases para una Estrategia Dendroenergética Nacional".

Jenerette, G. D., Harían, L. S., Brazel, A., Jones, N., Larsen, L. & Stefanov, W. L. (2007). Regional relationships between surface temperature, vegetation and human settlement in a rapidly urbanizing ecosystems. *Landscape Ecology* 22, 353-365.

Kunzli, N., Medina, S., Kaiser, R., Quenel, P., Horak, F., and Studncka, M. (2001). "Assessment of Deaths Attributable to Air Pollution: Should We Use Risk Estimates based on Time Series or Cohort Studies?" *American Journal of Epidemiology*, 153,

Mäkinen, K. & Tyrväinen, L. (2008). Teenage experience of public green spaces in suburban Helsinki. *Urban Forestry & Urban Greening* 7,277-289.

Mellado (2007), "El trigo en Chile", colección libros INIA Nº 21, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación (CRI) Quilamapu, Chillán, Chile.

O'Ryan, R. & R. Bravo (2001). "Permisos transables frente a la introducción de un combustible limpio: estudio de caso para PM-10 y NOx en Santiago, Chile" *Estudios de Economía*, 28(2): 267-91.

Pope CA 3rd, Burnett RT, Thurston GD, Thun MJ, Calle EE, Krewski D. (2004). "Cardiovascular mortality and long-term exposure to particulate air pollution: Epidemiological evidence of general pathophysiological pathways of disease". *Circulation* 2004; 109:71-77.

Ponce, R. & C. Chávez (2005): "Costos de cumplimiento de un sistema de permisos de emisión. Aplicación a fuentes fijas en Talcahuano, Chile". *El Trimestre Económico*, Vol. 288 LXXII (4) pp. 847-876.

Schwartz J. (1997). "Air Pollution and Hospital Admissions for Respiratory Disease". *Epidemiol;* 7(1): 20-27.

Sorensen, M., Berzatti, V, Kerpi, K. & Williams, J. (1998). Manejo de las Áreas Verdes Urbanas. Washington: Banco Interamericano de Desarrollo. Departamento de Desarrollo Sostenible N°ENV-109.

Sugiyama, T. & Ward Thompson, C. (2008). Associations between characteristics of neighbourhood open space and older people's walking. *Urban Forestry & Urban Greening* 7,41-51.

Tahvanainen, L., Tyrväinen, L., Ihalainen, M., Vuorela, N. & Kolehmainen, O. (2001). Forest management and public perceptions: visual versus verbal information. *Landscape and Urban Planning* 53, 53-70.

UACH (2013), "Evaluación del Mercado de Biomasa y su Potencial", Explorador de Bioenergía Forestal, CONAF.

Anexo A

FICHAS GRÁFICAS DE LAS VIVIENDAS ESTUDIADAS EN LAS COMUNAS DE TALCA Y MAULE.

CASAS CON BAJO NIVEL DE AISLACIÓN

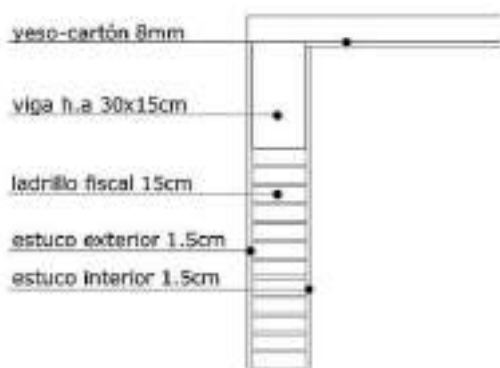
VIVIENDA 01



Villa Doña Gloria. 24 Sur 14 poniente #107, Casa 1.



Foto de fachada

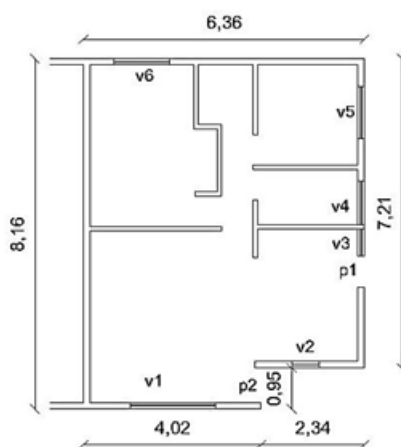


Escantillón



Calefactores

NORTE



Planimetría

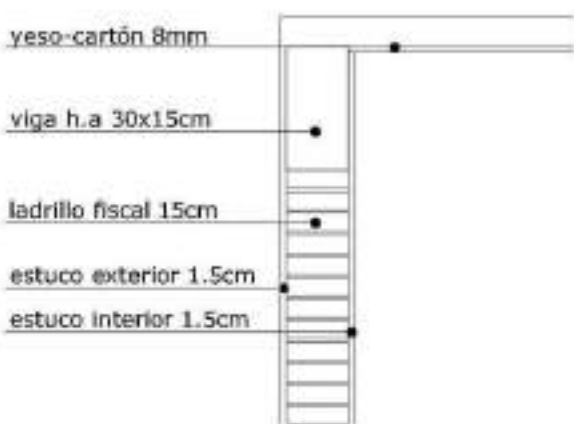
VIVIENDA 02



Villa Doña Gloria 21 1/2 Sur 14 poniente #261, Casa 2.



Foto de fachada

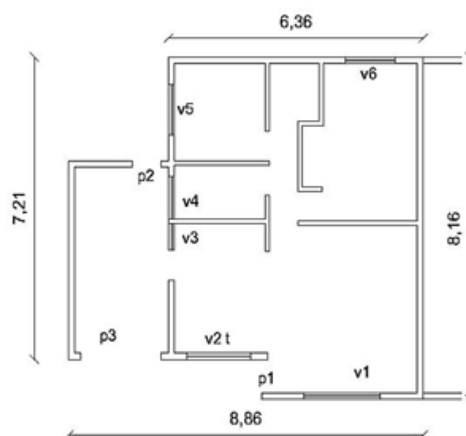


Escantillón



Calefactores

NORTE



Planimetría

Nota: Tiene ampliación no considerada en el plano original.

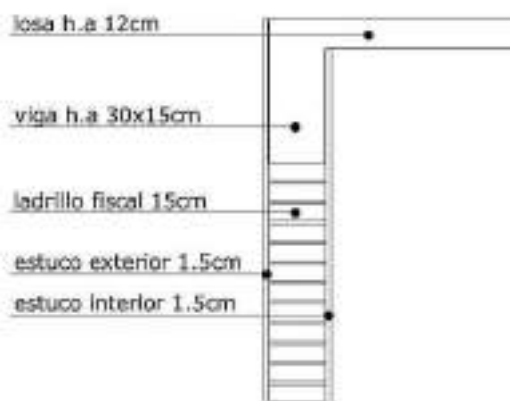
VIVIENDA 03



Villa Santa María de Colín 23/24 Sur 12 Poniente #295, Casa 1.



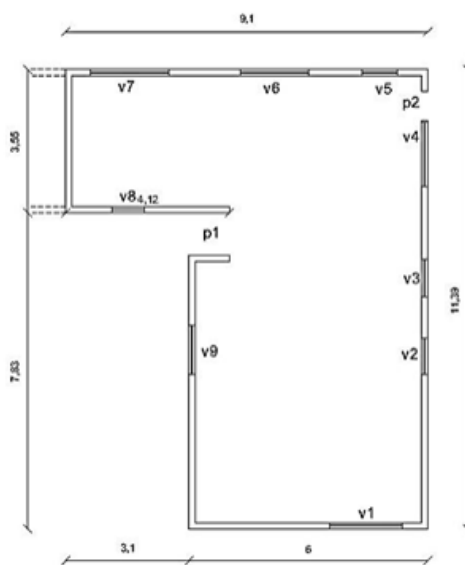
Foto de fachada



Escantillón



Calefactores



Planimetría

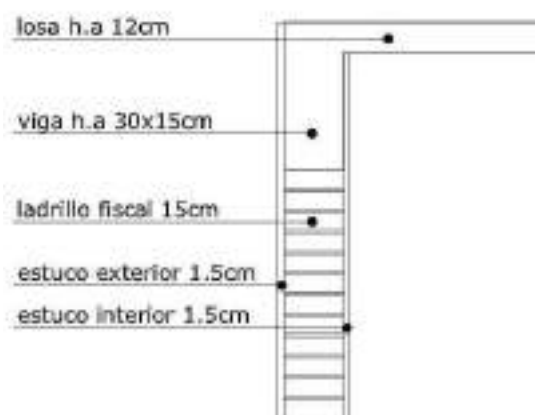
VIVIENDA 04



Villa Santa María de Colín 23/24 Sur 12 poniente
#153, Casa 2.



Foto de fachada

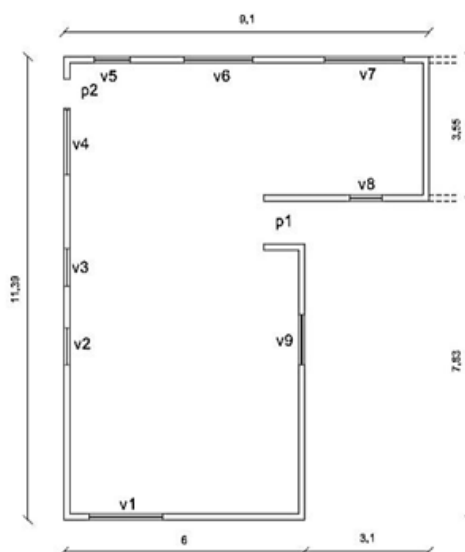


Escantillón



Calefactores

NORTE



Planimetría

VIVIENDA 05

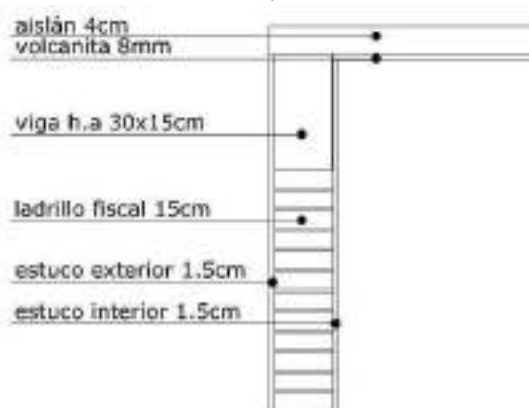


Villa Universitaria 6 Poniente 12 Sur #307, Casa

1.

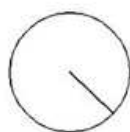


Foto de fachada

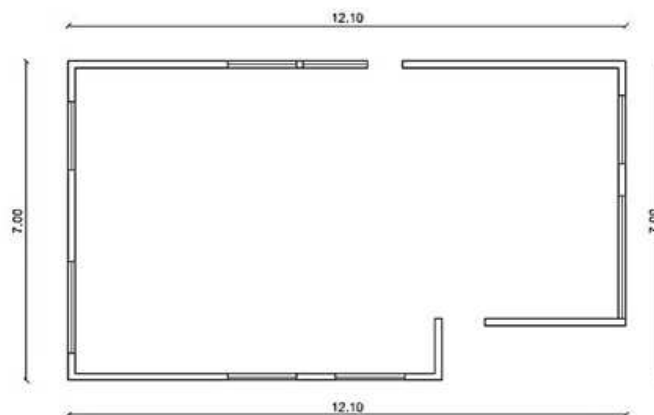


Escantillón

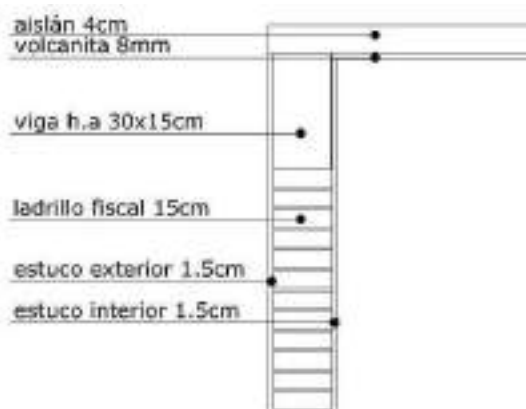
NORTE



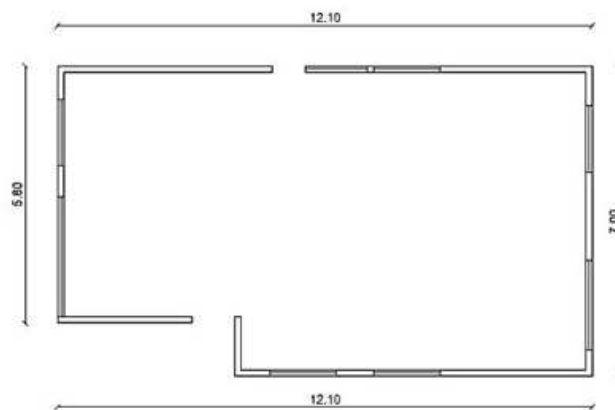
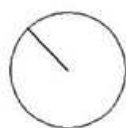
Calefactores

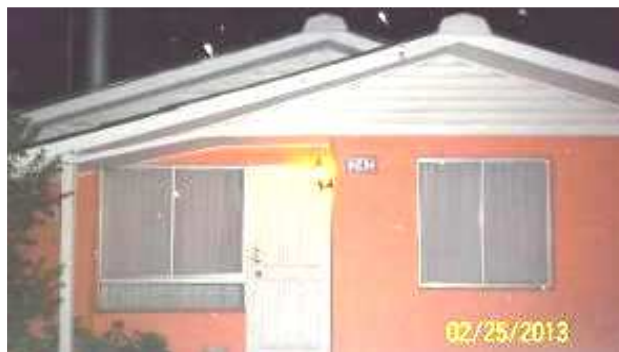
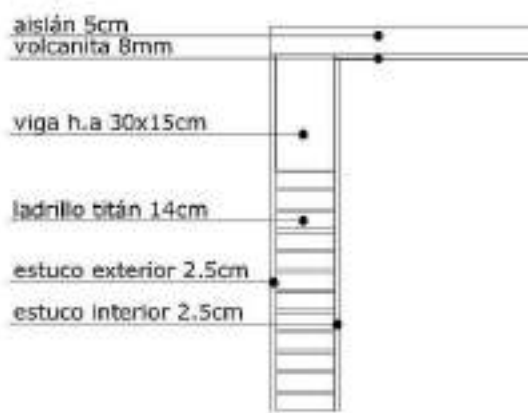
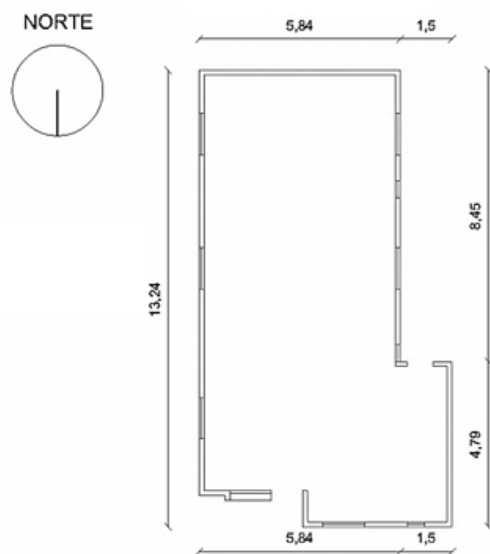


Planimetría

VIVIENDA 06**Villa Universitaria, 6 Poniente B12 Sur #308, casa 2.****Foto de fachada****Escantillón****Calefactores**

NORTE

**Planimetría**

VIVIENDA 07**Colin Sur, 28 Sur #242, Casa 1.****Foto de fachada****Escantillón****Calefactores****Planimetría**

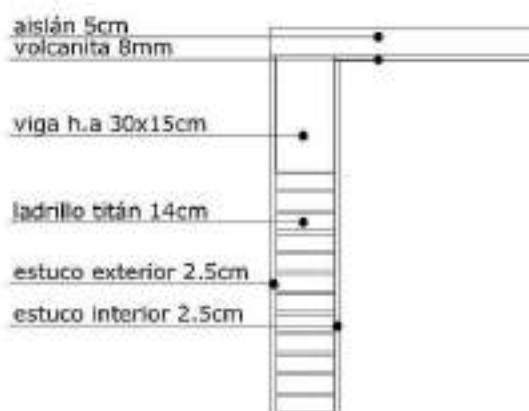
VIVIENDA 08



Colón Sur 28 Sur, #246 Casa 2



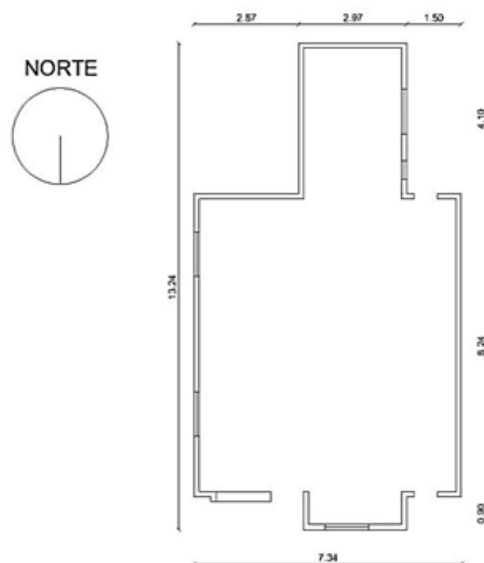
Foto de fachada



Escantillón



Calefactores



Planimetría

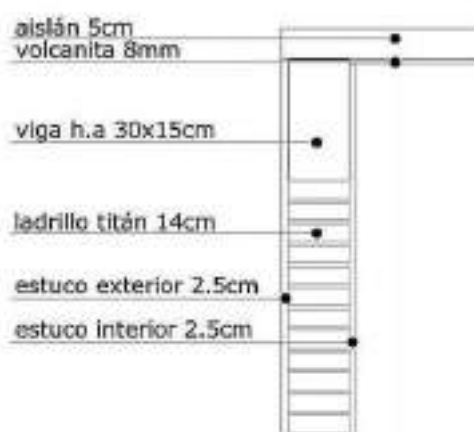
VIVIENDA 09



Don Horacio, Avda. 13 Oriente, #3157, Casa 1



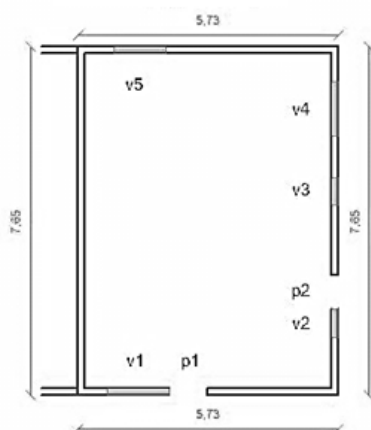
Foto de fachada



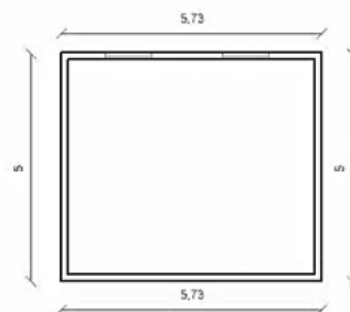
Escantillón



Calefactores



Planimetría



VIVIENDA 10



Don Arturo, 16 Nte, 11 y 12 Oriente #1841, Casa 1.

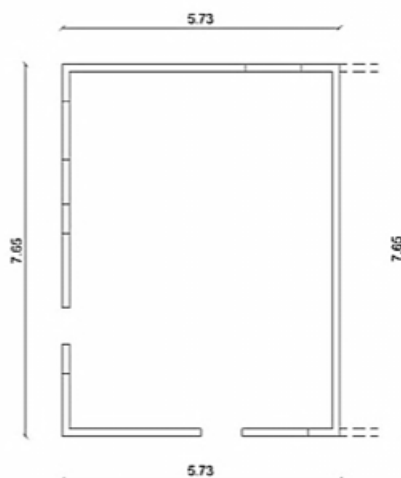


Foto de fachada



Escantillón

NORTE



Planimetría



Calefactores

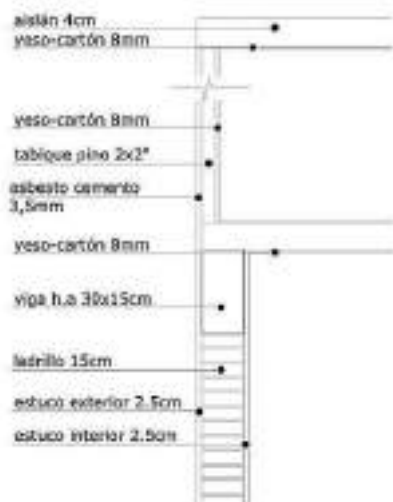
VIVIENDA 11



Villa San Marcos II, 18 1/2 Sur 11 Pte #137, Casa 1



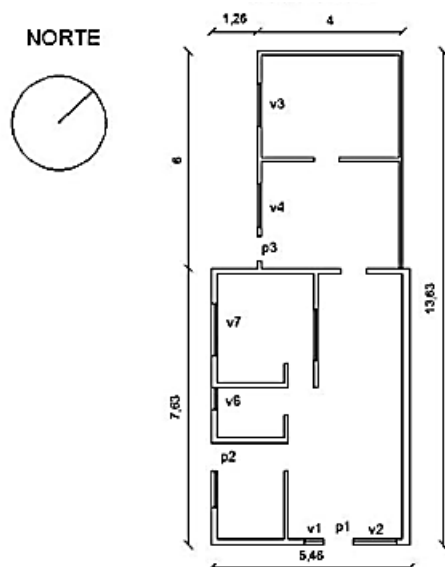
Foto de fachada



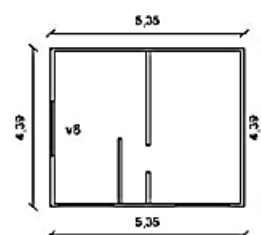
Escantillón



Calentadores



Nota: Tiene ampliación no considerada en el plano original.



Planimetría

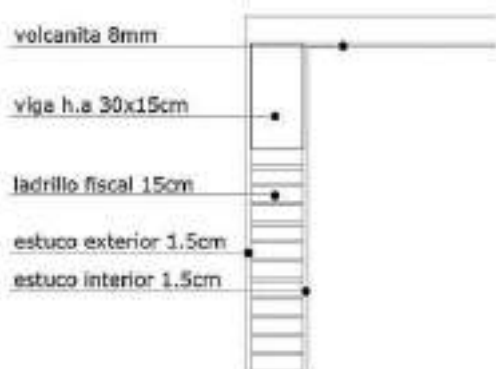
VIVIENDA 12



Las Casas 19 ½ pte. #51



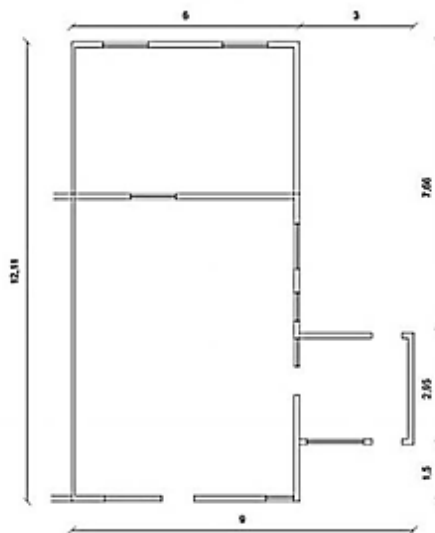
Foto de fachada



Escantillón

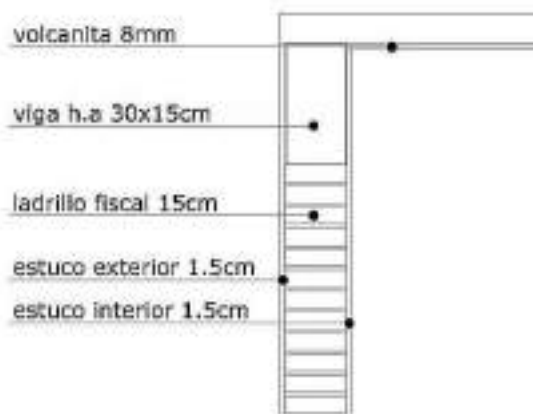
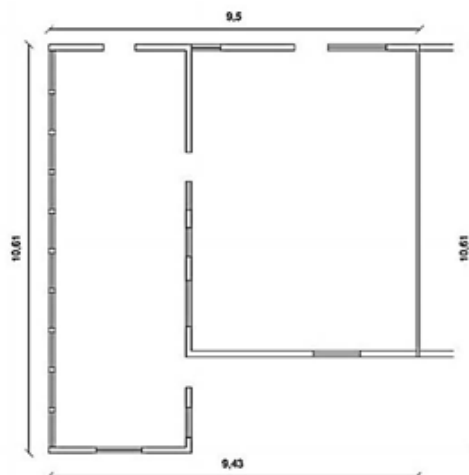


Calefactores



Nota: Tiene ampliación no considerada en el plano original.

Planimetría

VIVIENDA 13**Las Casas 29 1/2 sur #067****Foto de fachada****Escantillón****Calefactores****Planimetría**

Nota: Tiene ampliación no considerada en el plano original.

VIVIENDA 14



La Florida, calle los Quillayes #044,15 sur10 pte



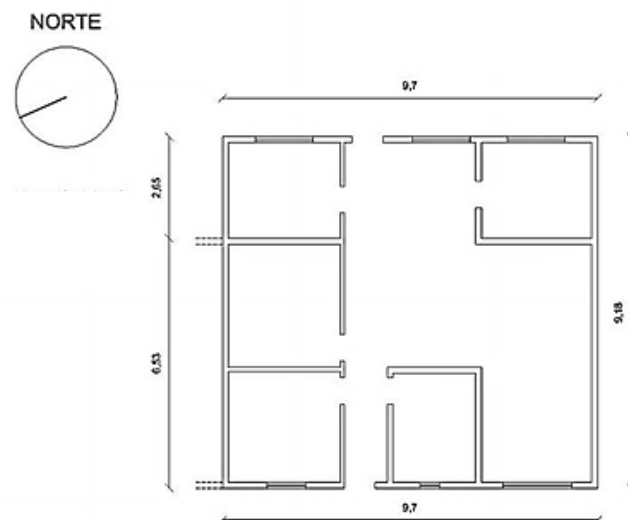
Foto de fachada



Escantillón



Calefactores



Planimetría

Nota: Tiene ampliación no considerada en el plano original.

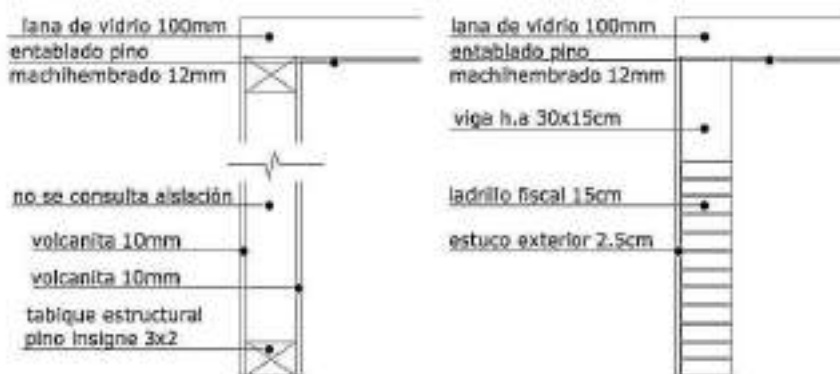
VIVIENDA 15



La Florida, calle Los Boldos #168, 15 sur



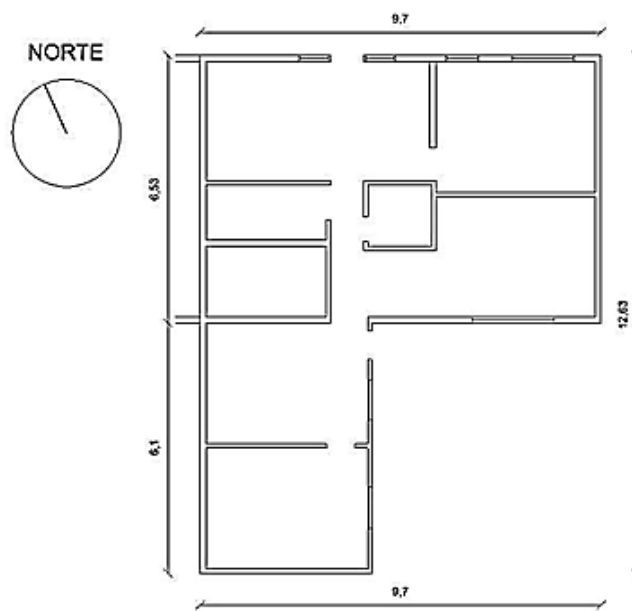
Foto de fachada



Escantillón



Calefactores



Nota: Tiene ampliación no considerada en el plano original.

Planimetría

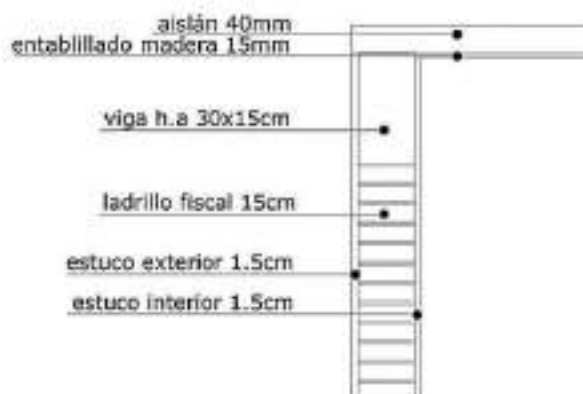
VIVIENDA 16



Jardín del Valle 29 ½ sur 18 poniente #84



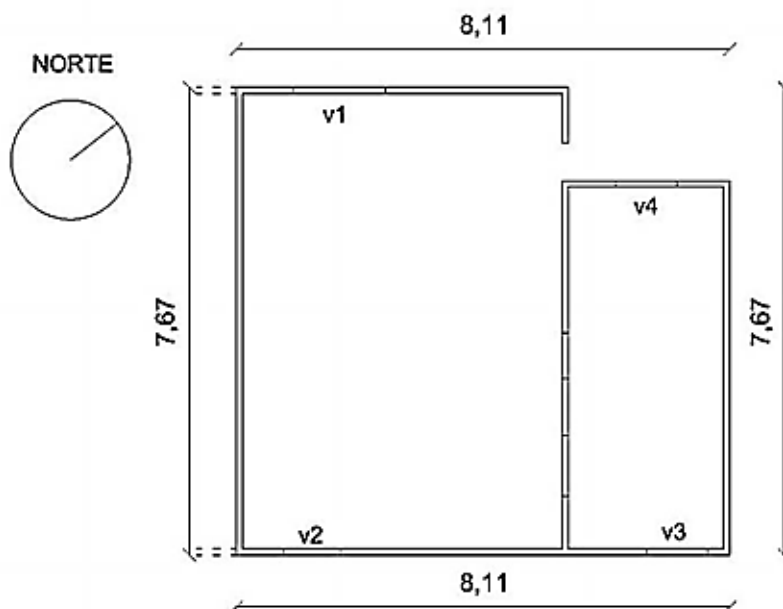
Foto de fachada



Escantillón

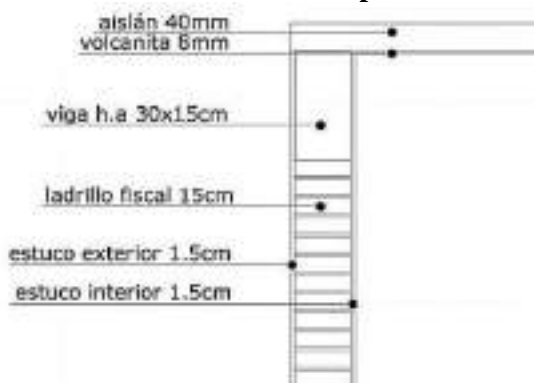
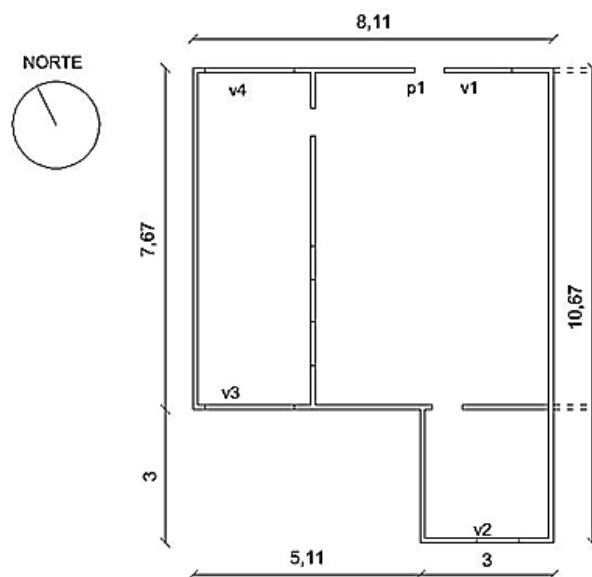


Calefactores



Nota: Tiene ampliación no considerada en el plano original.

Planimetría

VIVIENDA 17**Jardín del Valle 29 sur 15 ½ poniente #84****Escantillón****Foto de fachada****Calefactores**

Nota: Tiene ampliación no considerada en el plano original.

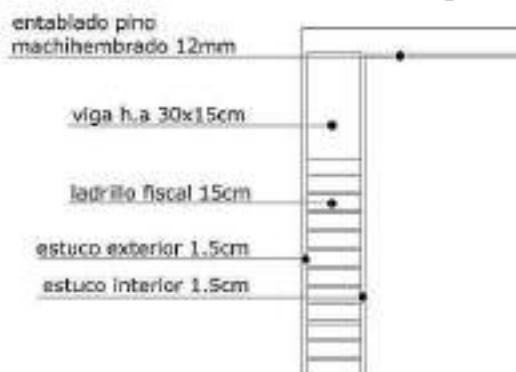
Planimetría**VIVIENDA 18**



Villa Galilea 20 ½ sur 18 ½ poniente # 20



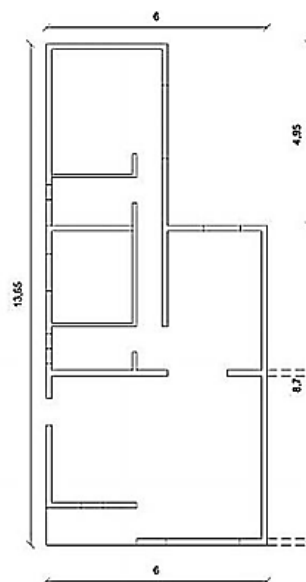
Foto de fachada



Escantillón



Calefactores



Nota: Tiene ampliación no considerada en el plano original.

Planimetría

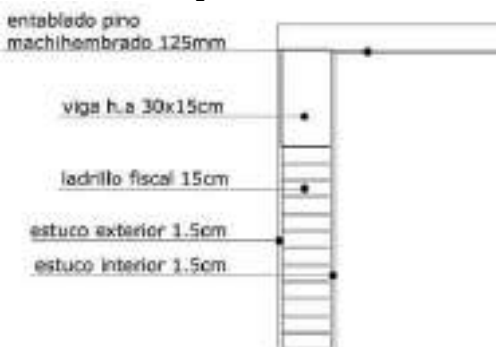
VIVIENDA 19



Villa Galilea 18 poniente con 31 sur # 31



Foto de fachada

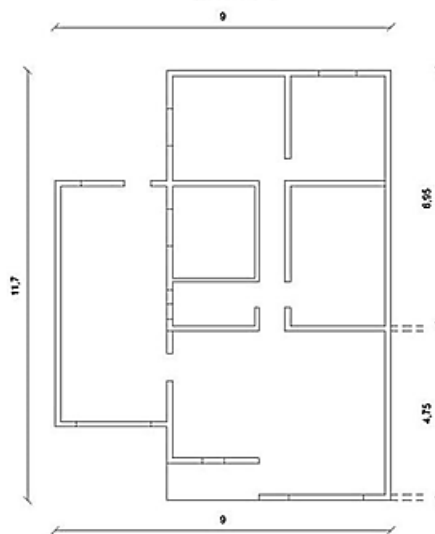


Escantillón



Calefactores

NORTE



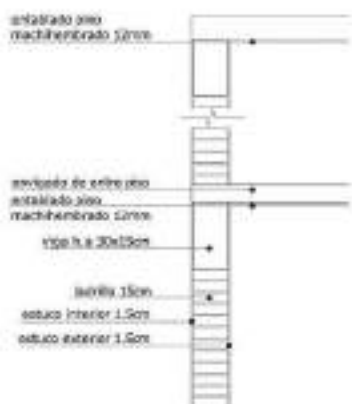
Planimetría

Nota: Tiene ampliación no considerada en el plano original.

VIVIENDA 20



Costanera 7 oriente 7 Y 8 Sur # 433



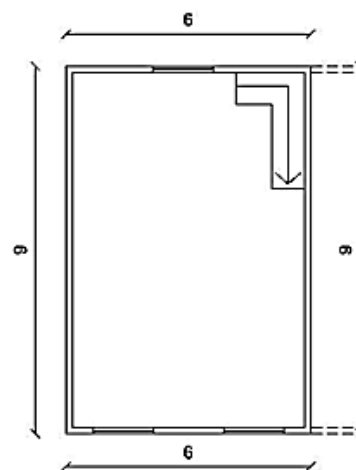
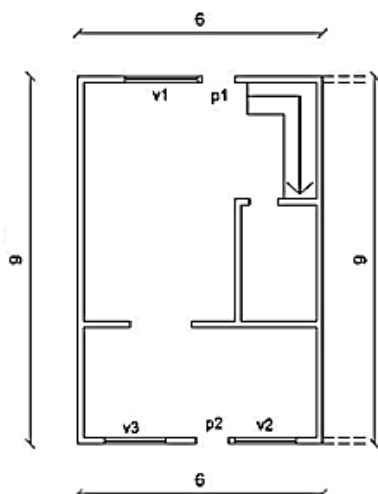
Escantillón



Foto de fachada



Calefactores



Planimetría

CASAS CON AISLACIÓN MEJORADA

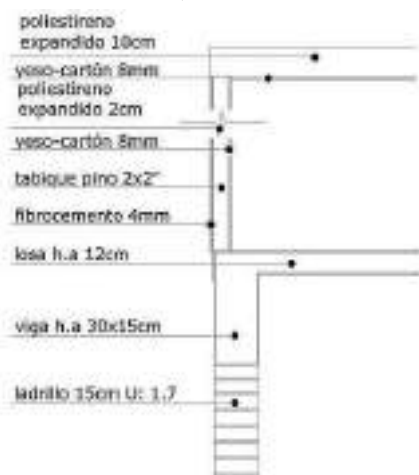
VIVIENDA 21



Calle La Foresta #1820, Casa 1. Barrio La Foresta.



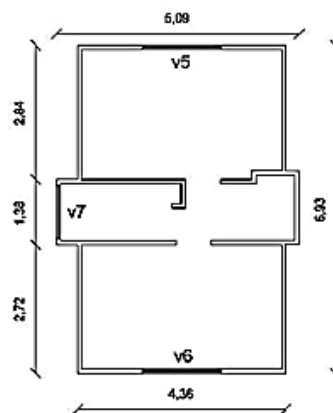
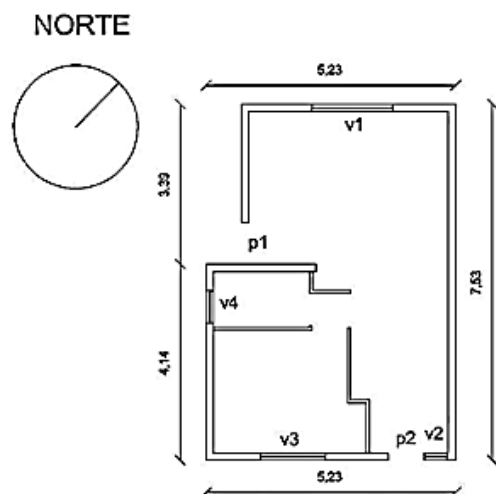
Foto de fachada



Escantillón



Calefactores



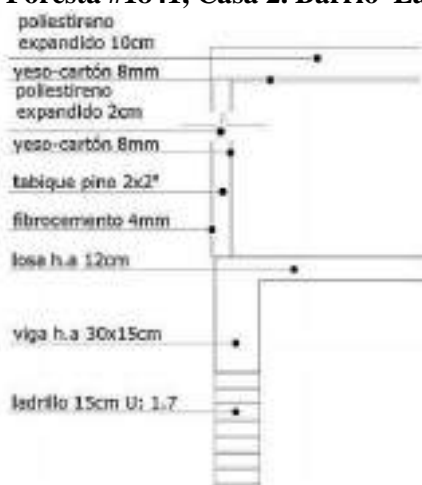
Planimetría

VIVIENDA 22



Calle La Foresta #1841, Casa 2. Barrio La Foresta.

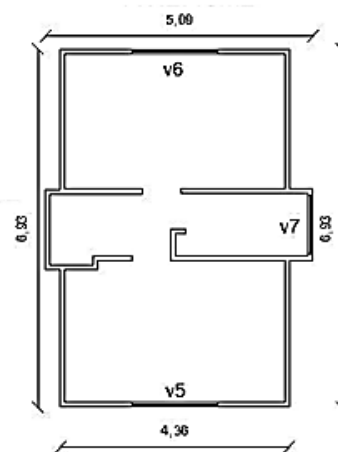
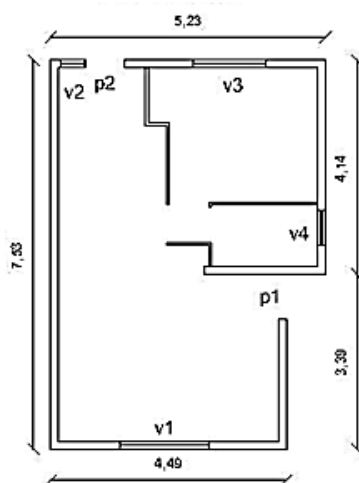
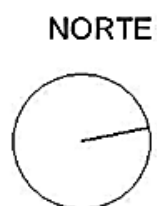
Foto de fachada



Escantillón



Calefactores



Planimetría

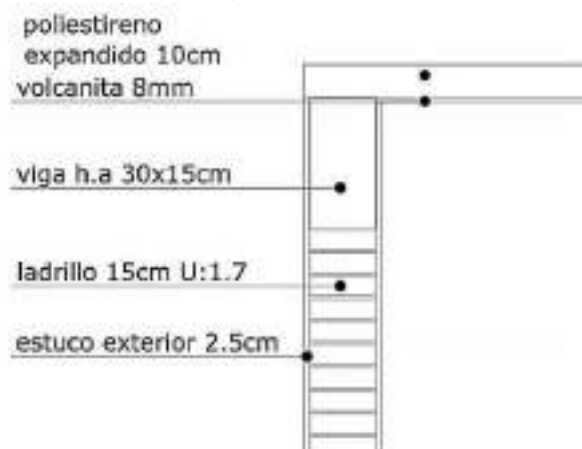
VIVIENDA 23



Calle Unihue # 1810, Casa 1. Villa Doña Antonia.



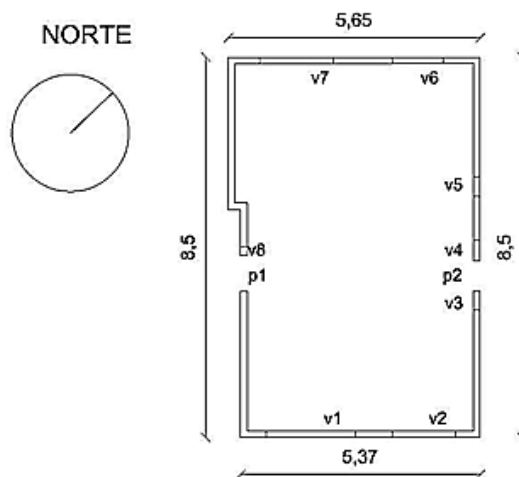
Foto de fachada



Escantillón



Calefactores



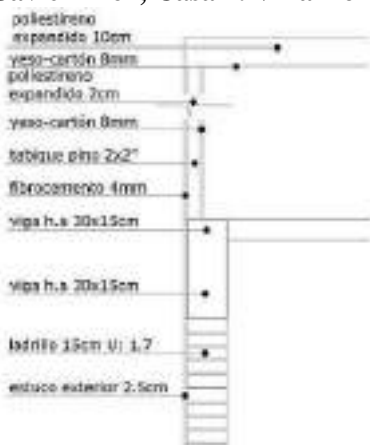
Planimetría

VIVIENDA 24



Calle San Javier #264, Casa 2. Villa Doña Antonia.

Foto de fachada

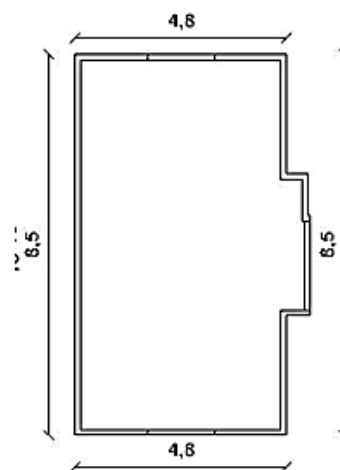
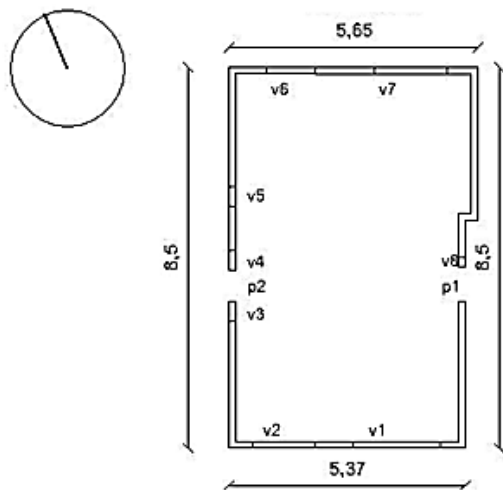


Escantillón



Calefactores

NORTE



Planimetría

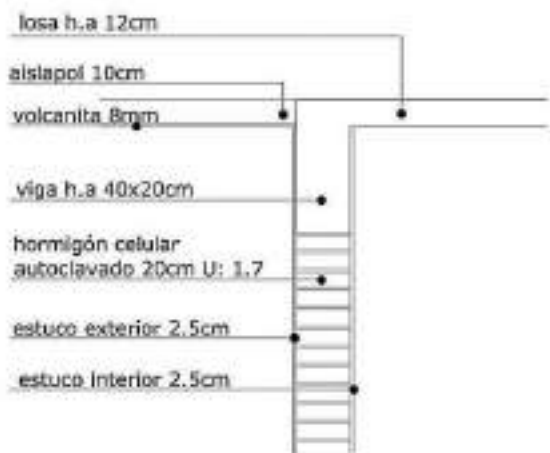
VIVIENDA 25



Los Jardines de Talca. 5¹/₂Pte C#1994. Casa1.



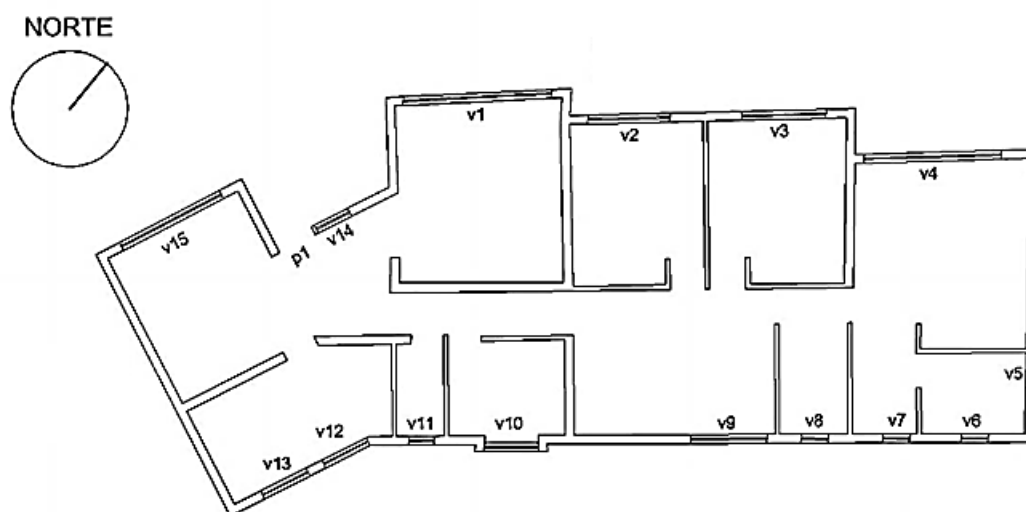
Foto de fachada



Escantillón



Calefactores



Planimetría

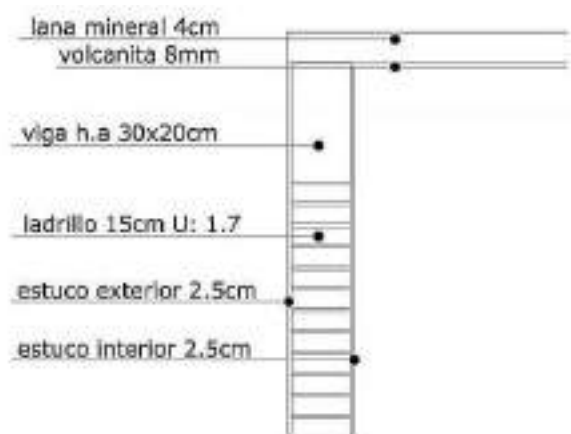
VIVIENDA 26



Los Jardines de Talca. 5^{1/2}Pte C#1994, Casa1.



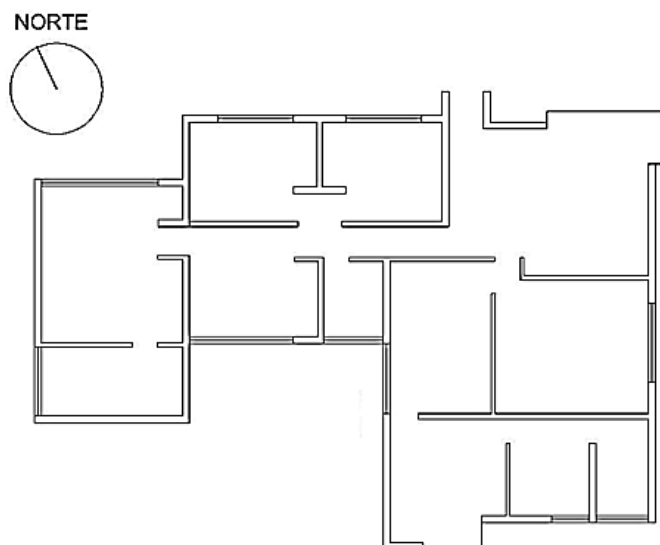
Foto de fachada



Escantillón



Calefactores



Planimetría

VIVIENDA 27

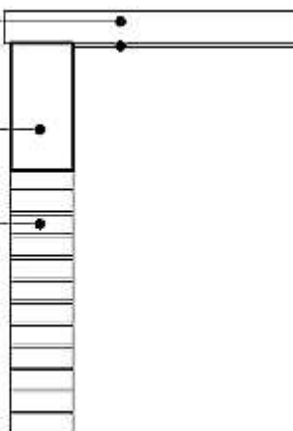


9 Oriente Pasaje 22 #1038, Casa 1. El Galpón.

lana de vidrio 100mm
volcanita 8mm

viga h.a 30x15cm

ladrillo 15cm U:1.7



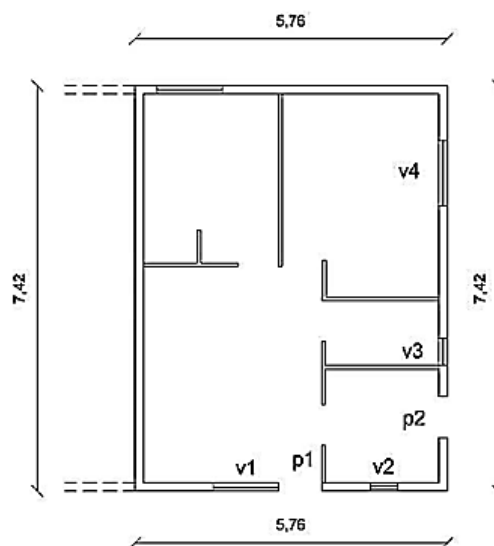
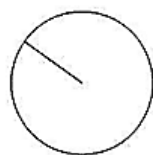
Escantillón

Foto de fachada



Calefactores

NORTE



Planimetría

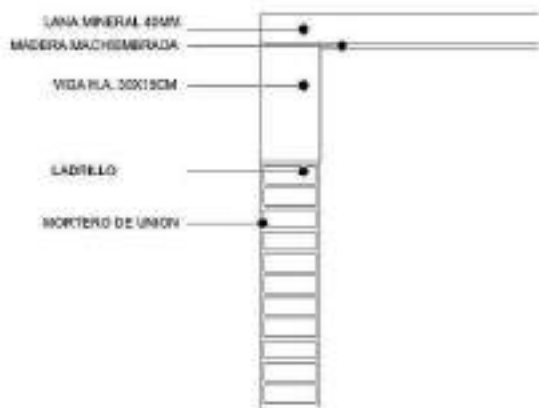
VIVIENDA 28



9 Oriente Pasaje 22 # 1053, Casa2. El Galpón.



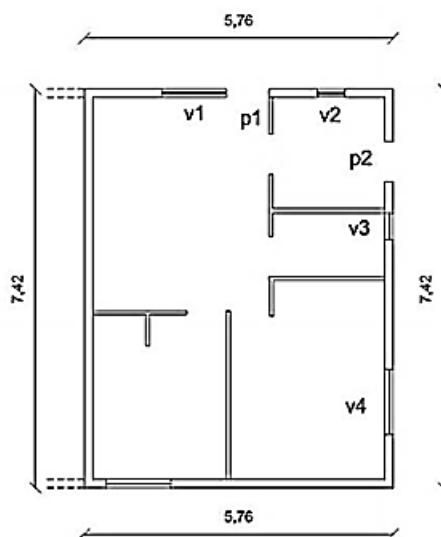
Foto de fachada



Escantillón



Calefactores



Planimetría

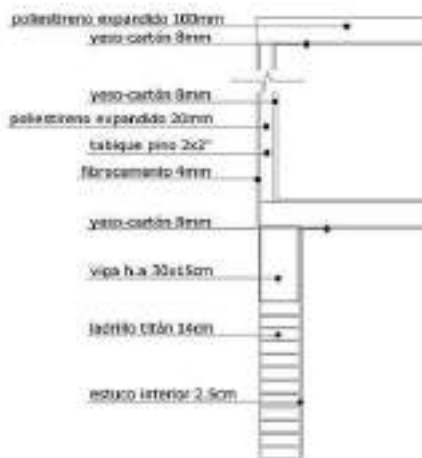
VIVIENDA 29



Don Horacio, Avda. 13 Oriente A #3141, Casa 2.



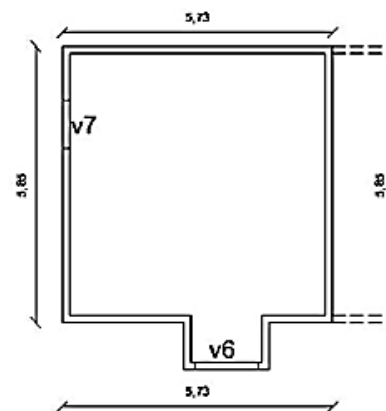
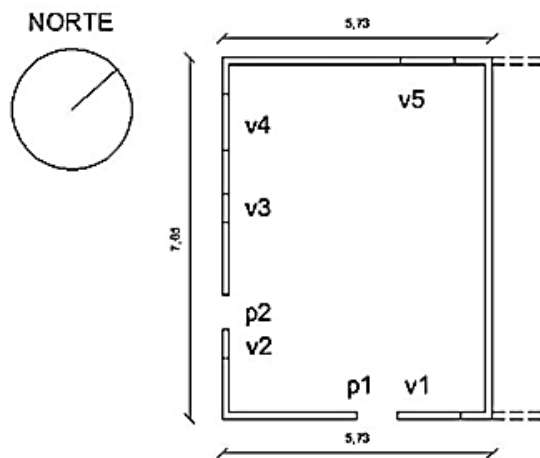
Foto de fachada



Escantillón



Calefactores



Planimetría

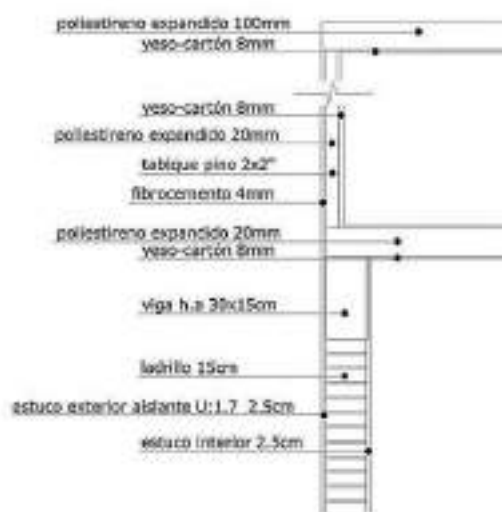
VIVIENDA30



Don Arturo 16 Norte 11 Oriente #1886, Casa 2.



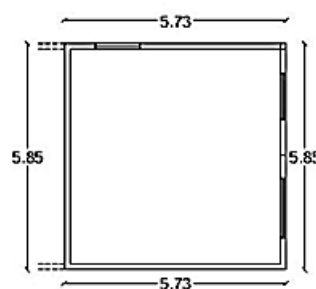
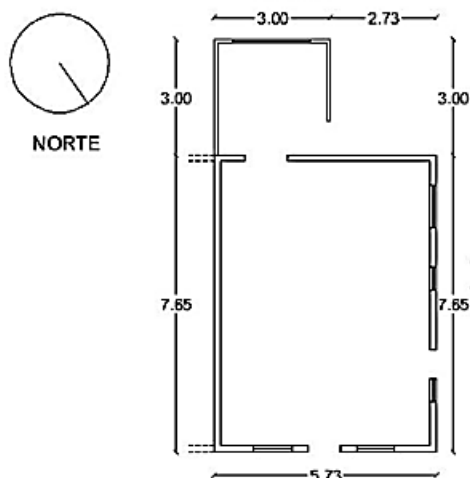
Foto de fachada



Escantillón



Calefactores



Nota: Tiene ampliación no considerada en el plano original.

Planimetría

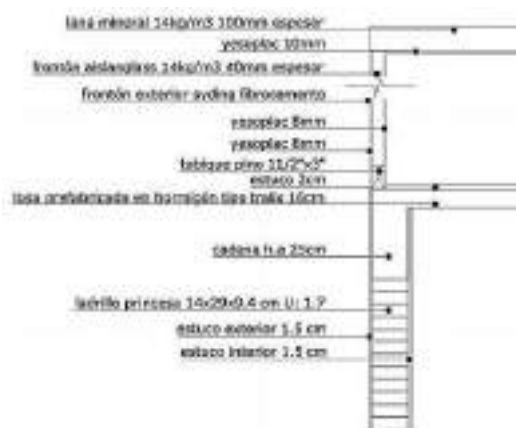
VIVIENDA 31



Villa Don Pablo. Calle 1 # 1612.



Foto de fachada

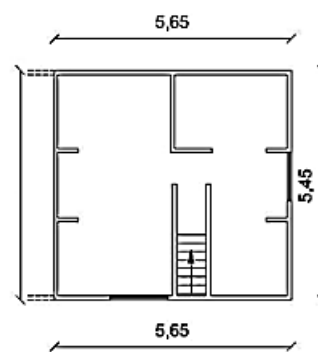
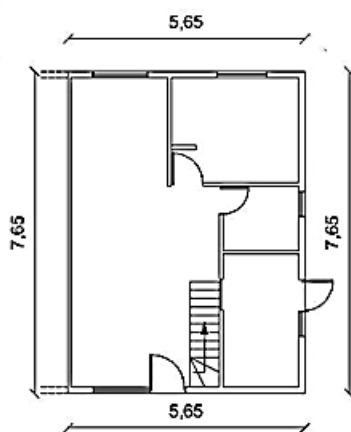


Escantillón



Calefactores

NORTE



Planimetría

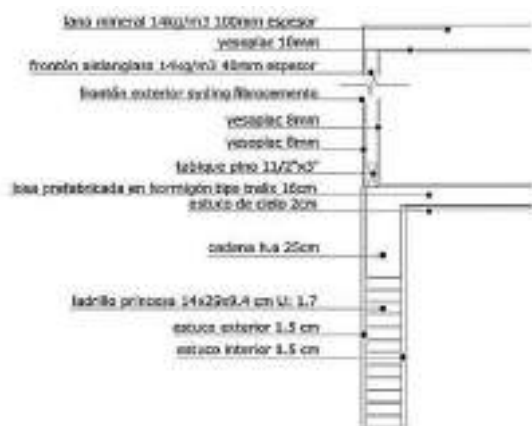
VIVIENDA 32



Villa Don Pablo. Calle 1 # 1604.



Foto de fachada

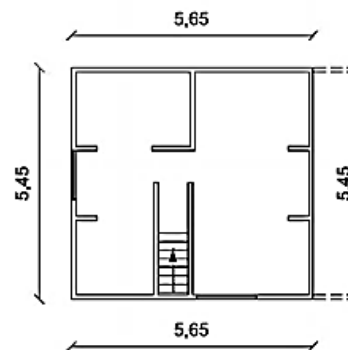
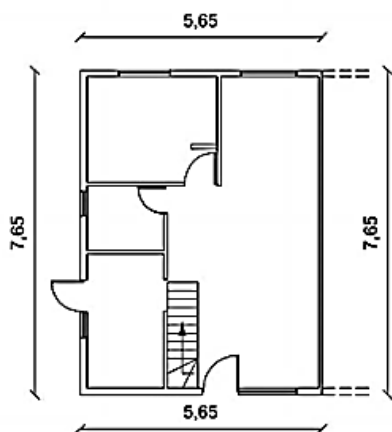


Escantillón



Calefactores

NORTE



Planimetría

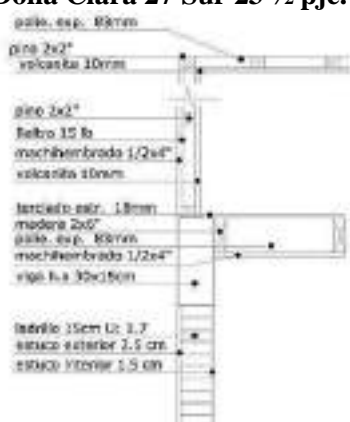
VIVIENDA 33



Villa Doña Clara 27 Sur 23 1/2 pje. # 717.



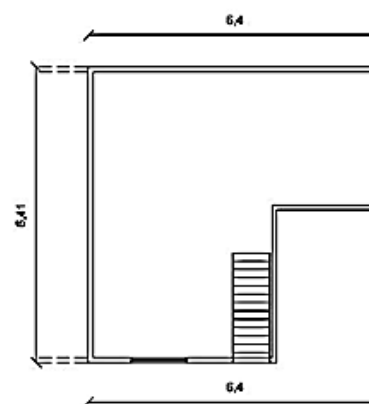
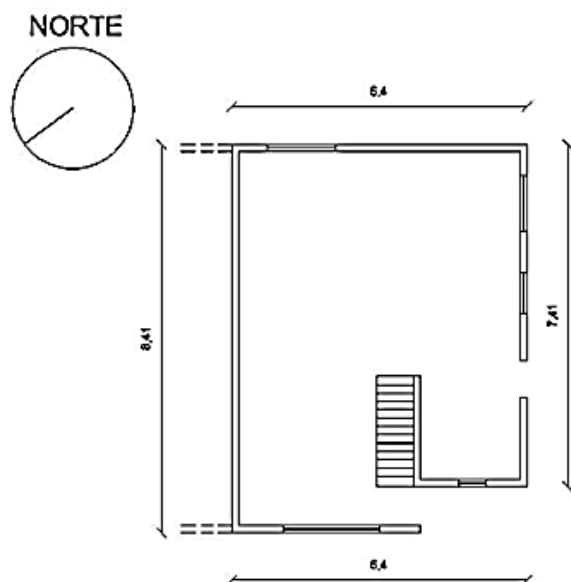
Foto de fachada



Escantillón



Calefactores



Nota: Tiene ampliación no considerada en el plano original.

Planimetría

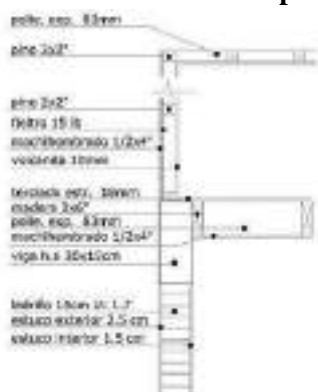
VIVIENDA 34



Villa Doña Clara 27 sur 23 1/2 pte. # 710.



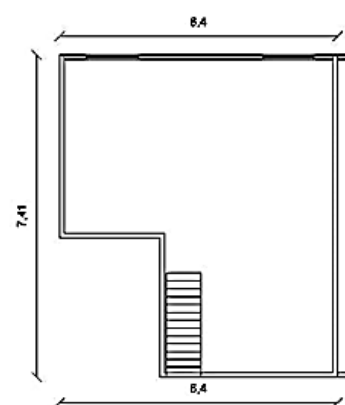
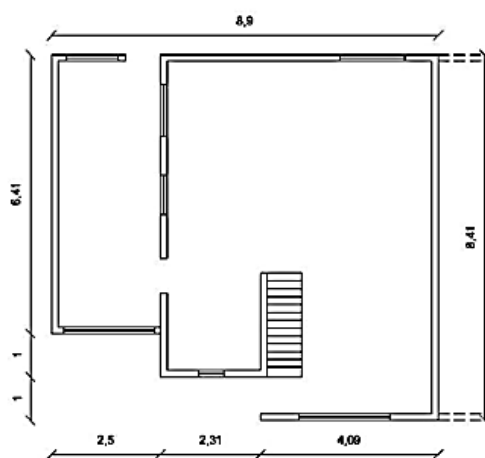
Foto de fachada



Escantillón



Calefactores



Planimetría

Nota: Tiene ampliación no considerada en el plano original.

VIVIENDA 35



Villa Puertas del Sur. Calle1 Pasaje 5 # 38.



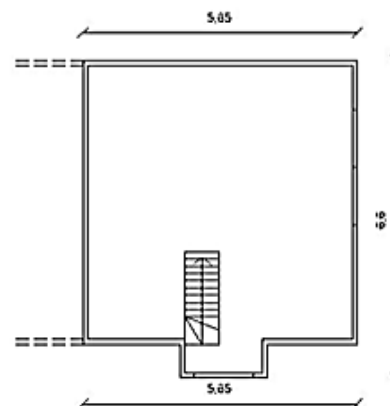
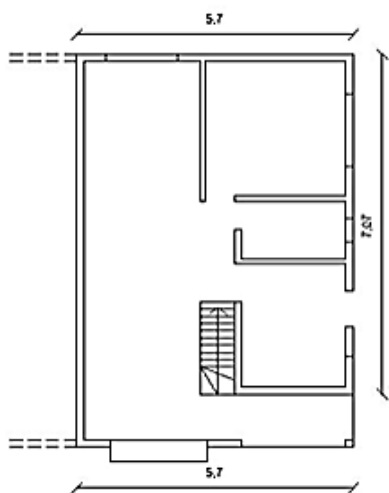
Foto de fachada



Escantillón



Calefactores



Planimetría

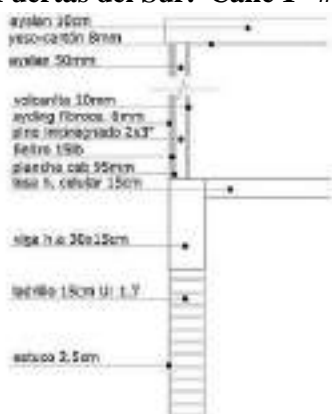
VIVIENDA 36



Villa Puertas del Sur. Calle 1 # 1526.



Foto de fachada

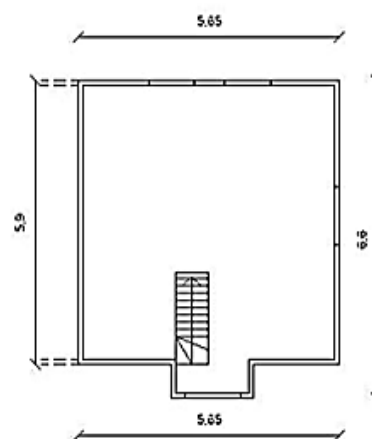
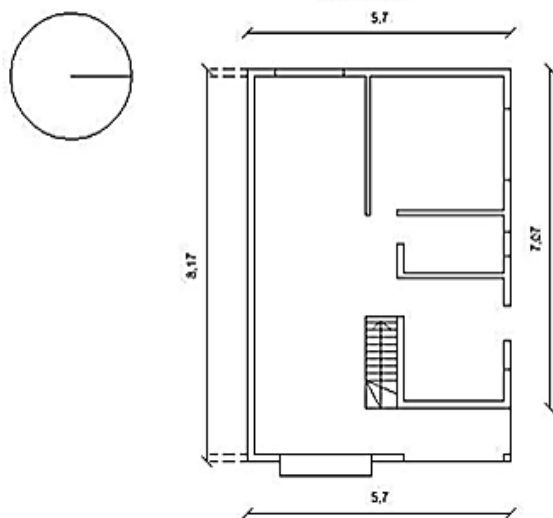


Escantillón



Calefactores

NORTE



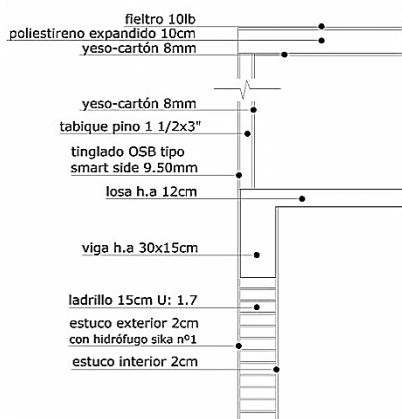
Planimetría

VIVIENDA 37



Condo.Lir

cayCalle 21 Norte psje A # 1510.



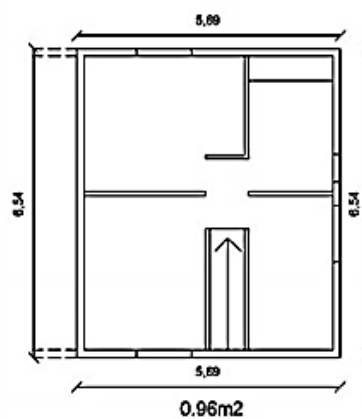
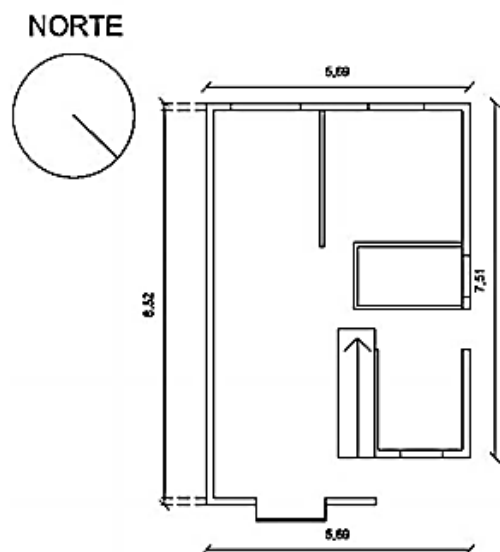
Escantillón



Foto de fachada



Calefactores



Planimetría

VIVIENDA 38

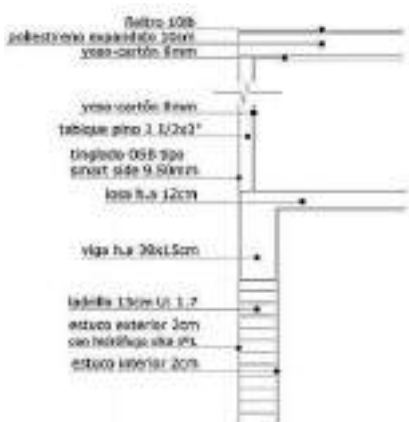


Co

ndo. Lircay. Calle 21½ Norte psje. A 8 oriente # 1512.



Foto de fachada

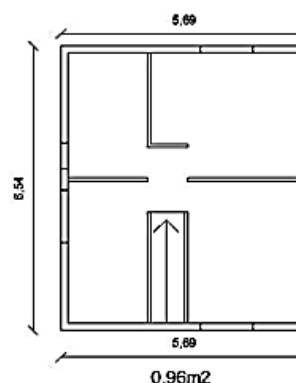
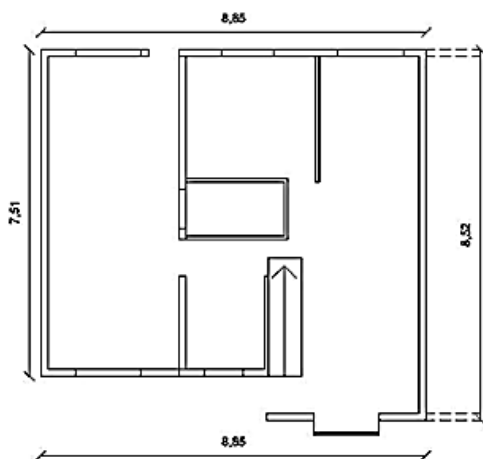
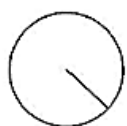


Escantillón



Calefactores

NORTE



Nota: Tiene ampliación no considerada en el plano original.

Planimetría

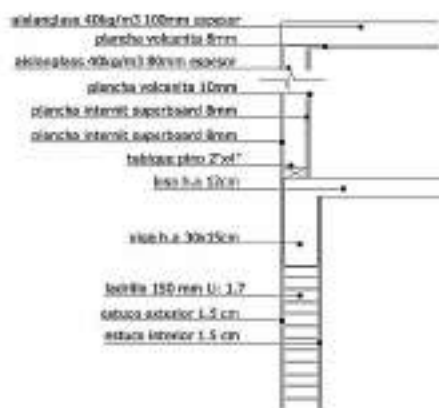
VIVIENDA 39



Loteo Bicentenario. Calle 21 norte # 3023.



Foto de fachada

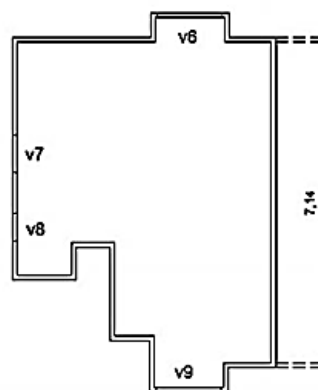
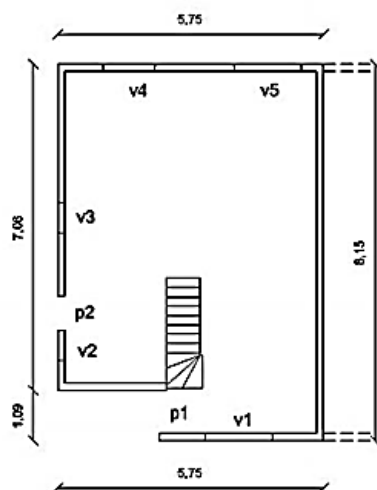
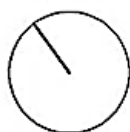


Escantillón



Calefactores

NORTE



Planimetría

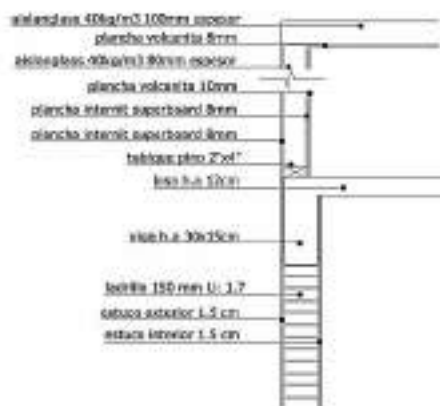
VIVIENDA 40



Loteo Bicentenario. Calle 20 oriente A21 norte # 3020.



Foto de fachada

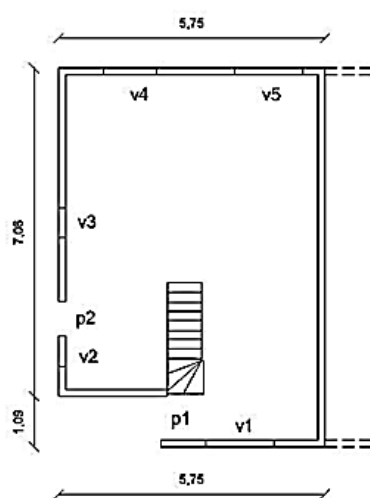
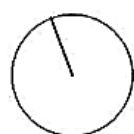


Escantillón

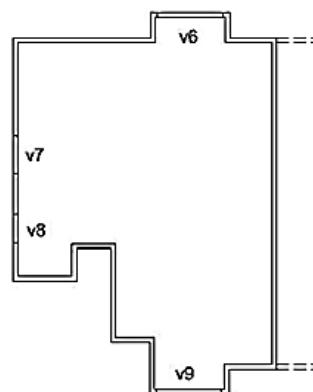


Calefactores

NORTE



Planimetría



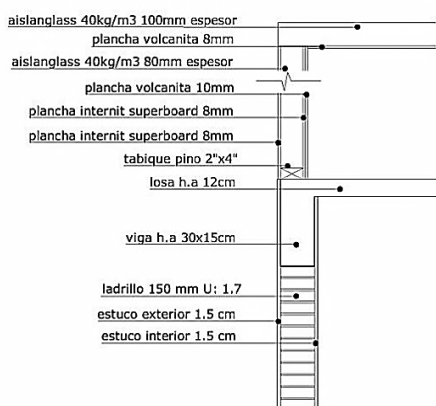
VIVIENDA 41



Loteo Bicentenario. Calle 22½ oriente # 3374



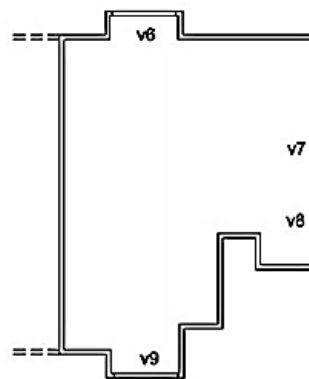
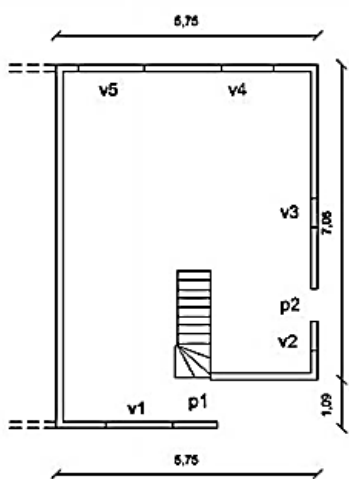
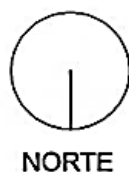
Foto de fachada



Escantillón



Calefactores



Planimetría

ANEXO B

ENCUESTAS APLICADAS A LA MUESTRA PEQUEÑA DE VIVIENDAS ESTUDIADAS DESDE EL PUNTO DE VISTA DE AISLACIÓN TÉRMICA



UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN

ENCUESTA CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN EL SECTOR RESIDENCIAL

Facultad de Ingeniería
Universidad de Concepción

COMUNA Talca Maule

<p>A.1) IDENTIFICACIÓN DEL ENCUESTADO</p> <p>NOMBRE _____</p> <p>ROL QUE CUMPLE EN LA FAMILIA</p> <table style="width: 100%;"> <tr> <td><input type="checkbox"/> 1. Jefe de hogar</td> <td><input type="checkbox"/> 4. Empleada (o)</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> 2. Dueña de casa</td> <td><input type="checkbox"/> 5. Abuelo (a)</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> 3. Hijo (a)</td> <td><input type="checkbox"/> 6. Otro, indicar _____</td> </tr> </table>	<input type="checkbox"/> 1. Jefe de hogar	<input type="checkbox"/> 4. Empleada (o)	<input type="checkbox"/> 2. Dueña de casa	<input type="checkbox"/> 5. Abuelo (a)	<input type="checkbox"/> 3. Hijo (a)	<input type="checkbox"/> 6. Otro, indicar _____	<p>A.2) IDENTIFICACIÓN DEL ENCUESTADOR</p> <p>1. NOMBRE _____</p> <p>2. FECHA _____</p>
<input type="checkbox"/> 1. Jefe de hogar	<input type="checkbox"/> 4. Empleada (o)						
<input type="checkbox"/> 2. Dueña de casa	<input type="checkbox"/> 5. Abuelo (a)						
<input type="checkbox"/> 3. Hijo (a)	<input type="checkbox"/> 6. Otro, indicar _____						

AF-A1 Identificación de los integrantes de la vivienda (personas que viven más de la mitad del año en la vivienda)

Nombre o seudónimo	Edad	Parentesco con el jefe de hogar	Horas al día que permanece en la vivienda
		Jefe de Hogar	

AF-A2 ¿Cuántas personas viven en su hogar?

AF-A3 ¿Cuántos metros cuadrados construidos tiene su hogar?

AF-A4 ¿Cuántos metros cuadrados calefacciona en su hogar?

A.3) ¿En qué año fue construida la vivienda?

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> 1. Antes del año 2000 | <input type="checkbox"/> 3. Después del año 2008 |
| <input type="checkbox"/> 2. Entre los años 2000—2008 | <input type="checkbox"/> 4. No sabe. |

I. TIPOS DE COMBUSTIBLES UTILIZADOS PARA CALEFACCION EN EL HOGAR

1.2) ¿Tiene pensado comprar/renovar una estufa o cocina a leña durante el próximo año? 1.Si 2.No

1.3) ¿Cual es su consumo MENSUAL promedio **SOLO para calefacción** en la temporada de frío?

Combustible	Temporada de frío		Temporada de frío
	Uso (cantidad)	Unidad	Gasto
Leña o madera	NO LLENAR	NO LLENAR	\$/mes
Gas			\$/mes
Electricidad		horas /días	\$/mes
Parafina		litros/ mes	\$/mes
Carbón			\$/mes
Otro: _____			\$/mes

AF-1.1 Indicar los costos aproximados en pesos. Solo para los combustibles que usa para calefacción
 [- Lo importante es conocer más o menos exacto el valor anual, para los valores mensuales pueden ayudarlos a distribuirlos en forma aproximada - Si usa por ejemplo gas licuado para cocinar y calefacción, se debe estimar que porcentaje usa en calefacción y anotarlo acá.]

	Anual	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Leña													
Parafina													
Gas													
Gas													
Carbón													
Otro													

[En Unidad, indicar claramente la unidad de medida. Por ejemplo, cilindros de gas de 15 kg, bidones de parafina de 10 lt, m3 de leña, etc.]

1.4) ¿Hace cuánto tiempo usted tiene su actual artefacto a leña ? _____ años

Nota para la pregunta 2.4

Lo importante es conocer más o menos exacto el valor anual. Para los valores mensuales pueden ayudarlos a distribuirlos en forma aproximada.

Utilizar las unidades que más les sean familiares. Aquí los encuestadores pueden ayudar a definir las unidades. Algunas unidades pueden ser: Parafina: litros o bidones de 5 litros, de 10 litros, etc. Gas licuado puede ser en kg o balones de algún tamaño. Puede poner en unidades de número de balones de 15 kg, por ejemplo o directamente en kg. Si usa varios tipos de balones, es mejor hacer la conversión den kg para anotarlo en la encuesta.

Por tanto: en Unidad, indicar claramente la unidad de medida. Por ejemplo, cilindros de gas de 15 kg, bidones de parafina de 10 litros, m3 de leña, etc.

II. CUANTIFICACIÓN DEL CONSUMO DE LEÑA, DESECHOS VEGETALES Y OTROS COMBUSTIBLES

2.1) ¿En qué unidad compra o adquiere la leña para su hogar,? .

(Para cada caso, marque todas las que corresponda, máximo 3 opciones)

- | | | | | | |
|--------------------------|-------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|-------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> | 1. Camioneta L C | <input type="checkbox"/> | 5. Por saco | <input type="checkbox"/> | 9. m ³ a granel o tirado |
| <input type="checkbox"/> | 2. Triciclo | <input type="checkbox"/> | 6. Por canasto | <input type="checkbox"/> | 10. Otra, _____ |
| <input type="checkbox"/> | 3. Carretilla de mano | <input type="checkbox"/> | 7. Por kilo | <input type="checkbox"/> | 11. No sabe |
| <input type="checkbox"/> | 4. Por unidad (astilla) | <input type="checkbox"/> | 8. m ³ ordenado | <input type="checkbox"/> | 12. No responde |

2.2) ¿Cómo trae o adquiere usted la leña para su hogar,? .

(Para cada caso, marque todas las que corresponda, máximo 3 opciones) (MOSTRAR TARJETA A)

- | | | | | | |
|--------------------------|--------------------|--------------------------|----------------------|--------------------------|-----------------------|
| <input type="checkbox"/> | 1. Camión largo | <input type="checkbox"/> | 4. Camioneta corta | <input type="checkbox"/> | 7. Carretilla de mano |
| <input type="checkbox"/> | 2. Camión 3/4 | <input type="checkbox"/> | 5. Carreta de animal | <input type="checkbox"/> | 8. Maletero automóvil |
| <input type="checkbox"/> | 3. Camioneta larga | <input type="checkbox"/> | 6. Triciclo | <input type="checkbox"/> | 9. Otro _____ |

2.3) ¿Qué especies de árboles o arbustos utiliza frecuentemente para leña ? (Identifique según escala de valor de 1 a 3 si corresponde, siendo 1 la más importante)

- | | | | | | |
|--------------------------|-------------------|--------------------------|----------------|--------------------------|----------------------------------|
| <input type="checkbox"/> | 1. Hualle (Roble) | <input type="checkbox"/> | 5. Pino | <input type="checkbox"/> | 9. Nativas (especificar) _____ |
| <input type="checkbox"/> | 2. Eucaliptus | <input type="checkbox"/> | 6. Mixto | <input type="checkbox"/> | 10. Frutales (especificar) _____ |
| <input type="checkbox"/> | 3. Aromo | <input type="checkbox"/> | 7. No sabe | <input type="checkbox"/> | 11. Otra (especificar) _____ |
| <input type="checkbox"/> | 4. Espino | <input type="checkbox"/> | 8. No responde | | |

2.4) ¿Cuanta leña consumió el año pasado en cada mes?, según su experiencia , ¿cuanto cree usted que consumirá en los siguientes meses? (Indicar la unidad de compra, especie, precio y cantidad según la unidad) . Debe indicar lo que consumió ese mes no lo que compró.

2.4.1	LEÑA								UNIDAD				
	ESPECIE								PRECIO				
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTA
2.4.2	LEÑA								UNIDAD				
	ESPECIE								PRECIO				
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTA
2.4.3	CARBON U OTRO								UNIDAD				
	ESPECIFICAR								PRECIO				
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTA
2.4.4	GLP (GAS LICUADO)								UNIDAD				
	ESPECIFICAR								PRECIO				
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTA
2.4.5	PARAFINA								UNIDAD				
	ESPECIFICAR								PRECIO				
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTA

III. USO DE COMBUSTIBLE LEÑA EN EL HOGAR Y TIPO DE EQUIPAMIENTO

3.1) Indicar los equipos utilizados con combustibles de leña en el hogar. (Identifique para cada uno de los equipos el tipo, la antigüedad y marca) (MOSTRAR TARJETA B)

Equipos a leña.

Actividad	Característica del equipo			¿Cada cuanto tiempo realiza mantenimiento al equipo?, (meses)	D ¿Quema otra cosa además de leña?
	A Tipo (s) de equipos	B Marca	Antigüedad (años)		
Cocina					
Calefacción					
Calentar agua ducha					
Otro					

Tipos de equipos (A)

1. Cocina de hierro
2. Chimenea
3. Combustión lenta doble cámara¹
4. Combustión lenta cámara simple
5. Salamandra
6. Cocina a leña
7. Otro _____
8. No sabe
9. No responde

Marca del equipo (B)

1. Amesti
2. Bosca
3. Pucón
4. Efel
5. Otra _____
6. No sabe
7. No responde

Quemas varias (D)

1. Papeles
2. Basura
3. Hojas
4. Plásticos (bolsas, botellas)
5. Otro _____
6. No sabe
7. No responde

¹Corresponde a calefactores de combustión lenta con sistemas de templador con aire secundario tecnologías más ofrecidas en el mercado por los fabricantes nacionales entre ellos, Amsti, Bosca, Efel, Alzarar

Otros equipos

AF-3.1 Identificar los tipos de equipos que utiliza para calefaccionarse y uso.

En el caso que tengan, por ejemplo, 2 calefactores a gas sin chimenea, anotar las horas de uso de los dos sumados, es decir si uno se usa 4 horas al día y el otro 6 horas al día anotar 10 horas al día.

	Número de equipos de este tipo	Horas de uso al día. Promedio en los meses que la usa. (h)	Número de meses al año en que utiliza este tipo de calefacción
1. Calefactor a gas con chimenea.	(a)	(b)	(c)
2. Calefactor a gas sin chimenea.	(a)	(b)	(c)
3. Calefactor a parafina con chimenea.	(a)	(b)	(c)
4. Calefactor a parafina sin chimenea.	(a)	(b)	(c)
5. Eléctrico	(a)	(b)	(c)
6. Otro. Señalar:	(a)	(b)	(c)

3.2) ¿Durante el día cuándo y cómo utiliza sus equipos de combustión de leña?

Equipo (s)	Periodo	Intensidad de uso	Tiraje (E)
Cocina a leña	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22	Carga completa	
	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22	Carga media	
	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22	Carga mínima	
Equipo _____	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22	Carga completa	
	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22	Carga media	
	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22	Carga mínima	
Equipo _____	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22	Carga completa	
	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22	Carga media	
	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22	Carga mínima	

AF-3.2 Indicar horario de uso de otro combustible para calefaccionar el hogar.

Equipo (s)	Periodo	Intensidad de uso
GLP	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22	Potencia máxima
	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22	Potencia media
	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22	Potencia mínima
Parafina	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22	Potencia máxima
	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22	Potencia media
	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22	Potencia mínima
Electricidad	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22	Potencia máxima
	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22	Potencia media
	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22	Potencia mínima

USO DEL TIRAJE

1. Totalmente abierto 5. No sabe
2. Parcialmente cerrado 6. No aplica
3. Totalmente cerrado 7. No responde
4. Otro

AF-3.3 En general, durante el invierno, en qué estado mantiene la calefacción durante el día. Seleccione solo una opción, la que según Ud., este más de acuerdo.

	Selección
No tiene la calefacción encendida	(1)
La calefacción generalmente está al mínimo	(2)
La calefacción está generalmente en un nivel medio	(3)
La calefacción esta generalmente al máximo	(4)

AF-3.4 Cuál de las frases se acomoda más en relación al nivel de calefacción que mantiene en la vivienda. Seleccione solo una opción, la que según Ud., esté más de acuerdo.

	SELECCIÓN
Mantengo el nivel de calefacción más adecuado, sin pensar en el costo que esto implica.	(1)
Limite, ligeramente el uso de la calefacción para ahorrar dinero	(2)
Limite, en forma considerable el uso de la calefacción para ahorrar dinero.	(3)
Mantengo la calefacción al nivel mínimo debido al alto costo.	(4)
Enciendo la calefacción, sólo en casos excepcionales debido a su alto costo.	(5)
No uso la calefacción, debido su alto costo.	(6)

IV. ABASTECIMIENTO DE LEÑA

4.1) ¿De qué forma usted obtiene normalmente la leña? (**Complete en términos porcentuales su forma de abastecimiento**)

Combustible/ Abastecimiento	Recolecta/ propia	Regalo	Compra	Otro _____	Total
Leña					100%
Desechos forestales/ aserradero					100%
Desechos de poda					100%

4.2) ¿Con qué frecuencia se abastece usted leña durante el año? (**marcar sólo una alternativa**)

- | | | |
|--|--|--|
| <input type="checkbox"/> 1. Diariamente | <input type="checkbox"/> 4. 1 vez al mes | <input type="checkbox"/> 7. Otro (especificar) _____ |
| <input type="checkbox"/> 2. 2 ó 3 por semana | <input type="checkbox"/> 5. 2 a 4 veces al año | <input type="checkbox"/> 8. No sabe |
| <input type="checkbox"/> 3. Semanalmente | <input type="checkbox"/> 6. 1 vez al año | <input type="checkbox"/> 9. No responde |

4.3) La leña que usted adquiere viene: (**marque la que mejor aplique**)

1. Seca 2. Semi-húmeda 3. Húmeda 4. No sabe

4.4) Deja secar la leña una vez que la adquiere

4.5) ¿Cómo almacena usted la leña en su hogar? (**marcar alternativas según corresponda**)

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> 1. Bajo techo | <input type="checkbox"/> 4. No almacena |
| <input type="checkbox"/> 2. A la intemperie | <input type="checkbox"/> 5. A la Intemperie con un plástico |
| <input type="checkbox"/> 3. En un galpón | <input type="checkbox"/> 6. No sabe |
| | <input type="checkbox"/> 7. Otra (especificar) _____ |

VI. CARACTERÍSTICAS DE LA VIVIENDA Y ESTADO DE CONSERVACIÓN Y VENTILACION

4.6) ¿Cuánta leña puede usted almacenar en su hogar? Cantidad _____ Unidad _____

6.1) Tipo de vivienda

- | | | | |
|--------------------------|-----------------|--------------------------|---------------------------|
| <input type="checkbox"/> | 1. Casa aislada | <input type="checkbox"/> | 4. Departamento/ edificio |
| <input type="checkbox"/> | 2. Casa pareada | <input type="checkbox"/> | 5. Mediagua |
| <input type="checkbox"/> | 3. Casa en fila | <input type="checkbox"/> | 6. No sabe |

6.2) Tipos de ventanas que tiene la vivienda (indicar cuantas de cada tipo)

- | | | | | | | |
|-------------------|--------------------------|--------------------|--------------------------|--------------------|--------------------------|------------------------|
| Vidrio simple | <input type="checkbox"/> | 1. Ventanas chicas | <input type="checkbox"/> | 2. Ventanas grande | <input type="checkbox"/> | 3. Ventanal piso-cielo |
| Vidrio Termopanel | <input type="checkbox"/> | 4. Ventanas chicas | <input type="checkbox"/> | 5. Ventanas grande | <input type="checkbox"/> | 6. Ventanal piso-cielo |

6.3) Material predominante en los muros exteriores de la vivienda

- | | | |
|--------------------------|--|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | 1. De acero u hormigón armado | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | 2. Albañilería de ladrillo, bloque de cemento o piedra | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | 3. Tabique forrado por ambas caras | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | 4. Adobe | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | 5. Tabique sin forro interior | <input type="checkbox"/> |

6.4) Estado de conservación de los muros

- | | | | |
|--------------------------|--------------|--------------------------|------------|
| <input type="checkbox"/> | 1. Bueno | <input type="checkbox"/> | 3. Malo |
| <input type="checkbox"/> | 2. Aceptable | <input type="checkbox"/> | 4. No sabe |

6.5) Material predominante del piso de la vivienda

- | | | | |
|--------------------------|--|--------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> | 1. Radier revestido (parquet, cerámica, tabla) | <input type="checkbox"/> | 4. Madera, plástico o pastelones sobre la tierra |
| <input type="checkbox"/> | 2. Radier no revestido | <input type="checkbox"/> | 5. Piso de tierra |
| <input type="checkbox"/> | 3. Tabla o parquet sobre vigas | <input type="checkbox"/> | 6. No responde |

6.6) Estado de conservación del piso

- | | | | |
|--------------------------|--------------|--------------------------|------------|
| <input type="checkbox"/> | 1. Bueno | <input type="checkbox"/> | 3. Malo |
| <input type="checkbox"/> | 2. Aceptable | <input type="checkbox"/> | 4. No sabe |

6.7) Material predominante del techo de la vivienda

- | | | | |
|--------------------------|---|--------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> | 1. Teja, tejuela, losa de hormigón con cielo interior | <input type="checkbox"/> | 5. Paja, totora o caña |
| <input type="checkbox"/> | 2. Zinc o pizarreño con cielo interior | <input type="checkbox"/> | 6. Desecho (plásticos, latas, cartones) |
| <input type="checkbox"/> | 3. Zinc, pizarreño, teja, tejuela o madera sin cielo interior | <input type="checkbox"/> | 7. No sabe |

6.8) Estado de conservación del techo

- | | | | |
|--------------------------|--------------|--------------------------|------------|
| <input type="checkbox"/> | 1. Bueno | <input type="checkbox"/> | 3. Malo |
| <input type="checkbox"/> | 2. Aceptable | <input type="checkbox"/> | 4. No sabe |

6.9) Tiene aislación térmica en los muros

- | | | | | | |
|--------------------------|-------------------------------|--------------------------|-------|--------------------------|------------|
| <input type="checkbox"/> | 1. Sí (indicar espesor) _____ | <input type="checkbox"/> | 2. No | <input type="checkbox"/> | 2. No sabe |
|--------------------------|-------------------------------|--------------------------|-------|--------------------------|------------|

6.10) Tiene aislación térmica en el cielo

- | | | | | | |
|--------------------------|-------------------------------|--------------------------|-------|--------------------------|------------|
| <input type="checkbox"/> | 1. Sí (indicar espesor) _____ | <input type="checkbox"/> | 2. No | <input type="checkbox"/> | 2. No sabe |
|--------------------------|-------------------------------|--------------------------|-------|--------------------------|------------|

6.11) ¿Cuántas horas al día ventila la vivienda en invierno? _____

6.12) ¿ A qué hora inicia la ventilación normalmente? _____ AM PM

6.13) ¿ Cómo ventila su vivienda normalmente? (debe seleccionar 1 opción)

- | | | | |
|--------------------------|--|--------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> | 1. Abre sólo una ventana o puerta en la casa | <input type="checkbox"/> | 3. Abre 2 ventanas o puertas opuestas en la casa |
| <input type="checkbox"/> | 2. Abre 2 ventanas o puertas en el mismo lado de la casa | <input type="checkbox"/> | 4. Abre más de 2 ventanas o puertas |
| | | <input type="checkbox"/> | 5. No ventila |

VIII. CONFORT EN INVIERNO

8.1) ¿Cuál es el nivel de temperatura en invierno en las horas en que tiene la calefacción encendida?

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> 1.La vivienda es muy fría | <input type="checkbox"/> 5.La vivienda es ligeramente calurosa |
| <input type="checkbox"/> 2.La vivienda es fría | <input type="checkbox"/> 6.La vivienda es calurosa |
| <input type="checkbox"/> 3.La vivienda es ligeramente fría | <input type="checkbox"/> 7.No sabe |
| <input type="checkbox"/> 4.La vivienda es agradable | <input type="checkbox"/> 8. No responde |

8.2) ¿Cuál es el nivel de temperatura en invierno en las horas en que tiene la calefacción apagada? **Considerar por lo menos dos horas después que se apagó la calefacción.**

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> 1.La vivienda es muy fría | <input type="checkbox"/> 5.La vivienda es ligeramente calurosa |
| <input type="checkbox"/> 2.La vivienda es fría | <input type="checkbox"/> 6.La vivienda es calurosa |
| <input type="checkbox"/> 3.La vivienda es ligeramente fría | <input type="checkbox"/> 7.No sabe |
| <input type="checkbox"/> 4.La vivienda es agradable | <input type="checkbox"/> 8. No responde |

8.3) Indique el nivel de ropa que utiliza en su vivienda cuando la calefacción está encendida en el día

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> 1.Solo polera o camisa | <input type="checkbox"/> 5.Chaleco grueso más chaqueta o similar |
| <input type="checkbox"/> 2.Chaleco delgado | <input type="checkbox"/> 6.Chaleco grueso más parka |
| <input type="checkbox"/> 3.Chaleco grueso | <input type="checkbox"/> 7.No sabe |
| <input type="checkbox"/> 4.Doble chaleco grueso | <input type="checkbox"/> 8. No responde |

8.4) Indique el nivel de ropa que utiliza en su vivienda cuando la calefacción está apagada en el día

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> 1.Solo polera o camisa | <input type="checkbox"/> 5.Chaleco grueso más chaqueta o similar |
| <input type="checkbox"/> 2.Chaleco delgado | <input type="checkbox"/> 6.Chaleco grueso más parka |
| <input type="checkbox"/> 3.Chaleco grueso | <input type="checkbox"/> 7.No sabe |
| <input type="checkbox"/> 4.Doble chaleco grueso | <input type="checkbox"/> 8. No responde |

AF 8-1 ¿Cuál es su sensación al interior de su vivienda en invierno en las siguientes situaciones?

Indicar valores del 1 al 4, donde:

- 1 es muy fría,
2 es fría,
3 es agradable
4 caluroso

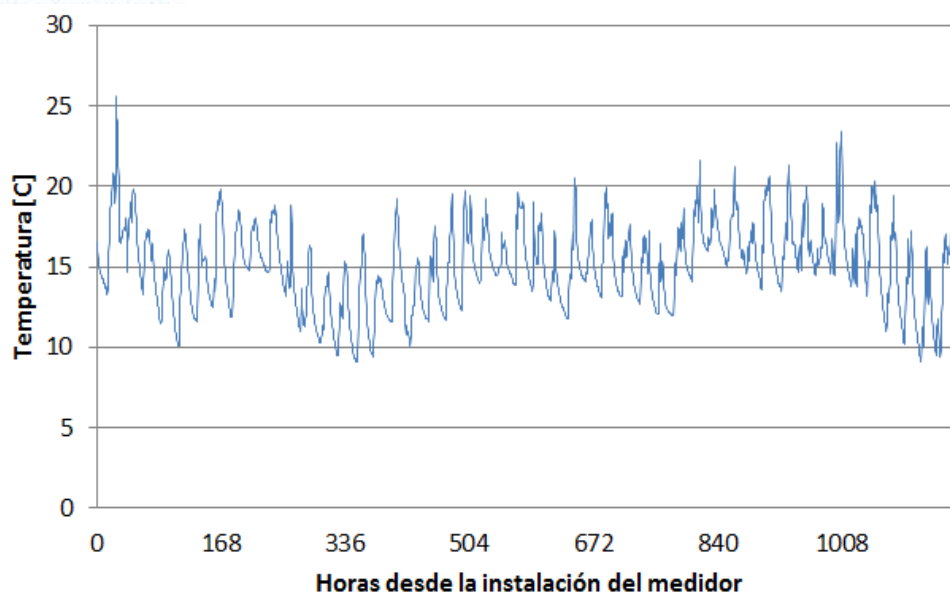
	1	2	3	4
Cuando no tiene la calefacción encendida (a)				
Cuando la calefacción está al mínimo (b)				
Cuando no tiene calefacción y las ventanas están abiertas (c)				
Cuando no tiene calefacción y se encuentra con poca ropa (d)				
Cuando la Calefacción está al máximo (e)				

Contenido de humedad de la leña

- Tomar fotos a todas las fachadas y a todos los equipos de calefacción. La primera foto de la serie debe ser la primera hoja de esta encuesta, donde se les claramente la identificación de la vivienda.
- Descargar los registros de temperaturas de los sensores

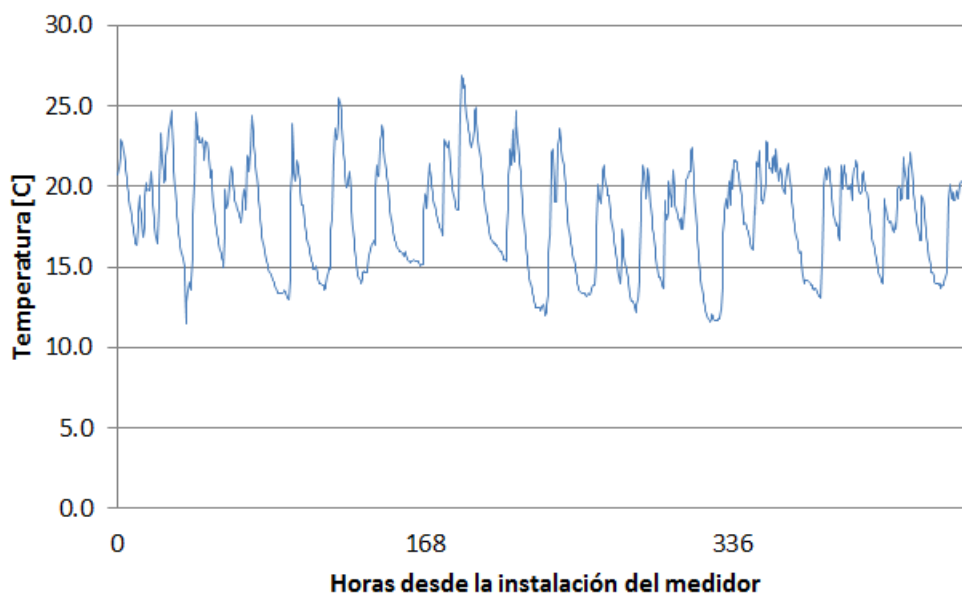
ANEXO C

TEMPERATURAS MEDIDAS EN LAS VIVIENDAS EN LAS COMUNAS DE TALCA Y MAULE



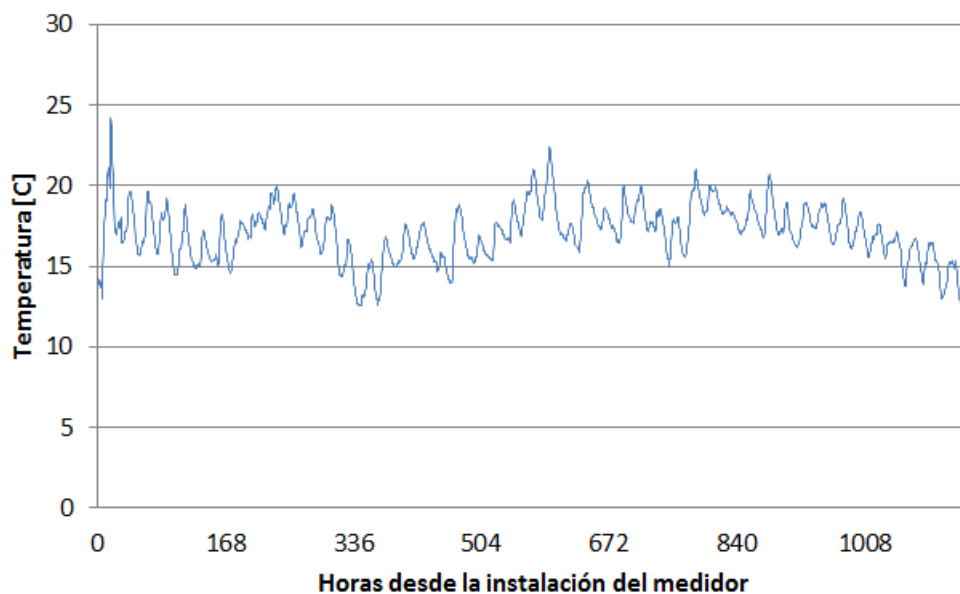
Fuente: Elaboración propia

Figura C1. Temperatura interior- Casa 01

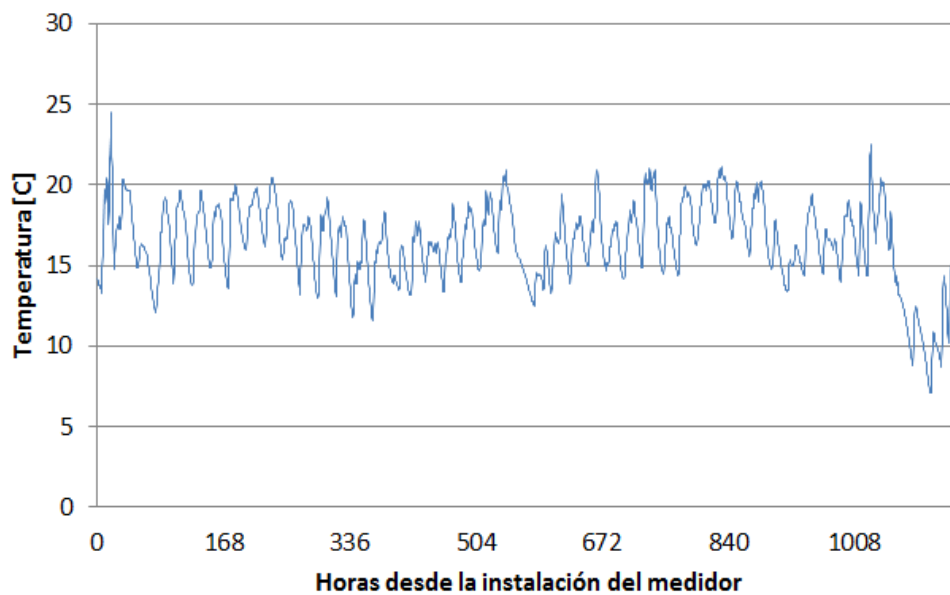


Fuente: Elaboración propia

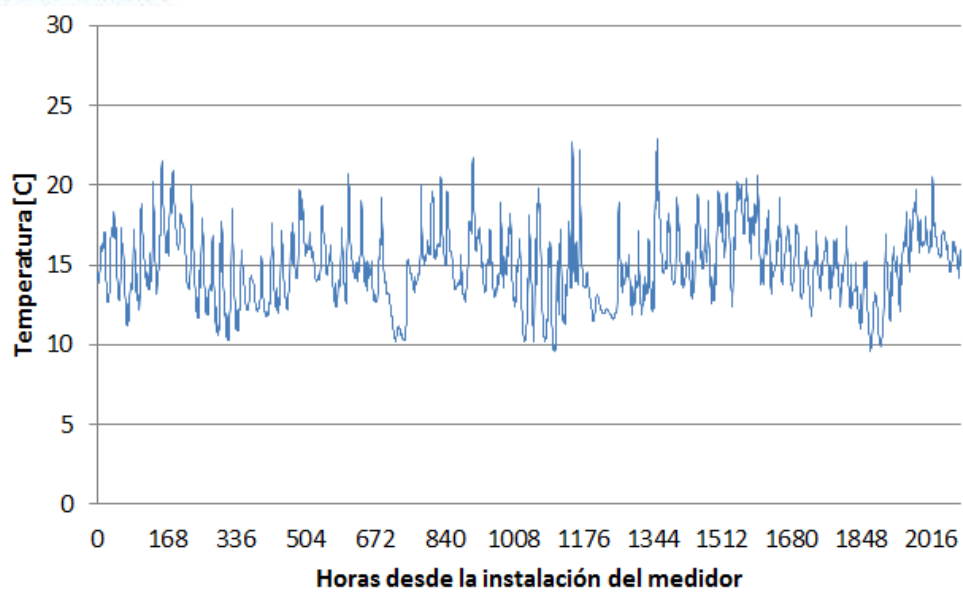
Figura C2. Temperatura interior- Casa 02



Fuente: Elaboración propia
Figura C3. Temperatura interior- Casa 03

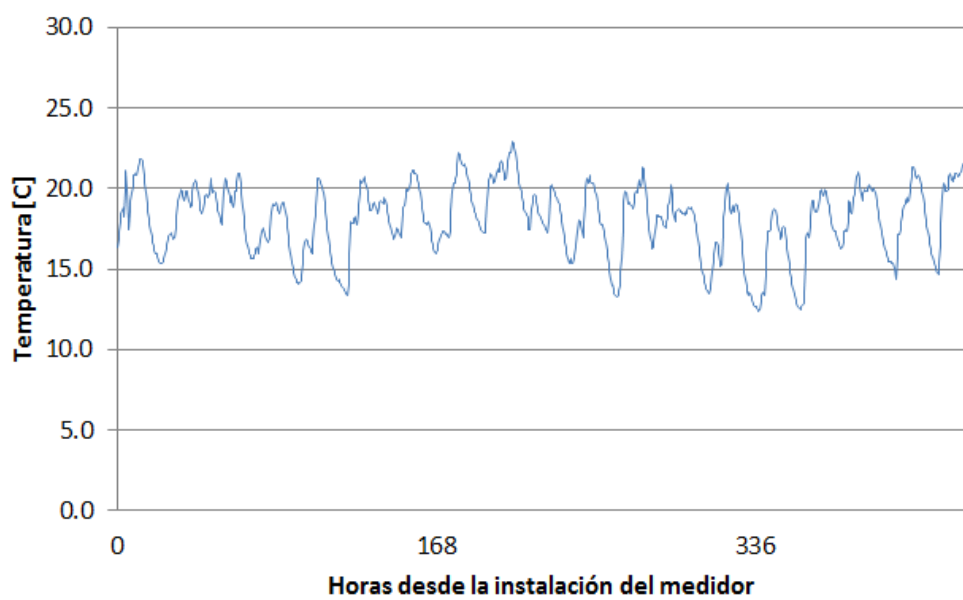


Fuente: Elaboración propia
Figura C4. Temperatura interior- Casa 04



Fuente: Elaboración propia

Figura C5. Temperatura interior- Casa 05



Fuente: Elaboración propia

Figura C6. Temperatura interior- Casa 06

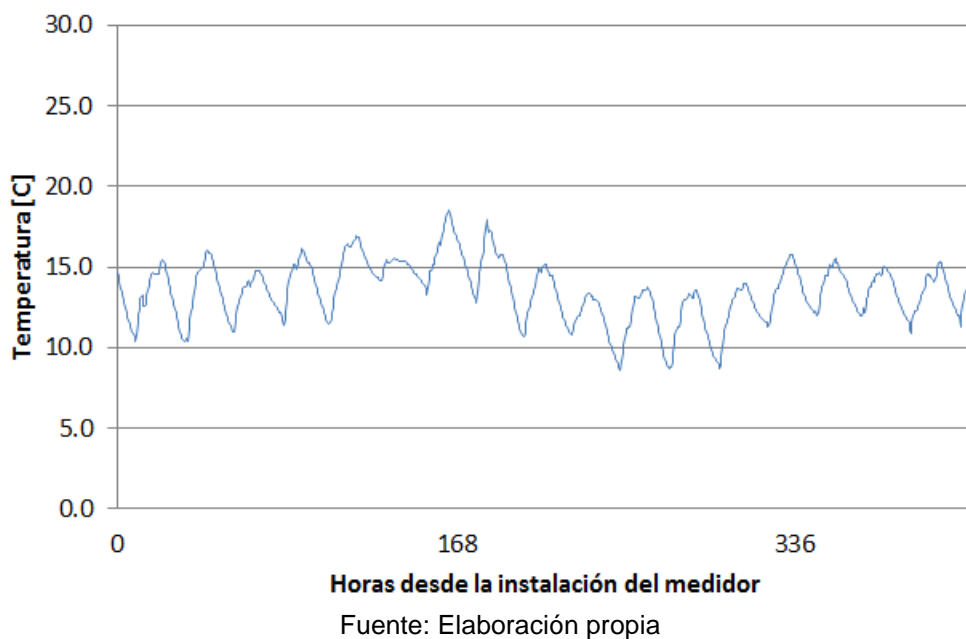


Figura C7. Temperatura interior- Casa 07

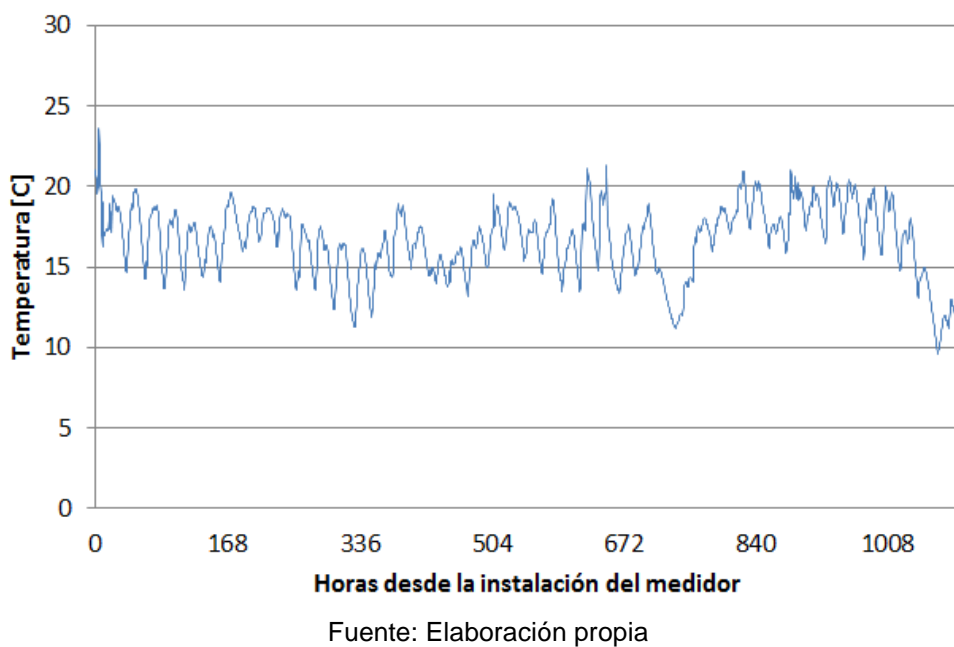


Figura C8. Temperatura interior- Casa 08

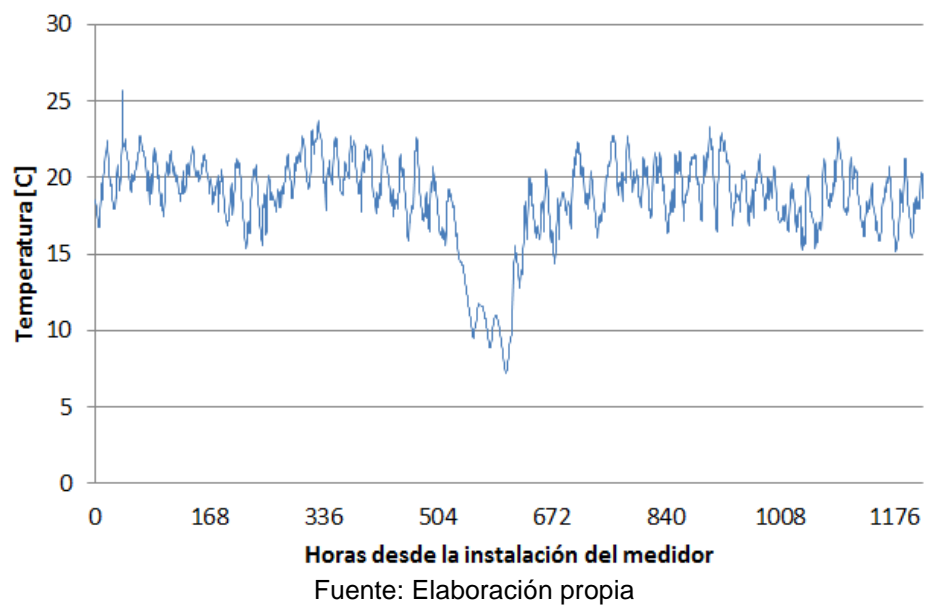


Figura C9. Temperatura interior- Casa 9

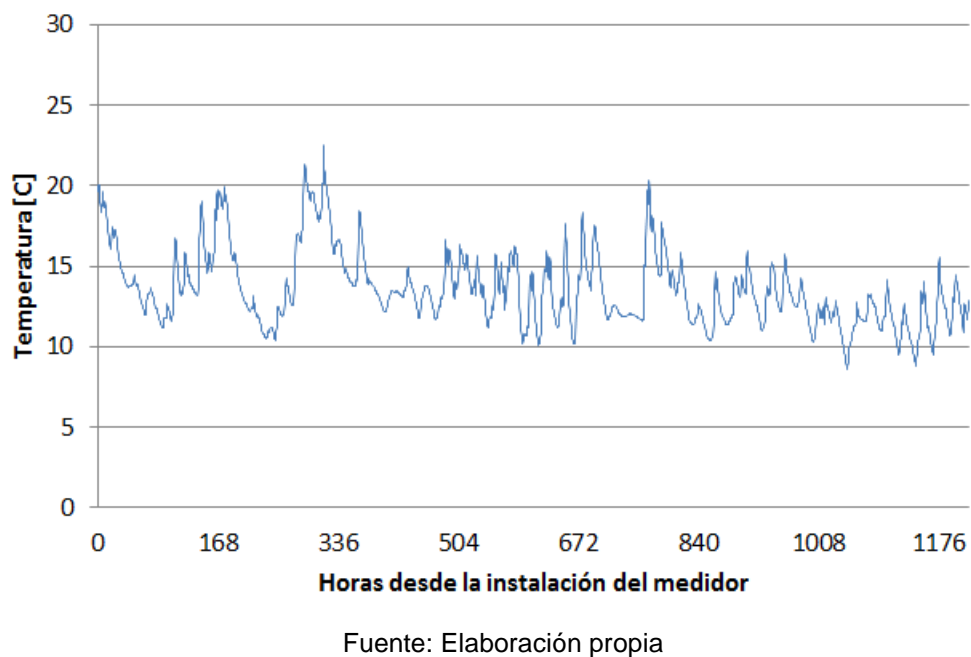


Figura C10. Temperatura interior- Casa 10

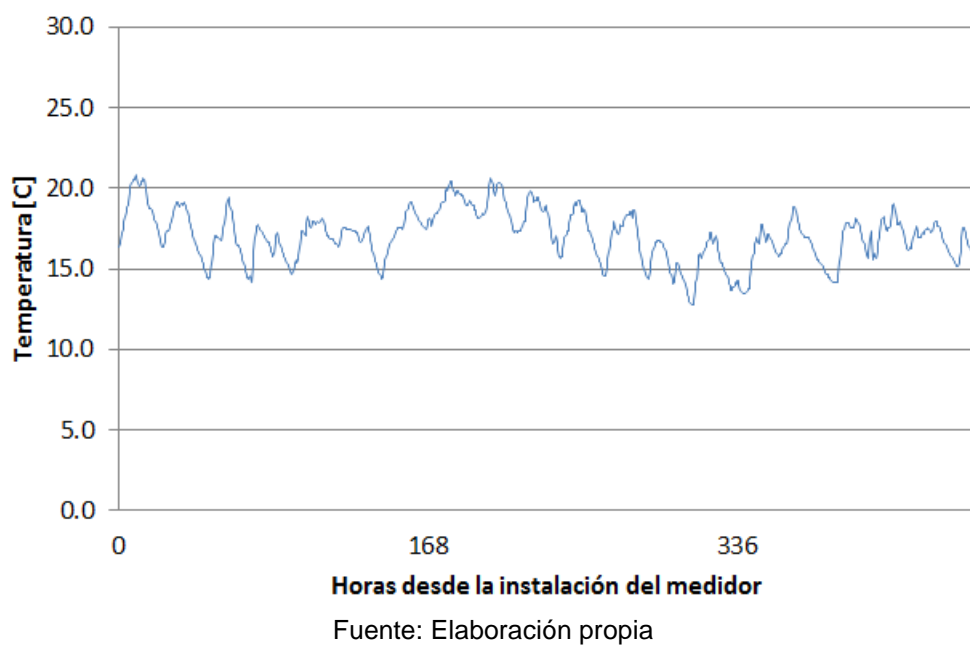


Figura C11. Temperatura interior- Casa 11

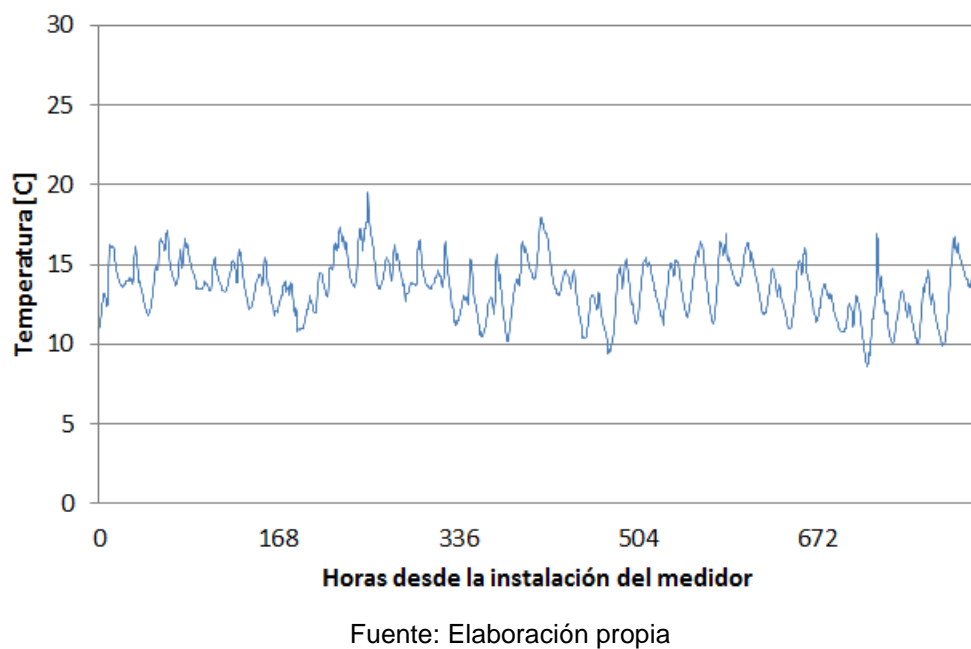
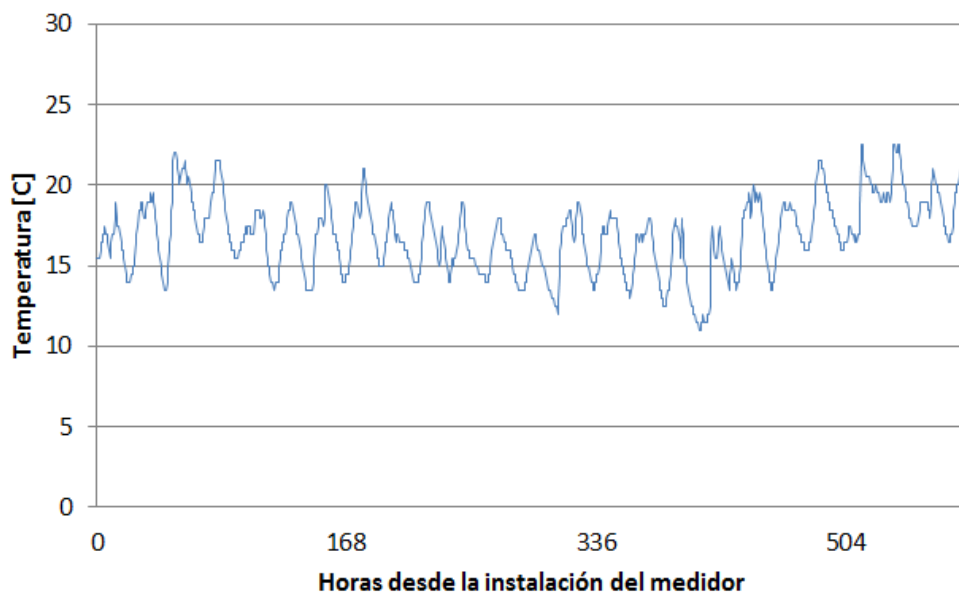
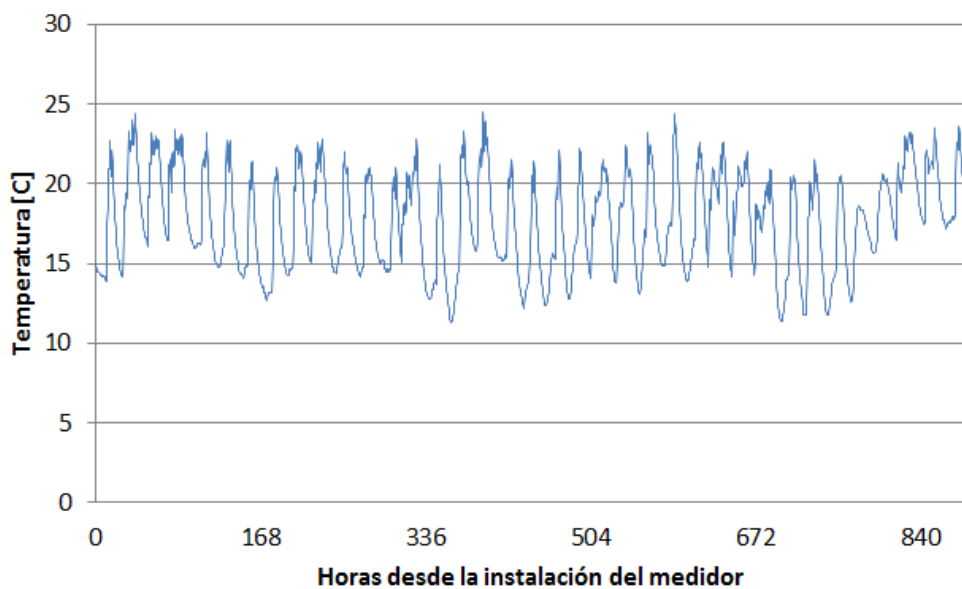


Figura C12. Temperatura interior- Casa 12



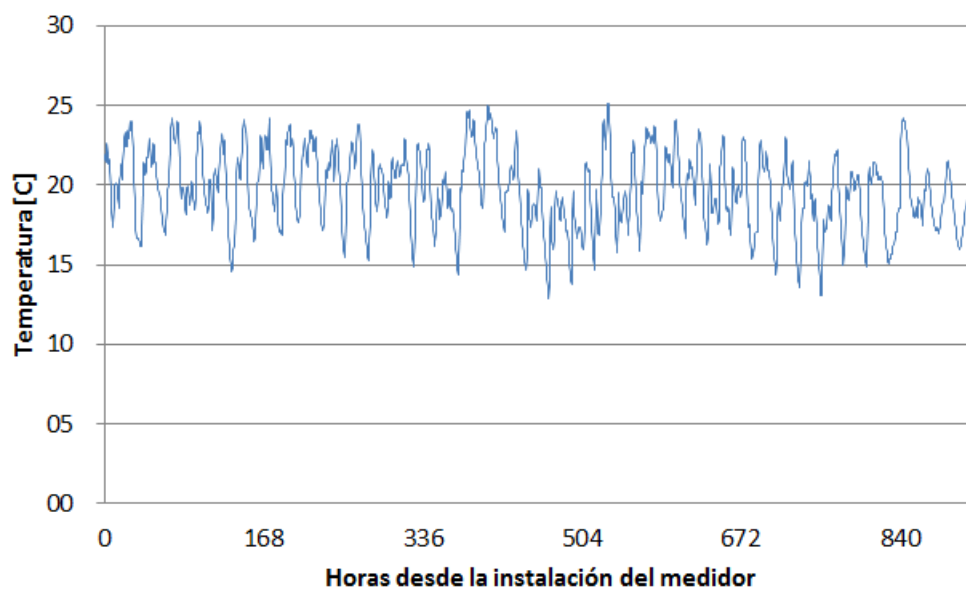
Fuente: Elaboración propia

Figura C13. Temperatura interior- Casa 13



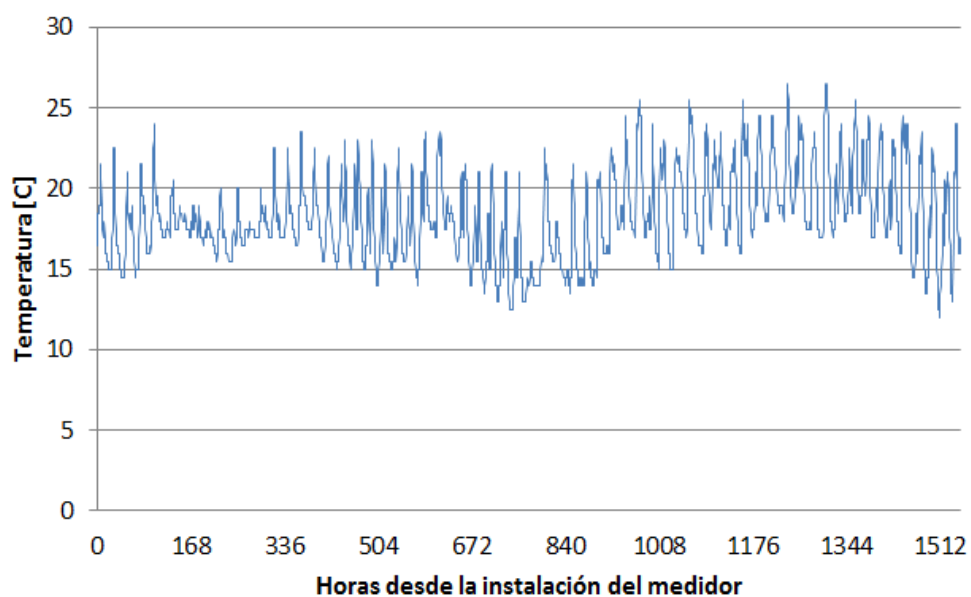
Fuente: Elaboración propia

Figura C14. Temperatura interior- Casa 14



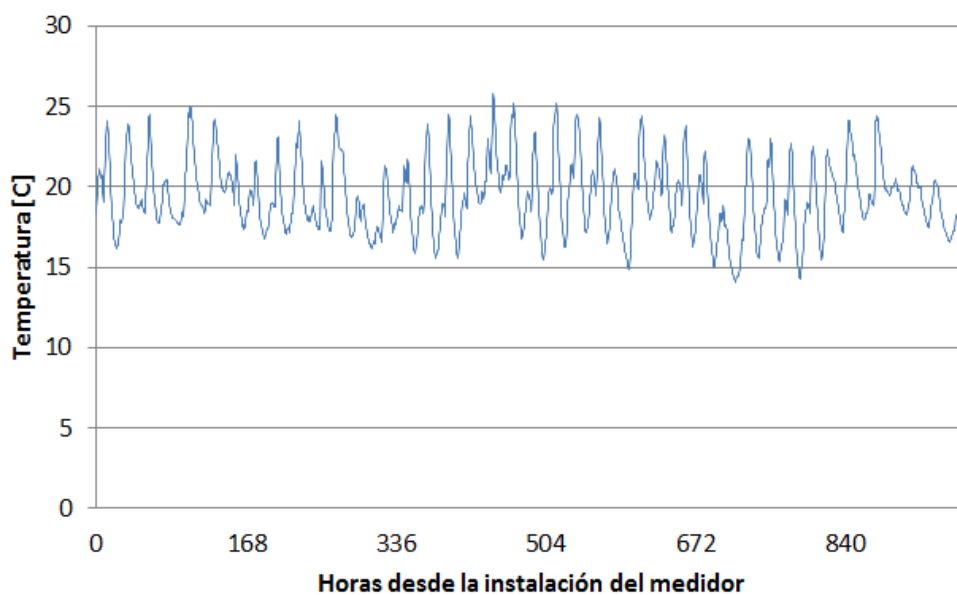
Fuente: Elaboración propia

Figura C15. Temperatura interior- Casa 15



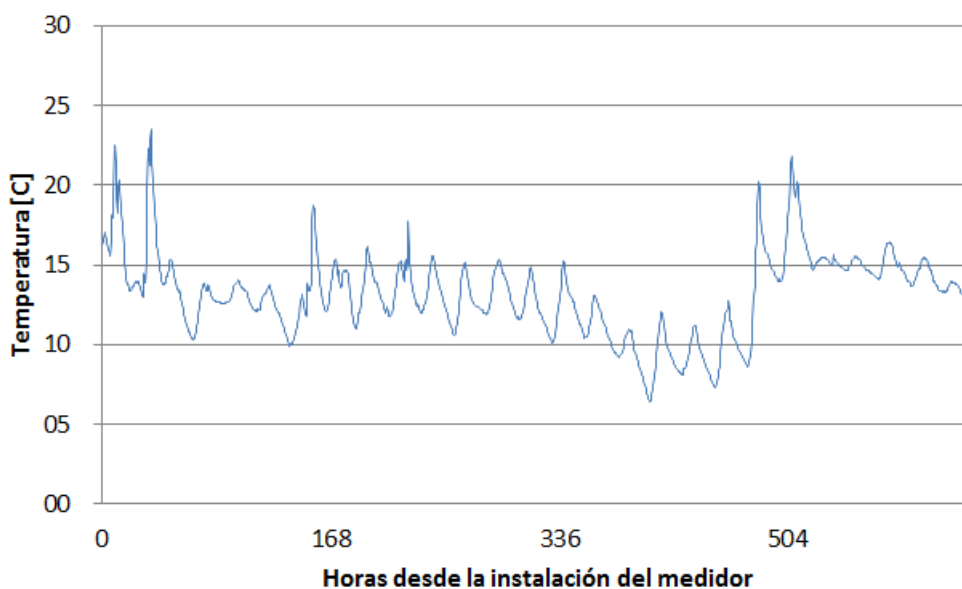
Fuente: Elaboración propia

Figura C16. Temperatura interior- Casa 16



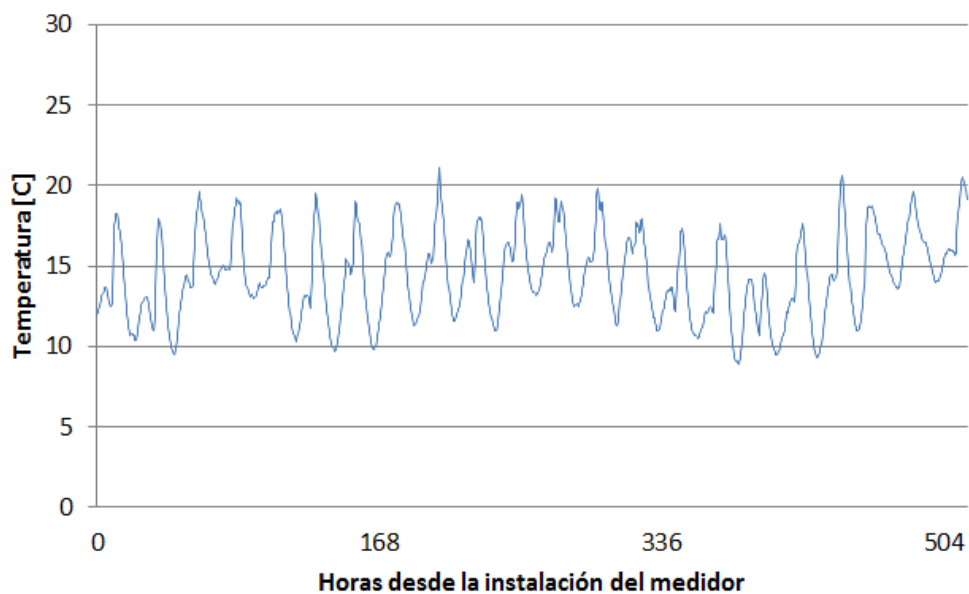
Fuente: Elaboración propia

Figura C17. Temperatura interior- Casa 17



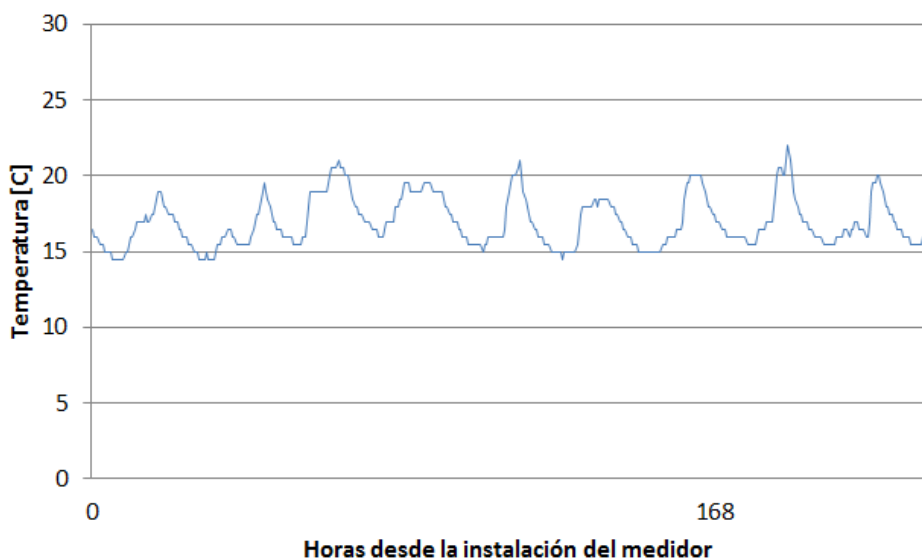
Fuente: Elaboración propia

Figura C18. Temperatura interior- Casa 18



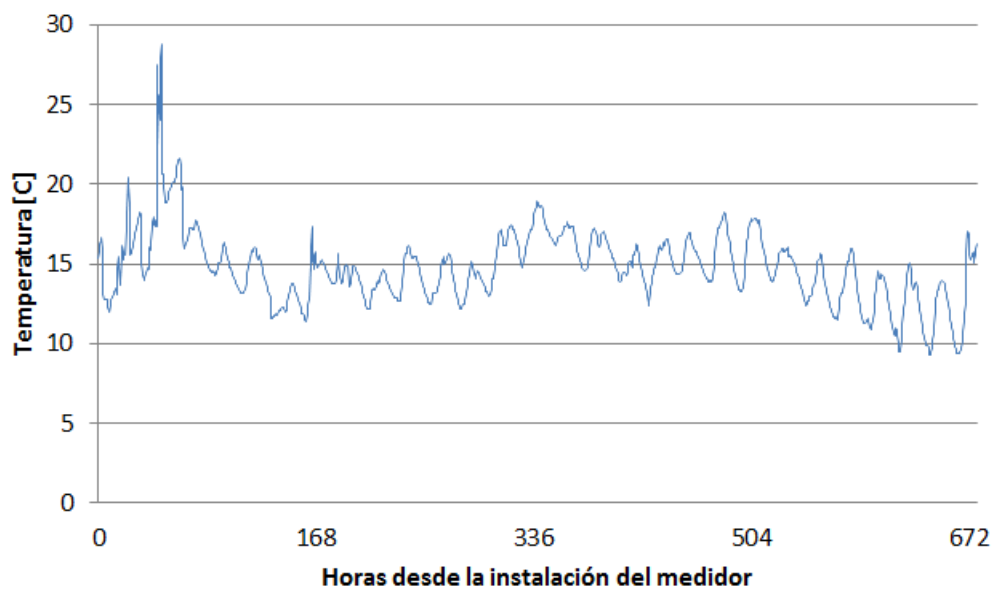
Fuente: Elaboración propia

Figura C19. Temperatura interior- Casa 19



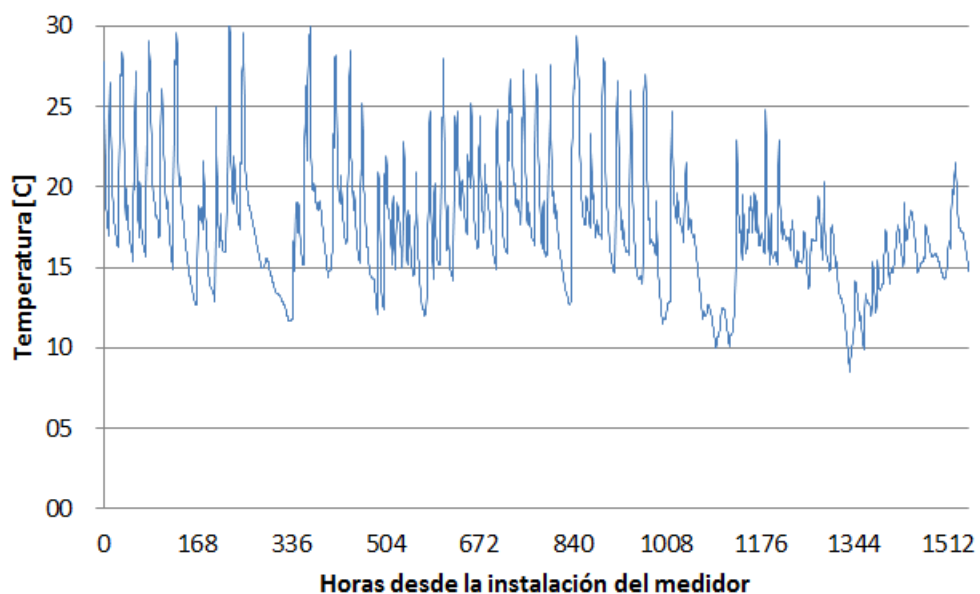
Fuente: Elaboración propia

Figura C20. Temperatura interior- Casa 20



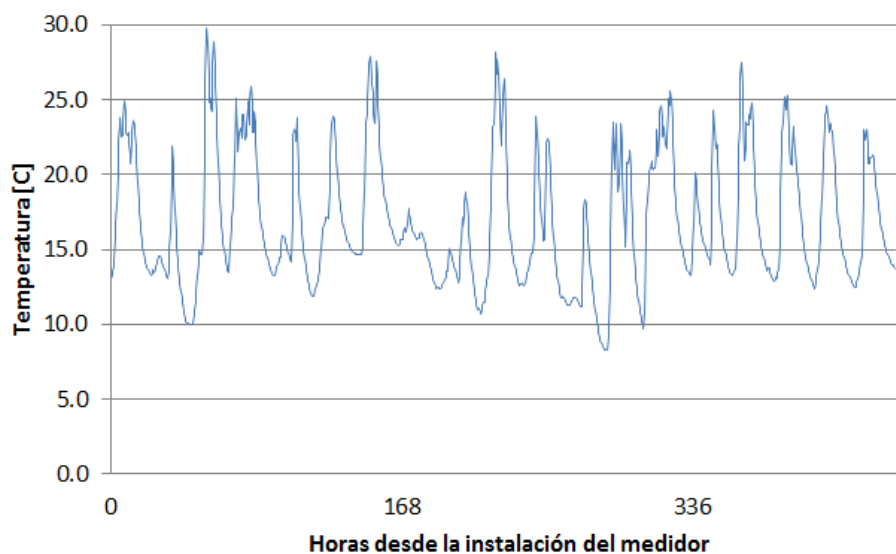
Fuente: Elaboración propia

Figura C21. Temperatura interior- Casa 21



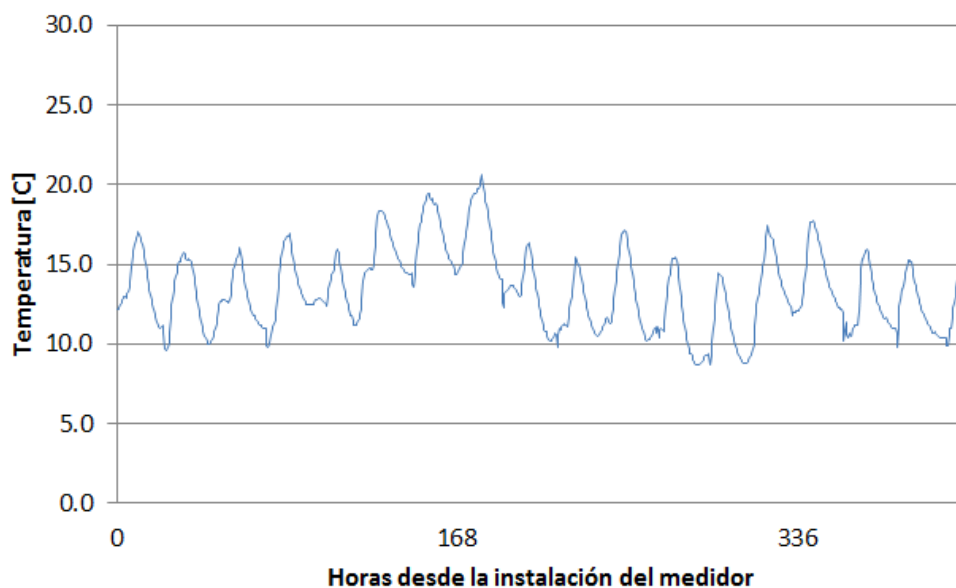
Fuente: Elaboración propia

Figura C22. Temperatura interior- Casa 22



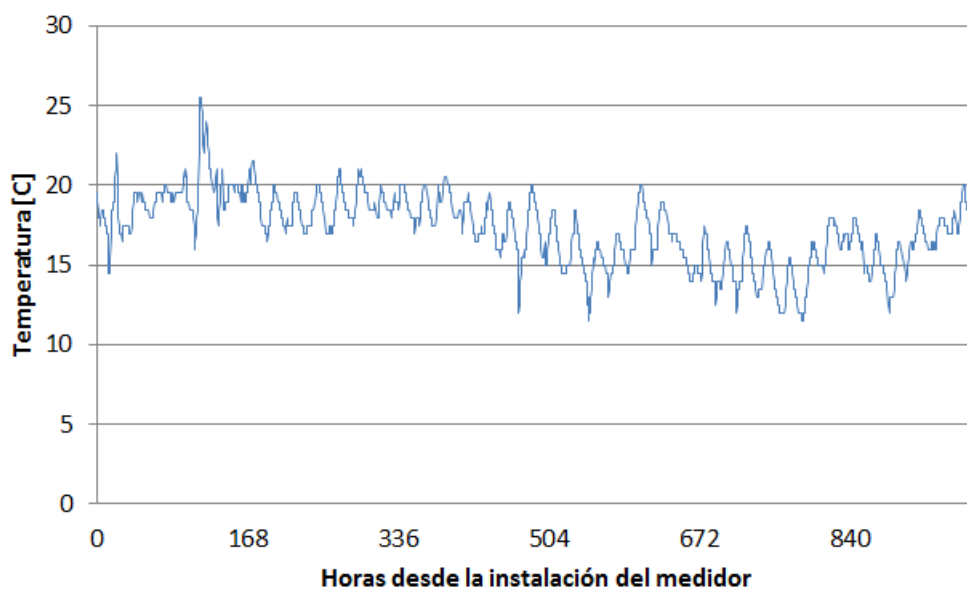
Fuente: Elaboración propia

Figura C23. Temperatura interior- Casa 23



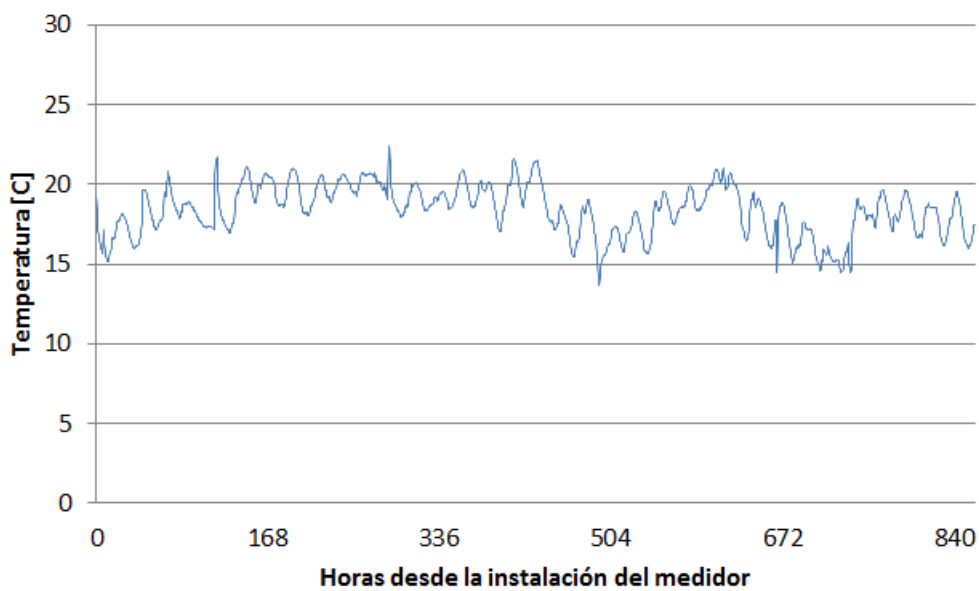
Fuente: Elaboración propia

Figura C24. Temperatura interior- Casa 24



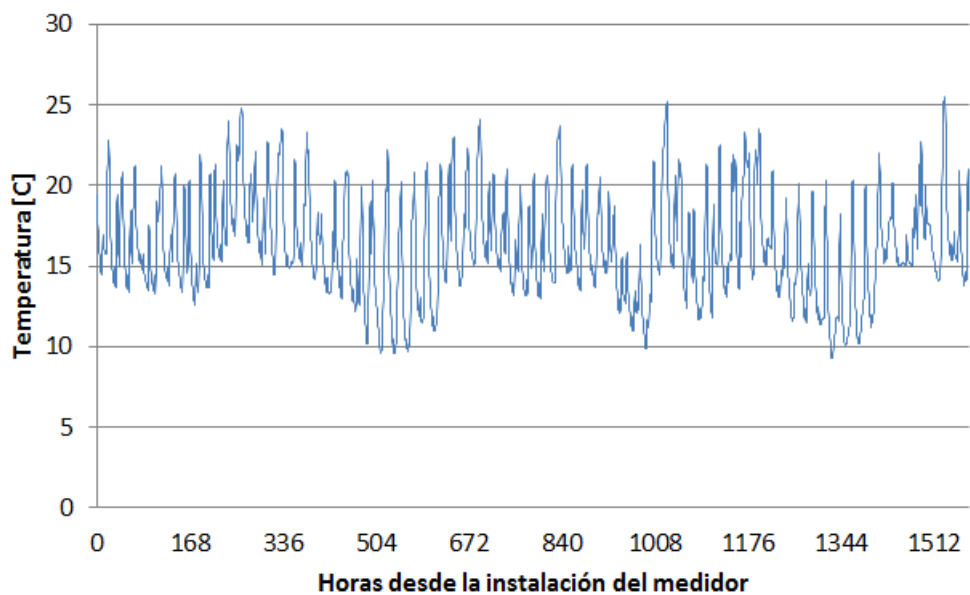
Fuente: Elaboración propia

Figura C25. Temperatura interior- Casa 25



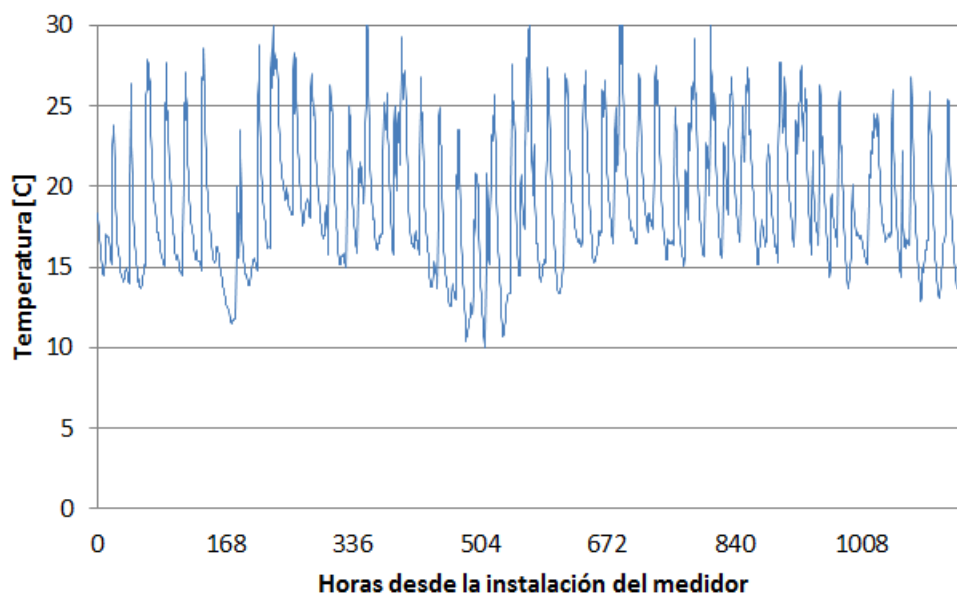
Fuente: Elaboración propia

Figura C26. Temperatura interior- Casa 26



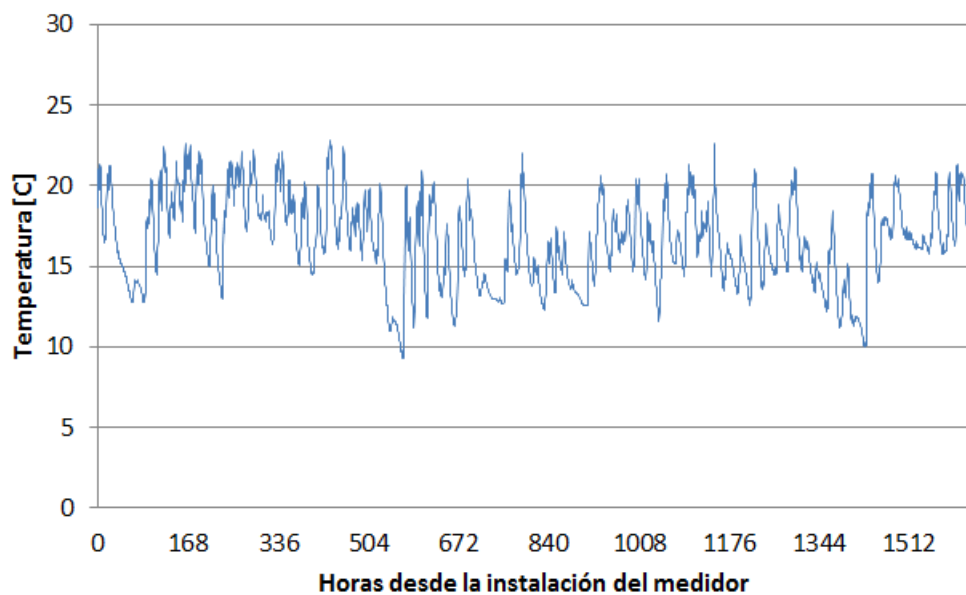
Fuente: Elaboración propia

Figura C27. Temperatura interior- Casa 27



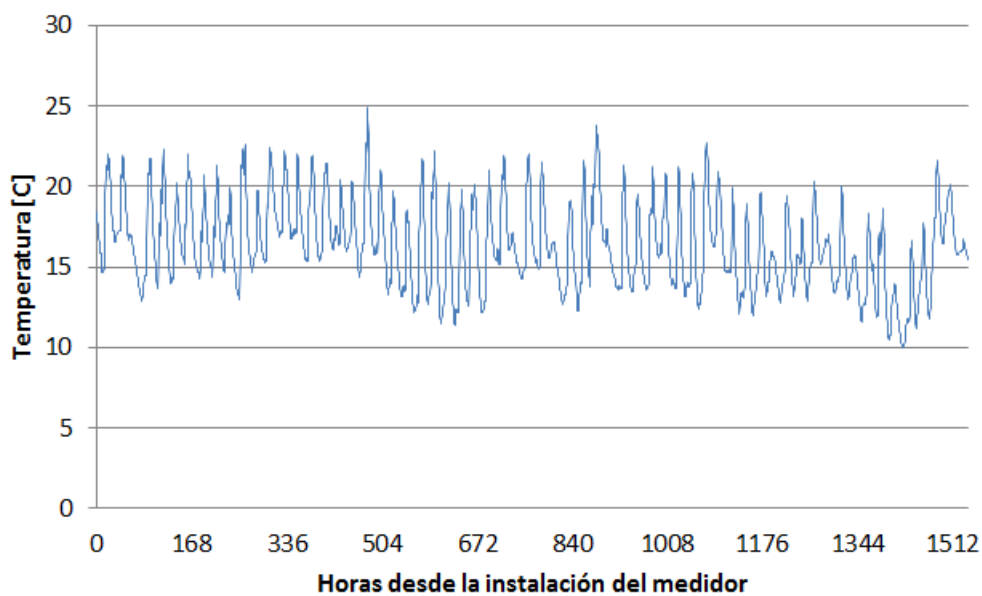
Fuente: Elaboración propia

Figura C28. Temperatura interior- Casa 28



Fuente: Elaboración propia

Figura C29. Temperatura interior- Casa 29



Fuente: Elaboración propia

Figura C30. Temperatura interior- Casa 30

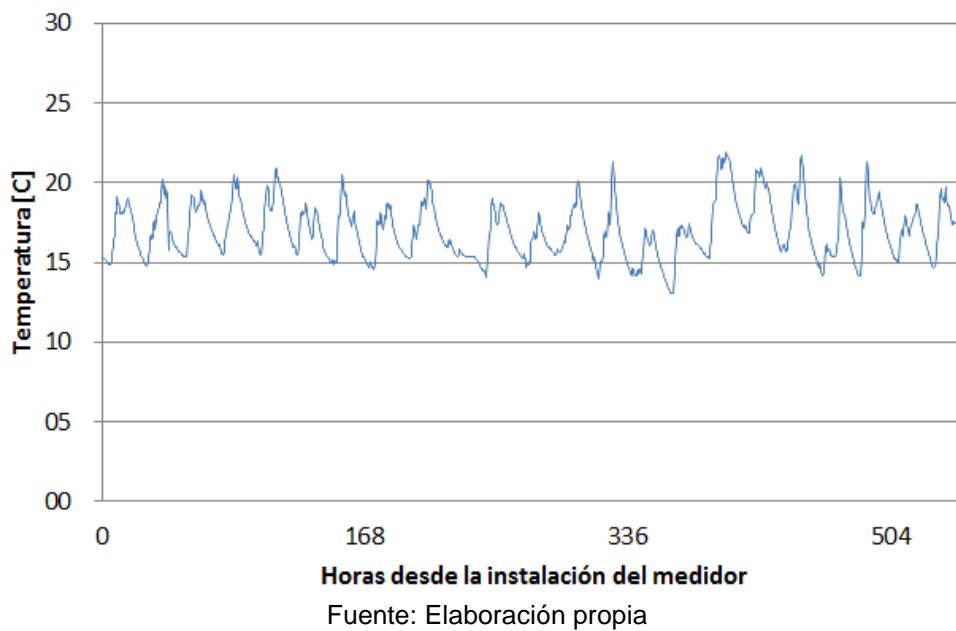


Figura C31. Temperatura interior- Casa 31

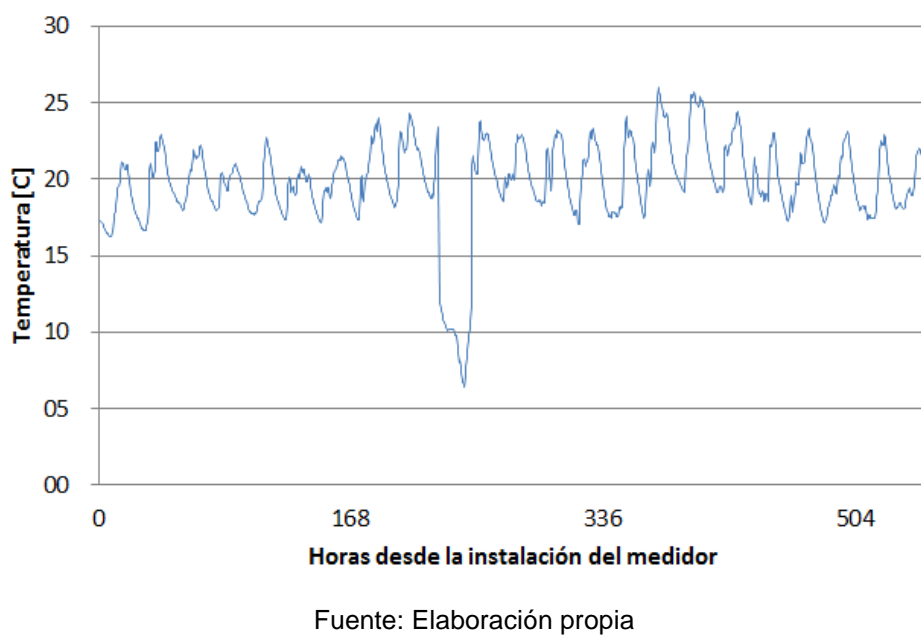
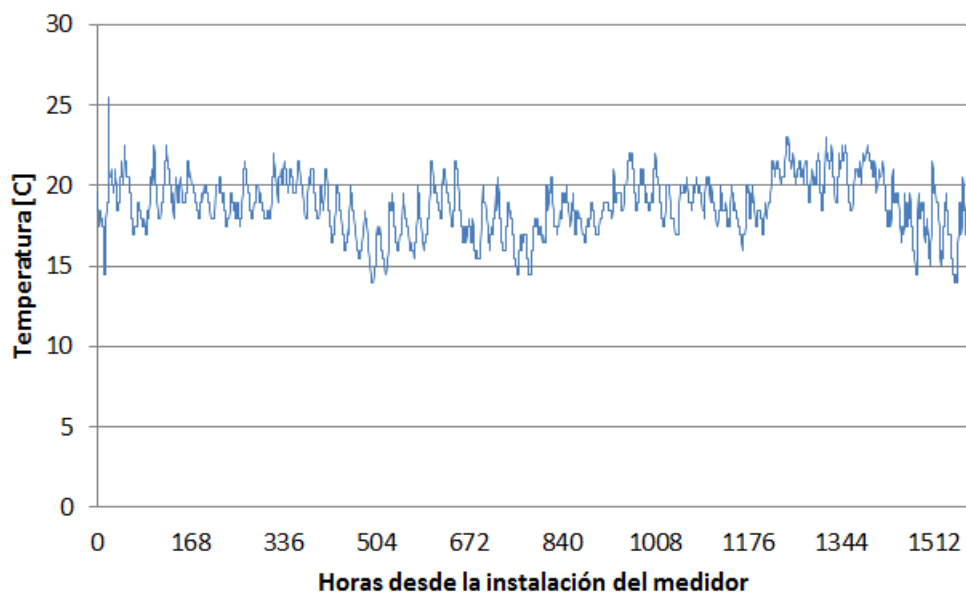
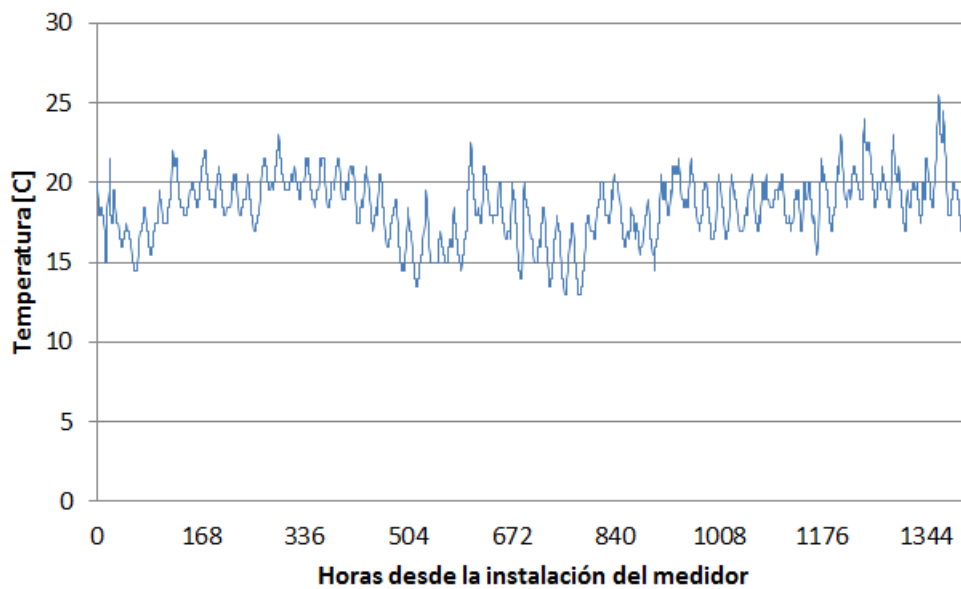


Figura C32. Temperatura interior- Casa 32



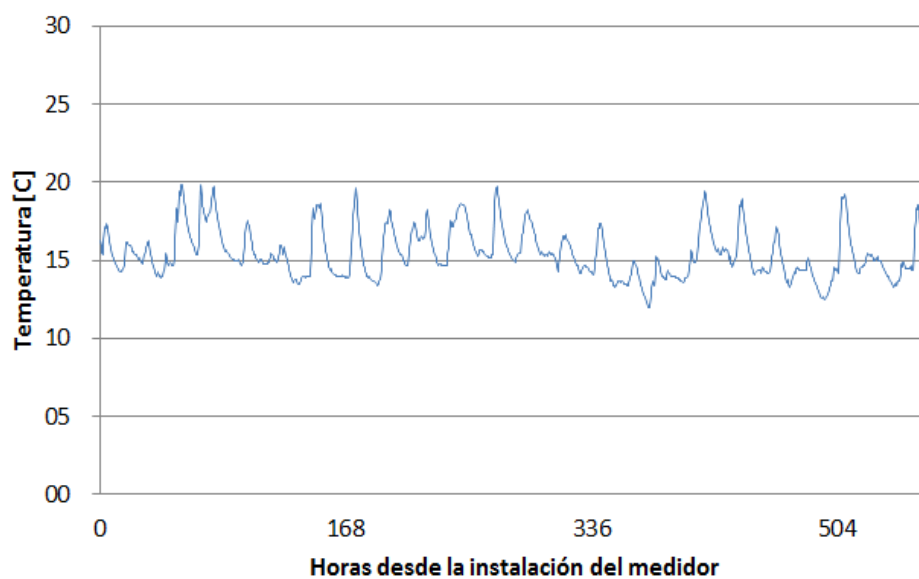
Fuente: Elaboración propia

Figura C33. Temperatura interior- Casa 33



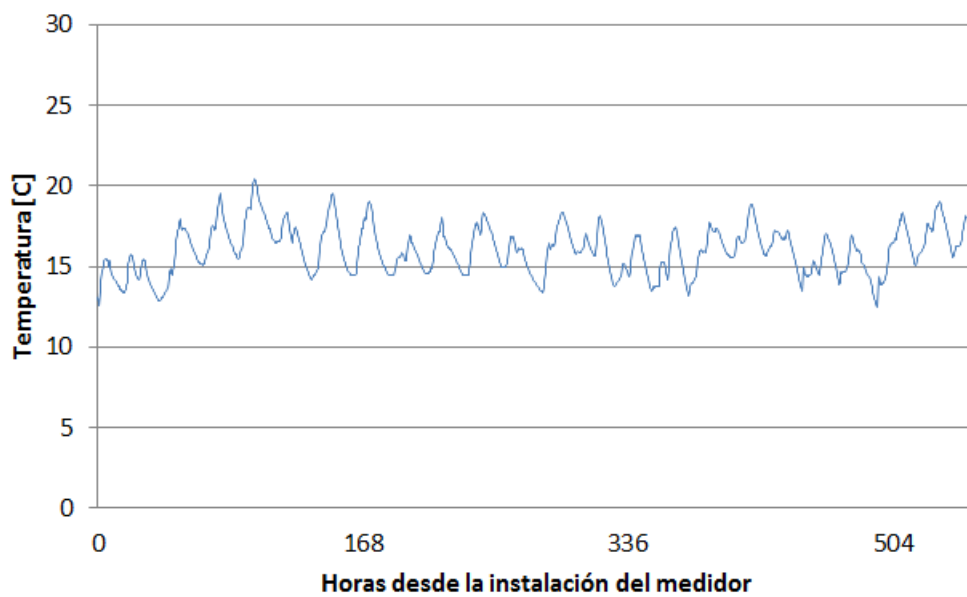
Fuente: Elaboración propia

Figura C34. Temperatura interior- Casa 34



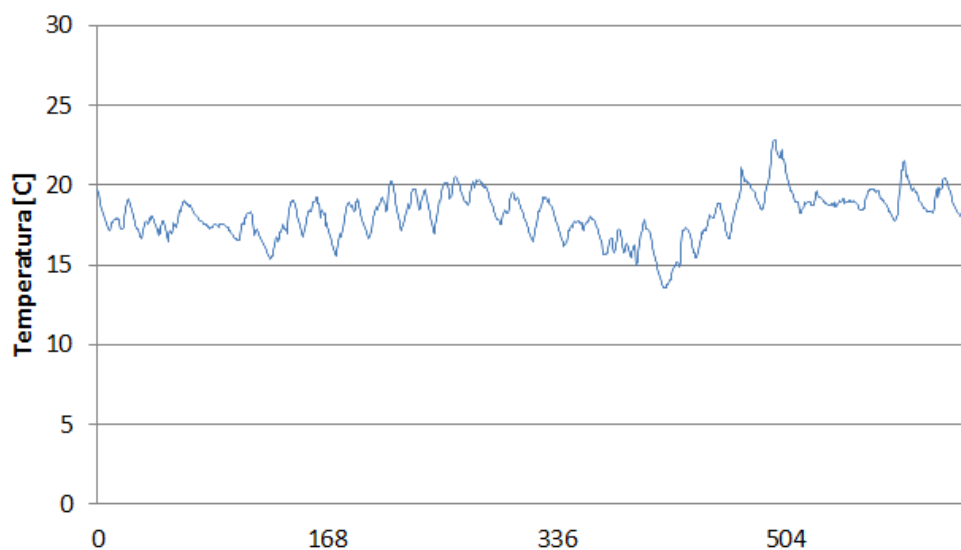
Fuente: Elaboración propia

Figura C35. Temperatura interior- Casa 35



Fuente: Elaboración propia

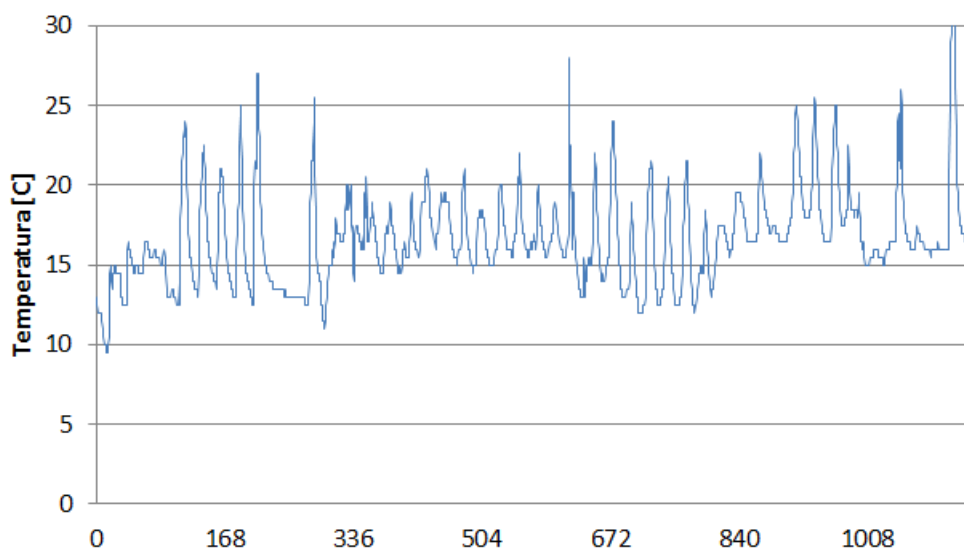
Figura C36. Temperatura interior- Casa 36



Horas desde la instalación del medidor

Fuente: Elaboración propia

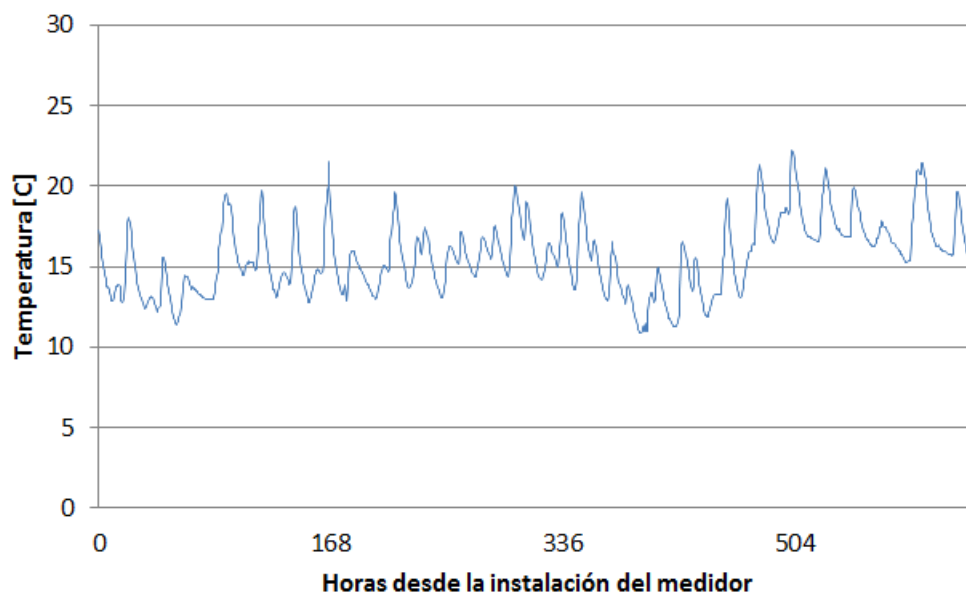
Figura C37. Temperatura interior- Casa 37



Horas desde la instalación del medidor

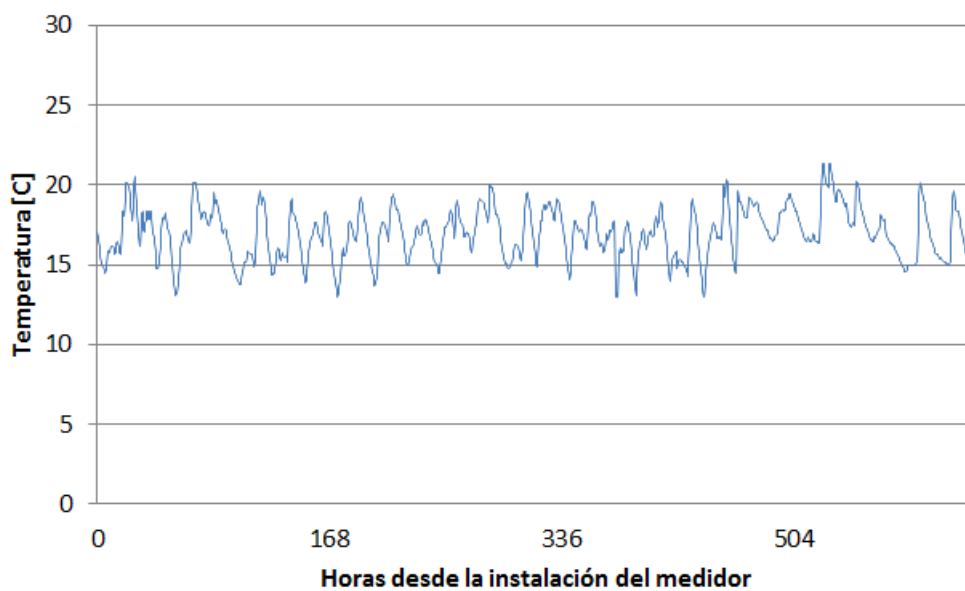
Fuente: Elaboración propia

Figura C38. Temperatura interior- Casa 38



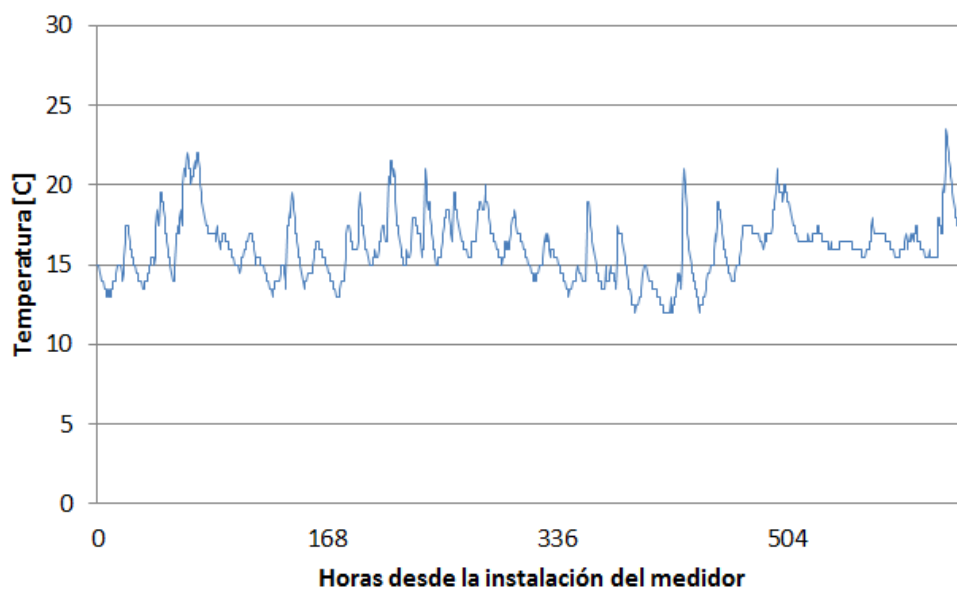
Fuente: Elaboración propia

Figura C39. Temperatura interior- Casa 39



Fuente: Elaboración propia

Figura C40. Temperatura interior- Casa 40



Fuente: Elaboración propia

Figura C41. Temperatura interior- Casa 41

ANEXO D

CÁLCULO DE LOS VALORES DE U DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA DE LAS VIVIENDAS DE TALCA Y MAULE

Muros

Muro 1

Se aplica a las viviendas:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41									

Cálculo de Resistencia Térmica

Convección Interior	R	Tipo de aplicación :	Muro vertical
Convección exterior	0.12		
	0.05		

U promedio del muro incluida estructura 2.84 W/m2K

Parte principal del muro				%	85%	Estructura				%	15%
Capas de materiales	k	e (mm)	R			Capas de materiales	k	e (mm)	R		
Mortero de cemento	1.400	15	0.01			Hormigon Armado	1.630	180	0.11		
Muro de ladrillo macizo	0.850	150	0.18			No hay	0.000	0	0.00		
Mortero de cemento	1.400	15	0.01			No hay	0.000	0	0.00		
No hay	0.000	0	0.00			No hay	0.000	0	0.00		
No hay	0.000	0	0.00			No hay	0.000	0	0.00		
Espacios de aire verticales						Espacios de aire verticales					
No hay				0.00		No hay				0.00	
No hay				0.00		No hay				0.00	
Espacio de aire horizontal						Espacio de aire horizontal					
No hay				0.00		No hay				0.00	
R Total				0.37		R Total				0.28	
U				2.71		U				3.56	

Muro 2

Se aplica a las viviendas:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41									

Cálculo de Resistencia Térmica

Convección Interior	R	Tipo de aplicación :	Muro vertical
Convección exterior	0.12		
	0.05		

U promedio del muro incluida estructura 2.92 W/m2K

Parte principal del muro				%	85%	Estructura				%	15%
Capas de materiales	k	e (mm)	R			Capas de materiales	k	e (mm)	R		
Mortero de cemento	1.400	15	0.01			Hormigon Armado	1.630	170	0.10		
Muro de ladrillo macizo	0.850	140	0.16			No hay	0.000	0	0.00		
Mortero de cemento	1.400	15	0.01			No hay	0.000	0	0.00		
No hay	0.000	0	0.00			No hay	0.000	0	0.00		
No hay	0.000	0	0.00			No hay	0.000	0	0.00		
Espacios de aire verticales						Espacios de aire verticales					
No hay				0.00		No hay				0.00	
No hay				0.00		No hay				0.00	
Espacio de aire horizontal						Espacio de aire horizontal					
No hay				0.00		No hay				0.00	
R Total				0.36		R Total				0.27	
U				2.80		U				3.64	

Muro 3

Se aplica a las viviendas:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41									

Cálculo de Resistencia Térmica

Convección interior	R	0.12	Tipo de aplicación:	Muro vertical			
Convección exterior	R	0.05					
U promedio del muro incluida estructura		2.02	Wim2K				
Parte principal del muro		%	85%	Estructura	%	15%	
Capas de materiales	k	e (mm)	R	Capas de materiales	k	e (mm)	R
Mortero de cemento	1.400	15	0.01	Hormigón Armado	1.830	180	0.11
Muro de ladrillo macizo ho	0.370	140	0.38	No hay	0.000	0	0.00
Mortero de cemento	1.400	15	0.01	No hay	0.000	0	0.00
No hay	0.000	0	0.00	No hay	0.000	0	0.00
No hay	0.000	0	0.00	No hay	0.000	0	0.00
Espacios de aire verticales				Espacio de aire horizontal			
No hay			0.00	No hay			0.00
No hay			0.00				
R Total			0.57	R Total			0.28
U			1.75	U			3.56

Muro 4

Se aplica a las viviendas:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41									

Cálculo de Resistencia Térmica

Convección Interior	R	0.12	Tipo de aplicación :	Muro vertical
Convección exterior	R	0.05		

U promedio del muro incluida estructura 1.98 W/m2K

Parte principal del muro				%	85%	Estructura				%	15%
Capas de materiales	k	e (mm)	R			Capas de materiales	k	e (mm)	R		
Mortero de cemento	1.400	25	0.02			Hormigon Armado	1.630	180	0.11		
Muro de ladrillo macizo	0.374	150	0.40			No hay	0.000	0	0.00		
No hay	0.000	0	0.00			No hay	0.000	0	0.00		
No hay	0.000	0	0.00			No hay	0.000	0	0.00		
No hay	0.000	0	0.00			No hay	0.000	0	0.00		
Espacios de aire verticales						Espacios de aire verticales					
No hay			0.00			No hay			0.00		
No hay			0.00			No hay			0.00		
Espacio de aire horizontal						Espacio de aire horizontal					
No hay			0.00			No hay			0.00		
R Total			0.59			R Total			0.28		
U			1.70			U			3.56		

Muro 5

Se aplica a las viviendas:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41									

Cálculo de Resistencia Térmica

Convección Interior	R	0.12	Tipo de aplicación :	Muro vertical
Convección exterior	R	0.05		

U promedio del muro incluida estructura 2.41 W/m²K

Parte principal del muro				%	85%	Estructura				%	15%
Capas de materiales	k	e (mm)	R			Capas de materiales	k	e (mm)	R		
Fibro cemento	0.230	4	0.02			Madera natural	0.104	100	0.96		
Yeso cartón	0.260	8	0.03			No hay	0.000	0	0.00		
No hay	0.000	0	0.00			No hay	0.000	0	0.00		
No hay	0.000	0	0.00			No hay	0.000	0	0.00		
No hay	0.000	0	0.00			No hay	0.000	0	0.00		
Espacios de aire verticales						Espacios de aire verticales					
>40 mm sin sup. Reflect			0.16			>40 mm sin sup. Reflect			0.16		
No hay			0.00			No hay			0.00		
Espacio de aire horizontal						Espacio de aire horizontal					
No hay			0.00			No hay			0.00		
R Total			0.37			R Total			1.13		
U			2.68			U			0.88		

Muro 6

Se aplica a las viviendas:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41									

Cálculo de Resistencia Térmica

Convección Interior	R	Tipo de aplicación :	Muro vertical
Convección exterior	0.12		
	0.05		

U promedio del muro incluida estructura 2.47 W/m2K

Parte principal del muro				%	85%	Estructura				%	15%
Capas de materiales	k	e (mm)	R			Capas de materiales	k	e (mm)	R		
Fibro cemento	0.230	3.5	0.02			Madera natural	0.104	70	0.67		
Yeso cartón	0.260	8	0.03			No hay	0.000	0	0.00		
No hay	0.000	0	0.00			No hay	0.000	0	0.00		
No hay	0.000	0	0.00			No hay	0.000	0	0.00		
No hay	0.000	0	0.00			No hay	0.000	0	0.00		
Espacios de aire verticales						Espacios de aire verticales					
>40 mm sin sup. Reflect					0.16						
No hay					0.00						
Espacio de aire horizontal						Espacio de aire horizontal					
No hay					0.00						
R Total					0.37	R Total					0.84
U					2.69	U					1.19

Muro 7

Se aplica a las viviendas:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41									

Cálculo de Resistencia Térmica

Convección Interior	R	Tipo de aplicación :	Muro vertical
Convección exterior	0.12		
	0.05		

U promedio del muro incluida estructura 2.19 W/m2K

Parte principal del muro				%	85%	Estructura				%	15%
Capas de materiales	k	e (mm)	R			Capas de materiales	k	e (mm)	R		
Fibro cemento	0.230	10	0.04			Madera natural	0.104	100	0.96		
Fibro cemento	0.230	10	0.04			No hay	0.000	0	0.00		
No hay	0.000	0	0.00			No hay	0.000	0	0.00		
No hay	0.000	0	0.00			No hay	0.000	0	0.00		
No hay	0.000	0	0.00			No hay	0.000	0	0.00		
Espacios de aire verticales						Espacios de aire verticales					
>40 mm sin sup. Reflecti					0.16	>40 mm sin sup. Reflecti					
No hay					0.00	No hay					
Espacio de aire horizontal						Espacio de aire horizontal					
No hay					0.00	No hay					
R Total					0.41	R Total					1.13
U					2.42	U					0.88

Muro 8

Se aplica a las viviendas:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41									

Cálculo de Resistencia Térmica

Convección Interior	R	Tipo de aplicación :	Muro vertical
Convección exterior	0.12		
	0.05		

U promedio del muro incluida estructura 1.38 W/m2K

Parte principal del muro				%	85%	Estructura				%	15%
Capas de materiales	k	e (mm)	R			Capas de materiales	k	e (mm)	R		
Fibro cemento	0.230	4	0.02			Madera natural	0.104	100	0.96		
Poliestireno expandido	0.043	20	0.47			No hay	0.000	0	0.00		
Yeso cartón	0.260	8	0.03			No hay	0.000	0	0.00		
No hay	0.000	0	0.00			No hay	0.000	0	0.00		
No hay	0.000	0	0.00			No hay	0.000	0	0.00		
Espacios de aire verticales						Espacios de aire verticales					
No hay				0.00		No hay				0.00	
No hay				0.00		No hay				0.00	
Espacio de aire horizontal						Espacio de aire horizontal					
No hay				0.00		No hay				0.00	
R Total			0.68			R Total			1.13		
U			1.46			U			0.88		

Muro 8

Se aplica a las viviendas:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41									

Cálculo de Resistencia Térmica

Convección Interior	R	0.12	Tipo de aplicación :	Muro vertical			
Convección exterior	R	0.05					
U promedio del muro incluida estructura		0.76	W/m2K				
Parte principal del muro		%	85%	Estructura	%	15%	
Capas de materiales	k	e (mm)	R	Capas de materiales	k	e (mm)	R
Fibro cemento	0.230	4	0.02	Madera natural	0.104	100	0.96
Yeso cartón	0.260	8	0.03	No hay	0.000	0	0.00
Lana mineral	0.042	40	0.95	No hay	0.000	0	0.00
Yeso cartón	0.260	8	0.03	No hay	0.000	0	0.00
No hay	0.000	0	0.00	No hay	0.000	0	0.00
Espacios de aire verticales				Espacio de aire horizontal			
>40 mm sin sup. Reflect			0.16	No hay			0.00
No hay			0.00				
R Total			1.36	R Total			1.13
U			0.74	U			0.88

Muro 9

Se aplica a las viviendas:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41									

Cálculo de Resistencia Térmica

Convección Interior	R	0.12	Tipo de aplicación :	Muro vertical
Convección exterior	R	0.05		

U promedio del muro incluida estructura 1.84 W/m2K

Parte principal del muro				%	85%	Estructura				%	15%
Capas de materiales	k	e (mm)	R			Capas de materiales	k	e (mm)	R		
Tablero de madera aglomerada	0.102	12.5	0.12			Madera natural	0.104	120	1.15		
Fibro cemento	0.230	10	0.04			No hay	0.000	0	0.00		
No hay	0.000	0	0.00			No hay	0.000	0	0.00		
No hay	0.000	0	0.00			No hay	0.000	0	0.00		
No hay	0.000	0	0.00			No hay	0.000	0	0.00		
Espacios de aire verticales						Espacios de aire verticales					
>40 mm sin sup. Reflectiva					0.16	>40 mm sin sup. Reflectiva					
No hay					0.00	No hay					
Espacio de aire horizontal						Espacio de aire horizontal					
No hay					0.00	No hay					
R Total				0.49		R Total				1.32	
U				2.03		U				0.76	

Muro 10

Se aplica a las viviendas:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41									

Cálculo de Resistencia Térmica

Convección Interior	R	Tipo de aplicación :	Muro vertical
Convección exterior	0.12		
	0.05		

U promedio del muro incluida estructura 0.64 W/m2K

Parte principal del muro				%	85%	Estructura				%	15%
Capas de materiales	k	e (mm)	R			Capas de materiales	k	e (mm)	R		
Fibro cemento	0.230	6	0.03			Madera natural	0.104	100	0.96		
Tablero de madera aglor	0.102	9.5	0.09			No hay	0.000	0	0.00		
Lana mineral	0.042	50	1.19			No hay	0.000	0	0.00		
Fibro cemento	0.230	10	0.04			No hay	0.000	0	0.00		
No hay	0.000	0	0.00			No hay	0.000	0	0.00		
Espacios de aire verticales						Espacios de aire verticales					
>40 mm sin sup. Reflecti					0.16	>40 mm sin sup. Reflecti					
No hay					0.00	No hay					
Espacio de aire horizontal						Espacio de aire horizontal					
No hay					0.00	No hay					
R Total					1.68	R Total					1.13
U					0.60	U					0.88

Muro 11

Se aplica a las viviendas:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41									

Cálculo de Resistencia Térmica

Convección Interior	R	0.12	Tipo de aplicación :	Muro vertical
Convección exterior	R	0.05		

U promedio del muro incluida estructura 2.00 W/m2K

Parte principal del muro				%	85%	Estructura				%	15%
Capas de materiales	k	e (mm)	R			Capas de materiales	k	e (mm)	R		
Tablero de madera aglomerada	0.102	9.5	0.09			Madera natural	0.104	120	1.15		
Yeso cartón	0.260	8	0.03			No hay	0.000	0	0.00		
No hay	0.000	0	0.00			No hay	0.000	0	0.00		
No hay	0.000	0	0.00			No hay	0.000	0	0.00		
No hay	0.000	0	0.00			No hay	0.000	0	0.00		
Espacios de aire verticales						Espacios de aire verticales					
>40 mm sin sup. Reflect.					0.16	>40 mm sin sup. Reflect.					
No hay					0.00	No hay					
Espacio de aire horizontal						Espacio de aire horizontal					
No hay					0.00	No hay					
R Total				0.45		R Total				1.32	
U				2.23		U				0.76	

Muro 12

Se aplica a las viviendas:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41									

Cálculo de Resistencia Térmica

Convección Interior	R	Tipo de aplicación :	Muro vertical
Convección exterior	0.12		
	0.05		

U promedio del muro incluida estructura 0.47 W/m²K

Parte principal del muro				%	85%	Estructura				%	15%
Capas de materiales	k	e (mm)	R			Capas de materiales	k	e (mm)	R		
Fibro cemento	0.230	8	0.03			Madera natural	0.104	130	1.25		
Lana de vidrio	0.042	80	1.90			No hay	0.000	0	0.00		
Fibro cemento	0.230	8	0.03			No hay	0.000	0	0.00		
Fibro cemento	0.230	10	0.04			No hay	0.000	0	0.00		
No hay	0.000	0	0.00			No hay	0.000	0	0.00		
Espacios de aire verticales						Espacios de aire verticales					
>40 mm sin sup. Reflect					0.16	>40 mm sin sup. Reflect					
No hay					0.00	No hay					
Espacio de aire horizontal						Espacio de aire horizontal					
No hay					0.00	No hay					
R Total					2.34	R Total					1.42
U					0.43	U					0.70

Techos

Techo 1

Se aplica a las viviendas:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41									

Cálculo de Resistencia Térmica

Convección Interior	R	Tipo de aplicación :	Cielo (invierno)
Convección exterior	0.09		

U promedio del techo incluida estructura 3.70 W/m2K

Parte principal del muro	%	85%	Estructura	%	15%		
Capas de materiales	k	e (mm)	R	Capas de materiales	k	e (mm)	R
Yeso cartón	0.260	15	0.06	Madera natural	0.104	108	1.04
No hay	0.000		0.00	No hay	0.000	0	0.00
No hay	0.000	0	0.00	No hay	0.000	0	0.00
No hay	0.000	0	0.00	No hay	0.000	0	0.00
No hay	0.000	0	0.00	No hay	0.000	0	0.00
Espacios de aire verticales				Espacios de aire horizontales			
No hay				No hay			
No hay				No hay			
R Total				R Total			
U				U			
0.24				1.22			
4.21				0.82			

Techo 2

Se aplica a las viviendas:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41									

Cálculo de Resistencia Térmica

Convección Interior	R	0.09	Tipo de aplicación :	Cielo (invierno)
Convección exterior	R	0.13		

U promedio del techo incluida estructura 3.41 W/m2K

Parte principal del muro				%	85%	Estructura				%	15%
Capas de materiales	k	e (mm)	R			Capas de materiales	k	e (mm)	R		
Hormigon Armado	1.630	120	0.07			Hormigon Armado	1.630	120	0.07		
No hay	0.000	0	0.00			No hay	0.000	0	0.00		
No hay	0.000	0	0.00			No hay	0.000	0	0.00		
No hay	0.000	0	0.00			No hay	0.000	0	0.00		
No hay	0.000	0	0.00			No hay	0.000	0	0.00		
Espacios de aire verticales						Espacios de aire verticales					
No hay						No hay					
No hay						No hay					
Espacio de aire horizontal						Espacio de aire horizontal					
No hay						No hay					
R Total						R Total					
U					0.29	U					0.29
U					3.41	U					3.41

Techo 3

Se aplica a las viviendas:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41									

Cálculo de Resistencia Térmica

Convección Interior	R	Tipo de aplicación :	Cielo (invierno)
Convección exterior	0.09		
	0.13		

U promedio del techo incluida estructura 0.83 W/m2K

Parte principal del muro				%	85%	Estructura				%	15%
Capas de materiales	k	e (mm)	R			Capas de materiales	k	e (mm)	R		
Lana mineral	0.042	40	0.95			Madera natural	0.104	100	0.96		
Yeso cartón	0.260	8	0.03			No hay	0.000	0	0.00		
No hay	0.000	0	0.00			No hay	0.000	0	0.00		
No hay	0.000	0	0.00			No hay	0.000	0	0.00		
No hay	0.000	0	0.00			No hay	0.000	0	0.00		
Espacios de aire verticales						Espacio de aire horizontal					
No hay				0.00		No hay				0.00	
No hay				0.00		No hay				0.00	
R Total				1.20		R Total				1.18	
U				0.83		U				0.85	

Techo 4

Se aplica a las viviendas:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41									

Cálculo de Resistencia Térmica

	R	Tipo de aplicación :	Cielo (invierno)
Convección Interior	0.09		
Convección exterior	0.13		

U promedio del techo incluida estructura 0.68 W/m2K

Parte principal del muro

% 85%

Estructura

% 15%

Capas de materiales

	k	e (mm)	R
Yeso cartón	0.240	8	0.03
Lana mineral	0.039	50	1.28
No hay	0.000	0	0.00
No hay	0.000	0	0.00
No hay	0.000	0	0.00

Capas de materiales

	k	e (mm)	R
Madera natural	0.104	100	0.96
No hay	0.000	0	0.00
No hay	0.000	0	0.00
No hay	0.000	0	0.00
No hay	0.000	0	0.00

Espacios de aire verticales

No hay	0.00
No hay	0.00

Espacio de aire horizontal

No hay	0.00
--------	------

R Total

1.54

R Total

1.18

U

0.65

U

0.85

Techo 5

Se aplica a las viviendas:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41									

Cálculo de Resistencia Térmica

Convección Interior	R	0.09	Tipo de aplicación :	Cielo (invierno)
Convección exterior	R	0.13		

U promedio del techo incluida estructura 0.51 W/m2K

Parte principal del muro				%	85%	Estructura				%	15%
Capas de materiales	k	e (mm)	R			Capas de materiales	k	e (mm)	R		
Yeso cartón	0.260	8	0.03			Madera natural	0.104	100	0.96		
Poliestireno expandido	0.043	85	1.98			No hay	0.000	0	0.00		
No hay	0.000	0	0.00			No hay	0.000	0	0.00		
No hay	0.000	0	0.00			No hay	0.000	0	0.00		
No hay	0.000	0	0.00			No hay	0.000	0	0.00		
Espacios de aire verticales						Espacios de aire verticales					
No hay						No hay					
No hay						No hay					
Espacio de aire horizontal						Espacio de aire horizontal					
No hay						No hay					
R Total					2.23	R Total					1.18
U					0.45	U					0.85

Techo 6

Se aplica a las viviendas

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41									

Cálculo de Resistencia Térmica

Convección Interior	R	0.09	Tipo de aplicación :	Cielo (invierno)
Convección exterior	R	0.05		

U promedio del techo incluida estructura 0.46 W/m2K

Parte principal del muro				%	85%	Estructura				%	15%
Capas de materiales	k	e (mm)	R			Capas de materiales	k	e (mm)	R		
Lana de vidrio	0.042	100	2.38			Madera natural	0.104	110	1.06		
Fibro cemento	0.230	10	0.04			No hay	0.000	0	0.00		
No hay	0.000	0	0.00			No hay	0.000	0	0.00		
No hay	0.000	0	0.00			No hay	0.000	0	0.00		
No hay	0.000	0	0.00			No hay	0.000	0	0.00		
Espacios de aire verticales						Espacios de aire verticales					
No hay					0.00	No hay					0.00
No hay					0.00	No hay					0.00
Espacio de aire horizontal						Espacio de aire horizontal					
No hay					0.00	No hay					0.00
R Total					2.56	R Total					1.20
U					0.39	U					0.83

Techo 7

Se aplica a las viviendas

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41									

Cálculo de Resistencia Térmica

Convección Interior	R	0.09	Tipo de aplicación :	Cielo (invierno)
Convección exterior	R	0.13		

U promedio del techo incluida estructura 2.50 W/m²K

Parte principal del muro				%	85%	Estructura				%	15%
Capas de materiales	k	e (mm)	R			Capas de materiales	k	e (mm)	R		
Madera natural	0.104	14	0.14			Madera natural	0.104	112	1.08		
No hay	0.000	0	0.00			No hay	0.000	0	0.00		
No hay	0.000	0	0.00			No hay	0.000	0	0.00		
No hay	0.000	0	0.00			No hay	0.000	0	0.00		
No hay	0.000	0	0.00			No hay	0.000	0	0.00		
Espacios de aire verticales						Espacios de aire verticales					
No hay					0.00	No hay					0.00
No hay					0.00	No hay					0.00
Espacio de aire horizontal						Espacio de aire horizontal					
No hay					0.00	No hay					0.00
R Total					0.36	R Total					1.30
U					2.80	U					0.77

Techo 8

Se aplica a las viviendas

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41									

Cálculo de Resistencia Térmica

Convección Interior	R	Tipo de aplicación :	Cielo (invierno)
Convección exterior	0.09		
	0.13		

U promedio del techo incluida estructura 0.48 W/m2K

Parte principal del muro				%	85%	Estructura				%	15%
Capas de materiales	k	e (mm)	R			Capas de materiales	k	e (mm)	R		
Poliestireno expandido	0.046	100	2.17			Madera natural	0.104	100	0.96		
Yeso cartón	0.240	8	0.03			No hay	0.000	0	0.00		
No hay	0.000	0	0.00			No hay	0.000	0	0.00		
No hay	0.000	0	0.00			No hay	0.000	0	0.00		
No hay	0.000	0	0.00			No hay	0.000	0	0.00		
Espacios de aire verticales						Espacios de aire verticales					
No hay						No hay					
No hay						No hay					
Espacio de aire horizontal						Espacio de aire horizontal					
No hay						No hay					
R Total			2.43			R Total			1.18		
U			0.41			U			0.85		

ANEXO E

ENCUESTA APLICADA A SECTOR RESIDENCIAL PARA ESTIMAR EL CONSUMO DE LEÑA



UNIVERSIDAD DE CONCEPCION

ENCUESTA CONSUMO DE COMBUSTIBLE LEÑA EN EL SECTOR RESIDENCIAL

UBICACIÓN DE LA VIVIENDA			
COMUNA	<input type="checkbox"/> Talca <input type="checkbox"/> Maule		
DIRECCIÓN	_____		
POBLACIÓN O VILLA	_____		
DISTRITO	_____		
MANZANA	_____		
TELEFONO	<table border="1"> <tr> <td>COD.</td> <td>NÚMERO</td> </tr> </table>	COD.	NÚMERO
COD.	NÚMERO		

A.1) IDENTIFICACIÓN DEL ENCUESTADO NOMBRE _____ ROL QUE CUMPLE EN LA FAMILIA <input type="checkbox"/> 1. Jefe de hogar <input type="checkbox"/> 4. Empleada (o) <input type="checkbox"/> 2. Dueña de casa <input type="checkbox"/> 5. Abuelo (a) <input type="checkbox"/> 3. Hijo (a) <input type="checkbox"/> 6. Otro, indicar _____	A.2) IDENTIFICACIÓN DEL ENCUESTA- 1. NOMBRE _____ 2. <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> 2013 DIA MES
--	--

A.3) ¿En qué año fue construida la vivienda? <input type="checkbox"/> 1. Antes del año 2000 <input type="checkbox"/> 2. Entre los años 2000—2008 <input type="checkbox"/> 3. Después del año 2008

A.4) CANTIDAD DE ESTUFAS EN LA CUADRA DONDE SE UBICA LA VIVIENDA: 1. Número de viviendas en la cuadra _____ 2. Número de viviendas que tienen chimenea de estufa a leña en la cuadra _____

USO INTERNO — NO LLENAR	
Encuestado	_____
Consumo leña	_____
Cuantificación	_____
Unidad de medida	_____
Usos	_____
Abastecimiento	_____
Humedad	_____ %
Precio	_____
Sustituto	_____
Estrato económico	_____
Confort	_____
ENCUESTA	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No
Validada	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No
Revisado por	_____
FECHA	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> 2013 DIA MES

I. TIPOS DE COMBUSTIBLES UTILIZADOS EN EL HOGAR

1.1) ¿Usted utiliza leña como combustible en su hogar? 1.Si 2.No

1.2) ¿Tiene pensado comprar/renovar una estufa o cocina a leña durante el próximo año? 1.Si 2.No

1.3) ¿Cual es su consumo MENSUAL promedio **SOLO para calefacción** en la temporada de frío?

Combustible	Temporada de frío		Temporada de frío
	Uso (cantidad)	Unidad	Gasto
Leña o madera	-	-	\$/mes
Gas			\$/mes
Electricidad		horas /días	\$/mes
Parafina		litros/ mes	\$/mes
Carbón			\$/mes
Otro: _____			\$/mes

SI RESPONDE NO USA LEÑA EN PREGUNTA 1.1) PASE A LA PREGUNTA 1.4)
SI RESPONDE SI USA LEÑA , PASE A LA PREGUNTA 1.5)

1.4) ¿Por qué no utiliza leña ? Indique las principales razones, según escala de valor de 1 a 3, siendo 1 la más importante.

- | | | |
|--|---|--|
| <input type="checkbox"/> 1. Porque contamina | <input type="checkbox"/> 5. Riesgo de incendios | <input type="checkbox"/> 9. No le gusta |
| <input type="checkbox"/> 2. Espacio para almacenar | <input type="checkbox"/> 6. Comodidad | <input type="checkbox"/> 10. Otro, especificar _____ |
| <input type="checkbox"/> 3. Difícil de obtener | <input type="checkbox"/> 7. Costo | <input type="checkbox"/> 11. No sabe |
| <input type="checkbox"/> 4. Atrae ratones | <input type="checkbox"/> 8. Nunca la ha usado | <input type="checkbox"/> 12. No responde |

A CONTINUACIÓN PASE A LA SECCIÓN V PREGUNTA 5.1)

1.5) ¿Hace cuánto tiempo usted tiene su actual artefacto a leña ? _____ años

1.6) ¿Por que utiliza leña ?.

(Identificar 3 principales razones, según escala de valor de 1 a 3 siendo 1 la más importante)

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> 1. Porque es más económico | <input type="checkbox"/> 6. Porque calienta más |
| <input type="checkbox"/> 2. Es fácil de obtener | <input type="checkbox"/> 7. Porque es caro comprar otro tipo de equipo calefactor |
| <input type="checkbox"/> 3. Contamina menos | <input type="checkbox"/> 8. Otra, especificar _____ |
| <input type="checkbox"/> 4. Para no depender de un proveedor | <input type="checkbox"/> 9. No sabe |
| <input type="checkbox"/> 5. Por costumbre o hábito | <input type="checkbox"/> 10. No responde |

II. CUANTIFICACIÓN DEL CONSUMO DE LEÑA Y/O DESECHOS VEGETALES

2.1) ¿En qué unidad compra o adquiere la leña para su hogar, ? .

(Para cada caso, marque todas las que corresponda, máximo 3 opciones)

- | | | |
|--|---|--|
| <input type="checkbox"/> 1. Camioneta L C | <input type="checkbox"/> 5. Por saco | <input type="checkbox"/> 9. m ³ a granel o tirado |
| <input type="checkbox"/> 2. Triciclo | <input type="checkbox"/> 6. Por canasto | <input type="checkbox"/> 10. Otra, _____ |
| <input type="checkbox"/> 3. Carretilla de mano | <input type="checkbox"/> 7. Por kilo | <input type="checkbox"/> 11. No sabe |
| <input type="checkbox"/> 4. Por unidad (astilla) | <input type="checkbox"/> 8. m ³ ordenado | <input type="checkbox"/> 12. No responde |

2.2) ¿Cómo trae o adquiere usted la leña para su hogar, ? .

(Para cada caso, marque todas las que corresponda, máximo 3 opciones) (MOSTRAR TARJETA A)

- | | | |
|---|---|--|
| <input type="checkbox"/> 1. Camión largo | <input type="checkbox"/> 4. Camioneta corta | <input type="checkbox"/> 7. Carretilla de mano |
| <input type="checkbox"/> 2. Camión 3/4 | <input type="checkbox"/> 5. Carreta de animal | <input type="checkbox"/> 8. Maletero automóvil |
| <input type="checkbox"/> 3. Camioneta larga | <input type="checkbox"/> 6. Triciclo | <input type="checkbox"/> 9. Otro _____ |

2.3) ¿Qué especies de árboles o arbustos utiliza frecuentemente para leña ? **(Identifique según escala de valor de 1 a 3 si corresponde, siendo 1 la más importante)**

- | | | |
|--|---|---|
| <input type="checkbox"/> 1. Hualle (Roble) | <input type="checkbox"/> 5. Pino | <input type="checkbox"/> 9. Nativas (especificar) _____ |
| <input type="checkbox"/> 2. Eucaliptus | <input type="checkbox"/> 6. Mixto | <input type="checkbox"/> 10. Frutales (especificar) _____ |
| <input type="checkbox"/> 3. Aromo | <input type="checkbox"/> 7. No sabe | <input type="checkbox"/> 11. Otra (especificar) _____ |
| <input type="checkbox"/> 4. Espino | <input type="checkbox"/> 8. No responde | |

2.4) ¿Cuanta leña consumió el año pasado en cada mes?, según su experiencia , ¿cuanto cree usted que consumirá en los siguientes meses? **(Indicar la unidad de compra, especie, precio y cantidad según la unidad)**

LEÑA								UNIDAD _____				
ESPECIE _____								PRECIO _____				
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL

LEÑA								UNIDAD _____				
ESPECIE _____								PRECIO _____				
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL

OTRO								UNIDAD _____				
ESPECIFICAR _____								PRECIO _____				
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL

DEBE COMPLETAR CON DETALLE LA PREGUNTA 2.4). EL SUPERVISOR VERIFICARÁ LA CONSISTENCIA DE ESTA INFORMACIÓN EN LA SECCIÓN FINAL

III. USO DE COMBUSTIBLE LEÑA EN EL HOGAR Y TIPO DE EQUIPAMIENTO

3.1) Indicar los equipos utilizados con combustibles de leña en el hogar. (**Identifique para cada uno de los equipos el tipo, la antigüedad y marca**) (**MOSTRAR TARJETA B**)

Actividad	Característica del equipo			¿Cada cuanto tiempo realiza mantenimiento al equipo?, (meses)	C ¿Qué usa para encender el equipo?	¿Cuanto demora en encender el equipo? (minutos)	D ¿Quema otra cosa además de leña?
	A Tipo (s) de equipos	B Marca	Antigüedad (años)				
Cocina							
Calefacción							
Calentar agua ducha							
Otro							

Tipos de equipos (A)

- Cocina de fierro
- Chimenea
- Combustión lenta doble cámara
- Combustión lenta cámara simple
- Salamandra
- Estufa de lata
- Horno de barro
- Otro _____
- No sabe
- No responde

Marca del equipo (B)

- Amesti
- Bosca
- Pucón
- Efel
- Otra _____
- No sabe
- No responde

Como enciende el equipo (C)

- Papeles
- Palitos o astillas
- Cera
- Parafina
- Bolsas o botellas plásticas
- Briquetas (partidores)
- Otro, _____
- No sabe
- No responde

Quemas varias (D)

- Papeles
- Basura
- Hojas
- Plásticos (bolsas, botellas)
- Otro _____
- No sabe

Uso del tiraje (E)

- Totalmente abierto
- Parcialmente cerrado
- Totalmente cerrado
- Otro _____
- No aplica
- No sabe
- No responde

3.2) ¿Durante el día cuándo y cómo utiliza sus equipos de combustión de leña?

Equipo (s)	Periodo	Intensidad de uso	Tiraje (E)
Cocina a leña	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24	Carga completa	
	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24	Carga media	
	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24	Carga mínima	
Equipo _____	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24	Carga completa	
	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24	Carga media	
	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24	Carga mínima	
Equipo _____	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24	Carga completa	
	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24	Carga media	
	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24	Carga mínima	

IV. ABASTECIMIENTO DE LEÑA

4.1) ¿De qué forma usted obtiene normalmente la leña? (**Complete en términos porcentuales su forma de abastecimiento**)

Combustible/ Abastecimiento	Recolecta/ propia	Regalo	Compra	Otro _____	Total
Leña					100%
Desechos forestales/ aserradero					100%
Desechos de poda					100%

4.2) (**sólo si le regalan leña y/o desechos**) ¿Quién normalmente le regala la leña?

1. Productor de bosque
 2. Industria (regalía de empresa como trabajador)
 3. Familiar o amigo
 4. Otro _____

4.3) (**sólo si compra leña**) ¿A quién frecuentemente le compra usted la leña?

1. Transportista/
vendedor ambulante
 2. Productor
 3. Comerciante
establecido
 4. Otro _____

Nombre del proveedor _____ Dirección /fono- _____

4.4) ¿Con qué frecuencia se abastece usted leña durante el año? (**marcar sólo una alternativa**)

1. Diariamente
 4. 1 vez al mes
 7. Otro (especificar) _____
 2. 2 ó 3 por semana
 5. 2 a 4 veces al año
 8. No sabe
 3. Semanalmente
 6. 1 vez al año
 9. No responde

4.5) ¿Le dan factura o boleta cuando compra leña? (**marque sólo una**)

1. Siempre
 2. Casi siempre
 3. Nunca
 4. No sabe

4.6) La leña que usted adquiere viene: (**marque la que mejor aplique**)

1. Seca
 2. Semi-húmeda
 3. Húmeda
 4. No sabe

4.7) ¿Cómo prefiere usted que venga la leña?: (**marque la que mejor aplique**)

1. Seca
 2. Semi- húmeda
 3. Húmeda
 4. No le importa

4.8) Deja secar la leña una vez que la adquiere
 1. No
 2. Sí, especificar el tiempo _____ meses

4.9) ¿Cómo almacena usted la leña en su hogar? (**marcar alternativas según corresponda**)

1. Bajo techo
 4. No almacena
 2. A la intemperie
 5. A la Intemperie con un plástico
 3. En un galpón
 6. No sabe
 7. Otra (especificar) _____

4.10) ¿Cuánta leña puede usted almacenar en su hogar? Cantidad _____ Unidad _____

V. SITUACIÓN SOCIAL Y ECONÓMICA DEL HOGAR

- 5.1) ¿Cuántas personas viven en su hogar?
- 5.2) ¿Cuántos metros cuadrados construidos tiene su hogar?
- 5.3) ¿Cuántos metros cuadrados calefacciona en su hogar?

5.4) ¿Cuál es el nivel de educación del jefe de hogar?

- | | | | | | |
|--------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> | 1. Sin educación formal | <input type="checkbox"/> | 5. Media Tec. incompleta | <input type="checkbox"/> | 9. Tec. o Univ. Incompleta |
| <input type="checkbox"/> | 2. Básica incompleta | <input type="checkbox"/> | 6. M. Hum. completa | <input type="checkbox"/> | 10. Tec. o Univ. Completa |
| <input type="checkbox"/> | 3. Básica completa | <input type="checkbox"/> | 7. M. Tec. completa | <input type="checkbox"/> | 11. No sabe |
| <input type="checkbox"/> | 4. M. Hum. incompleta | <input type="checkbox"/> | 8. Media incompleta | <input type="checkbox"/> | 12. No responde |

5.5) ¿Bajo qué situación usted ocupa la vivienda?

- | | | | | | |
|--------------------------|-----------------------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------|-------------------------|
| <input type="checkbox"/> | 1. Propia y pagada | <input type="checkbox"/> | 5. Arrienda con contrato | <input type="checkbox"/> | 9. Usufructo |
| <input type="checkbox"/> | 2 Propia y pagándose | <input type="checkbox"/> | 6. Arrienda sin contrato | <input type="checkbox"/> | 10. Ocupación irregular |
| <input type="checkbox"/> | 3. Propiedad compartida pagada | <input type="checkbox"/> | 7. Cedida por servicio | <input type="checkbox"/> | 11. No sabe |
| <input type="checkbox"/> | 4. Propiedad compartida pagándose | <input type="checkbox"/> | 8. Cedida por familiar o amigo | <input type="checkbox"/> | 12. No responde |

5.6) Sumando el ingreso que perciben todas las personas en el hogar, ¿Cuál el ingreso promedio líquido mensual, incluyendo pensiones, subsidios monetarios, montepío, otros? _____ (Mostrar tarjeta C)

VI. CARACTERÍSTICAS DE LA VIVIENDA Y ESTADO DE CONSERVACIÓN

6.1) Tipo de vivienda

- | | | | |
|--------------------------|-----------------|--------------------------|---------------------------|
| <input type="checkbox"/> | 1. Casa aislada | <input type="checkbox"/> | 4. Departamento/ edificio |
| <input type="checkbox"/> | 2. Casa pareada | <input type="checkbox"/> | 5. Mediagua |
| <input type="checkbox"/> | 3. Casa en fila | <input type="checkbox"/> | 6. No sabe |

6.2) Tipos de ventanas que tiene la vivienda (indicar cuantas de cada tipo)

- | | | | | | | |
|-------------------|--------------------------|--------------------|--------------------------|--------------------|--------------------------|------------------------|
| Vidrio simple | <input type="checkbox"/> | 1. Ventanas chicas | <input type="checkbox"/> | 2. Ventanas grande | <input type="checkbox"/> | 3. Ventanal piso-cielo |
| Vidrio Termopanel | <input type="checkbox"/> | 4. Ventanas chicas | <input type="checkbox"/> | 5. Ventanas grande | <input type="checkbox"/> | 6. Ventanal piso-cielo |

6.3) Material predominante en los muros exteriores de la vivienda

- | | | | |
|--------------------------|--|--------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> | 1. De acero u hormigón armado | <input type="checkbox"/> | 6. Barro, quincha, pirca u otro material artesanal |
| <input type="checkbox"/> | 2. Albañilería de ladrillo, bloque de cemento o piedra | <input type="checkbox"/> | 7. Material de desecho o reciclaje (cartón, lata, etc) |
| <input type="checkbox"/> | 3. Tabique forrado por ambas caras | <input type="checkbox"/> | 8. Otro, especificar _____ |
| <input type="checkbox"/> | 4. Adobe | <input type="checkbox"/> | 9. No sabe |
| <input type="checkbox"/> | 5. Tabique sin forro interior | | |

6.4) Estado de conservación de los muros

- | | | | |
|--------------------------|--------------|--------------------------|------------|
| <input type="checkbox"/> | 1. Bueno | <input type="checkbox"/> | 3. Malo |
| <input type="checkbox"/> | 2. Aceptable | <input type="checkbox"/> | 4. No sabe |

6.5) Material predominante del piso de la vivienda

- | | | | |
|--------------------------|--|--------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> | 1. Radier revestido (parquet, cerámica, tabla) | <input type="checkbox"/> | 4. Madera, plástico o pastelones sobre la tierra |
| <input type="checkbox"/> | 2. Radier no revestido | <input type="checkbox"/> | 5. Piso de tierra |
| <input type="checkbox"/> | 3. Tabla o parquet sobre vigas | <input type="checkbox"/> | 6. No responde |

6.6) Estado de conservación del piso

- | | | | |
|--------------------------|--------------|--------------------------|------------|
| <input type="checkbox"/> | 1. Bueno | <input type="checkbox"/> | 3. Malo |
| <input type="checkbox"/> | 2. Aceptable | <input type="checkbox"/> | 4. No sabe |

6.7) Material predominante del techo de la vivienda

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> 1. Teja, tejuela, losa de hormigón con cielo interior | <input type="checkbox"/> 5. Paja, totora o caña |
| <input type="checkbox"/> 2. Zinc o pizarreño con cielo interior | <input type="checkbox"/> 6. Desecho (plásticos, latas, cartones) |
| <input type="checkbox"/> 3. Zinc, pizarreño, teja, tejuela o madera sin cielo interior | <input type="checkbox"/> 7. No sabe |
| <input type="checkbox"/> 4. Fonolita | |

6.8) Estado de conservación del techo

- | | |
|---------------------------------------|-------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1. Bueno | <input type="checkbox"/> 3. Malo |
| <input type="checkbox"/> 2. Aceptable | <input type="checkbox"/> 4. No sabe |

6.9) Tiene aislación térmica en los muros

- | | | |
|---|--------------------------------|-------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1. Sí (indicar espesor) _____ cm | <input type="checkbox"/> 2. No | <input type="checkbox"/> 2. No sabe |
|---|--------------------------------|-------------------------------------|

6.10) Tiene aislación térmica en el cielo

- | | | |
|---|--------------------------------|-------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1. Sí (indicar espesor) _____ cm | <input type="checkbox"/> 2. No | <input type="checkbox"/> 2. No sabe |
|---|--------------------------------|-------------------------------------|

6.11) ¿Cuántas horas al día ventila la vivienda en invierno? _____

6.12) ¿A qué hora inicia la ventilación normalmente? _____ AM PM

6.13) ¿Cómo ventila su vivienda normalmente? (**debe seleccionar 1 opción**)

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> 1. Abre sólo una ventana o puerta en la casa | <input type="checkbox"/> 3. Abre 2 ventanas o puertas opuestas en la casa |
| <input type="checkbox"/> 2. Abre 2 ventanas o puertas en el mismo lado de la casa | <input type="checkbox"/> 4. Abre más de 2 ventanas o puertas |
| | <input type="checkbox"/> 5. No ventila |

VII. PREGUNTAS SITUACIONALES (APLICA SÓLO SI CONSUME LEÑA)

7.1) Si supiera que existe un vendedor de leña certificada (leña seca y que genera más calor) ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por la leña?

Precio \$ _____ unidad _____

7.2) Dado que la leña genera contaminación del aire que afecta la salud de las personas, el gobierno a través del Ministerio del Medio Ambiente está analizando la posibilidad de generar un programa de recambio de equipos a leña certificados que contaminan menos y que tienen un valor de mercado cercano a los \$500.000.

A los hogares interesados se les pide co-financiar parte del costo del equipo ¿usted estaría dispuesto a participar en un programa de recambio de equipos si existe un subsidio del equipo de un _____%, es decir, tiene que pagar aproximadamente _____ miles de pesos?

- | | |
|--------------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> 1. Sí | <input type="checkbox"/> 2. No, por qué _____ |
|--------------------------------|---|

VIII. CONFORT EN INVIERNO

8.1) ¿Cuál es el nivel de temperatura en invierno en las horas en que tiene la calefacción encendida?

- | | | | |
|--------------------------|-----------------------------------|--------------------------|---------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> | 1.La vivienda es muy fría | <input type="checkbox"/> | 5.La vivienda es ligeramente calurosa |
| <input type="checkbox"/> | 2.La vivienda es fría | <input type="checkbox"/> | 6.La vivienda es calurosa |
| <input type="checkbox"/> | 3.La vivienda es ligeramente fría | <input type="checkbox"/> | 7.No sabe |
| <input type="checkbox"/> | 4.La vivienda es agradable | <input type="checkbox"/> | 8. No responde |

8.2) ¿Cuál es el nivel de temperatura en invierno en las horas en que tiene la calefacción apagada? **Considerar por lo menos dos horas después que se apagó la calefacción.**

- | | | | |
|--------------------------|-----------------------------------|--------------------------|---------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> | 1.La vivienda es muy fría | <input type="checkbox"/> | 5.La vivienda es ligeramente calurosa |
| <input type="checkbox"/> | 2.La vivienda es fría | <input type="checkbox"/> | 6.La vivienda es calurosa |
| <input type="checkbox"/> | 3.La vivienda es ligeramente fría | <input type="checkbox"/> | 7.No sabe |
| <input type="checkbox"/> | 4.La vivienda es agradable | <input type="checkbox"/> | 8. No responde |

8.3) Indique el nivel de ropa que utiliza en su vivienda cuando la calefacción está encendida en el día

- | | | | |
|--------------------------|------------------------|--------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> | 1.Solo polera o camisa | <input type="checkbox"/> | 5.Chaleco grueso más chaqueta o similar |
| <input type="checkbox"/> | 2.Chaleco delgado | <input type="checkbox"/> | 6.Chaleco grueso más parka |
| <input type="checkbox"/> | 3.Chaleco grueso | <input type="checkbox"/> | 7.No sabe |
| <input type="checkbox"/> | 4.Doble chaleco grueso | <input type="checkbox"/> | 8. No responde |

8.4) Indique el nivel de ropa que utiliza en su vivienda cuando la calefacción está apagada en el día

- | | | | |
|--------------------------|------------------------|--------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> | 1.Solo polera o camisa | <input type="checkbox"/> | 5.Chaleco grueso más chaqueta o similar |
| <input type="checkbox"/> | 2.Chaleco delgado | <input type="checkbox"/> | 6.Chaleco grueso más parka |
| <input type="checkbox"/> | 3.Chaleco grueso | <input type="checkbox"/> | 7.No sabe |
| <input type="checkbox"/> | 4.Doble chaleco grueso | <input type="checkbox"/> | 8. No responde |

IX. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA LEÑA Y/O DESECHO VEGETAL**USO INTERNO — NO LLENAR**

Especie	Contenido de humedad, %, réplica			Promedio
	1	2	3	

1 Eucalipto 2. Aromo 3. Otra (especificar) _____

**X. RESUMEN CONSUMO Y HUMEDAD
COMPLETAR AL TERMINAR POR ENCUESTADOR**

Tipo de especie (A)	Según respuesta a pregunta 2.4)		Contenido de Humedad %
	Consumo anual total	(B) Unidad	
Leña de..			
Leña de..			
Carbón de..			
Desecho Industrial, Forestal o Agro (C)			

A. TIPO DE ESPECIE
(Leña y carbón vegetal)

- | | |
|------------------|-------------------|
| 1. Hualle/ Roble | 5. Mixto |
| 2. Eucalipto | 6. Nativas _____ |
| 3. Aromo | 7. Frutales _____ |
| 4. Espino | 8. Otra _____ |
| | 9. No sabe |
| | 10. Pino |

B. UNIDAD

1. Camión largo
2. Camión 3/4
3. Camioneta larga
4. Camioneta corta
5. Carreta de animal
6. Triciclo
7. Carretilla de mano
8. Maletero automóvil
9. Por unidad (astilla)
10. Por saco
11. Por canasto
12. Por kilo
13. m³ a granel
14. Por m³ ordenado
15. Otro tipo de metro
16. Otra, _____
17. No sabe
18. No responde

C. TIPO DE DESECHO**Industrial**

1. Aserrín
2. Viruta de madera
3. Lampazos/ despuntes
4. Briquetas
5. Pelletes
6. Chips
7. Pallets/ Moldajes

Forestal

8. Ramas
9. Conos
10. Tocones

Agro

11. Podas
12. Rastrojos
13. Otro _____
14. No sabe
15. No responde

ANEXO F

INFORME PROCESO DE RECLUTAMIENTO Y APLICACIÓN DE ENCUESTA RESIDENCIAL

APLICACIÓN DE ENCUESTA DE CONSUMO DE LEÑA EN EL SECTOR RESIDENCIAL

1.1 Reclutamiento, selección y capacitación de los encuestadores

El reclutamiento de encuestadores para el levantamiento de información en los hogares con el fin de terminar los patrones de consumo de leña incluyó a estudiantes universitarios y recién egresados que tuvieran residencia permanente en la comuna de Taca y Maule. Para ello se publicó un anuncio en un portal web de las Universidades de Talca, Católica del Maule y la Universidad Santo Tomas con la oferta de trabajo en el levantamiento de información. Se recibieron aproximadamente 200 Curriculum Vitae de potenciales encuestadores, de los cuales se seleccionaron 30 candidatos con perfiles de formación adecuados para aplicar el instrumento en los hogares.

El proceso de reclutamiento consideró una citación masiva de los candidatos seleccionados para una reunión informativa y de capacitación el día viernes 29 de abril de 2013, en instalaciones del centro de capacitación CINDER, ubicado en pleno Centro de la ciudad de Talca (2 Oriente N° 1121, esquina 1 Sur). El proceso de entrenamiento consideró una segunda etapa de capacitación orientada a entrenar a los encuestadores que midieron el contenido de humedad de la leña en las encuestas residenciales y los comerciantes de leña. Esta capacitación fue realizada el día 29 de mayo y contó con la participación de 6 encuestadores previamente seleccionados.

Las capacitaciones sobre la aplicación del instrumento fueron dirigidas por el Jefe de Proyecto y junto con las instrucciones verbales se les entregó a cada uno de los encuestadores; una carpeta, su respectiva credencial, lápices, el manual del encuestador, los controles y las tarjetas para que las personas puedan identificar con mayor facilidad algunas preguntas. Se desarrolló un “Manual del Encuestador” (ver Anexo J) correspondiente a un documento explicativo de la encuesta y las funciones del encuestador, el cual fue elaborado para complementar la capacitación, y como una medida de aseguramiento de la calidad de la información recopilada. Adicionalmente, a cada encuestador se les entregó el material correspondiente a un número pequeño de encuestas (correspondientes a la campaña piloto) con el fin de entrenamiento y para que fueran reconociendo la metodología y los sectores a encuestar.



Figura F1. Charla capacitación de los encuestadores que aplicarán el instrumento destinado a recopilar información sobre el consumo de leña de los hogares



Figura F1. Charla capacitación de los encuestadores que aplicarán el instrumento destinado a recopilar información sobre el consumo de leña de los hogares

Los encuestadores calificados y que cumplieron con las expectativas del ejercicio, fueron 16, sin embargo, este número se fue reduciendo a lo largo de las campañas según fueron aumentando las expectativas y los controles realizados, tanto en la correcta toma de los datos, como en la consistencia de estos.

1.2 Prueba piloto del Instrumento Encuesta Residencial

A continuación de la capacitación se realizó un piloto de aplicación del instrumento en terreno el día 30 de abril y 1 de mayo de 2013, para validar el método propuesto, la calidad, consistencia y posibles problemas de la encuesta de información primaria orientado al sector residencial. Lo anterior, apuntó principalmente, a evaluar sus contenidos y la pertinencia de los mismos, los tiempos de aplicación, y la recepción y percepción del instrumento por parte de las personas encuestadas.

Como resultado de la aplicación de la encuesta piloto se observó que esta fue recibida favorablemente por los hogares, el principal cambio realizado en el instrumento fue que se cambió la estacionalidad de los meses de frío, y se adaptó caso a caso, otro aspecto de relevancia fue que el tiempo estimado para la realización de las encuestas era el apropiado (20 minutos promedio). Posteriormente a la realización de este piloto, se generó la planificación de las campañas, lo principal respecto de esta planificación es la realización de las encuestas preferentemente los fines de semana. Es interesante acotar que si bien los encuestadores no tuvieron problemas de recepción por parte de la población, si hubo una notable diferencia luego de la restricción impuesta por el Servicio

de Salud en Temuco de prohibir el uso de la leña para calefacción algunos días durante el mes de junio, los encuestadores señalaron que la gente estuvo mucho más reticente a contestar sus preguntas luego de este acontecimiento. A continuación se resumen las fechas de las campañas realizadas

Tabla F.1. Cronograma de las campañas de levantamiento de encuestas en los hogares

Campaña	Fecha Inicio	Fecha Termino
Piloto	29 de abril	2 de mayo
Campaña 1	10 de mayo	14 de mayo
Campaña 2	14 de mayo	23 de mayo
Campaña 3	23 de mayo	29 de mayo
Campaña 4	29 de mayo	7 de junio
Campaña 5	7 de junio	14 de junio
Campaña 6	14 de junio	20 de junio
Campaña 7	20 de junio	27 de junio
Campaña 8	27 de junio	03 de julio

1.3 Aplicación del Instrumento Hogares y muestra de humedad.

La aplicación del instrumento estuvo compuesta por 8 campañas (una cada semana) durante los meses de Mayo, Junio y Julio con un promedio de 100 encuestas por campaña, esta modalidad tuvo como fin minimizar la perdida de material, que los encuestadores trabajaran a un ritmo constante y por sobretodo el ir evaluando el desempeño de estos cada semana. Semanalmente se citó a los encuestadores en las dependencias de CINDER en el centro de la ciudad de Talca, se recibió las encuestas realizadas, se entregó nuevas junto con su respectivo mapa para la ubicación espacial, (en el Anexo I se muestra los mapas generados para entregar a los encuestadores) De esta manera se cumplieron cabalmente las muestras estipuladas para el estudio.

La identificación de las zonas donde se aplicaron las encuestas se realizó mediante la ayuda de imágenes satelitales y coberturas digitales de distintos años disponibles en la plataforma Google Earth con el objeto de identificar previamente los barrios nuevos construidos en distintas épocas respecto de la ordenanza de aislación térmica. En este análisis, se excluyeron aquellas manzanas que, de acuerdo a la interpretación de las imágenes satelitales, presentan usos industriales, equipamientos y/o servicios.

Adicionalmente, para facilitar la entrega de datos por parte del encuestado se entregó al hogar un comprobante que acredite que la encuesta fue aplicada (Control).

1.4 Diseño de encuestas para caracterizar la demanda residencial y oferta de combustibles de biomasa.

Para levantar la información referente al consumo residencial de leña se diseñó una encuesta utilizando Microsoft® Office Publisher como plataforma. La encuesta está orientada a los consumidores y busca levantar información relevante para caracterizar y/o cuantificar:

- El tipo de inmueble
- Los material de construcción y aislamiento térmico de la vivienda
- Los tipos de artefactos de combustión de leña utilizado
- La forma de operación de los artefactos
- El número de moradores
- El estrato socioeconómico
- El volumen de leña u otro combustible de biomasa utilizado
- Canales de adquisición de la leña u otros combustibles
- El precio que pagan por la energía (gas, electricidad, combustibles de biomasa)
- La temporalidad y estacionalidad del consumo
- Preguntas situacionales para determinar el potencial de sustitución y/o implementación de instrumentos económicos
- Otras variables de interés.

La encuesta estuvo orientada tanto a recoger respuestas de hogares que consumían leña, como de hogares que se calefaccionan con otro tipo de energía o no se calefaccionan. Respecto a los hogares se instruyó a los encuestadores para realizar un reconocimiento visual de la manzana y/o sector donde se debe aplicar la encuesta, y verificar con el mapa si se encuentra en el sector asignado, para luego identificar el número de viviendas potencialmente a ser encuestadas, así como también la cantidad de estufas a leña que se podían reconocer visualmente a través de los cañones que salen al exterior de las viviendas.

Para los detalles respecto de cada pregunta se entregó a cada encuestador un manual con instrucciones detalladas sobre cada pregunta, por si tuvieran duda luego de la capacitación, además el coordinador en terreno mantenía constante comunicación con los encuestadores en el caso que surgieran dudas por parte de estos o en algunas viviendas encuestadas, este manual del encuestador se encuentra en el Anexo J, manual del encuestador, el que finalmente incluyo cada una de las observaciones que fueron realizando los encuestadores durante el ejercicio de las campañas de la encuesta residencial.

ANEXO G

MAPA SECTORES ENCUESTADOS COMUNAS DE TALCA Y MAULE



Figura G1 Resumen de Sectores Encuestados en Comunas de Talca y Maule encuestas sector sur, incluye Maule

Fuente: GoogleEarth 2013



Figura G1 Resumen Sectores Zona Sur, incluye Maule

Fuente: GoogleEarth 2013



Figura G2 Sector n°1 Zona Sur
Fuente: GoogleEarth 2013



Figura G3 Sector n°2 Zona Sur
Fuente: GoogleEarth 2013



Figura G4 Sector n°3 Zona Sur
Fuente: GoogleEarth 2013



Figura G5 Sector n°4 Zona Sur
Fuente: GoogleEarth 2013



Figura G6 Sector n°5 Zona Sur
Fuente: GoogleEarth 2013



Figura G7 Sector n°6 Zona Sur
Fuente: GoogleEarth 2013



Figura G8 Sector n°7 Zona Sur
Fuente: GoogleEarth 2013



Figura G9 Sector n°8 Zona Sur
Fuente: GoogleEarth 2013



Figura G10 Sector n°9 Zona Sur
Fuente: GoogleEarth 2013



Figura G11 Sector n°10 Zona Sur
Fuente: GoogleEarth 2013



Figura G12 Sector n°11 Zona Sur
Fuente: GoogleEarth 2013



Figura G13 Sector n°12 Zona Sur
Fuente: GoogleEarth 2013



Figura G14 Sector n°13 Zona Sur
Fuente: GoogleEarth 2013



Figura G15 Sector n°14 Zona Sur
Fuente: GoogleEarth 2013



Figura G16 Sector n°15 Zona Sur
Fuente: GoogleEarth 2013



Figura G17 Sector n°16 Zona Sur
Fuente: GoogleEarth 2013



Figura G18 Sector n°17 Zona Sur
Fuente: GoogleEarth 2013



Figura G19 Sector n°18 Zona Sur
Fuente: GoogleEarth 2013



Figura G20 Sector n°19 Zona Sur
Fuente: GoogleEarth 2013



Figura G21 Sector n°20 Zona Norte
Fuente: GoogleEarth 2013



Figura G22 Sector n°21 Zona Norte
Fuente: GoogleEarth 2013



Figura G23 Sector n°22 Zona Norte
Fuente: GoogleEarth 2013



Figura G24 Sector n°23 Zona Norte
Fuente: GoogleEarth 2013



Figura G25 Sector n°24 Zona Norte
Fuente: GoogleEarth 2013



Figura G26 Sector n°25 Zona Norte
Fuente: GoogleEarth 2013



Figura G27 Sector n°26 Zona Norte
Fuente: GoogleEarth 2013



Figura G28 Sector n°27 Zona Norte
Fuente: GoogleEarth 2013



Figura G29 Sector n°28 Zona Norte
Fuente: GoogleEarth 2013



Figura G30 Sector n°29 Zona Norte
Fuente: GoogleEarth 2013



Figura G31 Sector n°30 Zona Norte
Fuente: GoogleEarth 2013



Figura G32 Sector n°31 Zona Norte
Fuente: GoogleEarth 2013



Figura G33 Sector n°32 Zona Norte
Fuente: GoogleEarth 2013



Figura G34 Sector n°33 Zona Norte
Fuente: GoogleEarth 2013



Figura G35 Sector n°34 Zona Norte
Fuente: GoogleEarth 2013



Figura G36 Sector n°35 Zona Norte
Fuente: GoogleEarth 2013



Figura G37 Sector n°36 Zona Norte
Fuente: GoogleEarth 2013



Figura G38 Sector n°37 Zona Norte
Fuente: GoogleEarth 2013



Figura G39 Sector n°38 Zona Norte
Fuente: GoogleEarth 2013



Figura G40 Sector n°39 Zona Norte
Fuente: GoogleEarth 2013



Figura G41 Sector n°40 Zona Norte
Fuente: GoogleEarth 2013



Figura G42 Sector n°41 Zona Norte
Fuente: GoogleEarth 2013



Figura G43 Sector n°42 Zona Norte
Fuente: GoogleEarth 2013

ANEXO H

MANUAL DEL ENCUESTADOR

Manual del Encuestador

Encuesta consumo de leña en el sector residencial de Talca

Presentación

El siguiente manual fue elaborado por los profesionales de la Universidad de Concepción como un documento guía para orientar al encuestador y al supervisor en el proceso de aplicación y supervisión de una encuesta que tiene como fin principal el levantamiento de información primaria para cuantificar y caracterizar el consumo residencial de leña en la ciudad de Talca y Maule.

La encuesta también busca recopilar información sobre la importancia que tiene este energético en relación a otras formas de energía, la tecnología de los artefactos de combustión de leña, las características constructivas de las viviendas y las condiciones socioeconómica de los hogares.

El objetivo principal de la aplicación de esta encuesta es cuantificar y caracterizar el consumo residencial de leña y su cadena de producción y distribución.

Los objetivos específicos son los siguientes:

- Caracterizar tipos de combustibles utilizados en el hogar.
- Cuantificar el consumo de combustible de leña en el hogar.
- Caracterizar los canales de acceso y distribución de la leña.
- Identificar la estacionalidad del consumo de leña en el hogar.
- Determinar el tipo de equipamiento existente en el hogar.
- Identificar las formas de abastecimiento de leña y/o desechos vegetales.
- Caracterizar situación social y económica del hogar.
- Caracterizar las características constructivas de la vivienda y estado de conservación.

Determinar el contenido de humedad de la leña y/o desecho vegetal utilizado en hogar

DEFINICIONES BÁSICAS

Leña: Conjunto de troncos, ramas y trozos de madera seca que se emplea para hacer fuego. Según la CNE, se define como energético renovable que para efectos de balances de energía se le asigna un poder calorífico superior de 3.500 kcal/kg.

Hogar: Grupo de personas (emparentadas o no emparentadas entre sí) que comparten la misma vivienda, las que se asocian para proveer en común a sus necesidades alimenticias o de otra índole vital. Comprende también los hogares unipersonales.

Vivienda: La vivienda es un edificio cuya principal función es ofrecer refugio y habitación a las personas y sus enseres y propiedades, protegiéndoles de las inclemencias climáticas y de otras amenazas naturales.

Edificio: Construcción grande de varios pisos o de mayor extensión que una casa, en la que viven distintas familias, existen oficinas y/o comercios.

Rastrojos: Se consideran los desechos vegetales, tales como, tallos y hojas que quedan en el terreno después de efectuada la cosecha de algún cultivo.



Desechos de Poda: Se consideran los desechos leñosos vegetales, tales como, troncos, ramas y tallos que quedan en el terreno después de efectuada una poda. Esto aplica principalmente a árboles frutales destinados a producción.

Informante calificado: integrante del grupo familiar que sea mayor de edad y que demuestre seguridad y confiabilidad en las respuestas (preferentemente, al jefe de hogar).

Estufa: Artefacto destinado a elevar la temperatura del ambiente en que está instalado. También se conoce como calefactor.

Cocina: Artefacto para cocción, compuesto por una cubierta que comprende uno o varios quemadores y, eventualmente, uno o varios hornos y/o asadores por radiación o contacto.

Horno: Cámara que se diseña para generar o acumular calor dentro de ella con fines diversos. Entre éstos: secar, asar, cocer y tostar.

Humedad de Leña: Contenido de agua en la leña, en términos porcentual (%). En este caso particular es aplicable tanto el concepto habitual en madera (Humedad en base seca) como en combustibles sólidos (Humedad base húmeda). Como ambas formas de expresar humedad coexisten, debe procurarse siempre de indicar si una un dato dado es en base seca o húmeda.

RESPONSABILIDADES DEL ENCUESTADOR Y EL SUPERVISOR

Responsabilidades del encuestador

1. Identificar, verificar y dirigirse a la zona asignada para el aplicar la encuesta. En algunos casos deberá movilizarse por medios propios.
2. Seleccionar el hogar a encuestar de acuerdo a los criterios de selección del hogar señalados en el manual. En el caso de que no se encuentren los moradores en el hogar, dirigirse al siguiente hogar en la cuadra/ zona de acuerdo a los criterios descritos en el manual.
3. Completar correctamente el cuestionario de acuerdo a los procedimientos e instrucciones contenidas en el manual del encuestador, con letra clara y legible.
4. Debe dejar siempre un comprobante de aplicación completa de la encuesta a la persona encuestada, explicándole que un supervisor podría pasar a verificar si se le aplicó el cuestionario y le solicitará este comprobante.
5. Luego de una jornada de trabajo, se deberá reportar con el supervisor para entregarle todas las encuestas. El supervisor evaluará en presencia del encuestador, la calidad de la información obtenida, especialmente los antecedentes faltantes o información omitida al aplicar el cuestionario.
6. En los casos de exista información faltante u omitida en el cuestionario, el encuestador deberá regresar a la vivienda u hogar y completar los antecedentes faltantes, de acuerdo a lo solicitado por el supervisor.

Responsabilidades del supervisor

1. Planificar correctamente todas las actividades de encuestaje y coordinación con el equipo de encuestadores, en gabinete y en terreno.
2. Proporcionar oportunamente todo el material requerido para la aplicación de la encuesta, esto incluye: cuestionarios debidamente foliados y con indicación de la manzana y/o área urbana a encuestar, mapas y croquis de ubicación y distribución de las encuestas a realizar, credenciales de identificación de los encuestadores, certificado de aplicación de la encuesta, otros materiales e insumos requeridos.
3. Supervisar en terreno como mínimo un 10 % de las encuestas realizadas por campaña.
4. Recepcionar y revisar, las encuestas en presencia del encuestador y sancionar su validez en términos de calidad de la información o bien de información faltante, según los criterios señalados en el manual.
5. Mantener las encuestas, en un archivo o kárdex, debidamente ordenadas y clasificadas por sector.
6. Generar un reporte por campaña de encuestaje, el que incluirá como mínimo: el número de encuestas por sector, encuestas pendientes, situaciones especiales y otros aspectos relevantes a reportar.
7. Reportar en forma periódica al encargado del estudio los avances del encuestaje y cualquier contingencia o información considerada relevante a informar.

CRITERIOS SELECCIÓN DE HOGAR

1. El encuestador deberá realizar un reconocimiento visual de la manzana y/o sector urbano o rural donde se debe aplicar la encuesta, y verificar con el mapa si se encuentra en el sector asignado.
2. Se deberá identificar preliminarmente el número de viviendas potencialmente a ser encuestadas dentro de la manzana.
3. Se deberá identificar el número sitios ocupados por instalaciones comerciales, industriales, bodegas u otras situaciones que impidan la realización de la encuesta. Este no deberá superar el número de viviendas existentes en la manzana y/o sector.
4. Una vez identificadas las viviendas potencialmente a ser encuestadas, se deberá realizar el siguiente procedimiento:
 - a) Desde vértice marcado en la manzana y/o sector rural de referencia, aplicar la encuesta a la tercera vivienda que se encuentre hacia la izquierda de la equina.
 - b) Si no se encuentran los moradores de la vivienda seleccionada, o frente a una negativa del morador para ser encuestado, avanzar hacia la izquierda y aplicar la encuesta en la tercera vivienda. Este procedimiento se deberá repetir hasta lograr aplicar la encuesta dentro de la manzana seleccionada.
 - c) Si la vivienda corresponde a un edificio de departamentos,
 - i) Cuente el número de pisos y considere el piso (N° pisos/2 +1) para encuestar.
 - ii) Seleccione el tercer departamento del ese piso partiendo del departamento de menor numeración y aplique la encuesta.
 - iii) Si no se encuentran los moradores del departamento seleccionado, o frente a una negativa del morador para ser encuestado, aplicar la encuesta al sexto departamento del piso. Este procedimiento se deberá repetir incrementando el número en tres hasta lograr aplicar la encuesta dentro del piso.
 - iv) Si no se logra entrevistar a un morador del piso seleccionado aumentar el piso en 1. Volver a repetir el procedimiento señalado en el paso II)
 - d) En los siguientes casos, aún cuando la respuesta sea positiva por parte del posible encuestado, no se aplicará el cuestionario si: El informante es menor de edad, de edad avanzada o presenta un estado de intemperancia aparente que impida obtener información segura y confiable. Se deberá aplicar el cuestionario, preferentemente, al jefe de hogar o a algún integrante del grupo familiar, mayor de edad, que demuestre seguridad y confiabilidad en las respuestas. Es decir, un informante calificado.
 - e) En los casos en que el informante sea calificado, pero este dispuesto a responder el cuestionario en otro momento del día, se podrá concertar una hora para aplicar la encuesta. Lo anterior, quedará sujeto a criterio del encuestador.

INSTRUCCIONES PARA LA APLICACIÓN DE LA ENCUESTA EN TERRENO

El encuestador deberá identificarse

Buenos días señor (a), mi nombre es... y trabajo como encuestador en un estudio de la Universidad de Concepción (mostrar credencial). Estamos realizando una encuesta sobre el consumo residencial de leña en la Región. Este proyecto cuenta con la aprobación de la Seremi de Medio Ambiente y mediante una encuesta queremos recoger datos y su opinión sobre los tipos de energía utilizados en su hogar. Esta encuesta es de carácter confidencial por lo tanto sus datos personales no serán divulgados y la información que usted me pueda proporcionar será de gran utilidad para dimensionar el consumo de leña en la comuna.

Descripción de la Encuesta e instrucciones de llenado

UBICACIÓN DE LA VIVIENDA			
COMUNA	<input type="checkbox"/> Talca <input type="checkbox"/> Maule		
DIRECCIÓN	_____		
POBLACIÓN O VILLA	_____		
DISTRITO	_____		
MANZANA	_____		
TELEFONO	<table border="1"> <tr> <td>COD.</td> <td>NÚMERO</td> </tr> </table>	COD.	NÚMERO
COD.	NÚMERO		

La provincia y comuna será llenada por el *supervisor*. La demás información deberá ser llenada por el *encuestador* en función de los datos entregados por el encuestado, en caso de no entregar el teléfono o celular, no insista en obtener esta información. Sin embargo, la dirección tiene que ser llenada en forma precisa dado que posteriormente se controlará en terreno la aplicación de esta encuesta.

<p>A.1) IDENTIFICACIÓN DEL ENCUESTADO</p> <p>NOMBRE _____</p> <p>ROL QUE CUMPLE EN LA FAMILIA</p> <table> <tr> <td><input type="checkbox"/> 1. Jefe de hogar</td> <td><input type="checkbox"/> 4. Empleada (o)</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> 2. Dueña de casa</td> <td><input type="checkbox"/> 5. Abuelo (a)</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> 3. Hijo (a)</td> <td><input type="checkbox"/> 6. Otro, indicar _____</td> </tr> </table>	<input type="checkbox"/> 1. Jefe de hogar	<input type="checkbox"/> 4. Empleada (o)	<input type="checkbox"/> 2. Dueña de casa	<input type="checkbox"/> 5. Abuelo (a)	<input type="checkbox"/> 3. Hijo (a)	<input type="checkbox"/> 6. Otro, indicar _____	<p>A.2) IDENTIFICACIÓN DEL ENCUESTADOR</p> <p>1. NOMBRE _____</p> <p>2. <table> <tr> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> <td>2013</td> </tr> <tr> <td>DÍA</td> <td>MES</td> <td></td> </tr> </table></p>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	2013	DÍA	MES	
<input type="checkbox"/> 1. Jefe de hogar	<input type="checkbox"/> 4. Empleada (o)												
<input type="checkbox"/> 2. Dueña de casa	<input type="checkbox"/> 5. Abuelo (a)												
<input type="checkbox"/> 3. Hijo (a)	<input type="checkbox"/> 6. Otro, indicar _____												
<input type="text"/>	<input type="text"/>	2013											
DÍA	MES												

Se deberá indicar el nombre de encuestado y rol que cumple en el hogar. Basta con poner el de pila de la persona encuestada. Sin embargo, se deberá intentar obtener el primer apellido para un control adecuado.

Siempre se deberá indicar el nombre completo del *encuestador* y la fecha cuando se aplicó la encuesta.

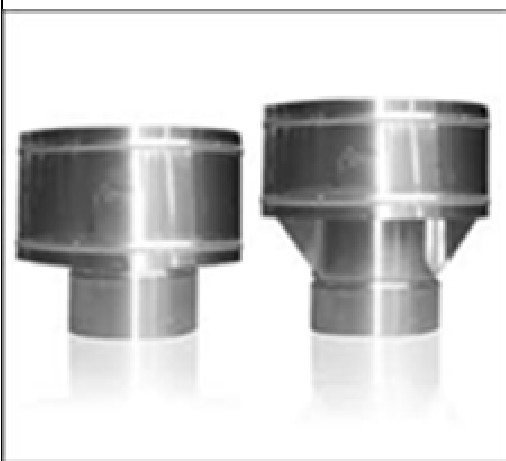
A.3) ¿En que año fue construida la vivienda?

1. Antes del año 2000
 2. Entre los años 2000—2008
 3. Después del año 2008

Esta pregunta tiene relación con la construcción de la vivienda original por que las casa generalmente sufren modificación, pero la pregunta respecto de la construcción inicial

A.4) CANTIDAD DE ESTUFAS EN LA CUADRA DONDE SE UBICA LA VIVIENDA:

1. Número de viviendas en la cuadra _____
2. Número de viviendas que tienen chimenea de estufa a leña en la cuadra _____



Se espera que el encuestador conteste este pregunta luego de realizada la encuesta o las encuestas en determinadas cuadras, la idea es que de esquina a esquina se cuente primero las casas y luego los cañones que puedan ser asociados a estufas, los cañones que deben ser contados son los que tienen este "gorro al final", no confundir con otros que a veces son de calefont

USO INTERNO — NO LLENAR

Encuestado _____
 Consumo leña _____
 Cuantificación _____
 Unidad de medida _____
 Usos _____
 Abastecimiento _____
 Humedad _____ %
 Precio _____
 Sustituto _____
 Estrato económico _____

ENCUESTA

Validada Si No

Revisado por _____

FECHA 2013
 DIA MES

Este rectángulo será de uso interno y no debe ser llenado por el encuestador. El supervisor debe ser quien revise la información de la encuesta y complete esta información.

I. TIPOS DE COMBUSTIBLES UTILIZADOS EN EL HOGAR

1.1) ¿Usted utiliza leña como combustible en su hogar? 1.Si 2.No

1.2) ¿Tiene pensado comprar/renovar una estufa o cocina a leña durante el próximo año? 1.Si 2.No

En estas preguntas, no se deberán leer todas las alternativas, solo esperar la respuesta.

1.3) ¿Cual es su consumo MENSUAL promedio SOLO para calefacción en la temporada de frío?

Combustible	Temporada de frío		Temporada de frío
	Uso (cantidad)	Unidad	Gasto
Leña o madera	-	-	S/mes
Gas			S/mes
Electricidad		horas /días	S/mes
Parafina		litros/ mes	S/mes
Carbón			S/mes
Otro: _____			S/mes

Esta pregunta tiene relacion con la estacionalidad, es posible que el encuestado no la responda mensualmente, sin embargo si respode por la temporada el encuestador debera escribir el gasto declarado y posteriormente dividirlo en los meses declarados de uso para la temporada de frio.

SI RESPONDE NO USA LEÑA EN PREGUNTA 1.1) PASE A LA PREGUNTA 1.4)

SI RESPONDE SI USA LEÑA , PASE A LA PREGUNTA 1.5)

Si el encuestado en la primera pregunta, la 1.1 ha respondido que no usa leña hay que continuar con la pregunta que esta acontnuacion que es la 1.4, para posteriormente seguir con la seccion V hasta el final de la encuesta

Si el encuestado en la primera pregunta la 1.1 ha respondido que usa leña, hay que continuar respondiendo desde la 1.5 y saltarse la 1.4 y completar el resto de la encuesta.

1.4) ¿Por que no utiliza leña ? Indique las principales razones, según escala de valor de 1 a 3, siendo 1 la más importante.

- | | | | | | |
|--------------------------|------------------------|--------------------------|---------------------|--------------------------|-------------------------|
| <input type="checkbox"/> | Porque contamina | <input type="checkbox"/> | Riesgo de incendios | <input type="checkbox"/> | No le gusta |
| <input type="checkbox"/> | Espacio para almacenar | <input type="checkbox"/> | Comodidad | <input type="checkbox"/> | Otro. especificar _____ |
| <input type="checkbox"/> | Difícil de obtener | <input type="checkbox"/> | Costo | <input type="checkbox"/> | No sabe |
| <input type="checkbox"/> | Atrae ratones | <input type="checkbox"/> | Nunca la ha usado | <input type="checkbox"/> | No responde |

Se debe dejar que el encuestado responda en forma espontánea, si no es posible, leer las alternativas. No forzar las escalas.

A CONTINUACION PASE A LA SECCION V PREGUNTA 5.1)

Posteriormente pasar a la Sección V, pregunta 5.1)

1.5 ¿Hace cuánto tiempo usted tiene su actual artefacto a leña? _____ Años

Recordar que es el artefacto que acualmente tiene, porque puede haber comprado varios a lo largo de la vida, se pregunta sobre el actual que se usa para calefacción.

1.6) ¿Por que utiliza leña ?.

(Identificar 3 principales razones, según escala de valor de 1 a 3 siendo 1 la más importante)

- | | | | |
|--------------------------|--|--------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> | 1. Porque es más económico | <input type="checkbox"/> | 6. Porque calienta más |
| <input type="checkbox"/> | 2. Es fácil de obtener | <input type="checkbox"/> | 7. Porque es caro comprar otro tipo de equipo calefactor |
| <input type="checkbox"/> | 3. Contamina menos | <input type="checkbox"/> | 8. Otra, especificar _____ |
| <input type="checkbox"/> | 4. Para no depender de un sólo proveedor | <input type="checkbox"/> | 9. No sabe |
| <input type="checkbox"/> | 5. Por costumbre o hábito | <input type="checkbox"/> | 10. No responde |

Se deberá dejar responder al encuestado en forma espontánea, si no es posible, leer las alternativas. No forzar las escalas.

II. CUANTIFICACIÓN DEL CONSUMO DE LEÑA Y/O DESECHOS VEGETALES

2.1) ¿En que unidad compra o adquiere la leña para su hogar.?

(Para cada caso, marque todas las que corresponda, máximo 3 opciones)

- | | | | | | |
|--------------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> | 1. Camioneta L C | <input type="checkbox"/> | 6. Por saco | <input type="checkbox"/> | 10. m ³ a granel o tirado |
| <input type="checkbox"/> | 2. Triciclo | <input type="checkbox"/> | 7. Por canasto | <input type="checkbox"/> | 11. Otra, _____ |
| <input type="checkbox"/> | 3. Carretilla de mano | <input type="checkbox"/> | 8. Por kilo | <input type="checkbox"/> | 12. No sabe |
| <input type="checkbox"/> | 4. Por unidad (astilla) | <input type="checkbox"/> | 9. m ³ estereo | <input type="checkbox"/> | 13. No responde |

Se deberá dejar responder al encuestado en forma espontánea, si no es posible, leer las alternativas. No forzar las escalas. En esta pregunta se debe marcar la unidad de compra de leña (camioneta, unidad, saco, canasto, kg, etc.)

2.2) ¿Como trae o adquiere usted la leña para su hogar.?

(Para cada caso, marque todas las que corresponda, máximo 3 opciones)

- | | | | | | |
|--------------------------|--------------------|--------------------------|----------------------|--------------------------|-----------------------|
| <input type="checkbox"/> | 1. Camión largo | <input type="checkbox"/> | 4. Camioneta corta | <input type="checkbox"/> | 7. Carretilla de mano |
| <input type="checkbox"/> | 2. Camión 3/4 | <input type="checkbox"/> | 5. Carreta de animal | <input type="checkbox"/> | 8. Maletero automóvil |
| <input type="checkbox"/> | 3. Camioneta larga | <input type="checkbox"/> | 6. Triciclo | <input type="checkbox"/> | 9. Otro _____ |

Se deberá dejar responder al encuestado en forma espontánea, si no es posible, leer las alternativas. No forzar las escalas. En esta pregunta se debe marcar el medio de transporte (camión, camioneta, carreta, etc.) en que llega la leña al hogar. Se deberá mostrar al encuestado la tarjeta A, para que identifique el tipo de transporte que abastece de leña a su hogar.

2.3) ¿Que especies de árboles o arbustos utiliza frecuentemente para leña ? (Identifique según escala de valor de 1 a 3 si corresponde, siendo 1 la más importante)

- | | | |
|--|---|---|
| <input type="checkbox"/> 1. Hualle (Roble) | <input type="checkbox"/> 5. Pino | <input type="checkbox"/> 9. Nativas (especificar) _____ |
| <input type="checkbox"/> 2. Eucaliptus | <input type="checkbox"/> 6. Mixto | <input type="checkbox"/> 10. Frutales (especificar) _____ |
| <input type="checkbox"/> 3. Aromo | <input type="checkbox"/> 7. No sabe | <input type="checkbox"/> 11. Otra (especificar) _____ |
| <input type="checkbox"/> 4. Espino | <input type="checkbox"/> 8. No responde | |

Se deberá dejar responder al encuestado en forma espontánea, si no es posible, leer las alternativas. Se le debe pedir al encuestado que jerarquice su respuesta en función del tipo de especie utilizada. No forzar las escalas.

2.4) ¿Cuanta leña consumió el año pasado en cada mes?, según su experiencia, ¿cuanto cree usted que consumirá en los siguientes meses? (Indicar la unidad de compra, especie, precio y cantidad según la unidad)

LEÑA								UNIDAD _____				
ESPECIE _____								PRECIO _____				
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL

LEÑA								UNIDAD _____				
ESPECIE _____								PRECIO _____				
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL

OTRO								UNIDAD _____				
ESPECIFICAR _____								PRECIO _____				
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL

DEBE COMPLETAR CON DETALLE LA PREGUNTA 2.4). EL SUPERVISOR VERIFICARÁ LA CONSISTENCIA DE ESTA INFORMACIÓN EN LA SECCIÓN FINAL

Esta tabla se deberá completar con información de consumo de leña lo más preciso posible. Para ello, le puede recordar al encuestado que utilice como referencia el consumo del año anterior para estimar el consumo de los meses restantes del presente año.

III. USO DE COMBUSTIBLE LEÑA EN EL HOGAR Y TIPO DE EQUIPAMIENTO

3.1) Indicar los equipos utilizados con combustibles de leña en el hogar. (Identifique para cada uno de los equipos el tipo, la antigüedad y marca) (MOSTRAR TARJETA B)

Actividad	Característica del equipo			¿Cada cuanto tiempo realiza mantenimiento al equipo?. (meses)	C ¿Que usa para encender el equipo?	¿Cuanto demora en encender el equipo? (minutos)	D ¿Quema otra cosa además de leña?
	A Tipo (s) de equipos	B Marca	Antigüedad (años)				
Cocina							
Calefacción							
Calentar agua docha							
Otro							

Tipos de equipos (A)

1. Cocina de fierro
2. Chimenea
3. Combustión lenta doble cámara
4. Combustión lenta cámara simple
5. Salamandra
6. Estufa de lata
7. Horno de barro
8. Otro _____
9. No sabe
10. No responde

Marca del equipo (B)

1. Amesti
2. Boscu
3. Pucón
4. Efel
5. Otra _____
6. No sabe
7. No responde

Como enciende el equipo (C)

1. Papeles
2. Palitos o astillas
3. Cera
4. Parafina
5. Bolsas o botellas plásticas
6. Briquetas (partidores)
7. Otro. _____
8. No sabe
9. No responde

Quemas varias (D)

1. Papeles
2. Basura
3. Hojas
4. Plásticos (bolsas, botellas)
5. Otro _____
6. No sabe

Uso del tiraje (E)

1. Totalmente abierto
2. Parcialmente cerrado
3. Totalmente cerrado
4. Otro _____
5. No aplica
6. No sabe
7. No responde

El cuadro anterior se completa con los números correspondientes a las respuestas. Se deberá identificar el tipo de estufa/ tecnología solicitándole al encuestado que le muestre el equipo de combustión que posee. Si la persona se niega a que el encuestador pueda ver el equipo, se le mostrará al encuestado una tarjeta B para que la persona encuestada señale el tipo de calefactor que tiene. Es importante que se consulte sobre como enciende normalmente la estufa y el tiempo que demora en encender el equipo y cómo utiliza el tiraje en el equipo una vez que enciende. En todas las consultas se deberá dejar responder al encuestado en forma espontánea, si no es posible, leer las alternativas. No forzar las escalas.

3.2) ¿Durante el día cuándo y cómo utiliza sus equipos de combustión de leña?

Equipo (s)	Periodo	Intensidad de uso	Tiraje (E)
Cocina a leña	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24	Carga completa	
	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24	Carga media	
	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24	Carga mínima	
Equipo _____	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24	Carga completa	
	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24	Carga media	
	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24	Carga mínima	
Equipo _____	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24	Carga completa	
	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24	Carga media	
	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24	Carga mínima	

Este cuadro deberá ser completado en función de las horas de uso de los artefactos de combustión de leña (estufas, cocina) y de acuerdo a la intensidad de su uso.

Para ello se deberá marcar las horas del día (1–24 hr) cuando los equipos de combustión se utilizan a plena carga (mayor intensidad), carga media (intermedio) y al mínimo o baja carga (menor). Cabe señalar que dentro del día (24 hrs.) se debe identificar las horas en que el equipo esta encendido y marcar las horas en la tabla de acuerdo a la intensidad del uso. En las horas en que no se utilice el equipo, se dejará en blanco las horas dentro de la tabla. A continuación se muestra un ejemplo de cómo se debe llenar el cuestionario

Ejemplo de llenado de esta tabla, si se reporta que "la cocina a leña es utilizada en forma intensiva desde las 7 am hasta las 3 pm y a contar de las 4 pm se utiliza a media carga hasta las 8 pm cuando se deja apagar".

Equipo (s)	Periodo	Intensidad de uso	Tiraje (E)
Cocina a leña	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24	Carga completa	
	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24	Carga media	
	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24	Carga mínima	
Equipo _____	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24	Carga completa	
	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24	Carga media	
	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24	Carga mínima	
Equipo _____	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24	Carga completa	
	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24	Carga media	
	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24	Carga mínima	

IV. ABASTECIMIENTO DE LEÑA

4.1) ¿De que forma usted obtiene normalmente la leña?. (Complete en términos porcentuales su forma de abastecimiento)

Combustible/ Abastecimiento	Recolecta/ propia	Regalo	Compra	Otro	Total
Leña					100%
Desechos forestales/ aserradero					100%
Desechos de poda					100%

Se debe responder esta pregunta en función de la respuesta espontánea que el encuestado. Si no es posible, leer las alternativas (recolección propia, regalo, compra, otro). No forzar las escalas. El encuestador debe estimar en función de la respuesta del encuestado el porcentaje que tiene cada una de las alternativas de abastecimiento en función del total.

Por ejemplo:

Si el encuestado responde: "la parte de la leña que utilizo la compro y solo una pequeña parte de ella la recojo yo mismo"

5% (recolección) + 95%(compra)= 100%

4.2) (sólo si le regalan leña y/o desechos) ¿Quién normalmente le regala la leña?

1. Productor de bosque
 2. Industria (regalía de empresa como trabajador)
 3. Familiar o amigo
 4. Otro _____

Esta pregunta sólo aplica si en la en la pregunta anterior responde afirmativamente que una parte de la leña es regalada responder esta pregunta. Se deberá dejar responder al encuestado en forma espontánea, si no es posible, leer las alternativas. No debe forzar las escalas.

4.3) (sólo si compra leña) ¿A quien frecuentemente le compra usted la leña?

1. Transportista/
vendedor ambulante
 2. Productor
 3. Comerciante
establecido
 4. Otro _____

Nombre del proveedor _____ Dirección /fono- _____

Solo si en la pregunta 4.1 responde que una parte de la leña la compra. La respuesta a esta pregunta es importante, debe intentar obtener el nombre y la dirección del proveedor de leña del hogar, o bien, averiguar donde se localiza aproximadamente.

4.4) ¿Con que frecuencia se abastece usted leña durante el año? (marcar sólo una alternativa)

1. Diariamente
 4. 1 vez al mes
 7. Otro (especificar) _____
 2. 2 ó 3 por semana
 5. 2 a 4 veces al año
 8. No sabe
 3. Semanalmente
 6. 1 vez al año
 9. No responde

Es importante tener en cuenta que aquí hay que marcar solo una alternativa o preguntar la frecuencia con la que se abastece de leña durante un año normal.

4.5) ¿Le dan factura o boleta cuando compra leña? (**marque más de una según corresponda**)

1. Siempre 2. Casi siempre 3. Nunca 4. No sabe

Recordar si es necesario aquí que la información es confidencial y que esta pregunta no afectara al proveedor, y solo corresponde cuando compra la leña.

4.6) La leña que usted adquiere viene: (**marque la que mejor aplique**)

1. Seca 2. Semi-húmeda 3. Húmeda 4. No sabe

Debe explicarle a la persona que se le está aplicando la encuesta que se le está consultando por el contenido de humedad de la leña

4.7) ¿Como prefiere usted que venga la leña?: (**marque la que mejor aplique**)

1. Seca 2. Semi-húmeda 3. Húmeda 4. No le importa

En función de la humedad de la leña, debe preguntarle al encuestado sus preferencias en relación al contenido de humedad de la leña.

4.8) Deja secar la leña una vez que la adquiere 1. No 2. Sí, especificar el tiempo _____

Debe intentar obtener la mayor cantidad de información y antecedentes al respecto del tiempo en que deja secar la leña o antes de quemarla.

4.9) ¿Cómo almacena usted la leña en su hogar? (**marcar alternativas según corresponda**)

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> 1. Bajo techo | <input type="checkbox"/> 4. No almacena |
| <input type="checkbox"/> 2. A la intemperie | <input type="checkbox"/> 5. A la Intemperie con un plástico |
| <input type="checkbox"/> 3. En un galpón | <input type="checkbox"/> 6. No sabe |
| | <input type="checkbox"/> 7. Otra (especificar) _____ |

En estas pregunta tiene que ver con las condiciones de almacenamiento en términos de infraestructura (bajo techo, a la intemperie, galpón)

4.10) ¿Cuánta leña puede usted almacenar en su hogar? Cantidad _____ Unidad _____

Escribir con claridad la cantidad de leña que puede almacenar el hogar en función de la unidad de medida

V. SITUACIÓN SOCIAL Y ECONÓMICA DEL HOGAR

5.1) ¿Cuántas personas viven en su hogar?

Se consideran miembros del hogar a todas las personas que normalmente viven y comen juntas en la vivienda.

5.2) ¿Cuántos metros cuadrados construidos tiene su hogar?

5.3) ¿Cuántos metros cuadrados calefacciona en su hogar?

Primero preguntar por los metros cuadrados, sino anotar a un costado metros x metros y al terminar poner el dato concreto, luego con los metros que se calefaccionan lo mismo, estimar piezas y metros cuadrados y despues sumer. Siempre en los recuadros debe ir el resultado final no el calculo, por efectos de digitacion

5.4) ¿Cuál es el nivel de educación del jefe de hogar?

- | | | | | | |
|--------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> | 1. Sin educación formal | <input type="checkbox"/> | 5. Media Tec. incompleta | <input type="checkbox"/> | 9. Tec. o Univ. Incompleta |
| <input type="checkbox"/> | 2. Básica incompleta | <input type="checkbox"/> | 6. M. Hum. completa | <input type="checkbox"/> | 10. Tec. o Univ. Completa |
| <input type="checkbox"/> | 3. Básica completa | <input type="checkbox"/> | 7. M. Tec. completa | <input type="checkbox"/> | 11. No sabe |
| <input type="checkbox"/> | 4. M. Hum. incompleta | <input type="checkbox"/> | 8. Media incompleta | <input type="checkbox"/> | 12. No responde |

- Sin educación formal: Marcar esta casilla si el jefe de hogar no ha recibido educación formal
- Básica incompleta: Marcar esta casilla si el jefe de hogar ha cursado o cursó desde 1º básico pero no terminó el 8º básico. También si bajo el "Antiguo Sistema Educacional" (antes de la Reforma del año 1965) cursaron desde 1º Preparatoria pero no terminó 6º Preparatoria.
- Básica completa: Marcar esta casilla si el jefe de hogar cursó desde 1º básico a 8º básico. También si bajo el "Antiguo Sistema Educacional" (antes de la Reforma del año 1965) cursó desde 1º Preparatoria a 6º Preparatoria.
- Media humanista incompleta: Marcar esta casilla si el jefe de hogar cursó pero no completó la educación media humanista que se imparte en establecimientos de administración municipal, particular subvencionado o particular no subvencionada.
- Media técnica incompleta: Marcar esta casilla si el jefe de hogar cursó pero no completó la educación media técnica que se imparte en establecimientos de administración municipal, particular subvencionado o particular no subvencionada, corporaciones de administración delegada (ejemplo: liceo comercial, industrial, etc.).
- Media humanista completa: Marcar esta casilla si el jefe de hogar completó la educación media humanista que se imparte en establecimientos de administración municipal, particular subvencionado o particular no subvencionada.
- Media técnica completa: Marcar esta casilla si el jefe de hogar completó la educación media técnica que se imparte en establecimientos de administración municipal, particular subvencionado o particular no subvencionada, corporaciones de administración delegada (ejemplo: liceo comercial, industrial, etc.).
- Técnica o universitaria incompleta: Marcar esta casilla si el jefe de hogar cursó pero no completó la educación impartida en las universidades, institutos profesionales, centros de formación técnica.
- Técnica o universitaria completa: Marcar esta casilla si el jefe de hogar completó la educación impartida en las universidades, institutos profesionales, centros de formación técnica.
- No sabe: Marcar esta casilla si el encuestado no conoce la situación educacional del jefe de hogar
- No responde: Marcar esta casilla si el encuestado no responde la situación educacional del jefe de hogar

5.5) ¿Bajo que situación usted ocupa la vivienda?

- | | | | | | |
|--------------------------|-----------------------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------|-------------------------|
| <input type="checkbox"/> | 1. Propia y pagada | <input type="checkbox"/> | 5. Arrenda con contrato | <input type="checkbox"/> | 9. Usufructo |
| <input type="checkbox"/> | 2 Propia y pagándose | <input type="checkbox"/> | 6. Arrenda sin contrato | <input type="checkbox"/> | 10. Ocupación irregular |
| <input type="checkbox"/> | 3. Propiedad compartida pagada | <input type="checkbox"/> | 7. Cedida por servicio | <input type="checkbox"/> | 11. No sabe |
| <input type="checkbox"/> | 4. Propiedad compartida pagándose | <input type="checkbox"/> | 8. Cedida por familiar o amigo | <input type="checkbox"/> | 12. No responde |

- Propia y pagada: Marcar esta casilla a quien haya cancelado totalmente el sitio que ocupa.
- Propia y pagándose: Marcar esta casilla a quien tenga una deuda por el sitio que ocupa, ya sea que se encuentre al día en sus pagos o esté moroso.
- Propiedad compartida pagada: Marcar esta casilla en el caso en que haya más de una vivienda en el sitio y las familias residentes sean dueñas en comunidad o sucesión.
- Propiedad compartida y pagándose: Marcar esta casilla en el caso en que haya más de una vivienda en el sitio y las familias residentes en comunidad tengan una deuda por el sitio que ocupan, ya sea que se encuentren al día en sus pagos o estén morosos.
- Arrenda con contrato: Marcar esta casilla si el usuario que no es propietario del sitio, que paga un canon de arriendo por el uso de éste y tiene un contrato.
- Arrenda sin contrato: Marcar esta casilla si el usuario que no es propietario del sitio, paga un canon de arriendo por el uso de él y no tiene contrato.
- Cedida por servicios: Marcar esta casilla si el usuario del sitio que no es propietario de éste y no paga por usarlo, lo ocupa como contraprestación de un servicio o trabajo a su propietario (ej. cuidador).
- Cedida por familiar o amigo: Marcar esta casilla si el usuario no es propietario y no paga arriendo, pues el sitio se lo han cedido familiares u otras personas.
- Usufructo (sólo uso y goce, no puede vender): Marcar esta casilla si el usuario ocupa el sitio con todos los derechos, pero no tiene la propiedad;
- Ocupación irregular: Marcar esta casilla si el usuario del sitio que no es propietario de éste, no paga por usarlo y no tiene permiso ni consentimiento de su dueño para su uso.
- No sabe: Marcar esta casilla si el encuestado no conoce la situación bajo la cual ocupa la vivienda
- No responde: Marcar esta casilla si el encuestado no responde en que situación ocupa la vivienda.

5.6) Sumando el ingreso que perciben todas las personas en el hogar, ¿Cual el ingreso promedio liquido mensual, incluyendo pensiones, subsidios monetarios, montepío, otros? _____ **Mostrar tarjeta C**

Dividir el ingreso total familiar por el número de personas que habitan en la vivienda. El ingreso total familiar incluye ingresos laborales, no laborales, subsidios, montepíos, jubilaciones, etc. Para facilitar la respuesta a esta pregunta debe **Mostrar la tarjeta C** y que el encuestado le responda con la letra que corresponda al rango de ingreso

VI. CARACTERÍSTICAS DE LA VIVIENDA Y ESTADO DE CONSERVACIÓN

6.1) Tipo de vivienda

- | | | | |
|--------------------------|-----------------|--------------------------|---------------------------|
| <input type="checkbox"/> | 1. Casa aislada | <input type="checkbox"/> | 4. Departamento/ edificio |
| <input type="checkbox"/> | 2. Casa pareada | <input type="checkbox"/> | 5. Mediagua |
| <input type="checkbox"/> | 3. Casa en fila | <input type="checkbox"/> | 6. No sabe |

1. Casa aislada (no tiene ningún muro en común con la casa del lado)
 2. Casa pareada (tiene un muro en común con la casa del lado)
 3. Casa en fila (tiene 2 muros en común con las casas de los lados)
 4. Departamento (pertenece a un edificio departamento)

Esta pregunta no debe ser realizada al encuestado sino respondida por el encuestador al observar la casa o departamento

6.2) Tipos de ventanas que tiene la vivienda (indicar cuantas de cada tipo)

- | | | | | | | |
|-------------------|--------------------------|--------------------|--------------------------|--------------------|--------------------------|------------------------|
| Vidrio simple | <input type="checkbox"/> | 1. Ventanas chicas | <input type="checkbox"/> | 2. Ventanas grande | <input type="checkbox"/> | 3. Ventanal piso-cielo |
| Vidrio Termopanel | <input type="checkbox"/> | 4. Ventanas chicas | <input type="checkbox"/> | 5. Ventanas grande | <input type="checkbox"/> | 6. Ventanal piso-cielo |

Escribir en los recuadros el numero total de ventanas con cada característica, se entendera como ventana chica por ejemplo las ventanas de los baños, ventanas grandes son las que ocupan media pared aproximadamente y las ventanas piso cielo son los ventanales.

6.3) Material predominante en los muros exteriores de la vivienda

- | | | | |
|--------------------------|--|--------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> | 1. De acero u hormigón armado | <input type="checkbox"/> | 6. Barro, quincha, pirca u otro material artesanal |
| <input type="checkbox"/> | 2. Albañilería de ladrillo, bloque de cemento o piedra | <input type="checkbox"/> | 7. Material de desecho o reciclaje (cartón, lata, etc) |
| <input type="checkbox"/> | 3. Tabique forrado por ambas caras | <input type="checkbox"/> | 8. Otro, especificar _____ |
| <input type="checkbox"/> | 4. Adobe | <input type="checkbox"/> | 9. No sabe |
| <input type="checkbox"/> | 5. Tabique sin forro interior | | |

- Acero u hormigón armado: El hormigón armado es un muro compacto compuesto de aglomerados formados mediante la dosificación de agregados pétreos (ripió, arena), cemento y agua mediante el proceso de revoltura y en su interior armadura de acero o malla con barras verticales y horizontales. Para su ejecución requiere un moldaje que sustente el muro. El acero es un muro de estructura de perfiles de acero forrados, en algunos casos por ambas caras, con diversos revestimientos, ya sea placas como por ejemplo, Fibro Cemento, Volcanita, OSB, u otros.
- Albañilería de ladrillo, bloque de cemento o piedra: Muros de ladrillo son construidos por piezas de arcilla cocida, que van unidos entre sí por morteros de cemento que aseguran su firmeza. El concreto son muros compactos, hechos con mezcla de arena, ripio y un aglomerante (cemento, cal, yeso, etc.). El bloque de hormigón, es albañilería que en lugar de ladrillos emplea bloques de concreto generalmente huecos, en esta categoría están además los muros de suelo cemento, los cuales constan de bloques compactos de una mezcla de cemento y tierra.
- Tabique forrado por ambas caras (madera u otro material): Muros de poco espesor (unos 10 cms.) cuya firmeza la da una estructura de madera (pies derechos, soleras). Esta estructura va recubierta enteramente por madera, tejuela, zinc, pizarreño, etc., por el exterior. Forrado interiormente por madera, volcanita, internit, cholguán, etc.
- Adobe: Asigne este código a la vivienda con muros formados por piezas de barro (fabricado de tierra arcillosa, amasada con paja y secada al sol). Generalmente, el adobe es grueso (40 a 60

cms.). También es posible encontrar tabiques en los cuales los adobes se superponen de "canto".

- Tabique sin forro interior (madera u otro): muros de poco espesor (unos 10 cms.) cuya firmeza la da una estructura de madera (pies derechos, soleras). Esta estructura va recubierta enteramente por madera, tejuela, zinc, pizarreño, etc., sólo por el exterior. Por el interior, la estructura de madera u otro material queda a la vista.
- Barro, Quincha, Pirca u otro artesanal tradicional: Barro lo constituyen muros formados por una estructura de palos y una mezcla de barro que va sujeta en alambres o mallas de alambres. Quincha son muros de palos clavados en el suelo, unidos por varas o ramas horizontales, generalmente entretejidas (como en el caso de las antiguas medias lunas); en ocasiones puede ir recubierta con barro y paja (quincha embarrada). Pirca son muros construidos con piedras superpuestas unas a otras, sin mortero que las afirme entre sí. Ocasionalmente, los huecos pueden ir rellenos con barro o piedras que sirven para taparlos, pero no para darle mayor firmeza al muro.
- Material de desecho y/o reciclaje: los muros construidos con elementos como cartón, latas, sacos, plásticos, etc.
- Otro: los muros construidos con cualquier otro material que no haya sido descrito en las categorías mencionadas. Anote el material

6.4) Estado de conservación de los muros

1. Bueno

3. Malo

2. Aceptable

4. No sabe

- Bueno: Marque la casilla si los muros a simple vista, no presentan fallas aparentes. Los muros con manchas de suciedad o pintura en mal estado deben, sin embargo, ponerse en esta categoría ya que estos deterioros no deben ser considerados como defectos.
- Aceptable: Marque la casilla si los muros a pesar de presentar fallas evidentes, no estén inclinados ni agrietados de lado a lado. Deben incluirse en este grupo los muros y paneles con boquetes, trizaduras, material de revestimiento desprendido.
- Malo: Marque la casilla si los muros presentan grietas profundas y/o están inclinados, carcomidos en su base o con perforaciones de lado a lado. Coloque siempre en esta categoría los muros de material de desecho.

6.5) Material predominante del piso de la vivienda

1. Radier revestido (parquet, cerámica, tabla)

4. Madera, plástico o pastelones sobre la tierra

2. Radier no revestido

5. Piso de tierra

3. Tabla o parquet sobre vigas

6. No responde

- Radier revestido: Marcar esta casilla si el piso ha sido construido sobre una plataforma de hormigón de unos 7 cms. de espesor que ha sido cubierta con parquet, cerámica, tabla, linóleo, flexit, baldosa, alfombra, etc.
- Radier no revestido: Marcar esta casilla si el piso está constituido por una plataforma de hormigón de unos 7 cms. de espesor que sirve de suelo a las habitaciones. En algunas ocasiones, puede ir afinado o estucado con cemento, pero no se ha colocado otro material para darle una terminación distinta.
- Tabla o parquet sobre soleras o vigas: Marcar esta casilla si el piso ha sido construido con tablas unidas entre sí (machihembra) de 10 a 15 cms. de ancho. Están clavadas sobre vigas, tacos de madera y/o cimientos, soleras.
- Madera, plástico o pastelones directamente sobre tierra: Marcar esta casilla si el piso ha sido

construido con alguno de los elementos mencionados que estén colocados directamente sobre el suelo, sin radier ni algún otro tipo de cimientos.

- Piso de tierra: Marcar esta casilla si el piso no tiene revestimiento de ningún tipo.
- No responde: Marcar esta casilla si el encuestado no responde el material predominante en el piso de la vivienda.

6.6) Estado de conservación del piso

- | | | | |
|--------------------------|--------------|--------------------------|------------|
| <input type="checkbox"/> | 1. Bueno | <input type="checkbox"/> | 3. Malo |
| <input type="checkbox"/> | 2. Aceptable | <input type="checkbox"/> | 4. No sabe |

- Bueno: Marcar esta casilla para el piso que no presenta fallas aparentes.
- Aceptable: Marcar esta casilla para el piso que presenta fallas reparables, tales como quebraduras, desprendimientos, quemaduras o rajaduras.
- Malo: Marcar esta casilla para el piso que está notoriamente desnivelado, con movimientos al pisar, tablas podridas o apolilladas, falta trozos de pavimento o tiene hoyos. Coloque siempre en esta categoría los pisos de tierra

6.7) Material predominante del techo de la vivienda

- | | | | |
|--------------------------|---|--------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> | 1. Teja, tejuela, losa de hormigón con cielo interior | <input type="checkbox"/> | 5. Paja, totora o caña |
| <input type="checkbox"/> | 2. Zinc o pizarreño con cielo interior | <input type="checkbox"/> | 6. Desecho (plásticos, latas, cartones) |
| <input type="checkbox"/> | 3. Zinc, pizarreño, teja, tejuela o madera sin cielo interior | <input type="checkbox"/> | 7. No sabe |
| <input type="checkbox"/> | 4. Fonolita | | |

- Teja, tejuela, losa de hormigón con cielo interior: Teja es material de greda, arcilla o cemento, de diversas formas y en general de un grosor y peso mayor a las tejuelas que es un material de madera, pizarreño, zinc o plástico. Losa es un techo formado por una placa de hormigón armado, es decir, de concreto y enfierradura, se puede encontrar en edificios de departamentos (separación entre un piso y otro) o en casas nuevas de un piso.
- Zinc, pizarreño (fibro cemento), con cielo interior: El zinc es un fierro galvanizado y se fabrica en planchas onduladas y lisas. El pizarreño son planchas onduladas de asbesto cemento de color gris. Para estar en esta categoría además el techo debe tener cielo interior, es decir, una placa de tablas, volcánita, cholguán, etc., que se coloca por dentro y que sirve de aislante.
- Zinc, pizarreño, teja, tejuela o madera sin cielo interior: los techos que estén contruidos con zinc, pizarreño, teja, tejuela, madera y que no tienen cielo interior, o sea no están cubiertos por dentro.
- Fonolita: techos que están contruidos con planchas onduladas, de cartón impregnado con breá (material similar al alquitrán). Se les llama también fonolas.
- Paja, coirón, totora o caña: los techos que estén contruidos con material vegetal de los tipos mencionados, utilizado preferentemente en las zonas rurales.
- Desecho (plástico, latas, etc.): los techos que estén contruidos con elementos como cartón, latas, sacos o restos de otro tipo de techo
- No sabe: Marcar esta casilla si el encuestado no sabe el material predominante en el techo de la vivienda.

6.8) Estado de conservación del techo

1. Bueno 3. Malo
 2. Aceptable 4. No sabe

- Bueno: Marcar esta casilla si el techo no presenta fallas aparentes, construido generalmente con un solo material y eventualmente con materiales distintos de similar calidad y en su conjunto no presentan fallas aparentes. El encuestado no se queja de filtraciones o goteras.
- Aceptable: Marcar esta casilla si el techo presenta fallas visibles o parches de otro material y el encuestado se queja de filtraciones o goteras.
- Malo: Marcar esta casilla si el techo que está desnivelado, hundido, con perforaciones o destrucciones parciales. Se aprecian filtraciones. Coloque siempre en esta categoría los techos de material de desecho.

6.9) Tiene aislación térmica en los muros:

1. Sí (indicar espesor) _____ 2. No 2. No sabe

Se debe preguntar al dueño de casa si la casa tiene aislación térmica en los muros. Esto no es un tema que se pueda ver a simple vista, por tanto si en dueño de casa duda o no sabe marcar la opción "no sabe". La aislación térmica es un material como el aislapol o la lana mineral que se instala en el interior del muro.

6.10) Tiene aislación térmica en el cielo

1. Sí (indicar espesor) _____ 2. No 2. No sabe

Explicación similar a la anterior

6.11) ¿Cuántas horas al día ventila la vivienda en invierno? _____

Esta pregunta debe ser respondida sin forzar su respuesta, escribir no ventila, en caso que no lo haga.

- 6.12) ¿A qué hora inicia la ventilación normalmente? _____ AM PM

Aproximadamente a que hora, en caso que ventile

6.13) ¿Como ventila su vivienda normalmente? (debe seleccionar 1 opción)

1. Abre sólo una ventana o puerta en la casa 3. Abre 2 ventanas o puertas opuestas en la casa
 2. Abre 2 ventanas o puertas en el mismo lado de la casa 4. Abre más de 2 ventanas o puertas
 5. No ventila

En caso que responda a más de una por favor responder la principal

VII. PREGUNTAS SITUACIONALES (APLICA SOLO SI CONSUME LEÑA)

7.1) Si supiera que existe un vendedor de leña certificada (leña seca y que genera más calor) ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por la leña?

Precio \$ _____ unidad _____

Preguntar de forma abierta, por la unidad e fue respondida anteriormente, por ejemplo si venden la leña por astillas, preguntar cuanto estaría dispuesto a pagar por una astilla certificada, si no están dispuestos a pagar poner 0

7.2) Dado que la leña genera contaminación del aire que afecta la salud de las personas, el gobierno a través del Ministerio del Medio Ambiente está analizando la posibilidad de generar un programa de recambio de equipos a leña certificados que contaminan menos y que tienen un valor de mercado cercano a los \$500.000.

A los hogares interesados se les pide co-financiar parte del costo del equipo ¿usted estaría dispuesto a participar en un programa de recambio de equipos si existe un subsidio del equipo de un ____%, es decir, tiene que pagar aproximadamente _____ miles de pesos?

1. Si 2. No, por qué _____

VIII. CONFORT EN INVIERNO

8.1) ¿Cuál es el nivel de temperatura en invierno en las horas en que tiene la calefacción encendida?

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> 1.La vivienda es muy fría | <input type="checkbox"/> 5.La vivienda es ligeramente calurosa |
| <input type="checkbox"/> 2.La vivienda es fría | <input type="checkbox"/> 6.La vivienda es calurosa |
| <input type="checkbox"/> 3.La vivienda es ligeramente fría | <input type="checkbox"/> 7.No sabe |
| <input type="checkbox"/> 4.La vivienda es agradable | <input type="checkbox"/> 8. No responde |

Intentar respuesta espontanea, en caso de lo contrario leer las respuestas

8.2) ¿Cuál es el nivel de temperatura en invierno en las horas en que tiene la calefacción apagada? **Considerar por lo menos dos horas después que se apagó la calefacción.**

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> 1.La vivienda es muy fría | <input type="checkbox"/> 5.La vivienda es ligeramente calurosa |
| <input type="checkbox"/> 2.La vivienda es fría | <input type="checkbox"/> 6.La vivienda es calurosa |
| <input type="checkbox"/> 3.La vivienda es ligeramente fría | <input type="checkbox"/> 7.No sabe |
| <input type="checkbox"/> 4.La vivienda es agradable | <input type="checkbox"/> 8. No responde |

Por favor decir explicitamete el tiempo que esta escrito en negrita

8.3) Indique el nivel de ropa que utiliza en su vivienda cuando la calefacción está encendida en el día

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> 1.Solo polera o camisa | <input type="checkbox"/> 4.Chaleco grueso más chaqueta o similar |
| <input type="checkbox"/> 2.Chaleco delgado | <input type="checkbox"/> 5.Chaleco grueso más parka |
| <input type="checkbox"/> 3.Chaleco grueso | <input type="checkbox"/> 6.No sabe |
| | <input type="checkbox"/> 7. No responde |

En caso que no este durante el dia responder respecto de la persona que esta en casa, en caso de no haber nadie responder alternativa 7

8.4) Indique el nivel de ropa que utiliza en su vivienda cuando la calefacción está apagada en el día

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> 1. Solo polera o camisa | <input type="checkbox"/> 5. Chaleco grueso más chaqueta o similar |
| <input type="checkbox"/> 2. Chaleco delgado | <input type="checkbox"/> 6. Chaleco grueso más parka |
| <input type="checkbox"/> 3. Chaleco grueso | <input type="checkbox"/> 7. No sabe |
| <input type="checkbox"/> 4. Doble chaleco grueso | <input type="checkbox"/> 8. No responde |

En caso que no este durante el día responder respecto de la persona que esta en casa, en caso de no haber nadie responder alternativa 8

IX. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA LEÑA Y/O DESECHO VEGETAL

USO INTERNO — NO LLENAR

Especie	Contenido de humedad, %, réplica			Promedio
	1	2	3	

1 Eucalipto 2. Aromo 3. Otra (especificar) _____

No es deber del encuestador llenar esta información.

X. RESUMEN CONSUMO Y HUMEDAD COMPLETAR AL TERMINAR POR ENCUESTADOR				
Tipo de especie (A)		Según respuesta a pregunta 2.4)		Contenido de Humedad %
		Consumo anual total	(B) Unidad	
Leña de..				
Leña de..				
Carbón de..				
Desecho Industrial, Forestal o Agro (C)				

<p>A. TIPO DE ESPECIE (Leña y carbón vegetal)</p> <p>1. Hualle/ Roble 2. Eucalipto 3. Aromo 4. Espino</p> <p>6. Mixto 7. Nativas _____ 8. Frutales _____ 9. Otra _____ 10. No sabe 11. Pino</p>	<p>B. UNIDAD</p> <p>1. Camión largo 2. Camión 3-4 3. Camioneta larga 4. Camioneta corta 5. Carreta de animal 6. Triciclo 7. Carretilla de mano 8. Maletero automóvil 9. Por unidad (astilla) 10. Por saco 11. Por canasto 12. Por kilo 13. m³ a granel 14. Por m³ ordenado 15. Otro tipo de metro 16. Otra _____ 17. No sabe 18. No responde</p>	<p>C. TIPO DE DESECHO</p> <p>Industrial</p> <p>1. Aserrín 2. Viruta de madera 3. Lampazos² despuntes 4. Briquetas 5. Pelletes 6. Chips 7. Pallets/ Moldajes</p> <p>Forestal</p> <p>10. Ramas 11. Conos 12. Tocones</p> <p>Agro</p> <p>13. Podas 14. Rastrojos 15. Otro _____ 16. No sabe 17. No responde</p>
--	---	---

Al terminar la encuesta el encuestados deberá completar en forma precisa este cuadro con la información recopilada en el cuadro de la pregunta 3.1

DESPEDIDA

Agradecer la entrega de información... a los encuestados que se les recogerá información de la leña y para ello tomaran una astilla y medirán directamente el contenido de humedad, entregar papel para control del supervisor y la carta de autorización de entrega de información.

(Tarjeta A) Medios de transporte de leña



CAMIONETA CORTA



CAMIONETA LARGA



CAMIONETA KIA



CAMIÓN ¾ (TRES CUARTOS)



CAMIÓN LARGO



CAMIÓN DOBLE EJE



Carreta de animal

Fuente: INFOR

(Tarjeta B) Tipos de artefactos de combustión a leña



Cocina de hierro



Chimenea



Combustión lenta doble cámara



Combustión lenta cámara simple
(Aspecto similar a la de doble cámara)



Salamandra



Estufa de lata

(Tarjeta C) Tarjeta de Ingreso	
A	0 - 150.000
B	150.000 - 200.000
C	200.001 - 250.000
D	250.001 - 300.000
E	300.001 - 350.000
F	350.001 - 400.000
G	400.001 - 450.000
H	450.001 - 500.000
I	500.001 - 550.000
J	550.001 - 600.000
K	600.001 - 650.000
L	650.001 - 700.000
LL	700.001 - 750.000
M	750.001 - 800.000
N	800.001 - 850.000
Ñ	850.001 - 900.000
O	900.001 - 950.000
P	950.001 - 1.000.000
Q	1.000.001 - 1.150.000
R	1.150.001 - 1.200.000
S	1.200.001 - 1.250.000
T	1.250.001 - 1.300.000
U	1.300.001 - 1.350.000
V	1.350.001 - 1.400.000
W	1.400.001 - 1.450.000
X	1.450.001 - 1.500.000
Y	1.500.001 - 1.550.000
Z	1.550.001 - 1.600.000
A1	1.600.001 - 1.650.000
A2	1.650.001 - 1.700.000
A3	1.700.001 - 1.750.000
A4	1.750.001 - 1.800.000
A5	1.800.001 - 1.850.000
A6	1.850.001 - 1.900.000
A7	1.900.001 - 1.950.000
A8	1.950.001 - 2.000.000
A9	2.000.001 - 2.500.000
A10	2.500.001 - 3.000.000
A11	3.000.000 - 4.000.000

A12	4.000.000 o más
------------	------------------------

ANEXO I

FACTORES DE EMISIÓN Y FUENTES INDUSTRIALES Y COMERCIALES DE LAS COMUNAS DE TALCA Y MAULE REGISTRADAS EN EL D.S. N° 138/05 DEL MINSAL

I.1 Factores de Emisión

La estimación de emisiones se realiza en base a los consumos de combustibles declarados por las fuentes y los factores de emisión como se indica a continuación:

$$E = NA * FE$$

Donde,

E: Emisión

NA: Nivel de actividad (Consumo combustible)

FE: Factor de emisión

Los factores de emisión utilizados fueron obtenidos de la *Guía Metodológica Inventario de Emisiones Atmosféricas SINCA 2011*, se obtuvieron los factores correspondientes por tipo de combustible y por tipo de fuente de emisión. A continuación las Tablas N°k.1, k.2 y k.3 presentan los factores utilizados para cada tipo de fuente:

Tabla I.1: Factores de Emisión para Equipos Electrónicos.

Factores Emisión (EL) (ton/ton)							
Combustible	MP10	MP2,5	NOx	CO	COV	NH ₃	SOx
Petróleo N°2	0,0028	0,0007	0,0801	0,0173	0,0064	0,0001	0,0042

Fuente: Tabla 2-10, Guía Metodológica Inventario de Emisiones Atmosféricas SINCA 2011.

Tabla I.2. Factores de Emisión para Caldera de Calefacción, Procesos de Combustión y Caldera industriales.

Factores Emisión (CA, PC, IN) (ton/ton)							
Combustible	MP10	MP2,5	NOx	CO	COV	NH ₃	SOx
Gas licuado (GLP)	0,00017	0,00017	0,00441	0,00076	0,00008	0,000066	0,00031
Petróleo N°2	0,00014	0,00003	0,00283	0,000714	0,00005	0,00014	0,0042
Petróleo N°5	0,00092	0,00067	0,00691	0,00063	0,00004	0,00012	0,0199
Petróleo N°6	0,00129	0,00094	0,00676	0,00061	0,00061	0,00011	0,02364
Carbón Bituminoso	0,00296	0,00112	0,00375	0,003	0,00003	0,000862	0,0551
Leña, Aserrín, viruta, despuntes, biomasa	0,00288	0,00243	0,00075	0,0068	0,00011	0,0011	0,00004

Fuente: Tabla 2-8, Guía Metodológica Inventario de Emisiones Atmosféricas SINCA 2011.

Tabla I3. Factores de Emisión para Hornos Panaderos

Factores Emisión (PA)(ton/ton)							
Combustible	MP10	MP2,5	NOx	CO	COV	NH ₃	SOx
Gas licuado (GLP)	0,000065	0,000124	0,00442	0,00074	0,00012	0,0000662	0,00001
Petróleo N°2	0,0001	0,000148	0,00283	0,00071	0,00004	0,000141	0,0042

Fuente: Tabla 2-23, Guía Metodológica Inventario de Emisiones Atmosféricas SINCA 2011.

I.2 Emisiones atmosféricas de las fuentes industriales de las comunas de Talca y Maule

La estimación de emisiones atmosféricas de las fuentes industriales y comerciales de las comunas de Talca y Maule se calcularon para cada una de las fuentes declaradas en el D.S. N° 138/05 del Minsal para el año 2012. El detalle de las emisiones de cada fuente se muestra en la Tabla k.4

Tabla I4. Detalle de las emisiones atmosféricas para las fuentes industriales y comerciales de las comunas de Talca y Maule

Rut	Razón	Comuna	Descripcion	Combustible	Emisiones (ton/año)						
					MP10	MP2.5	NOx	CO	COT	NH ₃	SOx
78602330	Venturelli	Maule	Caldera calefaccion	Biomasa vegetal	48.66	41.06	12.67	114.89	1.86	18.59	0.68
3611018	Najle	Talca	Caldera Industrial	Biomasa vegetal	37.54	31.67	9.77	88.63	1.43	14.34	0.52
79711330	Agroindustrias Cepia S.A.	Talca	Caldera Industrial	Carbón	15.04	5.69	19.05	15.24	0.15	4.38	279.97
76080970	Forestal Rio Claro Limitada	Talca	Caldera calefaccion	LEÑA	14.15	11.94	3.68	33.40	0.54	5.40	0.20
76031602	San Clemente Foods S.A.	Maule	Caldera Industrial	Carbón	11.59	4.38	14.68	11.75	0.12	3.37	215.72
77981810	Sociedad Maderera Y Transportes 3 Volcanes	Talca	Caldera calefaccion	Biomasa vegetal	9.69	8.17	2.52	22.88	0.37	3.70	0.13
77981810	Sociedad Maderera Y Transportes 3 Volcanes	Talca	Caldera calefaccion	Biomasa vegetal	7.92	6.68	2.06	18.69	0.30	3.02	0.11
76031602	San Clemente Foods S.A.	Maule	Caldera Industrial	Carbón	4.87	1.84	6.17	4.94	0.05	1.42	90.69
91004000	Productos Fernandez S.A.	Talca	Caldera Industrial	Biomasa vegetal	4.39	3.71	1.14	10.38	0.17	1.68	0.06
76643370	Bionovo Chile Agroindustria Limitada	Talca	Caldera Industrial	Biomasa vegetal	3.88	3.28	1.01	9.17	0.15	1.48	0.05
93281000	Fabrica De Bebidas Analcoholicas	Talca	Caldera Industrial	Biomasa vegetal	3.88	3.27	1.01	9.15	0.15	1.48	0.05
96999710	Coexca S.A.	Maule	Caldera Industrial	Carbón	2.89	1.09	3.66	2.93	0.03	0.84	53.76
76216511	Sugal Chile Ltda.	Talca	Caldera Industrial	Carbón	1.83	0.69	2.32	1.85	0.02	0.53	34.02
76216511	Sugal Chile Ltda.	Talca	Caldera Industrial	Petróleo N6	1.60	1.17	8.38	0.76	0.76	0.14	29.31

76216511	Sugal Chile Ltda.	Talca	Caldera Industrial	Petróleo N6	1.60	0.00	8.38	0.76	0.76	0.14	29.31
92422000	Curtiembre Talca S.A	Talca	Caldera Industrial	Carbón	1.50	0.57	1.90	1.52	0.02	0.44	27.94
77742270	Forestal Y Agrícola Yukon Ltda	Talca	Caldera calefaccion	LEÑA	1.39	1.17	0.36	3.27	0.05	0.53	0.02
76216511	Sugal Chile Ltda.	Talca	Caldera Industrial	Petróleo N6	1.27	0.93	6.66	0.60	0.60	0.11	23.30
85141100	Industria Maderera Prosperidad Ltda.	Talca	Caldera Industrial	Biomasa vegetal	0.92	0.78	0.24	2.17	0.04	0.35	0.01
85141100	Industria Maderera Prosperidad Ltda.	Talca	Caldera Industrial	Biomasa vegetal	0.92	0.78	0.24	2.17	0.04	0.35	0.01
96517990	Skc Rental S.A.	Talca	Grupos Electrogenos	Petróleo N2	0.90	0.22	25.48	5.50	2.02	0.04	1.35
96517990	Skc Rental S.A.	Talca	Grupos Electrogenos	Petróleo N2	0.90	0.22	25.48	5.50	2.02	0.04	1.35
76216511	Sugal Chile Ltda.	Talca	Caldera Industrial	Petróleo N6	0.78	0.57	4.11	0.37	0.37	0.07	14.37
76216511	Sugal Chile Ltda.	Talca	Caldera Industrial	Petróleo N6	0.78	0.57	4.11	0.37	0.37	0.07	14.37
91004000	Productos Fernandez S.A.	Talca	Caldera Industrial	Petróleo N5	0.67	0.48	0.67	0.46	0.03	0.09	0.67
91004000	Productos Fernandez S.A.	Talca	Caldera Industrial	Petróleo N5	0.67	0.48	0.67	0.46	0.03	0.09	0.67
96517990	Skc Rental S.A.	Talca	Grupos Electrogenos	Petróleo N2	0.64	0.15	18.20	3.93	1.44	0.03	0.97
96517990	Skc Rental S.A.	Talca	Grupos Electrogenos	Petróleo N2	0.60	0.14	16.99	3.67	1.35	0.03	0.90
84060600	Constructora De Pavimentos Asfálticos	Maule	Procesos Industriales con combustion	Petróleo N6	0.45	0.33	2.38	0.21	0.21	0.04	8.33
96517990	Skc Rental S.A.	Talca	Grupos Electrogenos	Petróleo N2	0.38	0.09	10.92	2.36	0.87	0.02	0.58
85141100	Industria Maderera Prosperidad Ltda.	Talca	Caldera Industrial	Biomasa vegetal	0.35	0.29	0.09	0.82	0.01	0.13	0.00

96517990	Skc Rental S.A.	Talca	Grupos Electrogenos	Petróleo N2	0.34	0.08	9.71	2.10	0.77	0.02	0.51
96517990	Skc Rental S.A.	Talca	Grupos Electrogenos	Petróleo N2	0.34	0.08	9.71	2.10	0.77	0.02	0.51
96517990	Skc Rental S.A.	Talca	Grupos Electrogenos	Petróleo N2	0.34	0.08	9.71	2.10	0.77	0.02	0.51
96517990	Skc Rental S.A.	Talca	Grupos Electrogenos	Petróleo N2	0.34	0.08	9.71	2.10	0.77	0.02	0.51
96517990	Skc Rental S.A.	Talca	Grupos Electrogenos	Petróleo N2	0.26	0.06	7.28	1.57	0.58	0.01	0.39
96517990	Skc Rental S.A.	Talca	Grupos Electrogenos	Petróleo N2	0.26	0.06	7.28	1.57	0.58	0.01	0.39
96517990	Skc Rental S.A.	Talca	Grupos Electrogenos	Petróleo N2	0.26	0.06	7.28	1.57	0.58	0.01	0.39
96517990	Skc Rental S.A.	Talca	Grupos Electrogenos	Petróleo N2	0.26	0.06	7.28	1.57	0.58	0.01	0.39
96517990	Skc Rental S.A.	Talca	Grupos Electrogenos	Petróleo N2	0.26	0.06	7.28	1.57	0.58	0.01	0.39
56068980	Comunidad San Agustín de Talca	Talca	Caldera calefaccion	Biomasa vegetal	0.23	0.19	0.06	0.53	0.01	0.09	0.00
76031602	San Clemente Foods S.A.	Maule	Grupos Electrogenos	Petróleo N2	0.18	0.04	5.24	1.13	0.42	0.01	0.28
91004000	Productos Fernandez S.A.	Talca	Caldera Industrial	Petróleo N5	0.18	0.13	0.18	0.12	0.01	0.02	0.18
91004000	Productos Fernandez S.A.	Talca	Caldera Industrial	Petróleo N5	0.18	0.13	0.18	0.12	0.01	0.02	0.18
79528870	Compania Nacional De Cueros S.A.	Talca	Caldera Industrial	Petróleo N5	0.16	0.12	1.22	0.11	0.01	0.02	3.51
99542980	FOODS Compañía DE ALIMENTOS CCU S:A.	Talca	Caldera Industrial	Petróleo N2	0.14	0.03	2.84	0.72	0.05	0.14	4.21
96517990	Skc Rental S.A.	Talca	Grupos Electrogenos	Petróleo N2	0.13	0.03	3.64	0.79	0.29	0.01	0.19
96517990	Skc Rental S.A.	Talca	Grupos Electrogenos	Petróleo N2	0.13	0.03	3.64	0.79	0.29	0.01	0.19
96517990	Skc Rental S.A.	Talca	Grupos Electrogenos	Petróleo N2	0.13	0.03	3.64	0.79	0.29	0.01	0.19
96517990	Skc Rental S.A.	Talca	Grupos Electrogenos	Petróleo N2	0.13	0.03	3.64	0.79	0.29	0.01	0.19
85141100	Industria Maderera Prosperidad Ltda.	Talca	Caldera Industrial	Biomasa vegetal	0.11	0.09	0.03	0.26	0.00	0.04	0.00

96517990	Skc Rental S.A.	Talca	Grupos Electrogenos	Petróleo N2	0.08	0.02	2.28	0.49	0.18	0.00	0.12
96517990	Skc Rental S.A.	Talca	Grupos Electrogenos	Petróleo N2	0.08	0.02	2.28	0.49	0.18	0.00	0.12
71918300	Universidad Católica Del Maule	Talca	Caldera calefaccion	Biomasa vegetal	0.06	0.05	0.12	1.10	0.02	0.18	0.01
52000746	Gaete	Talca	Grupos Electrogenos	Petróleo N2	0.06	0.01	1.66	0.36	0.13	0.00	0.09
52000746	Gaete	Talca	Grupos Electrogenos	Petróleo N2	0.06	0.01	1.66	0.36	0.13	0.00	0.09
52000746	Gaete	Talca	Grupos Electrogenos	Petróleo N2	0.06	0.01	1.66	0.36	0.13	0.00	0.09
95439000	Soc. Clinica Del Maule S.A.	Talca	Grupos Electrogenos	Petróleo N2	0.05	0.01	1.48	0.32	0.12	0.00	0.08
96517990	Skc Rental S.A.	Talca	Grupos Electrogenos	Petróleo N2	0.04	0.01	1.14	0.25	0.09	0.00	0.06
96799250	Claro Chile S.A.	Talca	Grupos Electrogenos	Petróleo N2	0.03	0.01	0.81	0.17	0.06	0.00	0.04
76080970	Forestal Rio Claro Limitada	Talca	Grupos Electrogenos	Petróleo N2	0.03	0.01	0.77	0.17	0.06	0.00	0.04
96999710	Coexca S.A.	Maule	Grupos Electrogenos	Petróleo N2	0.02	0.00	0.57	0.12	0.05	0.00	0.03
96999710	Coexca S.A.	Maule	Grupos Electrogenos	Petróleo N2	0.02	0.00	0.54	0.12	0.04	0.00	0.03
99542980	FOODS Compañía DE ALIMENTOS CCU S.A.	Talca	Caldera calefaccion	GLP	0.02	0.02	0.49	0.08	0.01	0.01	0.03
96999710	Coexca S.A.	Maule	Grupos Electrogenos	Petróleo N2	0.02	0.00	0.51	0.11	0.04	0.00	0.03
84060600	Constructora De Pavimentos Asfálticos	Maule	Caldera calefaccion	Petróleo N2	0.01	0.00	0.21	0.05	0.00	0.01	0.31
78355450	Jaime Bosch E Hijos Cia Ltda	Talca	Caldera Industrial	GLP	0.01	0.01	0.27	0.05	0.00	0.00	0.02
85141100	Industria Maderera Prosperidad Ltda.	Talca	Grupos Electrogenos	Petróleo N6	0.01	0.00	0.27	0.06	0.02	0.00	0.01

78355450	Jaime Bosch E Hijos Cia Ltda	Talca	Procesos Industriales con combustion	GLP	0.01	0.01	0.16	0.03	0.00	0.00	0.01
78355450	Jaime Bosch E Hijos Cia Ltda	Talca	Procesos Industriales con combustion	GLP	0.01	0.01	0.16	0.03	0.00	0.00	0.01
78355450	Jaime Bosch E Hijos Cia Ltda	Talca	Procesos Industriales con combustion	GLP	0.01	0.01	0.14	0.02	0.00	0.00	0.01
81201000	Cencosud Retail S.A.	Talca	Grupos Electrogenos	Petróleo N2	0.01	0.00	0.14	0.03	0.01	0.00	0.01
78355450	Jaime Bosch E Hijos Cia Ltda	Talca	Procesos Industriales con combustion	GLP	0.00	0.00	0.13	0.02	0.00	0.00	0.01
91806000	Abastecedora De Combustibles Sa	Talca	Caldera Industrial	GLP	0.00	0.00	0.11	0.02	0.00	0.00	0.01
96516320	Agricola Y Comercial Lircay S.A.	Talca	Caldera Industrial	Petróleo N2	0.00	0.00	0.09	0.02	0.00	0.00	0.13
61935400	Ministerio Publico Fiscalia Nacional	Talca	Grupos Electrogenos	Petróleo N2	0.00	0.00	0.11	0.02	0.01	0.00	0.01
76134941	Administradora De Supermercado Hiper Ltda.	Talca	Hornos de panaderia	GLP	0.00	0.01	0.23	0.04	0.01	0.00	0.00
76134941	Administradora De Supermercado Hiper Ltda.	Talca	Hornos de panaderia	GN	0.00	0.00	0.06	0.02	0.00	0.00	0.00
76134941	Administradora De Supermercado Hiper Ltda.	Talca	Hornos de panaderia	GN	0.00	0.00	0.06	0.02	0.00	0.00	0.00
76879810	Ripley Store Ltda	Talca	Grupos Electrogenos	Petróleo N2	0.00	0.00	0.09	0.02	0.01	0.00	0.00
76134946	Administradora De Supermercado Express Ltda.	Talca	Hornos de panaderia	GN	0.00	0.00	0.06	0.01	0.00	0.00	0.00
76134946	Administradora De Supermercado Express Ltda.	Talca	Hornos de panaderia	GN	0.00	0.00	0.06	0.01	0.00	0.00	0.00

76833720	Abarrotes Economicos S.A.	Talca	Hornos de panaderia	GN	0.00	0.00	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00
76833720	Abarrotes Economicos S.A.	Talca	Hornos de panaderia	GN	0.00	0.00	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00
76833720	Abarrotes Economicos S.A.	Talca	Hornos de panaderia	GN	0.00	0.00	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00
76134941	Administradora De Supermercado Hiper Ltda.	Talca	Grupos Electrogenos	Petróleo N2	0.00	0.00	0.06	0.01	0.01	0.00	0.00
76134941	Administradora De Supermercado Hiper Ltda.	Talca	Hornos de panaderia	GLP	0.00	0.00	0.15	0.03	0.00	0.00	0.00
78627210	Hipermercados Tottus S.A.	Talca	Grupos Electrogenos	Petróleo N2	0.00	0.00	0.06	0.01	0.00	0.00	0.00
76842600	Clinica Regional Lircay S P A	Talca	Caldera calefaccion	Petróleo N2	0.00	0.00	0.04	0.01	0.00	0.00	0.06
76842600	Clinica Regional Lircay S P A	Talca	Caldera calefaccion	Petróleo N2	0.00	0.00	0.04	0.01	0.00	0.00	0.06
60301001	Corporacion Administrativa Del Poder Judicial	Talca	Caldera calefaccion	Petróleo N2	0.00	0.00	0.04	0.01	0.00	0.00	0.06
76134946	Administradora De Supermercado Express Ltda.	Talca	Hornos de panaderia	GN	0.00	0.00	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00
76134946	Administradora De Supermercado Express Ltda.	Talca	Hornos de panaderia	GN	0.00	0.00	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00
56068980	Comunidad San Agustín de Talca	Talca	Caldera calefaccion	Petróleo N2	0.00	0.00	0.04	0.01	0.00	0.00	0.06
76134941	Administradora De Supermercado Hiper Ltda.	Talca	Grupos Electrogenos	Petróleo N2	0.00	0.00	0.06	0.01	0.00	0.00	0.00
56080830	COMUNIDAD EDIFICIO Doc ISIDORA	Talca	Caldera calefaccion	Petróleo N2	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00	0.05

76012833	Super 10 S.A.	Talca	Grupos Electrogenos	Petróleo N2	0.00	0.00	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00
53309725	Comunidad Edificio Amalfi Talca	Talca	Caldera calefaccion	GN	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00
78627210	Hipermercados Tottus S.A.	Talca	Hornos de panaderia	GLP	0.00	0.00	0.10	0.02	0.00	0.00	0.00
78627210	Hipermercados Tottus S.A.	Talca	Hornos de panaderia	GLP	0.00	0.00	0.10	0.02	0.00	0.00	0.00
56080830	COMUNIDAD EDIFICIO Doc ISIDORA	Talca	Caldera calefaccion	Petróleo N2	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00	0.04
81537600	Rendic Hnos S.A.	Talca	Grupos Electrogenos	Petróleo N2	0.00	0.00	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00
70360100	Asociacion Chilena De Seguridad	Talca	Caldera calefaccion	GLP	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00
76833720	Abarrotes Economicos S.A.	Talca	Grupos Electrogenos	Petróleo N2	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00
76833720	Abarrotes Economicos S.A.	Talca	Grupos Electrogenos	Petróleo N2	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00
81537600	Rendic Hnos S.A.	Talca	Grupos Electrogenos	Petróleo N2	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00
76833720	Abarrotes Economicos S.A.	Talca	Hornos de panaderia	GN	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00
76833720	Abarrotes Economicos S.A.	Talca	Hornos de panaderia	GN	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00
60301001	Corporacion Administrativa Del Poder Judicial	Talca	Caldera calefaccion	GLP	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00
56068980	Comunidad San Agustín de Talca	Talca	Grupos Electrogenos	Petróleo N2	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00
96756060	Comunicación Telefon rural S.A.	Talca	Grupos Electrogenos	Petróleo N2	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00
91806000	Abastecedora De Combustibles Sa	Talca	Caldera calefaccion	GLP	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
53309725	Comunidad Edificio Amalfi Talca	Talca	Caldera calefaccion	GN	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00

76833720	Abarrotes Economicos S.A.	Talca	Hornos de panaderia	GN	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
76134946	Administradora De Supermercado Express Ltda.	Talca	Grupos Electrogenos	Petróleo N2	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
96618540	Alvi Supermercados Mayoristas S.A.	Talca	Grupos Electrogenos	Petróleo N2	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
76833720	Abarrotes Economicos S.A.	Talca	Hornos de panaderia	GN	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
61606901	Hospital Regional De Talca	Talca	Grupos Electrogenos	Petróleo N2	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
61606901	Hospital Regional De Talca	Talca	Grupos Electrogenos	Petróleo N2	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
61606901	Hospital Regional De Talca	Talca	Grupos Electrogenos	Petróleo N2	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
61606901	Hospital Regional De Talca	Talca	Grupos Electrogenos	Petróleo N2	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
61606901	Hospital Regional De Talca	Talca	Grupos Electrogenos	Petróleo N2	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
99513400	Cge Distribucion S.A.	Talca	Grupos Electrogenos	Petróleo N2	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
69110900	I. Municipalidad De Maule	Maule	Caldera calefaccion	Petróleo N2	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02
81537600	Rendic Hnos S.A.	Talca	Grupos Electrogenos	Petróleo N2	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
96618540	Alvi Supermercados Mayoristas S.A.	Talca	Grupos Electrogenos	Petróleo N2	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
76021365	Laboratorio Ximena GonzZ Ltda	Talca	Grupos Electrogenos	Petróleo N2	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00

78627210	Hipermercados Tottus S.A.	Talca	Grupos Electrogenos	Petróleo N2	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
76134946	Administradora De Supermercado Express Ltda.	Talca	Grupos Electrogenos	Petróleo N2	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
76833720	Abarrotes Economicos S.A.	Talca	Hornos de panaderia	GN	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
70360100	Asociacion Chilena De Seguridad	Talca	Grupos Electrogenos	Petróleo N2	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
79673440	Soc Hemodialisis Talca	Talca	Grupos Electrogenos	Petróleo N2	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
96963440	Nuevosur	Talca	Grupos Electrogenos	Petróleo N2	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
56048000	Comunidad Edificio Plaza Centro	Talca	Grupos Electrogenos	Petróleo N2	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
61606901	Hospital Regional De Talca	Talca	Caldera calefaccion	Petróleo N2	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01
61606901	Hospital Regional De Talca	Talca	Caldera calefaccion	Petróleo N2	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01
97004000	Banco De Chile	Talca	Grupos Electrogenos	Petróleo N2	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
97004000	Banco De Chile	Talca	Grupos Electrogenos	Petróleo N2	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
65021832	Comunidad Edificio Bicentenario	Talca	Grupos Electrogenos	Petróleo N2	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
61606900	Servicio De Salud Del Maule	Talca	Grupos Electrogenos	Petróleo N2	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
61606900	Servicio De Salud Del Maule	Talca	Grupos Electrogenos	Petróleo N2	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
65060793	Edificio Paseo Diagonal	Talca	Caldera calefaccion	GLP	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
81201000	Cencosud Retail S.A.	Talca	Grupos Electrogenos	Petróleo N2	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00

76833720	Abarrotes Economicos S.A.	Talca	Grupos Electrogenos	Petróleo N2	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
96942400	Megasalud S.A.	Talca	Grupos Electrogenos	Petróleo N2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
77535810	Inversiones Diagonal Limitada	Talca	Caldera calefaccion	Petróleo N2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
65026329	Comunidad Edificio Costa Azul	Talca	Grupos Electrogenos	Petróleo N2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
76833720	Abarrotes Economicos S.A.	Talca	Grupos Electrogenos	Petróleo N2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
65941030	Edificio De Consultas Medicas Y Centro De Extension	Talca	Grupos Electrogenos	Petróleo N2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
61606901	Hospital Regional De Talca	Talca	Caldera calefaccion	Petróleo N2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
61606901	Hospital Regional De Talca	Talca	Caldera calefaccion	Petróleo N2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
91004000	Productos Fernandez S.A.	Talca	Caldera Industrial	GLP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
93281000	Fabrica De Bebidas Analcoholicas	Talca	Grupos Electrogenos	Petróleo N2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
76833720	Abarrotes Economicos S.A.	Talca	Grupos Electrogenos	Petróleo N2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
76842600	Clinica Regional Lircay S P A	Talca	Grupos Electrogenos	Petróleo N2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
53307702	Comunidad Edificio Marbella	Talca	Grupos Electrogenos	Petróleo N2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
56061130	Comunidad	Talca	Grupos Electrogenos	Petróleo N2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
99542980	FOODS Compañía DE ALIMENTOS CCU S:A.	Talca	Caldera calefaccion	GLP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
70885500	Universidad De Talca	Talca	Caldera calefaccion	GLP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

96963440	Nuevosur	Talca	Caldera calefaccion	Petróleo N2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
96999710	Coexca S.A.	Maule	Caldera Industrial	GLP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
95439000	Soc. Clinica Del Maule S.A.	Talca	Caldera calefaccion	GLP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
95439000	Soc. Clinica Del Maule S.A.	Talca	Caldera calefaccion	GLP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
70885500	Universidad De Talca	Talca	Caldera calefaccion	GLP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
70885500	Universidad De Talca	Talca	Caldera calefaccion	GLP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
81201000	Cencosud Retail S.A.	Talca	Hornos de panaderia	GLP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
81201000	Cencosud Retail S.A.	Talca	Hornos de panaderia	GLP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
81201000	Cencosud Retail S.A.	Talca	Hornos de panaderia	GLP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
70885500	Universidad De Talca	Talca	Caldera calefaccion	GLP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
70885500	Universidad De Talca	Talca	Caldera calefaccion	GLP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
70885500	Universidad De Talca	Talca	Caldera calefaccion	GLP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
70885500	Universidad De Talca	Talca	Caldera calefaccion	GLP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
65060793	Edificio Paseo Diagonal	Talca	Caldera calefaccion	GLP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
70885500	Universidad De Talca	Talca	Caldera calefaccion	GLP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
95439000	Soc. Clinica Del Maule S.A.	Talca	Caldera calefaccion	GLP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
70885500	Universidad De Talca	Talca	Caldera calefaccion	GLP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
81537600	Rendic Hnos S.A.	Talca	Hornos de panaderia	GLP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
81537600	Rendic Hnos S.A.	Talca	Hornos de panaderia	GLP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
81537600	Rendic Hnos S.A.	Talca	Hornos de panaderia	GLP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
81537600	Rendic Hnos S.A.	Talca	Hornos de panaderia	GLP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
81537600	Rendic Hnos S.A.	Talca	Hornos de panaderia	GLP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ANEXO J

ENCUESTA A PRODUCTORES, DISTRIBUIDORES Y COMERCIANTES DE LEÑA



**ENCUESTA COMERCIANTES DE LEÑA,
DISTRIBUIDORES Y PRODUCTORES
UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN**

SECTOR ACTIVIDAD

1. URBANO

2. RURAL

UBICACIÓN DEL PRODUCTOR, DISTRIBUIDOR Y/O COMERCIALIZADOR DE LEÑA

PROVINCIA

COMUNA

CIUDAD

DIRECCION

POBLACION O VILLA

TELEFONO

IDENTIFICACION DEL ENCUESTADO

NOMBRE

FECHA

ROL QUE CUMPLE EN EL NEGOCIO

	Dueño
	Administrador
	Empleado

OBSERVACIÓN:

I. ANTECEDENTES DEL PRODUCTOR, DISTRIBUIDOR Y/O COMERCIALIZADOR DE LEÑA

- 1.1 Nombre del entrevistado: _____
- 1.2 Tiene inicio de actividades No No sabe Si, especificar _____
- 1.3 ¿Entrega factura o boleta? No No sabe Si, especificar _____
- 1.4 ¿Lleva libros de contabilidad? ? No No sabe Si, especificar _____
- 1.5 ¿Pertenece a alguna agrupación de productores de leña? No No sabe Si, especificar _____
- 1.6 Indique su función dentro del ciclo de la venta de la leña.
 Soy productor Soy comerciante Soy distribuidor / transportista
 Realizo todo el ciclo desde la producción hasta su venta.
- 1.7 ¿Cuántos años lleva produciendo y vendiendo leña?
 Menos de 3 años
 De 3 a 6 años
 De 6 a 9 años
 Más de 9 años
- 1.8 Cuenta con publicidad, carteles, avisos diario, internet si no no sabe

II. PRODUCCION Y COMERCIALIZACION DE LEÑA

2.1 ¿Cuál es la unidad de producción o venta de leña?

- | | | | |
|---------------|--------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| Por Saco | <input type="checkbox"/> | Por m ³ estéreo | <input type="checkbox"/> |
| Por camionada | <input type="checkbox"/> | Por m ³ ordenado | <input type="checkbox"/> |
| Por triciclo | <input type="checkbox"/> | Por m ³ tirado | <input type="checkbox"/> |
| No sabe | <input type="checkbox"/> | Otro _____ | |

2.2 ¿Cuáles son las especies con más demanda, indique como prioridad el orden numérico partiendo desde el 1 como el de mayor demanda?

- | | | | |
|------------|--------------------------|------------------------------|--------------------------|
| Aromo | <input type="checkbox"/> | Pino | <input type="checkbox"/> |
| Eucaliptus | <input type="checkbox"/> | Nativas (especificar) _____ | <input type="checkbox"/> |
| Espino | <input type="checkbox"/> | Otra (especificar) _____ | <input type="checkbox"/> |
| Hualle | <input type="checkbox"/> | Frutales (especificar) _____ | <input type="checkbox"/> |

Mixto

2.3 Indique cual de las siguientes especies usted produce, e indique sus precios del 2011 y los precios actuales, volumen de producción mensual y unidad de medida (puede marcar más de una opción)

			Precio	Volumen de producción mensual	Volumen de venta mensual	Unidad de medida
	Tipo de leña	Precio 2011	2012			
	Aromo	\$	\$			
	Eucaliptus	\$	\$ \$			
	Espino	\$	\$			
	Hualle	\$	\$			
	Mixto	\$	\$			
	Pino	\$	\$			
	Nativas (especificar) _____	\$	\$			
	Frutales (especificar) _____	\$	\$			
	Otra (especificar) _____	\$	\$			

2.4 Indique su volumen de producción, transporte y/o comercialización de leña **anual**

2.5 Indique la cantidad de leña que se produce y la que se vende o comercializa en los siguientes meses **del año 2011**, en el caso que fuera comerciante la leña que produce reemplácela por la leña que compra a productores

Meses año 2011	Leña que se produce	Leña que se vende	Meses año 2011	Leña que se produce	Leña que se vende

Enero			Julio		
Febrero			Agosto		
Marzo			Septiembre		
abril			Octubre		
Mayo			Noviembre		
Junio			Diciembre		

2.6 Indique la cantidad de leña que se produce y la que se vende o comercializa en los siguientes meses **de este año 2012** :

Meses año 2012	Leña que se produce	Leña que se vende	Meses año 2012	Leña que se produce	Leña que se vende
Enero			Julio		
Febrero			Agosto		
Marzo			Septiembre		
abril			Octubre		
Mayo					
Junio					

2.7 ¿Cuánta leña le compran al año cada uno de los siguientes tipos de clientes? (**puede marcar más de una**)

	<input type="checkbox"/>	Cantidad/ unidad de medida/ año
Intermediarios	<input type="checkbox"/>	_____
Empresas privadas	<input type="checkbox"/>	_____
Instituciones Públicas	<input type="checkbox"/>	_____
Particulares	<input type="checkbox"/>	_____
Otro, especificar	<input type="checkbox"/>	_____

2.8 ¿Dónde proviene la leña que usted produce o comercializa?

Producción propia	<input type="checkbox"/>
La compra a transportistas	<input type="checkbox"/>
Realizo todo el ciclo producción-comercialización	<input type="checkbox"/>

2.9 ¿Dónde se extrae la leña que usted produce o comercializa?

Sector _____

Comuna _____

Dirección _____

Distancia _____ KM

2.10 Si usted certificara su leña ¿Cuanto cree usted que subiría el precio de la leña que produce o vende en relación al precio actual?

5%	<input type="checkbox"/>	20%	<input type="checkbox"/>	>30%	<input type="checkbox"/>
10%	<input type="checkbox"/>	25%	<input type="checkbox"/>	No sabe	<input type="checkbox"/>
15%	<input type="checkbox"/>	30%	<input type="checkbox"/>	No responde	<input type="checkbox"/>

III ABASTECIMIENTO Y SECADO DE LEÑA

3.1 ¿Cuánto tiempo almacena la leña antes de comercializarla? _____ meses

3.2 Actualmente usted mide el contenido de humedad de la leña? Si No

Si la respuesta anterior fue un sí, conteste esta pregunta sino salte a la 3.4

3.3 Usted comercializa leña seca o húmeda? Indicar %

Seca húmeda indicar % _____

3.4 La leña que usted produce o comercializa tiene plan de manejo, si es afirmativo indique el %:

Si No Indicar % _____

3.5 Para el almacenamiento de su leña, posee control de roedores e insectos?

Si No

3.6 Actualmente como almacena su leña

Intemperie	<input type="checkbox"/>
Bajo techo	<input type="checkbox"/>
Galpón cerrado	<input type="checkbox"/>

Otra _____

Conteste la pregunta 3.7 solo si es productor, en caso contrario sale a la 4.1

3.7 La leña que produce proviene de:

Árboles muertos

Arboles vivos

IV TRABAJADORES Y TRANSPORTE

4.1 ¿Cuántas personas trabajan con usted?

Menos de 4 Entre 4 y 8 Más de 8

4.2 ¿De qué forma les paga a sus trabajadores?

Fijo A trato Al día

4.3 ¿Respecto a la forma que les paga a sus trabajadores, a cuánto asciende el monto en pesos

c \$

4.4 ¿Les paga las imposiciones a sus trabajadores?

Si No

4.5 ¿Cuántos vehículos utiliza en su negocio?, especificar.

Menos de 4 Entre 4 y 8 Más de 8 especificar _____

4.6 ¿Todos sus vehículos poseen permiso de circulación al día?

Si No

4.7 ¿Poseen revisión técnica al día?

Si No

4.8 ¿Poseen seguro obligatorio al día?

Si No

4.9 Su leña la transporta en:

 Camiones doble eje Camión de un solo eje Camiones $\frac{3}{4}$ Camionetas largas

4.10 ¿Cuánto gasta mensual o anualmente en gastos de transporte, ya sea petróleo, o mantención a sus vehículos?

Mensual \$ Anual \$ **V PROCESO DE CERTIFICACION DE LA LEÑA**

5.1 ¿Su negocio tiene la certificación de la leña?

Si No

5.2 Si usted no ha certificado su leña, porque motivo no lo ha hecho, si ya certifico su leña finalizo la encuesta.

- No conoce el procedimiento
- No conozco los beneficios que puede traer certificarme
- No tengo capital suficiente para certificarme
- Otro motivo

5.3 ¿Estaría dispuesto a certificar su negocio, como corresponde?

Si No

5.4 ¿Cree que certificando la leña, su demanda de la leña aumentaría más?

Si No

5.5 ¿Piensa actualmente que con las condiciones actuales puede certificar su leña?

Si No

Fuente: Elaboración propia



ANEXO K

FLUJO DE CAJA EVALUACIÓN ECONÓMICA PROYECTO PLANTA DE PELLETS

Tabla K.1. Flujo contable del proyecto puro en pesos chilenos

Concepto	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5	año 6	año 7	año 8	año 9	año 10
Ingresos	240.986.250	240.986.250	240.986.250	321.315.000	321.315.000	321.315.000	321.315.000	321.315.000	321.315.000	321.315.000
Costos Operacionales	-157.780.383	-157.780.383	-157.780.383	-193.601.187	-193.601.187	-193.601.187	-193.601.187	-193.601.187	-193.601.187	-193.601.187
GAV	-45.152.100	-45.152.100	-45.152.100	-45.152.100	-45.152.100	-45.152.100	-45.152.100	-45.152.100	-45.152.100	-45.152.100
Depreciación	-24.353.328	-24.353.328	-24.353.328	-24.353.328	-24.353.328	-24.353.328	-24.353.328	-24.353.328	-24.353.328	-24.353.328
Amortización int.	-2.700.000	-2.700.000	-2.700.000	-2.700.000	-2.700.000					
UAI	11.000.439	11.000.439	11.000.439	55.508.385	55.508.385	58.208.385	58.208.385	58.208.385	58.208.385	58.208.385
Impuesto	-2.200.088	-2.200.088	-2.200.088	-11.101.677	-11.101.677	-11.641.677	-11.641.677	-11.641.677	-11.641.677	-11.641.677

Fuente: Elaboración propia en base a proveedores

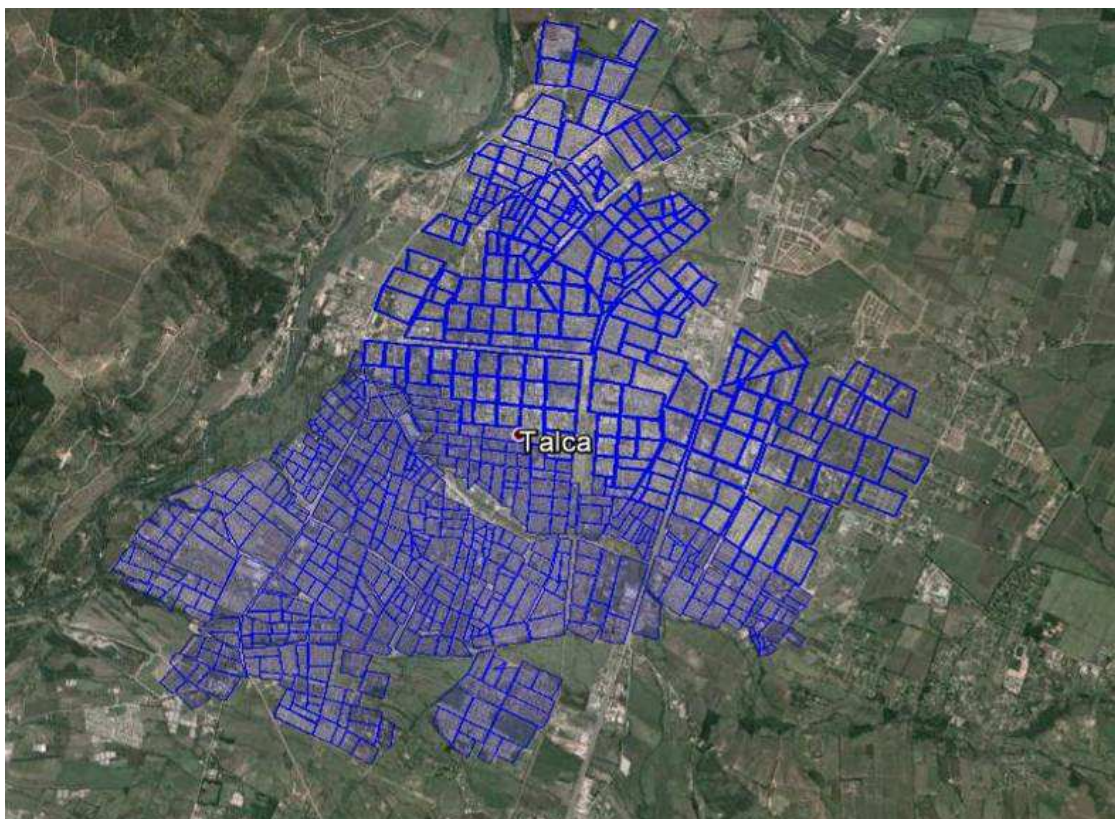
Tabla K.2. Flujo de caja del proyecto puro en pesos chilenos

Concepto	año 0	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5	año 6	año 7	año 8	año 9	año 10
Inversión Inicial	-339.442.981										
Capital de trabajo	-25.936.501			-5.888.351							
Ingresos		240.986.250	240.986.250	240.986.250	321.315.000	321.315.000	321.315.000	321.315.000	321.315.000	321.315.000	321.315.000
Costos Operacionales		-157.780.383	-157.780.383	-157.780.383	-193.601.187	-193.601.187	-193.601.187	-193.601.187	-193.601.187	-193.601.187	-193.601.187
GAV		-45.152.100	-45.152.100	-45.152.100	-45.152.100	-45.152.100	-45.152.100	-45.152.100	-45.152.100	-45.152.100	-45.152.100
Imprevistos	-7.889.019										
Intangibles	-13.500.000										
Mantenimiento		-500.000	-500.000	-500.000	-500.000	-500.000	-2.500.000	-500.000	-500.000	-500.000	-500.000
Valor de salvamento											335.863.661
Impuesto		-2.200.088	-2.200.088	-2.200.088	-11.101.677	-11.101.677	-11.641.677	-11.641.677	-11.641.677	-11.641.677	-11.641.677
Flujo de Caja	-386.768.501	35.353.679	35.353.679	29.465.328	70.960.036	70.960.036	68.420.036	70.420.036	70.420.036	70.420.036	406.283.697

Fuente: Elaboración propia en base a proveedores

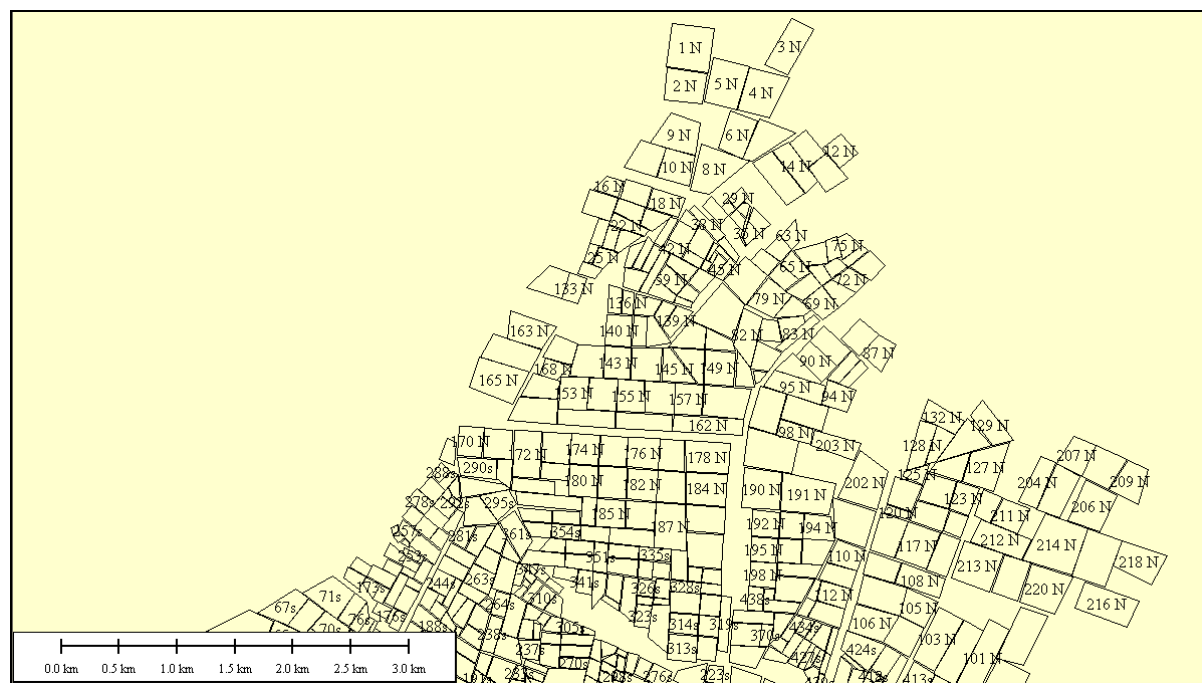
ANEXO L

DETALLE AGRUPACION FUENTES RESIDENCIALES EN LAS COMUNAS DE TALCA Y MAULE (NORTE)



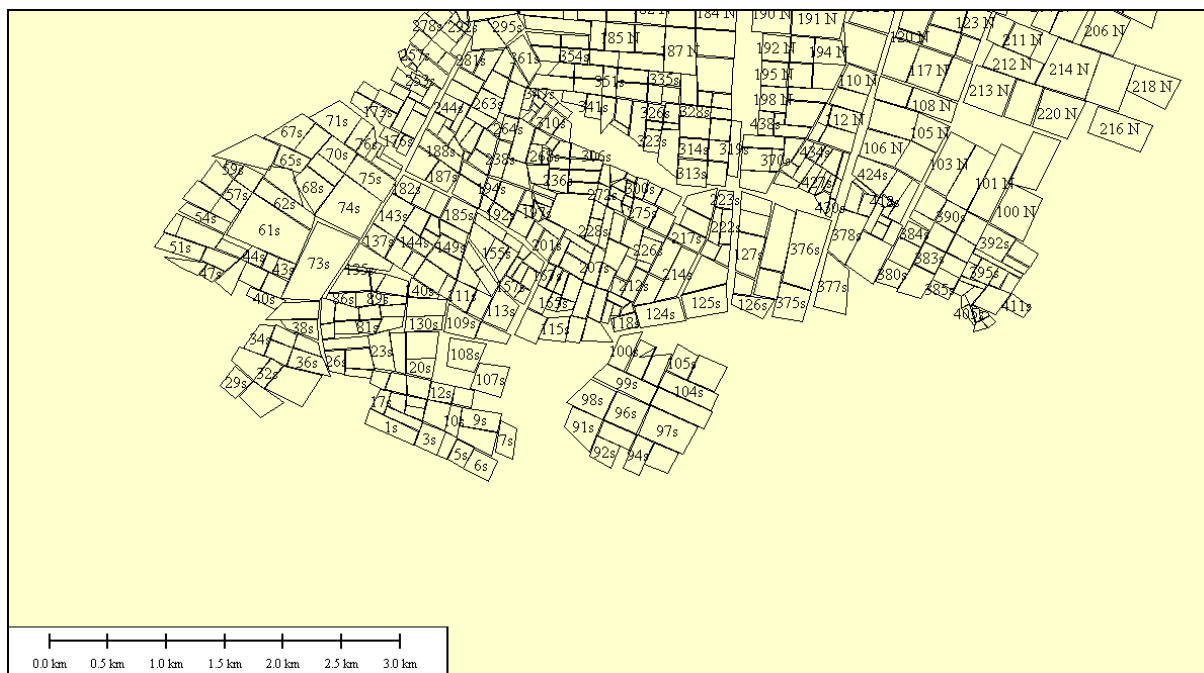
Fuente: Elaboración propia en base a Imagen de Google Earth

FIGURA L1. POLÍGONOS PARA AGRUPACIÓN DE DE VIVIENDA SEGÚN TRAMA URBANA PARA LAS ZONAS URBANAS DE LAS COMUNAS DE TALCA Y MAULE



Fuente: Elaboración propia

FIGURA L2. IDENTIFICACIÓN DE POLÍGONOS PARA AGRUPACIÓN DE DE VIVIENDAS, EDIFICIOS Y ESTRUCTURAS PARA LAS COMUNAS DE TALCA Y MAULE- ZONA NORTE



Fuente: Elaboración propia

FIGURA L3. IDENTIFICACIÓN DE POLÍGONOS PARA AGRUPACIÓN DE DE VIVIENDAS, EDIFICIOS Y ESTRUCTURAS PARA LAS COMUNAS DE TALCA Y MAULE- ZONA SUR

TABLA L1. NÚMERO DE VIVIENDAS, EDIFICIOS Y ESTRUCTURAS EN LOS POLIGONOS DESARROLLADOS PARA LAS COMUNAS DE TALCA Y MAULE

Sector	Casas	Edificios	*Estructuras grandes
1 N	180	0	0
2 N	200	0	0
3 N	227	0	0
4 N	272	0	5
5 N	244	0	0
6 N	280	15	0
7 N	86	50	0
8 N	498	34	1
9 N	475	0	2
10 N	522	0	0
11 N	313	0	0
12 N	143	0	0
13 N	241	0	0
14 N	289	0	0
15 N	161	0	3
16 N	83	0	1
17 N	258	0	0
18 N	300	0	0
19 N	294	0	0
20 N	125	0	4
21 N	161	0	0
22 N	44	0	6
23 N	89	0	0
24 N	99	0	0
25 N	67	0	0
26 N	55	0	0
27 N	95	0	0
28 N	52	0	0
29 N	97	0	0
30 N	70	0	0
31 N	139	0	1
32 N	33	3	1
33 N	36	5	0
34 N	132	0	0

35 N	94	0	0
36 N	9	0	0
37 N	34	0	0
38 N	88	0	1
39 N	84	0	1
40 N	44	0	1
41 N	128	0	0
42 N	64	0	0
43 N	140	0	0
44 N	48	0	1
45 N	84	0	1
46 N	38	0	0
47 N	90	0	0
48 N	36	0	0
49 N	20	0	0
50 N	8	0	3
51 N	28	0	0
52 N	32	0	0
53 N	37	0	0
54 N	44	0	0
55 N	54	0	0
56 N	85	0	0
57 N	82	0	3
58 N	52	0	0
59 N	136	0	0
60 N	63	0	0
61 N	75	0	5
62 N	23	0	0
63 N	89	0	0
64 N	93	0	1
65 N	122	0	2
66 N	120	0	2
67 N	136	0	1
68 N	222	0	0
69 N	184	0	0
70 N	130	0	2
71 N	88	0	0
72 N	164	0	0

73 N	171	0	0
74 N	102	0	0
75 N	153	0	0
76 N	96	0	0
77 N	168	0	2
78 N	86	0	0
79 N	382	0	0
80 N	130	0	0
81 N	162	3	9
82 N	174	0	0
83 N	95	0	0
84 N	70	0	0
85 N	94	0	0
86 N	88	0	6
87 N	155	0	0
88 N	143	0	0
89 N	408	0	0
90 N	484	0	2
91 N	202	0	0
92 N	174	0	0
93 N	125	0	0
94 N	263	0	1
95 N	305	0	4
96 N	301	0	0
97 N	368	0	0
98 N	180	0	0
99 N	241	0	0
100 N	514	0	5
101 N	826	0	3
102 N	398	38	3
103 N	469	9	5
104 N	360	0	8
105 N	393	0	0
106 N	251	0	10
107 N	125	0	10
108 N	80	0	8
109 N	64	0	6
110 N	13	0	17

111 N	246	0	8
112 N	292	0	4
113 N	76	0	1
114 N	22	0	6
115 N	14	0	11
116 N	60	0	9
117 N	356	0	5
118 N	0	5	0
119 N	96	0	0
120 N	38	0	4
121 N	152	0	6
122 N	170	0	0
123 N	80	5	2
124 N	280	0	1
125 N	42	0	0
126 N	78	0	0
127 N	275	0	4
128 N	259	0	0
129 N	112	0	0
130 N	118	0	1
131 N	182	0	0
132 N	88	0	0
133 N	62	0	2
134 N	248	0	0
135 N	30	3	4
136 N	48	0	0
137 N	24	1	11
138 N	51	0	0
139 N	74	0	0
140 N	93	0	13
141 N	28	0	16
142 N	37	0	11
143 N	70	2	21
144 N	62	2	23
145 N	44	0	19
146 N	66	0	15
147 N	67	0	7
148 N	63	0	21

149 N	70	0	55
150 N	30	0	10
151 N	10	0	0
152 N	163	0	11
153 N	79	0	18
154 N	53	1	21
155 N	66	0	30
156 N	69	3	32
157 N	62	1	21
158 N	115	0	38
159 N	211	3	6
160 N	53	8	5
161 N	36	0	32
162 N	93	0	28
163 N	106	3	0
164 N	232	4	0
165 N	215	2	7
166 N	8	19	25
167 N	77	0	0
168 N	62	0	0
169 N	29	2	7
170 N	45	14	4
171 N	84	0	15
172 N	117	4	57
173 N	45	6	21
174 N	52	4	31
175 N	45	6	28
176 N	50	0	38
177 N	120	0	5
178 N	120	1	34
179 N	5	5	12
180 N	15	13	32
181 N	3	2	23
182 N	6	1	59
183 N	0	2	28
184 N	68	5	45
185 N	6	4	41
186 N	14	3	37

187 N	37	1	60
188 N	15	1	71
189 N	14	0	50
190 N	16	7	37
191 N	67	0	36
192 N	0	0	40
193 N	0	0	27
194 N	6	1	39
195 N	16	0	26
196 N	21	2	15
197 N	56	0	20
198 N	29	0	26
199 N	16	0	34
200 N	104	0	17
201 N	84	1	12
202 N	89	0	12
203 N	54	0	14
204 N	192	0	0
205 N	178	0	0
206 N	222	0	3
207 N	185	0	0
208 N	192	0	3
209 N	113	0	0
210 N	97	0	0
211 N	214	0	0
212 N	273	4	0
213 N	66	0	13
214 N	240	0	0
215 N	96	0	3
216 N	123	2	1
217 N	117	2	0
218 N	107	0	0
219 N	30	0	1
220 N	0	8	16
221 N	89	7	6
222 N	3	0	15
1 S	279	0	0
2 S	116	0	0

3 S	191	0	0
4 S	182	0	0
5 S	131	0	0
6 S	61	0	5
7 S	146	0	0
8 S	206	0	0
9 S	142	0	4
10 S	128	0	0
11 S	120	0	0
12 S	128	0	2
13 S	254	0	1
14 S	80	0	0
15 S	104	0	0
16 S	136	0	0
17 S	132	0	1
18 S	106	0	1
19 S	116	0	0
20 S	162	0	0
21 S	286	0	0
22 S	300	0	0
23 S	220	0	0
24 S	154	0	1
25 S	60	0	0
26 S	104	0	1
27 S	94	0	0
28 S	66	0	0
29 S	176	0	0
30 S	33	0	9
31 S	179	0	0
32 S	136	0	0
33 S	136	0	0
34 S	192	0	0
35 S	146	0	0
36 S	95	0	1
37 S	95	0	1
38 S	74	0	4
39 S	92	0	6
40 S	126	0	0

41 S	164	0	0
42 S	200	0	0
43 S	100	0	0
44 S	44	0	4
45 S	68	0	0
46 S	88	0	3
47 S	92	0	0
48 S	158	0	0
49 S	64	0	0
50 S	107	0	0
51 S	252	0	0
52 S	266	0	0
53 S	67	0	0
54 S	124	0	1
55 S	146	0	0
56 S	132	0	1
57 S	162	0	3
58 S	164	0	1
59 S	38	0	1
60 S	116	0	0
61 S	932	0	0
62 S	376	0	0
63 S	125	0	1
64 S	240	0	0
65 S	170	0	0
66 S	220	0	0
67 S	242	0	0
68 S	324	0	0
69 S	182	0	0
70 S	244	0	0
71 S	276	0	0
72 S	150	0	0
73 S	324	1	17
74 S	784	1	0
75 S	242	0	7
76 S	92	0	0
77 S	44	0	0
78 S	96	0	0

79 S	44	0	0
80 S	28	0	0
81 S	66	0	2
82 S	43	0	0
83 S	24	0	2
84 S	17	0	4
85 S	36	0	1
86 S	64	0	0
87 S	64	0	0
88 S	22	0	3
89 S	30	0	0
90 S	49	0	0
91 S	276	0	2
92 S	193	0	1
93 S	236	0	0
94 S	150	0	0
95 S	90	0	0
96 S	268	0	1
97 S	36	0	1
98 S	162	0	0
99 S	248	0	3
100 S	170	0	3
101 S	178	0	1
102 S	134	0	0
103 S	174	0	2
104 S	107	0	2
105 S	92	0	0
106 S	147	0	3
107 S	248	0	5
108 S	57	0	4
109 S	260	0	0
110 S	140	0	1
111 S	164	0	0
112 S	108	0	0
113 S	270	0	0
114 S	207	0	1
115 S	168	0	1
116 S	100	0	1

117 S	40	0	1
118 S	87	0	0
119 S	66	0	1
120 S	54	0	0
121 S	24	0	0
122 S	43	0	0
123 S	28	0	0
124 S	220	0	1
125 S	274	0	0
126 S	39	0	9
127 S	201	0	4
128 S	19	0	2
129 S	31	0	3
130 S	37	0	3
131 S	110	0	3
132 S	193	0	1
133 S	54	0	0
134 S	153	0	0
135 S	169	0	0
136 S	125	0	6
137 S	216	0	0
138 S	133	0	0
139 S	207	0	4
140 S	102	0	0
141 S	306	0	0
142 S	124	0	0
143 S	41	0	20
144 S	252	0	0
145 S	128	0	0
146 S	60	0	0
147 S	68	0	0
148 S	238	0	0
149 S	9	0	8
150 S	40	0	0
151 S	66	0	0
152 S	44	0	0
153 S	96	0	0
154 S	251	0	6

155 S	262	0	0
156 S	131	0	0
157 S	68	0	0
158 S	12	0	0
159 S	24	0	0
160 S	88	0	0
161 S	82	0	0
162 S	39	0	0
163 S	57	0	0
164 S	80	0	0
165 S	66	0	15
166 S	90	0	0
167 S	63	0	0
168 S	38	0	0
169 S	6	0	6
170 S	136	0	4
171 S	68	0	0
172 S	54	0	0
173 S	68	0	0
174 S	30	0	0
175 S	56	0	0
176 S	28	0	0
177 S	52	0	0
178 S	114	0	13
179 S	75	0	0
180 S	10	0	11
181 S	176	0	0
182 S	118	0	1
183 S	96	0	5
184 S	92	0	1
185 S	168	0	0
186 S	58	0	15
187 S	224	0	0
188 S	126	0	0
189 S	136	0	0
190 S	80	0	0
191 S	42	0	0
192 S	72	0	0

193 S	81	0	1
194 S	60	0	0
195 S	116	0	0
196 S	56	0	1
197 S	25	0	0
198 S	72	0	1
199 S	102	0	0
200 S	66	0	1
201 S	97	0	2
202 S	58	0	0
203 S	60	0	3
204 S	75	0	0
205 S	75	0	0
206 S	20	0	0
207 S	24	0	0
208 S	61	0	0
209 S	103	0	0
210 S	82	0	2
211 S	6	0	2
212 S	126	0	0
213 S	88	0	0
214 S	168	0	15
215 S	167	0	1
216 S	175	0	14
217 S	86	0	0
218 S	60	0	0
219 S	58	0	0
220 S	58	0	14
221 S	68	0	0
222 S	44	0	1
223 S	70	0	0
224 S	183	0	0
225 S	80	0	0
226 S	163	0	0
227 S	166	0	0
228 S	82	0	0
229 S	58	0	0
230 S	22	0	4

231 S	200	0	11
232 S	30	0	0
233 S	56	0	0
234 S	38	0	0
235 S	54	0	0
236 S	78	8	4
237 S	140	0	0
238 S	124	0	0
239 S	144	0	1
240 S	92	0	1
241 S	192	0	0
242 S	40	0	1
243 S	14	0	0
244 S	28	5	3
245 S	38	0	1
246 S	24	0	6
247 S	18	0	9
248 S	11	0	0
249 S	9	0	11
250 S	29	0	0
251 S	60	0	0
252 S	44	0	0
253 S	42	0	0
254 S	22	0	0
255 S	204	0	0
256 S	13	0	0
257 S	68	0	5
258 S	12	0	3
259 S	24	0	0
260 S	98	0	0
261 S	36	0	1
262 S	91	0	1
263 S	126	0	2
264 S	80	0	0
265 S	78	0	14
266 S	88	0	0
267 S	52	0	0
268 S	36	0	0

269 S	4	0	11
270 S	43	0	9
271 S	81	0	1
272 S	62	0	0
273 S	59	0	0
274 S	144	0	0
275 S	68	0	8
276 S	110	0	0
277 S	62	0	0
278 S	13	0	0
279 S	70	0	0
280 S	90	0	4
281 S	44	1	2
282 S	74	0	2
283 S	108	0	0
284 S	0	16	4
285 S	152	0	0
286 S	37	0	0
287 S	19	0	0
288 S	0	3	2
289 S	30	0	1
290 S	2	15	1
291 S	18	0	0
292 S	22	0	0
293 S	28	0	0
294 S	124	10	7
295 S	54	0	4
296 S	46	0	0
297 S	20	0	0
298 S	34	0	0
299 S	24	0	0
300 S	67	0	0
301 S	20	0	0
302 S	56	0	0
303 S	51	0	0
304 S	54	0	10
305 S	52	0	0
306 S	24	0	0

307 S	32	0	0
308 S	54	0	0
309 S	38	0	0
310 S	62	0	2
311 S	7	0	1
312 S	90	0	2
313 S	142	5	0
314 S	68	0	2
315 S	88	0	0
316 S	128	0	0
317 S	132	0	7
318 S	82	0	4
319 S	154	0	6
320 S	98	0	2
321 S	112	0	0
322 S	170	4	8
323 S	49	0	4
324 S	59	0	0
325 S	48	0	0
326 S	72	0	0
327 S	55	0	8
328 S	41	0	0
329 S	49	1	29
330 S	92	0	0
331 S	43	0	3
332 S	41	0	8
333 S	66	0	0
334 S	51	0	0
335 S	55	1	9
336 S	54	2	6
337 S	105	0	4
338 S	140	0	0
339 S	226	0	0
340 S	35	0	0
341 S	92	0	5
342 S	33	0	2
343 S	64	0	0
344 S	12	0	0

345 S	26	0	0
346 S	18	0	1
347 S	24	0	0
348 S	48	0	0
349 S	56	1	5
350 S	21	6	3
351 S	81	0	7
352 S	67	3	11
353 S	41	0	0
354 S	25	3	13
355 S	12	10	5
356 S	46	1	32
357 S	44	0	3
358 S	73	0	3
359 S	23	1	4
360 S	13	18	19
361 S	14	0	8
362 S	39	0	1
363 S	44	0	11
364 S	36	1	25
365 S	48	0	4
366 S	20	1	13
367 S	71	0	6
368 S	146	1	3
369 S	79	0	12
370 S	46	0	2
371 S	56	0	6
372 S	70	0	0
373 S	29	0	10
374 S	53	0	11
375 S	22	0	17
376 S	57	0	10
377 S	0	0	23
378 S	30	14	19
379 S	587	0	0
380 S	238	0	0
381 S	217	0	0
382 S	155	0	4

383 S	276	0	0
384 S	106	0	1
385 S	80	0	0
386 S	104	0	0
387 S	144	0	0
388 S	72	0	14
389 S	144	0	0
390 S	194	0	0
391 S	206	0	0
392 S	100	0	8
393 S	108	0	0
394 S	32	0	0
395 S	180	0	0
396 S	104	0	0
397 S	84	0	0
398 S	96	0	0
399 S	164	0	0
400 S	19	0	0
401 S	40	0	0
402 S	56	0	0
403 S	11	0	0
404 S	3	0	10
405 S	21	0	0
406 S	16	0	0
407 S	11	0	0
408 S	12	0	0
409 S	28	0	0
410 S	46	0	0
411 S	7	0	8
412 S	148	0	0
413 S	180	0	0
414 S	36	0	2
415 S	30	0	1
416 S	62	0	0
417 S	20	0	0
418 S	18	0	0
419 S	21	0	1
420 S	97	0	4

421 S	144	0	0
422 S	90	0	2
423 S	48	0	1
424 S	266	0	10
425 S	80	0	0
426 S	64	0	0
427 S	42	0	0
428 S	34	0	0
429 S	14	0	1
430 S	26	0	0
431 S	32	0	0
432 S	20	0	0
433 S	44	0	1
434 S	44	0	1
435 S	21	0	0
436 S	56	0	0
437 S	42	0	0
438 S	27	0	12
439 S	22	0	21
440 S	41	0	0
441 S	34	0	7
442 S	62	0	1
443 S	57	0	0
444 S	80	0	3
445 S	34	0	5
446 S	0	0	9
447 S	10	1	3
448 S	40	0	1
449 S	57	0	3
450 S	32	0	1
451 S	30	0	1
452 S	32	0	2
453 S	42	0	0
454 S	84	0	12
Total	71942	461	2839

* Referido a galpones, colegios, supermercados, iglesias, universidades, centros comerciales, industrias, bodegas, etc.

ANEXO M.

DISPONIBILIDAD DE BIOMASA POR RADIOS DE COBERTURA Y POR COMUNA PARA LA REGIÓN DEL MAULE

Tabla M1: Volumen disponible de biomasa residual en plantaciones de cereales por radio de cobertura (ton b.s.)

Provincia	Comuna	Radio de cobertura			
		20 km	30 km	40 km	50 km
Curicó	Hualañé	-	-	186	1.172
	Molina	-	-	0	462
	Rauco	-	1.012	2.518	3.485
	Sagrada Familia	-	9	837	1.949
Linares	Colbún	-	48	167	767
	Linares	-	-	4	55
	Longaví	-	1.028	3.996	5.829
	Retiro	1.785	4.038	5.124	5.265
	San Javier	3.047	4.350	4.350	4.350
	Villa Alegre	1.551	3.728	5.055	5.175
	Yerbas Buenas	3.490	3.490	3.490	3.490
Talca	Constitución	543	1.234	2.218	3.335
	Empedrado	196	1.661	3.818	6.741
	Curepto	1.797	2.092	2.092	2.092
	Maule	-	-	-	2
	Pelarco	65	5.070	11.863	12.486
	Pencahue	-	26	478	1.341
	Río Claro	-	3.756	8.119	8.184
	San Clemente	-	-	344	3.577
	San Rafael	-	-	-	841
	Talca	-	-	-	40
		12.475	31.544	54.660	70.638

Tabla M2: Volumen disponible de biomasa residual en cultivos de árboles frutales por radio de cobertura (ton b.s.)

Provincia	Comuna	Radio de cobertura			
		20 km	30 km	40 km	50 km
Curicó	Hualañé	-	- 3		21
	Molina	-	- 0		247
	Rauco	-	950	2.364	3.271
	Sagrada Familia	- 2		149	346
Linares	Colbún	-	102	351	1.614
	Linares	-	-	0	6
	Longaví	-	1.126	4.374	6.380
	Retiro	1.067	2.414	3.063	3.148
	San Javier	2.444	3.488	3.488	3.488
	Villa Alegre	289	694	941	964
	Yerbas Buenas	955	955	955	955
Talca	Constitución	163	370	665	1.000
	Curepto	25	214	492	868
	Empedrado	648	755	755	755
	Maule	-	-	- 0	
	Pelarco	8	636	1.489	1.567
	Pencahue	-	98	1.818	5.098
	Río Claro	-	23	50	50
	San Clemente	-	-	321	3.345
	San Rafael	-	-	-	125
	Talca	-	-	- 3	
		5.599	11.827	21.278	33.251

Tabla M3: Volumen disponible de biomasa residual en cultivos de viñedos en secano por radio de cobertura (ton b.s.)

Provincia	Comuna	Radio de cobertura			
		20 km	30 km	40 km	50 km
Curicó	Hualañé	-	-	99	621
	Molina	-	- 0		72
	Rauco	-	273	679	940
	Sagrada Familia	- 2		229	533
Linares	Colbún	- 0	1	3	
	Linares	-	- 3		36
	Longaví	-	-	-	-
	Retiro	1.610	3.642	4.621	4.748
	San Javier	44	63	63	63
	Villa Alegre	-	-	-	-
	Yerbas Buenas	115	115	115	115
Talca	Constitución	-	-	-	-
	Curepto	475	4.021	9.244	16.320
	Empedrado	1.679	1.954	1.954	1.954
	Maule	-	-	- 5	
	Pelarco	1	57	132	139
	Pencahue	-	-	-	-
	Río Claro	-	885	1.913	1.928
	San Clemente	-	-	18	192
	San Rafael	-	-	- 5	
	Talca	-	-	- 1	
		3.924	11.012	19.071	27.677

Tabla M4: Volumen disponible de biomasa residual en cultivos de viñedos con riego por radio de cobertura (ton b.s.)

Provincia	Comuna	Radio de cobertura			
		20 km	30 km	40 km	50 km
Curicó	Hualañé	-	-	45	281
	Molina	-	-	0	2.535
	Rauco	-	13.783	34.314	47.476
	Sagrada Familia	-	16	1.459	3.398
Linares	Colbún	-	970	3.336	15.348
	Linares	-	-	-	-
	Longaví	-	4.009	15.578	22.723
	Retiro	13.484	30.496	38.696	39.764
	San Javier	7.010	10.006	10.006	10.006
	Villa Alegre	374	900	1.220	1.249
	Yerbas Buenas	27.928	27.928	27.928	27.928
Talca	Constitución	1.004	2.283	4.104	6.171
	Curepto	1.211	10.245	23.552	41.580
	Empedrado	11.846	13.788	13.788	13.788
	Maule	-	-	-	-
	Pelarco	36	2.834	6.630	6.978
	Pencahue	-	1	22	62
	Río Claro	-	10.967	23.704	23.892
	San Clemente	-	-	35	368
	San Rafael	-	-	-	27
	Talca	-	-	-	13
		62.893	128.226	204.417	263.587

Tabla M5: Volumen disponible de biomasa residual en plantaciones forestales por radio de cobertura (ton b.s.)

Provincia	Comuna	Radio de cobertura			
		20 km	30 km	40 km	50 km
Curicó	Hualañé	-	-	9.554	60.090
	Molina	-	-	-	1.093
	Rauco	-	4.146	10.322	14.282
	Sagrada Familia	-	919	84.554	196.891
Linares	Colbún	-	547	1.880	8.650
	Linares	-	-	3.055	41.948
	Longaví	-	5.363	20.839	30.397
	Retiro	56.949	128.798	163.431	167.945
	San Javier	3.834	5.472	5.472	5.472
	Villa Alegre	9.993	24.021	32.565	33.340
	Yerbas Buenas	225	225	225	225
Talca	Constitución	6.415	14.586	26.222	39.428
	Curepto	1.437	12.161	27.956	49.356
	Empedrado	10.601	12.339	12.339	12.339
	Maule	-	-	-	1.137
	Pelarco	23	1.796	4.202	4.423
	Pencahue	-	128	2.366	6.635
	Río Claro	-	239	516	520
	San Clemente	-	-	1.045	10.877
	San Rafael	-	-	-	5.113
	Talca	-	-	-	86
		89.478	210.742	406.544	690.248

Tabla M6: Volumen disponible de biomasa residual en explotaciones de bosque nativo por radio de cobertura (ton b.s.)

Provincia	Comuna	Radio de cobertura			
		20 km	30 km	40 km	50 km
Curicó	Hualañé	-	-	259	1.630
	Molina	-	-	0	1.915
	Rauco	-	507	1.262	1.746
	Sagrada Familia	-	26	2.428	5.655
Linares	Colbún	-	125	431	1.983
	Linares	-	-	36	493
	Longaví	-	515	2.000	2.917
	Retiro	837	1.893	2.402	2.468
	San Javier	72	103	103	103
	Villa Alegre	348	836	1.133	1.160
	Yerbas Buenas	6	6	6	6
Talca	Constitución	7.986	18.159	32.644	49.084
	Curepto	144	1.219	2.801	4.946
	Empedrado	149	173	173	173
	Maule	-	-	-	23
	Pelarco	0	4	9	9
	Pencahue	-	63	1.165	3.268
	Río Claro	-	-	-	-
	San Clemente	-	-	644	6.707
	San Rafael	-	-	-	677
	Talca	-	-	-	0
		9.542	23.629	47.498	84.963

Tabla M7: Volumen disponible de biomasa residual en explotaciones de bosque nativo por radio de cobertura (ton b.s.) con datos del Explorador de Bioenergía Forestal

Provincia	Comuna	Radio de cobertura			
		20 km	30 km	40 km	50 km
Curicó	Hualañé	-	- 9		57
	Molina	-	- 0		183
	Rauco	-	447	1.112	1.539
	Sagrada Familia	-	33	3.028	7.052
Linares	Colbún	-	1.235	4.244	19.524
	Linares	-	-	220	3.018
	Longaví	-	1.004	3.899	5.688
	Retiro	2.082	4.709	5.975	6.140
	San Javier	147	210	210	210
	Villa Alegre	502	1.206	1.635	1.674
	Yerbas Buenas	27	27	27	27
Talca	Constitución	5.248	11.933	21.453	32.257
	Curepto	78	661	1.518	2.681
	Empedrado	117	136	136	136
	Maule	-	-	-	40
	Pelarco	3	205	481	506
	Pencahue	-	189	3.484	9.772
	Río Claro	-	65	141	142
	San Clemente	-	-	1.702	17.719
	San Rafael	-	-	-	2.276
	Talca	-	-	- 0	
		8.204	22.059	49.275	110.639

ANEXO N

ESTIMACIÓN DE FUNCIONES DE COSTOS PARA LAS CALDERAS DE CALEFACCIÓN DISTRITAL

ANEXO N1: Función de costos de la caldera de calefacción

La función de costos correspondiente a la caldera de biomasa principal se determinó en base a cotizaciones obtenidas de dos proveedores distintos, para rangos de potencia que van entre los 500 kW y los 3500 kW. Ambos proveedores están instalados en Chile y distribuyen equipos de procedencia europea, con alto estándar de calidad.

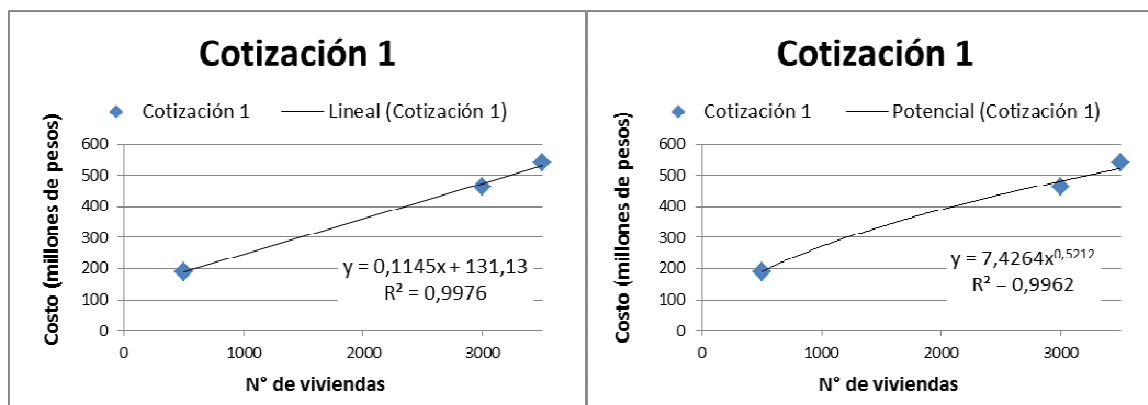


Figura N1: Curvas de ajuste para cotización N°1, ajuste lineal y ajuste potencial

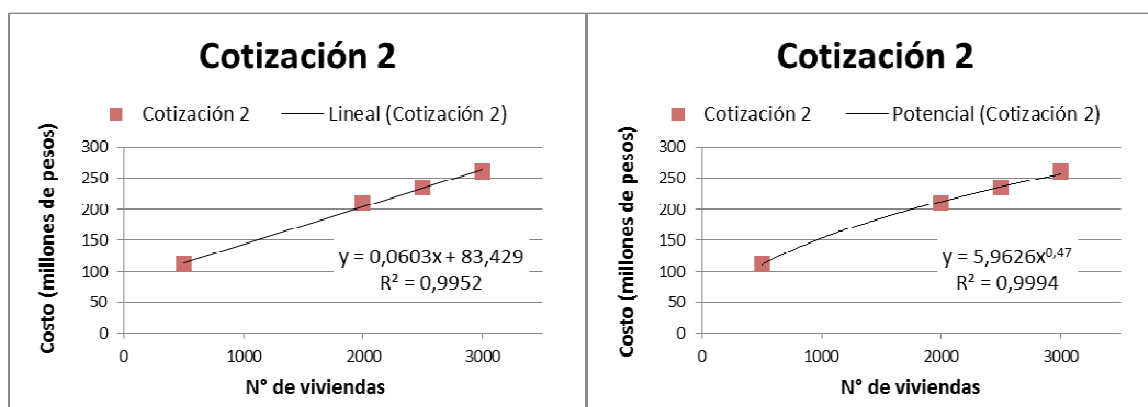


Figura N2: Curvas de ajuste para cotización N°2, ajuste lineal y ajuste potencial

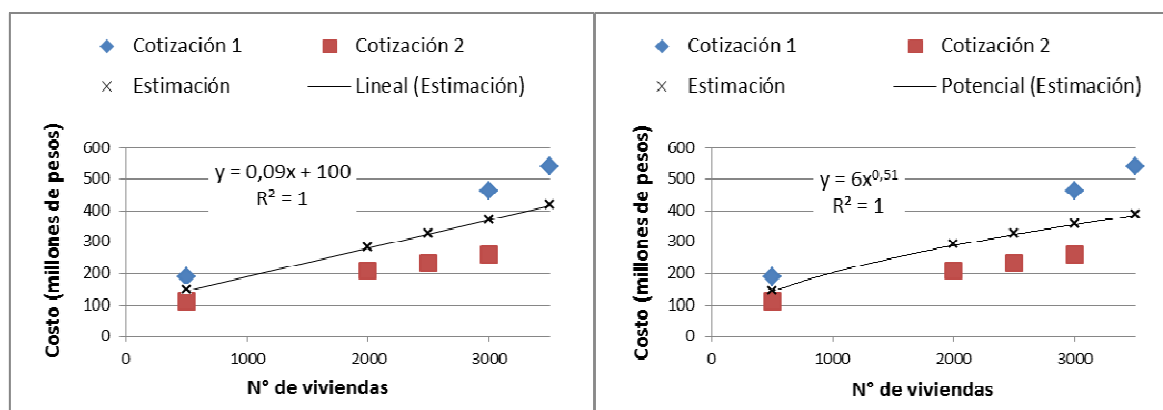


Figura N3: Estimación de la función de costos para la caldera principal, ajuste lineal y ajuste potencial

ANEXO N2: Función de costos de los otros elementos de la central térmica

Las funciones de costos de los demás elementos de la central térmica se definieron en base a estimaciones de costos. Se generaron algunos puntos ficticios y se trazó una curva que se ajustara correctamente a las estimaciones. A continuación, se reportan las gráficas del resto de las funciones definidas.

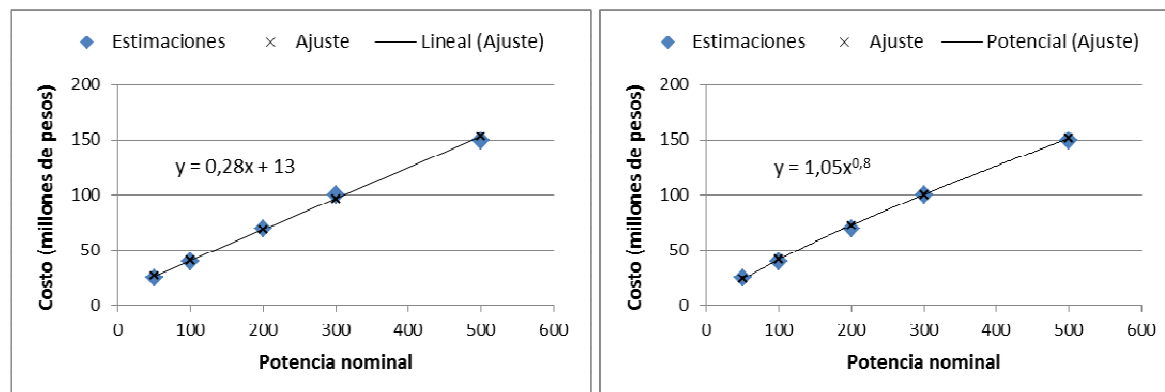


Figura N4: Estimación de la función de costos para la caldera de ACS, ajuste lineal y ajuste potencial

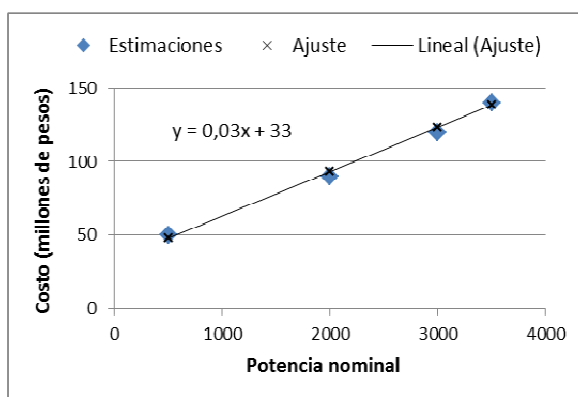


Figura N5: Estimación de la función de costos para la caldera de respaldo

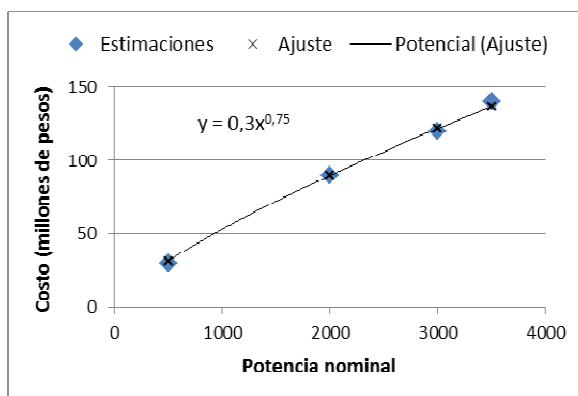


Figura N6: Estimación de la función de costos para el precipitador electrostático

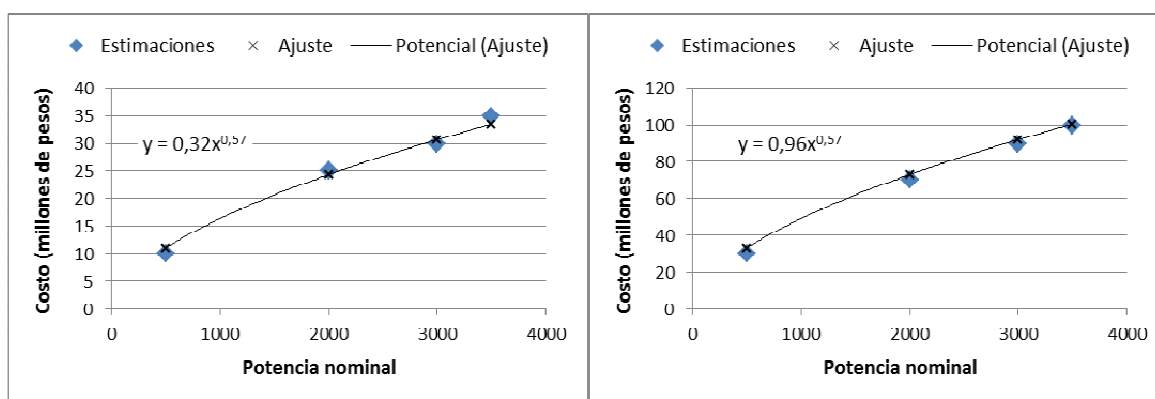


Figura N7: Estimación de la función de costos para el terreno y la edificación

ANEXO O

HISTOGRAMA DE CONSUMO DE CALEFACCIÓN EN LOS SISTEMAS DISTRITALES

El periodo de calefacción observado en la ciudad de Talca consta de 4.578 horas al año. Las cargas horarias dibujan un patrón de consumo cuyas puntas se dan a las 21 horas, con una carga térmica de 5,08 kW por vivienda, considerando una vivienda tipo de 73 m². Para viviendas de 100 m² y 120 m², los consumos aumentan en un 9% y un 15%, respectivamente. Como interesa conocer la demanda base y la demanda punta de la curva de calefacción, con el fin de establecer el diseño correcto de la central térmica, se generó un histograma del consumo horario en calefacción. Los resultados se reportan en la tabla C1 y en la figura C1.

Tabla O1: Histograma de consumo horario en calefacción por vivienda

Consumo (kWh)	Frecuencia	Frecuencia acumulada	Porcentaje acumulado
$c > 4,5$	25	25	0,5%
$4,0 < c \leq 4,5$	117	142	3,0%
$3,5 < c \leq 4,0$	142	284	6,1%
$3,0 < c \leq 3,5$	193	477	10,2%
$2,5 < c \leq 3,0$	296	773	16,5%
$2,0 < c \leq 2,5$	286	1.059	22,6%
$1,5 < c \leq 2,0$	554	1.613	34,5%
$1,0 < c \leq 1,5$	1.222	2.835	60,6%
$0,5 < c \leq 1,0$	747	3.582	76,6%
$c \leq 0,5$	1.096	4.678	100,0%

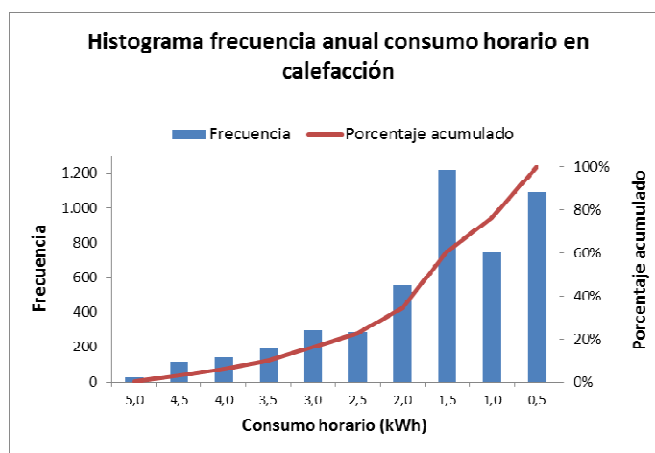


Figura O1: Histograma de consumo horario en calefacción por vivienda

Del análisis de estos datos, se concluye que el percentil 90 del vector de consumos horarios equivale a 3,03 kW por vivienda. Esto quiere decir que una potencia de calefacción de 3,03 kW es suficiente para suministrar el calor demandado en el 90% de las horas de calefacción al año. Durante el 10% restante, la demanda de calor se satisface parcialmente. En

este caso, el calor que no se logra suministrar es de 433 kWh/año de un total de 8.600 kWh/año, lo que equivale al 5% del total.

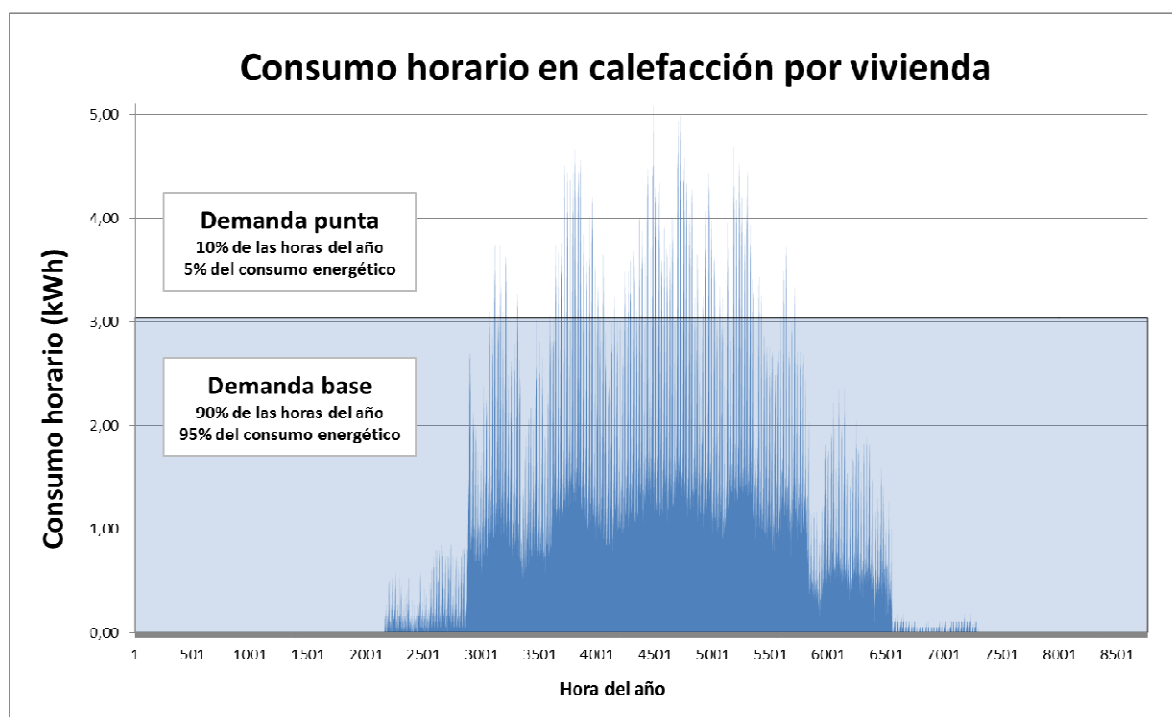


Figura O2: Consumo en calefacción por vivienda, datos horarios durante un año



ANEXO P

COSTOS DE INVERSIÓN DE LA CENTRAL TÉRMICA

ANEXO P: Costos de inversión de la central térmica

A continuación, se reportan los costos totales de inversión en la central térmica por vivienda, considerando la evaluación para viviendas de 73 m², 100 m² y 120 m².

Tabla P1: Costos de inversión correspondientes a la central térmica para viviendas de 73 m², millones de pesos

N°viviendas	100	300	500	1.000	2.000	5.000	10.000
Potencia calefacción (kW)	404	1.212	2.021	4.042	8.083	20.208	40.416
Potencia ACS (kW)	59	176	293	586	1.172	2.929	5.859
Costos (millones de pesos)							
Caldera calefacción	126	209	282	564	1.027	2.519	5.037
Caldera ACS	29	62	95	153	205	364	727
Caldera respaldo	40	69	94	187	341	837	1.674
Precipitador electrostático	27	62	90	152	256	508	855
Terreno	10	18	25	36	54	91	135
Edificación	29	55	74	109	162	273	406
Gastos administración	45	80	112	211	366	846	1.659
Total costos	307	556	771	1.412	2.412	5.438	10.494

Tabla P2: Costos de inversión correspondientes a la central térmica para viviendas de 100 m², millones de pesos

N°viviendas	100	300	500	1.000	2.000	5.000	10.000
Potencia calefacción (kW)	441	1.322	2.203	4.405	8.811	22.026	44.053
Potencia ACS (kW)	59	176	293	586	1.172	2.929	5.859
Costos (millones de pesos)							
Caldera calefacción	136	219	298	596	1.093	2.782	5.465
Caldera ACS	29	62	95	153	205	364	727
Caldera respaldo	44	73	99	198	363	925	1.817
Precipitador electrostático	29	66	96	162	273	542	912
Terreno	10	19	26	38	57	96	142
Edificación	31	58	77	115	170	287	426
Gastos administración	48	84	118	222	387	923	1.784
Total costos	327	580	810	1.484	2.548	5.918	11.273

Tabla P3: Costos de inversión correspondientes a la central térmica para viviendas de 120 m², millones de pesos

N°viviendas	100	300	500	1.000	2.000	5.000	10.000
Potencia calefacción (kW)	465	1.394	2.324	4.648	9.296	23.239	46.478
Potencia ACS (kW)	59	176	293	586	1.172	2.929	5.859
Costos (millones de pesos)							
Caldera calefacción	143	225	309	618	1.237	2.892	5.783
Caldera ACS	29	62	95	153	205	364	727
Caldera respaldo	46	75	103	205	411	961	1.922
Precipitador electrostático	30	68	100	169	284	565	950
Terreno	11	20	27	39	58	99	146
Edificación	32	60	80	118	175	296	439
Gastos administración	50	86	121	229	427	956	1.876
Total costos	341	597	835	1.532	2.798	6.132	11.844



ANEXO Q

COSTOS DE OPERACIÓN DE LAS PLANTAS DE CALEFACCIÓN DISTRITAL

ANEXO Q: Costos de operación de las plantas de calefacción distrital

A continuación, se reportan los costos totales de operación de las plantas de calefacción distrital por vivienda, considerando la evaluación para viviendas de 73 m², 100 m² y 120 m².

Tabla Q1: Costos de operación para viviendas de 73 m², millones de pesos

N°viviendas	Costos anuales de operación (millones de pesos)							Costo total unitario
	Biomasa	Gas	Electric	HH	Mantenc	Administ	Total	
100	6	3	1	7	2	2	21	0,21
300	17	10	4	7	5	3	46	0,15
500	28	17	6	8	9	4	72	0,14
1.000	56	34	12	8	18	6	135	0,13
2.000	112	68	24	10	36	10	259	0,13
5.000	279	169	60	14	91	17	630	0,13
10.000	559	338	120	21	182	25	1.244	0,12

Tabla Q2: Costos de operación para viviendas de 100 m², millones de pesos

N°viviendas	Costos anuales de operación (millones de pesos)							Costo total unitario
	Biomasa	Gas	Electric	HH	Mantenc	Administ	Total	
100	6	4	1	7	2	2	22	0,22
300	18	11	4	7	6	3	50	0,17
500	30	18	7	8	10	4	77	0,15
1.000	61	37	13	8	20	6	145	0,15
2.000	122	74	26	10	40	10	281	0,14
5.000	304	184	65	14	99	17	684	0,14
10.000	609	368	131	21	198	25	1.352	0,14

Tabla Q3: Costos de operación para viviendas de 120 m², millones de pesos

N°viviendas	Costos anuales de operación (millones de pesos)							Costo total unitario
	Biomasa	Gas	Electric	HH	Mantenc	Administ	Total	
100	6	4	1	7	2	2	23	0,23
300	19	12	4	7	6	3	52	0,17
500	32	19	7	8	10	4	81	0,16
1.000	64	39	14	8	21	6	152	0,15
2.000	128	78	28	10	42	10	295	0,15
5.000	321	194	69	14	105	17	720	0,14
10.000	642	388	138	21	209	25	1.424	0,14



Figura Q1: Costo de operación para una vivienda de 73 m², según el número de viviendas conectadas, millones de pesos

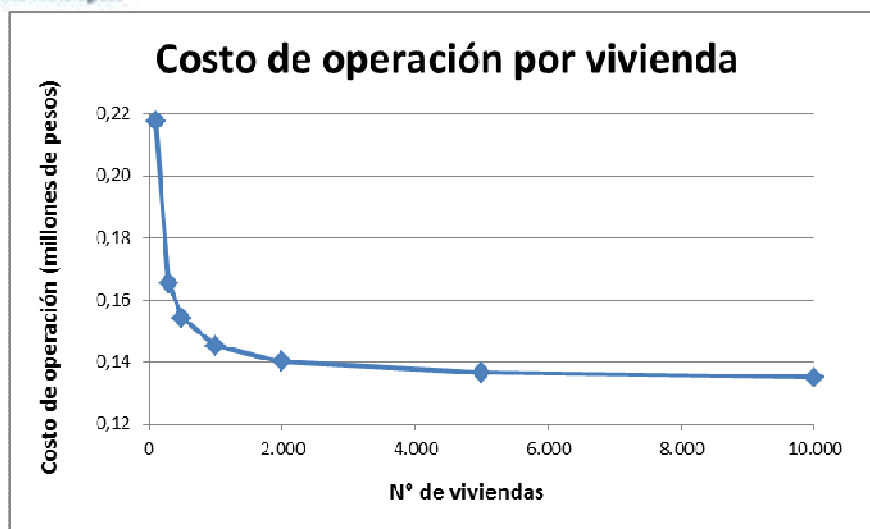


Figura Q2: Costo de operación para una vivienda de 100 m², según el número de viviendas conectadas, millones de pesos

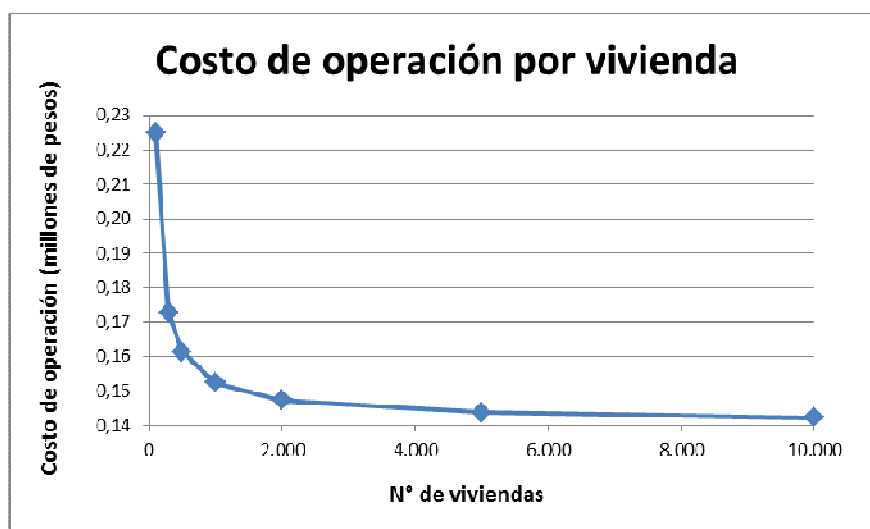


Figura Q3: Costo de operación para una vivienda de 120 m², según el número de viviendas conectadas, millones de pesos

ANEXO R

CUBICACIÓN DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN PRIMARIA DE CALOR EN EL SISTEMA DE CALEFACCIÓN DISTRITAL

ANEXO R: Cubicación de la red de distribución primaria de calor

En la tabla J1, se reportan los requerimientos de tuberías de distribución primaria de calor, para seis proyectos evaluados en las ciudades de Rancagua y Osorno.

Tabla R1: Longitud específica de la red de distribución primaria de calor

	Rancagua			Osorno		
	Promedio	Desviación Estándar	Prom/ desv. est.	Promedio	Desviación Estándar	Prom/ desv. est.
Longitud de la red (m) por vivienda conectada	12,53	2,37	0,19	17,04	1,49	0,09
Longitud de la red (m) por metro cuadrado construido	0,25	0,06	0,23	0,22	0,02	0,09

Fuente: Elaboración propia a partir de estudio previo (UDT 2013)

Las tipologías evaluadas en Rancagua consideraron viviendas de entre 49 y 50 m², principalmente, mientras que las viviendas evaluadas en Osorno estaban entre los 65 y los 92 m². Como las viviendas evaluadas en Talca están entre los 73 y los 120 m² de superficie construida, aproximándose más al estándar de Osorno, se consideró el promedio calculado para esta última ciudad y se acepta un valor de 17 m/vivienda.

ANEXO S

BORRADOR DE ANTEPROYECTO DEL PLAN DE DESCONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICO PARA LAS COMUNAS DE TALCA Y MAULE DE LA REGIÓN DEL MAULE

BORRADOR DE ANTEPROYECTO DEL PLAN DE DESCONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICO PARA LAS COMUNAS DE TALCA Y MAULE DE LA REGIÓN DEL MAULE

DEFINICIONES

AGIES: Análisis General de Impacto Económico y Social.

CONAF: Corporación Nacional Forestal.

CORFO: Corporación de Fomento de la Producción.

SII: Servicio de Impuestos Internos

CPL: Consejo de Producción Limpia.

FNDR: Fondo Nacional de Desarrollo Regional

PDA: Plan de Descontaminación Atmosférica.

SAG: Servicio Agrícola y Ganadero.

SEC: Superintendencia de Electricidad y Combustibles.

SEREMI de Agricultura: Secretaría Regional Ministerial de Agricultura.

SEREMI de Economía: Secretaría Regional Ministerial de Economía.

SEREMI de Educación: Secretaría Regional Ministerial de Educación.

SEREMI de Energía: Secretaría Regional Ministerial de Energía.

SEREMI del Medio Ambiente: Secretaría Regional Ministerial del Medio Ambiente.

SEREMI de Salud: Secretaría Regional Ministerial de Salud.

SEREMI de Transportes y Telecomunicaciones: Secretaría Regional Ministerial de Transportes y Telecomunicaciones.

SEREMI de Vivienda y Urbanismo: Secretaría Regional Ministerial de Vivienda y Urbanismo.

SERCOTEC: Servicio de Cooperación Técnica, dependiente del Ministerio de Economía.

SERVIU: Servicio de Vivienda y Urbanización

MP10: Material Particulado con diámetro aerodinámico $\leq 10 \mu\text{m}$

MP2,5: Material Particulado con diámetro aerodinámico $\leq 2,5 \mu\text{m}$

Leña: Conjunto de troncos, ramas y trozos de madera seca que se emplea para hacer fuego. Según la CNE, se define como energético renovable que para efectos de balances de energía se le asigna un poder calorífico superior de 3.500 kcal/kg.

Hogar: Grupo de personas (emparentadas o no emparentadas entre sí) que comparten la misma vivienda, las que se asocian para proveer en común a sus necesidades alimenticias o de otra índole vital. Comprende también los hogares unipersonales.

Rastrojos: Se consideran los desechos vegetales, tales como, tallos y hojas que quedan en el terreno después de efectuada la cosecha de algún cultivo.

Desechos de poda: conjunto de troncos, ramas y trozos de madera provenientes de la poda parcial y/o total de árboles principalmente frutales de producción comercial.

Humedad de Leña: Contenido de agua en la leña, en términos porcentual (%). En este caso particular es aplicable tanto el concepto habitual en madera (Humedad en base seca) como en combustibles sólidos (Humedad base húmeda). Como ambas formas de expresar humedad coexisten, debe procurarse siempre de indicar si una un dato dado es en base seca o húmeda.

Acuerdo de Producción Limpia (APL): Convenio celebrado entre un sector empresarial, empresa o empresas, y el o los órganos de la Administración del Estado con competencia en materias ambientales, sanitarias, de higiene y seguridad laboral, uso de la energía y de fomento productivo, cuyo objetivo es aplicar la producción limpia a través de metas y acciones específicas.

Área urbana: Superficie del territorio ubicada al interior del límite urbano, destinada al desarrollo armónico de los centros poblados y sus actividades existentes y proyectadas por el instrumento de planificación territorial.

Artefacto a leña: Calefactor o cocina que combustiona leña o derivados de la madera, fabricado, construido o armado, en el país o importado, que tiene una potencia térmica nominal menor o igual a 25 kW, de alimentación manual o automática, de combustión abierta o cerrada, que proporciona calor en el espacio en que se instala y está provisto de un ducto para la evacuación de gases al exterior.

Chimenea de hogar abierto: Artefacto para calefacción de espacios –construida en albañilería, piedra, metal u otro material- en la que la combustión de leña u otro combustible sólido se realiza en una cámara que no cuenta con un cierre y, por tanto, está desprovista de un mecanismo -adicional a la regulación del tiraje- que permita controlar la entrada de aire.

Derivados de la madera: Aquellos combustibles sólidos que han sido obtenidos a partir de un proceso físico de transformación de la madera.

Leña seca: Aquella que tiene un contenido de humedad menor al 25% medida en base seca, de acuerdo a lo estipulado en la Norma Chilena Oficial N° 2907/2005.

Metro cúbico de leña: Volumen de leña apilada, cuya dimensión es 1 m de alto, 1 m de ancho y 1 m de largo, que queda luego de descontar los espacios intersticiales entre los trozos de la pila.

Metro cúbico estéreo: Volumen de leña apilada, cuya dimensión es 1 m de alto, 1 m de ancho y 1 m de largo, que incluye los espacios de aire.

Xilohigrómetro: Instrumento de medición del contenido de humedad en la madera

Calderas: Dispositivos de combustión, diseñados para producir energía eléctrica o mecánica, vapor, calor, o cualquier combinación de estos elementos, independientemente del tipo de combustible empleado.

Emisión: Es la descarga directa o indirecta a la atmósfera de gases o partículas por una chimenea, ducto o punto de descarga.

Fuente emisora existente: Aquella instalada con anterioridad a la fecha de publicación del presente decreto en el Diario Oficial.

Fuente emisora nueva: Aquella instalada con posterioridad a la fecha de publicación del presente decreto en el Diario Oficial.

Quemas controladas: Acción de usar el fuego para eliminar vegetación en forma dirigida, circunscrita o limitada a un área previamente determinada, conforme a normas técnicas preestablecidas, con el fin de mantener el fuego bajo control.

Quema libre: Aquella que se realiza al aire libre, sin ningún factor de control de la emisión, con la finalidad de eliminar residuos de cualquier clase.

Mejores tecnologías disponibles: Conjunto de técnicas aplicadas a procesos de diversos sectores productivos que se demuestran más eficaces para alcanzar un elevado nivel de protección medioambiental, siendo a su vez aplicables en condiciones económicas y técnicas viables

BORRADOR DE ANTEPROYECTO DEL PLAN DE DESCONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICO DE LAS COMUNA DE TALCA Y MAULE DE LA REGIÓN DEL MAULE

En el presente Borrador de Anteproyecto del Plan de Descontaminación Atmosférico de las comunas de Talca y Maule (en adelante PDATM) se expone una propuesta elaborada por el equipo técnico de la Universidad de Concepción que es el resultado del análisis de información primaria y secundaria generada para la zona saturada de las comunas de Talca y Maule.

En el Capítulo I, se presentan las características generales de la zona saturada de Talca y Maule, así como también las características que generaron la declaración de zona saturada y las fuentes principales de emisiones atmosféricas que aportan emisiones de material particulado y otros contaminantes en la zona saturada y su área circundante.

En los Capítulos II, III, IV y V se presentan los fundamentos y propuesta de regulación para las fuentes de material particulado atmosférico (MP10 y MP2,5) y sus precursores, aplicadas a la combustión residencial de leña, las fuentes industriales y comerciales, las quemadas agrícolas, así como también, las emisiones del transporte dentro de la zona saturada de las comunas de Talca y Maule.

En el Capítulo VI se realiza una propuesta del mecanismo de compensaciones de emisiones para las nuevas fuentes industriales y proyectos inmobiliarios.

En el Capítulo VII se presenta una propuesta para un Plan Operacional que enfrente episodios críticos de MP10 y MP2,5 e incorpore recomendaciones y medidas establecidas en los D.S. 20/2014 y D.S. 12/2012, ambas del Ministerio del Medio Ambiente.

El Capítulo VIII entrega una propuesta de educación y difusión de las medidas del PDATM dada la relevancia que tiene el comportamiento de la población en los episodios críticos de calidad del aire que ocurren en los meses de invierno en las zonas urbanas de las comunas de Talca y Maule.

En el Capítulo IX se señalan los Órganos de Administración del Estado responsables de la coordinación y cumplimiento de las medidas propuestas en la PDATM.

El Capítulo X contiene los programas complementarios que son relevantes para apoyar el cumplimiento de las medidas orientada a reducir emisiones de material particulado en la zona saturada de Talca y Maule.

1 CAPÍTULO I. ANTECEDENTES GENERALES

El Plan de Descontaminación Ambiental de las comunas de Talca y Maule aplicará a toda la zona urbana de la comuna de Talca incluyendo la zona urbana adyacente de la comuna de Maule, de acuerdo a los límites establecidos en la Resolución N°12 del 4 de febrero 2010 donde se declara zona saturada por material particulado respirable (MP10), en su concentración anual y de 24 horas, a las comunas de Talca y Maule, cuyos límites geográficos fueron fijados por el artículo 7°, literal B) N° 1 y N° 5, respectivamente, del decreto con fuerza de ley N° 3 - 18.715, del Ministerio del Interior, publicado en el Diario Oficial del 5 de diciembre de 1989, que precisa delimitaciones de las comunas del país.

En Chile la norma primaria de calidad del aire para material particulado respirable MP10 se establece en el D.S. N° 20/2013 del MMA que derogó al D.S. N° 59/98 modificado por el D.S. N° 45/2001, ambos del Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Esta normativa entró en vigencia el 1 de enero de 2014 y señala que el límite para el contaminante corresponde a un valor de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}^1$ como concentración de 24 horas, y agrega que se considerará sobrepasada esta norma cuando el percentil 98 de las concentraciones de 24 horas registradas durante un período anual en cualquier estación monitorea clasificada como Estación de Monitoreo con Representatividad Poblacional (EMRP) sea mayor o igual a $150 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, o bien si antes que concluyese un período anual de mediciones de las estaciones monitoras de material particulado respirable MP10, calificada como EMRP, se registrare un número de días con mediciones sobre el valor de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ mayor que siete.

Adicionalmente, a contar del 1° de Enero del año 2012, la norma primaria de calidad del aire para material particulado fino MP2,5 (D.S. N° 12/2012) entró en vigencia”, estableciendo un valor límite de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ como concentración de 24 horas y un límite promedio anual de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$. El Decreto Supremo establece que se considera sobrepasada la norma cuando el percentil 98 de las concentraciones de 24 horas registradas durante un período anual en cualquier estación monitorea clasificada como EMRP sea mayor o igual a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, mientras, que al igual que la norma anual para MP10, se considerará sobrepasado el límite anual de MP2,5, cuando la concentración anual calculada como promedio aritmético de 3 años calendarios consecutivos en cualquier estación monitorea clasificada como EMRP, sea igual o mayor que $20 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$.

Este instrumento de gestión ambiental tiene por objeto cumplir con las normas primarias de calidad del aire para MP10 y MP2,5, tanto en su promedio diario, como en el promedio anual, establecidos en el D.S. N° 20/2013 y D.S. N° 12/2012, ambos del Ministerio del Medio Ambiente.

¹ Microgramo por metro cúbico normal (condiciones normales Temperatura = 25 °C y Presión = 1 atm)

1.1 Descripción de la zona saturada

Las comunas de Talca y Maule pertenecen a la región del Maule, que tiene cuatro provincias y 30 comunas. La ciudad de Talca es la capital regional y centro administrativo, económico y cultural de la región, es una de las ciudades más pobladas del Valle Central chileno junto a Rancagua y Chillán. Según los datos del Censo del año 2012 la ciudad de Talca tiene una población estimada de 200.461 habitantes, sin contar a los habitantes que viven en el extremo sur de la ciudad, que pertenecen a la comuna de Maule, formando la reciente conurbación Talca-Maule. La población de Talca representa al 24% del total regional.

La comuna de Talca presenta una superficie de 231,5 km², y una densidad poblacional de 1.063,5 habitantes por km² (hab/km²), muy por encima de los 33,5 y 22,8 hab/km² que presentan la región de Maule y el País respectivamente. Talca se consolida como el principal núcleo administrativo de la región, así como también el primer centro industrial, cultural y universitario del Valle Central de Chile. La acelerada expansión actual del área urbana no sólo cubre la comuna de Talca sino también las vecinas de Maule, Penciahue y San Clemente, por lo que su trazado urbano ha debido modificarse de acuerdo a la creciente población y tráfico, con grandes obras viales.

La expansión urbana de Talca ha dado origen a barrios de características muy diferentes. En el centro se ubican los servicios públicos, el comercio y el resto de las actividades empresariales. Hacia el oriente la presencia de la Estación de Ferrocarriles del Estado y los terminales rodoviarios originan la existencia de una densa área comercial, en lo que se denomina Barrio Oriente. Hacia la periferia de la ciudad (Ruta 5 Sur) se emplazan zonas industriales. Al norte y sur de la ciudad se extienden diversos sectores residenciales de estrato medio y bajo y, al oriente (camino a San Clemente), se ha ido consolidando un barrio residencial de nivel socioeconómico alto.

1.1.1 Análisis Económico

La actividad económica de la Región del Maule, medida por el Producto Interno Bruto (PIB) regional corresponde a un 3,2% del total nacional entre los años 2008 a 2011. En el mismo período tuvo una tasa de crecimiento de 5,4%, con bastante variabilidad anual durante el último año influenciada en gran medida por los sectores agropecuario-silvícola, industria manufacturera, construcción, transporte y comunicaciones, servicios financieros y otros servicios.

Las principales actividades económicas de la Región del Maule son electricidad-gas-agua con un 19,0% del PIB regional, le sigue la industria manufacturera con 16,5%, agropecuario-silvícola con 12,6% y servicios personales con 12,1% (Fuente: Banco Central).

Al interior de la industria manufacturera de la Región del Maule, las actividades predominantes en las ventas totales son Fabricación de papel y de productos de papel la que aporta el 39,7%; Elaboración de productos alimenticios y bebidas aportando 38,3%; y

Producción de madera y fabricación de productos de madera y corcho, excepto muebles; fabricación de artículos de paja y de materiales trenzables contribuye en 11,0% (Fuente: ENIA, 2011).

De incrementarse las tendencias de crecimiento en algunos sectores económicos sin aplicar un plan que ayude a controlar o mitigar las emisiones, ya sea por utilización de combustibles en sus calderas, procesos o transporte, se puede prever un escenario con mayores concentraciones de material particulado aportado por las empresas.

Las comunas de Talca y Maule representan solo un 1,7% de las hectáreas cultivadas en la región. Sin embargo, aportan significativamente a algunos tipos de cultivos específicos como flores (21,8%), hortalizas (19,4%), semilleros (9,6%) y viñedos (8,4%).

La actividad económica regional cuenta con una fuerte base exportadora proveniente del sector de la industria agroalimentaria basado en productos como frutas, alimentos, bebidas y alcoholes, así como también, del sector forestal con exportaciones de celulosa, papel y cartón. El año 2011 las exportaciones totales alcanzaron un total de 6.101 millones de dólares.

En el ámbito del mercado laboral, durante el año 2013 en la Región del Maule la fuerza de trabajo tuvo una participación promedio de 53,8% alcanzando las 438.794 personas, mientras la tasa de desocupación alcanzó el 5,5%. Esta cifra es menor que la tasa a nivel nacional la cual se encuentra en un 6%. Esto refleja una actividad económica dinámica en la región con respecto a la generación de empleos.

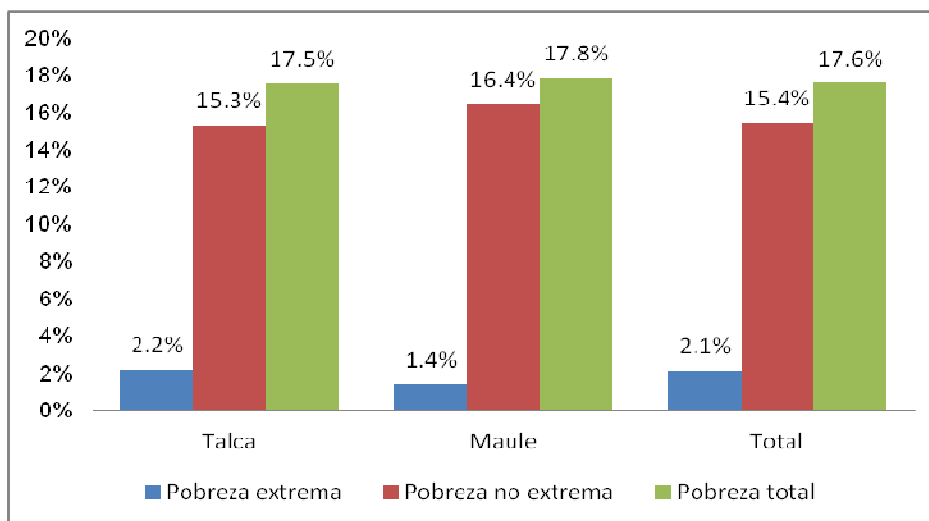
Desde el punto de vista de la ocupación, la actividad que genera más empleo es por lejos la agricultura con un 26,5%, le sigue con un 17,3% el comercio, y en tercer lugar se ubica la industria manufacturera con un 9,4% de la ocupación regional.

En la provincia de Talca la fuerza de trabajo tiene una participación promedio de 56,9% alcanzando las 189.706 personas, mientras la tasa de desocupación alcanza el 5,1%, menor que a nivel regional y nacional (6%). Desde el punto de vista de la ocupación la estructura de participación es similar con respecto a la región, pero la agricultura baja su participación a 19,9%, mientras el comercio y la industria suben a 18,2% y 12,4%, respectivamente.

Por otro lado, según la última encuesta CASEN 2011, la región tiene un 18,8% de pobreza, de los cuales un 2,6% se categorizan en condición de indigencia (pobreza extrema) y un 13,6% en condición de pobres no indigentes. Esta situación de pobreza es superior a la media del país la cual alcanza un 14,5%. En la siguiente figura se presentan indicadores de pobreza e indigencia de las comunas que conforman la zona del PDATM.

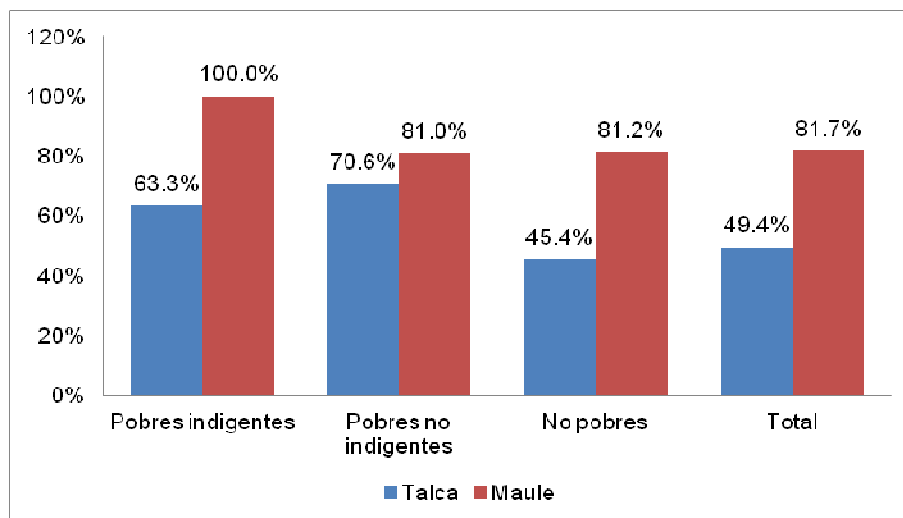
La condición de pobreza podría ser uno de los motivos de contaminación del aire de la zona, porque la leña es un combustible barato y de fácil acceso para calefacción, lo cual fomentaría su uso en relación a otros combustibles sustitutos, entre ellos gas, parafina y electricidad. Además, las regulaciones a la comercialización de la leña y los artefactos que utilizan este energético podrían impactar más significativamente a las familias más desposeídas.

Al analizar los datos de consumo de leña de la encuesta CASEN 2006² se observa una relación positiva en la proporción de hogares que consumen leña y situación de pobreza. En la comuna de Talca esta relación es más fuerte que en la comuna de Maule, ya que en ésta última, la utilización de leña entre hogares pobres no indigentes y hogares no pobres es muy similar.



Fuente: Elaboración Propia en Base a CASEN 2011

FIGURA 1-1. SITUACIÓN DE POBREZA EN LAS COMUNAS DE TALCA Y MAULE



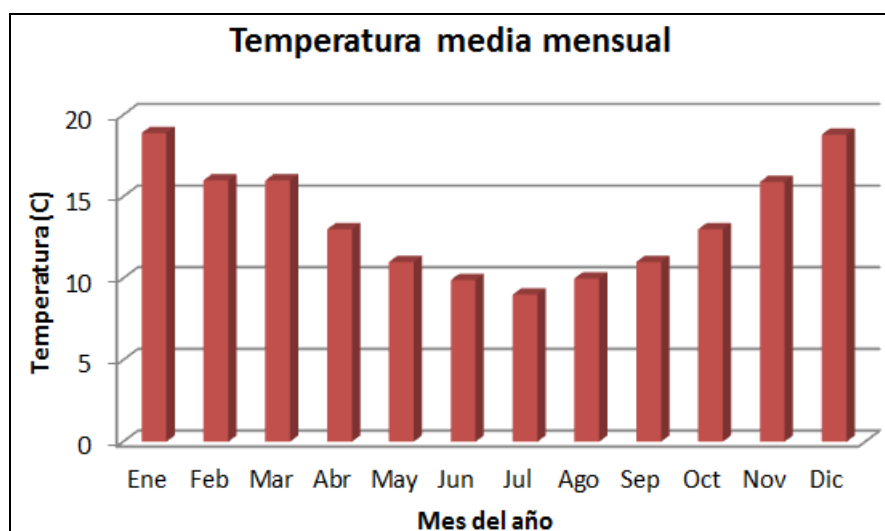
Fuente: Elaboración Propia a Partir de Casen 2006

FIGURA 1-2. UTILIZACIÓN DE LEÑA POR SITUACIÓN DE POBREZA EN LAS COMUNAS DE TALCA Y MAULE

² La Encuesta CASEN 2009 y CASEN 2011 no incluyeron información sobre consumo de leña en su cuestionario.

Las zonas pobladas de Talca y Maule se encuentran en la zona Central Interior. Otras ciudades importantes de esta zona son: Los Andes, Santiago, Curicó, Linares y Chillán. Esta zona se define como de clima mediterráneo, temperaturas templadas, inviernos de 4 a 5 meses, vegetación normal, lluvias y heladas en aumento hacia el sur, insolación intensa en verano, oscilación diaria de temperatura moderada, aumentando hacia el este y viento del sur oeste (SW). Por tanto, esta zona se caracteriza por inviernos fríos, veranos calurosos, alta oscilación térmica diaria de la temperatura en verano y oscilación media en invierno. Las precipitaciones son casi exclusivamente de origen frontal y más abundantes en invierno. El total de las precipitaciones entre mayo y agosto alcanza al 70% a 75% del total anual. El total de precipitaciones en Talca es de 750 mm, aunque éstas están repartidas en sólo aproximadamente 70 días, cuando estas ocurren suelen ser torrenciales y acompañadas de fuertes vientos.

La figura siguiente muestra la temperatura media mensual para todos los meses del año, donde la temperatura media anual es de 13,6 °C.



Fuente: Confección propia a partir de anexos de temperaturas medias para la franquicia tributaria para colectores solares.

FIGURA 1-3. TEMPERATURA MEDIA MENSUAL PARA TALCA.

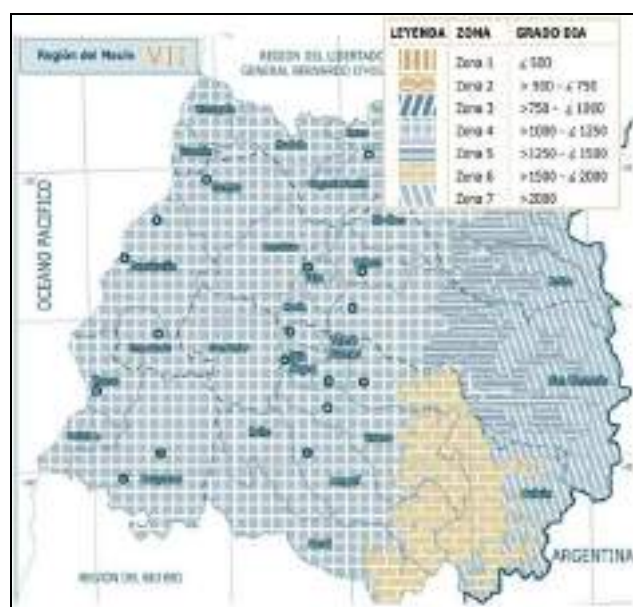
La figura siguiente muestra los campos de temperatura para la región central del país. En esta figura se observan las temperaturas extremas para un mes de invierno en Talca con respecto a otras ciudades del centro del país.



Fuente: Dirección Meteorológica de Chile.

FIGURA 1-4. CAMPOS DE TEMPERATURAS PARA EL MES DE JUNIO

De acuerdo a la reglamentación térmica de la ordenanza general de urbanismo y construcciones, la ciudad de Talca se encuentra en la zona térmica 4. La figura siguiente muestra la Región del Maule con las diferentes zonas térmicas asociadas a esta región.



Fuente: MART (manual de aplicación de la reglamentación térmica).

FIGURA 1-5. ZONAS TÉRMICAS DE LA REGIÓN DEL MAULE.

Como se observa, prácticamente toda la región se encuentra en la zona térmica 4, excepto los lugares cordilleranos y pre cordilleranos (mayor altura sobre el nivel del mar), donde se tienen sectores con zona 5, 6 y 7.

Según las proyecciones de población del INE, las comunas de Talca y Maule tienen una población de 280.298 habitantes al año 2014, con una tasa de crecimiento promedio de 1,3%, por lo cual la población hacia el año 2030 que corresponde al periodo final de evaluación del plan debería alcanzar los 345.227 habitantes.

1.2 Antecedentes de la zona declarada saturada

Las comunas de Talca y Maule de la región del Maule presentan elevados niveles de Material Particulado Respirable (MP10, Material Particulado con diámetro aerodinámico $\leq 10 \mu\text{m}$) y Material Particulado Fino (MP2,5, Material Particulado con diámetro aerodinámico $\leq 2,5 \mu\text{m}$). Desde el año 2004 la SEREMI de Salud del Maule está monitoreando estos contaminantes en la ciudad de Talca, para lo cual cuenta con tres estaciones de monitoreo. Las mediciones de MP10 registradas entre los años 2004 y 2007 arrojan valores por sobre la norma diaria en las estaciones de monitoreo de La Florida y UTAL (Universidad de Talca), localizadas en la ciudad de Talca. Además, para la norma promedio anual en la estación La Florida se observa una condición de saturación para el periodo 2004-2006 y 2005-2007. En mayo 2007 la COREMA acordó solicitar la declaración de zona saturada para la ciudad de Talca debido a los altos niveles de MP10 reportados desde 2004 al 2006 por la SEREMI de Salud del Maule. La Resolución N°12 del 4 de febrero 2010 declara zona saturada por material particulado respirable (MP10) a las comunas de Talca y Maule.

1.2.1 Evolución de los niveles de material particulado en la comuna de Talca

Actualmente, las comunas de Talca y Maule cuentan con 3 estaciones de monitoreo de calidad del aire (UC Maule, La Florida, Universidad de Talca) que reportan datos en línea de calidad del aire al Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire, SINCA (<http://sinca.mma.gob.cl>). Todas las estaciones de monitoreo de calidad del aire miden la fracción respirable y fina de material particulado, mientras que la estación La Florida registra otros parámetros como se observa en la siguiente tabla:

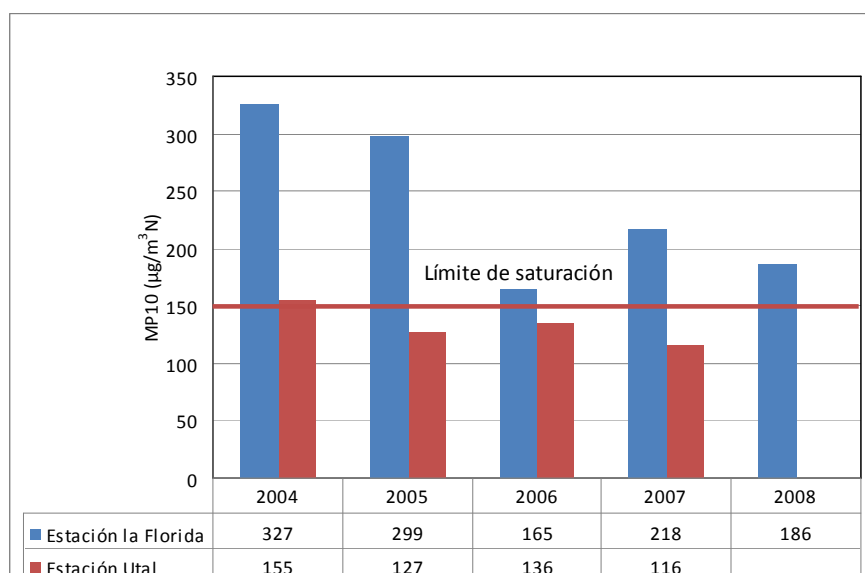
TABLA 1-1. PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AIRE MEDIDOS POR LAS ESTACIONES DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE LAS COMUNAS DE TALCA Y MAULE

Estación/ Parametro	MP10	MP2,5	CO	NO	NO ₂	O ₃	SO ₂
U.C. Maule	X	X					
La Florida	X	X	X	X	X	X	X
Universidad de Talca	X	X					

Fuente: SINCA

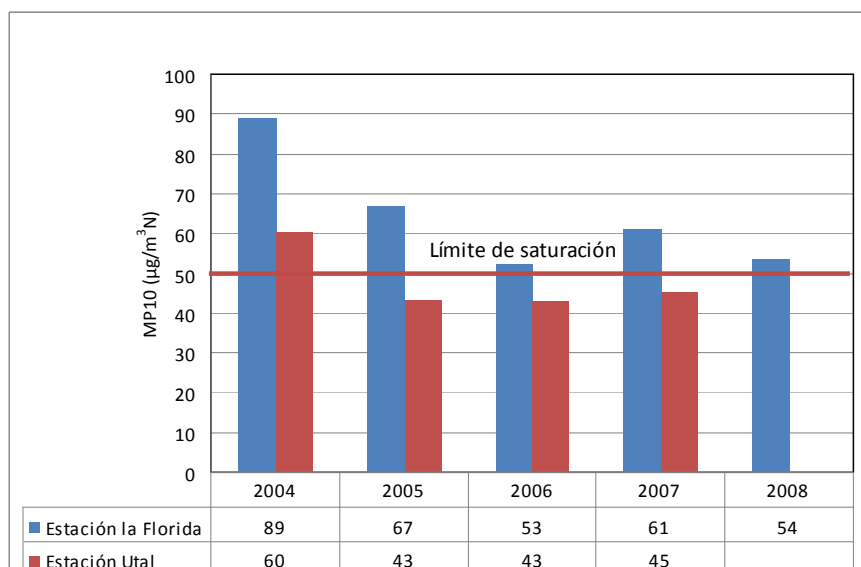
Cada una de estas estaciones de monitoreo de calidad del aire cuentan con una estación meteorológica para registrar en línea los parámetros; presión atmosférica, humedad relativa, temperatura ambiente, dirección y velocidad del viento.

Las mediciones de MP10 registradas entre los años 2004 y 2008 arrojan valores por sobre la norma diaria en las estaciones de monitoreo de La Florida. Además, para la norma promedio anual en la estación La Florida se observa una condición de saturación para el periodo 2004-2006 y 2005-2007.



Fuente: Elaboración propia en base a datos del SINCA

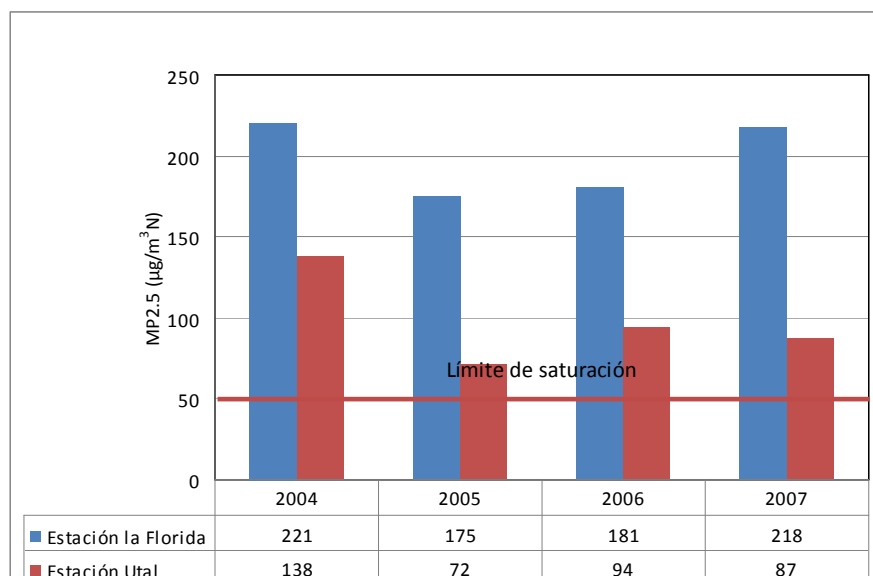
FIGURA 1-6. PERCENTIL 98 DE CONCENTRACIÓN DIARIA DE MP10 – TALCA



Fuente: Elaboración propia en base a datos del SINCA

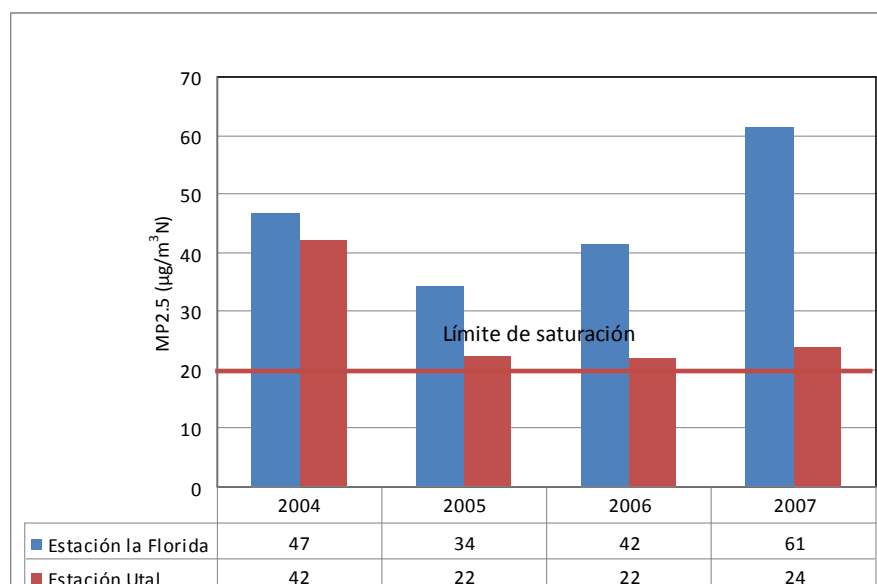
FIGURA 1-7. CONCENTRACIÓN PROMEDIO ANUAL DE MP10 – TALCA

Por otro lado, las mediciones presentan valores por sobre la actual norma de calidad primaria de MP2,5, tanto para el caso del promedio diario como para el promedio anual. Las estaciones La Florida y UTAL indican una condición de saturación para el periodo 2004-2008, superando el percentil 98 de los promedios diarios y el promedio anual, especialmente en la estación La Florida.



Fuente: Elaboración propia en base a datos del SINCA

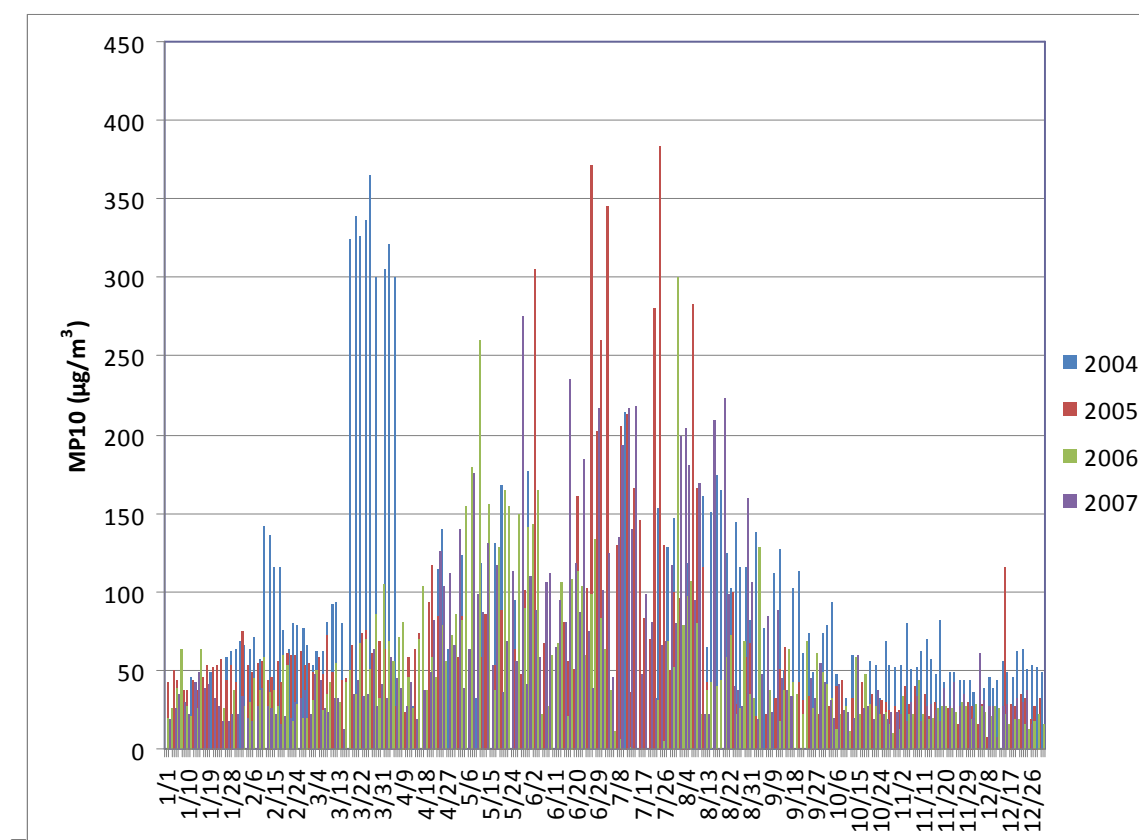
FIGURA 1-8. PERCENTIL 98 CONCENTRACIÓN DIARIA DE MP2,5 – TALCA



Fuente: Elaboración propia en base a datos del SINCA

FIGURA 1-9. CONCENTRACIÓN PROMEDIO ANUAL DE MP2,5 - TALCA

Los mayores niveles ambientales de MP10 y MP2,5 ocurren durante los meses fríos del año (mayo a septiembre) cuando se intensifica el uso de la leña para calefacción y las condiciones de ventilación de la atmosfera es menor. Cabe señalar, que también se observan mayores niveles de MP10 a finales del otoño, el cual puede corresponde a quemas agrícolas y/o incendio forestales. La ciudad de Talca, tiene una característica geomorfológica de cuenca cerrada por los cerros, por la cordillera de la costa con flujo de vientos que viene desde el sur en una gran parte del año, los que pasan aproximadamente a una altura de 800 metros sobre Talca, ya que la ciudad se encuentra en una cuenca a 90 metros sobre el nivel del mar, y es por ellos que no tiene buena ventilación que pueda sacar los contaminantes de la ciudad y llevárselos hacia el norte (AMBIOSIS, 2009).



Fuente: Elaboración propia en base a datos del SINCA

FIGURA 1-10. EVOLUCION TEMPORAL DE LA CONCENTRACION PROMEDIO DIARIA DE MP10 – TALCA EN EL PERIODO 2004-2007

1.2.2 Fuentes que aportan con emisiones de material particulado

La información existente para las emisiones atmosféricas en la zona circundante a las zonas urbanas de Talca y Maule corresponde al inventario de emisiones atmosféricas

elaborado por Ambiosis (2009). Este inventario fue desarrollado en el estudio “Inventario de Emisiones de Contaminantes Atmosféricos y Definición de Área de Influencia de las Emisiones que Causan el Efecto de Saturación por MP10 en la Ciudad de Talca” y se muestra a continuación:

TABLA 1-2. RESUMEN INVENTARIO DE EMISIONES, FUENTES ESTACIONARIAS Y MÓVILES, ESCENARIO 2006, TALCA.

Categoría de Fuente	MP10 ton/año	MP2,5 ton/año	CO ton/año	NOx ton/año	COV ton/año	SOx ton/año	NH₃ ton/año
Fijas Combustión	68,97	26,72	439,07	147,37	8,06	398,37	71,52
Fijas Procesos+Evap	7,56	1,81	32,43	6,72	0,57	2,22	5,18
Combustión de Leña	1.311,16	1.275,06	11.418,94	77,43	4.867,66	13,49	70,00
Otras residenciales	0,71	0,55	4,17	19,40	822,30	5,15	139,81
Evap. Comerciales	-	-	-	-	113,02	-	-
Quemas Agrícolas	30,62	29,27	205,49	8,41	18,12	1,21	-
Incendios Forestales	1,89	1,67	16,86	0,55	0,84	0,55	0,12
Otras Areales	6,57	-	97,37	2,67	1.281,37	0,37	294,14
Total Estacionarias	1.427	1.335	12.214	263	7.112	421	581
Buses tpe. público red urbana	10,07	9,09	47,27	167,84	12,55	7,56	0,04
Otros buses	1,05	0,95	4,91	17,80	1,27	0,81	0,00
Camiones	6,55	5,79	37,38	54,54	21,75	5,65	0,05
Veh Livianos cat	4,04	0,94	900,84	122,61	90,27	3,70	16,10
Veh Livianos no cat	3,88	2,59	4.145,52	371,49	573,50	2,65	0,31
Veh. Livianos Diesel	3,76	3,05	15,37	34,27	4,35	6,75	0,03
Motos	0,04	-	71,44	0,14	28,31	0,02	0,01
Fuera de ruta	3,00	2,77	15,23	18,94	2,65	0,00	0,00
Total Móviles	32	25	5.238	788	735	27	16
Total Móviles y Estacionarias	1.460	1.360	17.452	1.050	7.847	448	597

Fuente: CONAMA VII Región-AMBIOSIS (2008)

Se realizó una actualización de las emisiones al año 2012 para las fuentes residenciales por combustión de leña, quemas agrícolas, fuentes móviles en ruta, y fuentes industriales (IIT-UdeC 2013). Cabe señalar, que para la actualización del inventario de emisiones el aporte de la combustión residencial de leña es menor debido a que en el estudio más reciente se detectó que al momento de consumir la leña en los hogares, ésta se encontraba principalmente seca y con una menor participación de leña semi-húmeda.

TABLA 1-3. INVENTARIO DE EMISIONES DE TALCA Y MAULE EN ESCENARIO BASE 2012

Tipo de Fuente	MP10	MP10	MP2,5	MP2,5
	ton/año	%	ton/año	%
Fuentes Fijas	187,7	9,0%	134,2	10,7%
Calefacción residencial leña	974,6	46,7%	947,9	75,6%
Incendios Forestales	7,5	0,4%	6,6	0,5%
Quemas Agrícolas	67,6	3,2%	57,3	4,6%
Caminos Sin Pavimentar	817,5	39,2%	81,7	6,5%
Fuentes Móviles	32,8	1,6%	25,9	2,1%
Total	2087,7	100,0%	1253,6	100,0%

Fuentes: Inventario de Emisiones Atmosféricas Ambiosis (2009) y Diagnóstico de la calidad del aire y medidas de descontaminación en Talca y Maule (IIT-UDEC, 2013).

Se puede observar de la actualización del inventario de emisiones de MP10 y MP2,5 que la principal fuente corresponde a combustión residencial de leña con un 46,7% del aporte de MP10 y un 75,6% del aporte de MP2,5. Para el caso de los caminos sin pavimentar, estos generan un aporte de 39,2% del MP10, pero no tiene una contribución tan importante para el MP2,5 (6,5%). Las fuentes industriales (fuentes fijas) aportan con el 9,0% y 10,7% de las emisiones de MP10 y MP2,5, respectivamente. Para el caso de las quemas agrícolas, éstas aportan con un 3,2% y 4,6% de las emisiones de MP10 y MP2,5, respectivamente.

1.2.3 Metas de calidad del aire

Se ha establecido el año 2012, como año base para el PDATM. En ese año las estaciones de monitoreo de material particulado de las estaciones ubicadas en la zona saturada, en particular la EMRP La Florida, registra los mayores niveles ambientales de MP10 y MP2,5.

TABLA 1-4. METAS DE REDUCCIÓN DE LAS CONCENTRACIONES DE MP10 Y MP2,5

Norma	calidad	material	Valor norma ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	Año base 2012 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	Meta ambiental ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	% Reducción
		MP10 – diaria percentil 98	150	185,7	149	19,8%
		¹ MP10 – anual promedio tri anual	50	57,9	49	15,4%
		MP2,5 – diaria percentil 98	50	151,1	49	67,6%
		MP2,5 – anual promedio tri anual	20	39,0	19	48,7%

¹Periodo de evaluación derogado por el D.S. N° 20/2013

Fuente: Elaboración propia

Metas de reducción de emisiones

Para definir las metas de reducción se utiliza la información del inventario de emisiones de Talca y Maule actualizado al año 2012 (IIT-UdeC 2013).

Para lograr la reducción del 15,4% de MP10 en el promedio anual y el 48,7% de reducción de MP2,5 en el promedio anual, se regulan las principales fuentes emisoras de material particulado. Entre ellas; combustión residencial de leña, fuentes industriales y comerciales, quemas agrícolas y fuentes móviles.

Indicadores de efectividad del Plan

Se considerarán los siguientes indicadores de efectividad para el Plan de Descontaminación Ambiental de Talca y Maule, los cuales tiene la función de verificar en forma anual el efecto de la medidas en los niveles ambientales de MP10 y MP2,5 dentro de la zona saturada de Talca y Maule. Se proponen los siguientes indicadores del Plan:

- Número de días al año que se supera la norma diaria (24 hrs) de MP10 ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$).
- Número de días al año que se supera la norma diaria (24 hrs) de MP2,5 ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$).
- Disminución del percentil 98 de los promedio diarios de MP10 y MP2,5.
- Disminución de las concentraciones promedio anual y trianual de MP10 con respecto al año base.
- Disminución de las concentraciones promedio anual y trianual de MP2,5 con respecto al año base.

2 CAPITULO II. CONTROL DE EMISIONES ASOCIADA A LA COMBUSTIÓN RESIDENCIAL DE LEÑA

2.1 Fundamentación de la regulación

Se determinó el consumo de leña en los hogares de Talca y Maule mediante un levantamiento de información mediante encuestas de consumo de leña (IIT-UDEC, 2013) a 755 hogares de la comuna de Talca y 59 en la comuna de Maule. Esta encuesta permitió caracterizar el consumo, el parque de equipos, la humedad de la leña utilizada, operación de los equipos, entre otras variables. Considerando solamente los hogares que consumen leña se estimó un consumo promedio por hogar de 1.615 kg/año en Talca y 1.588 kg/año en Maule. Además, se estimó una penetración de la leña en los hogares de 50,0% en Talca y 61,3% en Maule. Este resultado de penetración es superior al estudio de Ambiosis (2009) que con 352 encuestas determinó una proporción de 45% de hogares que consumen leña.

Además, en el estudio IIT-UDEC (2013) se determinó que el parque de equipos en Talca está constituido en un 66,2% por estufas de combustión lenta con sistema de templador (conocidas como de doble cámara en Chile), 15,6% por estufas de combustión lenta de cámara simple, 7,9% por cocinas de hierro, 4,6% por salamandras, 2,7% por estufas de lata, 1,9% por chimeneas, 1% por estufas artesanales y 0,2% por braseros. El parque de equipos en Maule

está constituido en un 88,4% por estufas de combustión lenta con sistema de templador, 7,5% por estufas de combustión lenta de cámara simple, 7,9% por cocinas de fierro, 2,3% por salamandras, y 2,3% por estufas artesanales.

Además, las mediciones de humedad de la leña en los hogares con el xilohigrómetro permiten afirmar que la leña tiene un contenido de humedad promedio de 17,3% en la comuna de Talca y de 16,1% en la comuna de Maule.

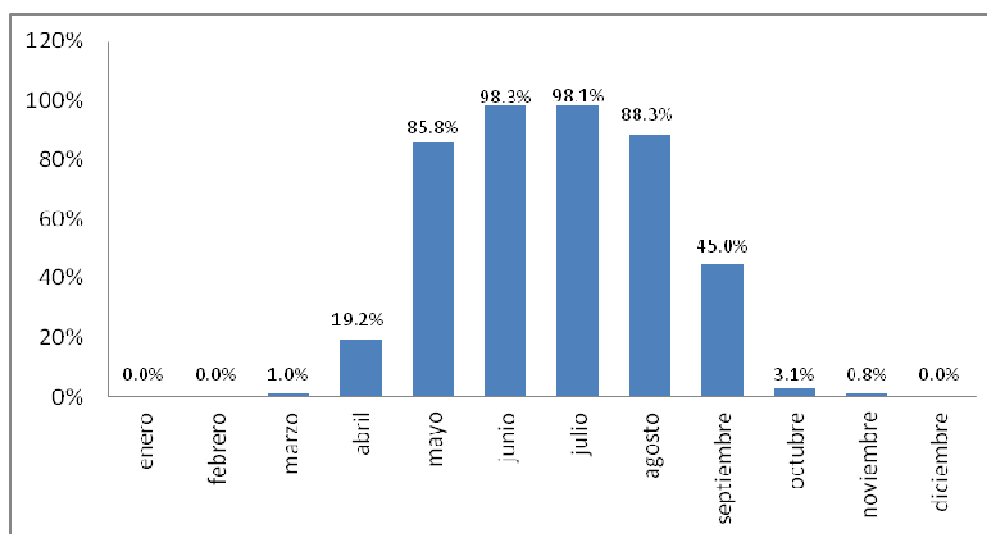
A partir de esta información es posible concluir que las emisiones de MP10 y MP2,5 al año 2012 habrían alcanzado las 974,6 ton/año y 947,9 ton/año, respectivamente. A continuación se resumen las emisiones totales de MP10, MP2,5 monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOx), compuestos orgánicos volátiles (COV), óxidos de azufre (SOx) y amoníaco (NH₃) para la combustión residencial de leña según la tecnología del calefactor y la comuna.

TABLA 2-1. EMISIONES COMBUSTIÓN DE LEÑA RESIDENCIAL AÑO BASE 2012 (TON/AÑO)

Equipo/ emisiones (ton/año)	MP10	MP2,5	CO	NOx	COV	SOx	NH ₃	
Talca	Salamandra	40,5	39,3	336,1	3,0	304,8	0,5	2,5
	Cámara simple + templador	485,1	472,3	4419,3	46,1	1014,8	6,6	36,2
	Cocina de fierro	80,5	78,0	577,2	5,1	523,3	0,8	4,3
	Cámara simple	210,0	204,1	1041,4	10,9	239,1	1,6	8,5
	Chimenea	16,7	16,2	138,8	1,2	125,9	0,2	1,0
	Estufa de lata	32,6	31,6	270,3	2,4	245,1	0,4	2,0
	Horno de barro	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Otros	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Subtotal	865,4	841,6	6783,1	68,6	2453,0	9,9	54,7
	Maule	Salamandra	2,8	2,7	23,5	0,2	21,3	0,0
Cámara simple + templador		90,4	88,0	823,7	8,6	189,2	1,2	6,8
Cocina de fierro		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cámara simple		13,2	12,8	65,2	0,7	15,0	0,1	0,5
Chimenea		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Estufa de lata		2,8	2,7	23,5	0,2	21,3	0,0	0,2
Horno de barro		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Otros		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Subtotal		109,2	106,3	935,9	9,7	246,7	1,4	7,6
Total	974,6	947,9	7719,0	78,3	2699,6	11,3	62,3	

Fuente: Elaboración Propia

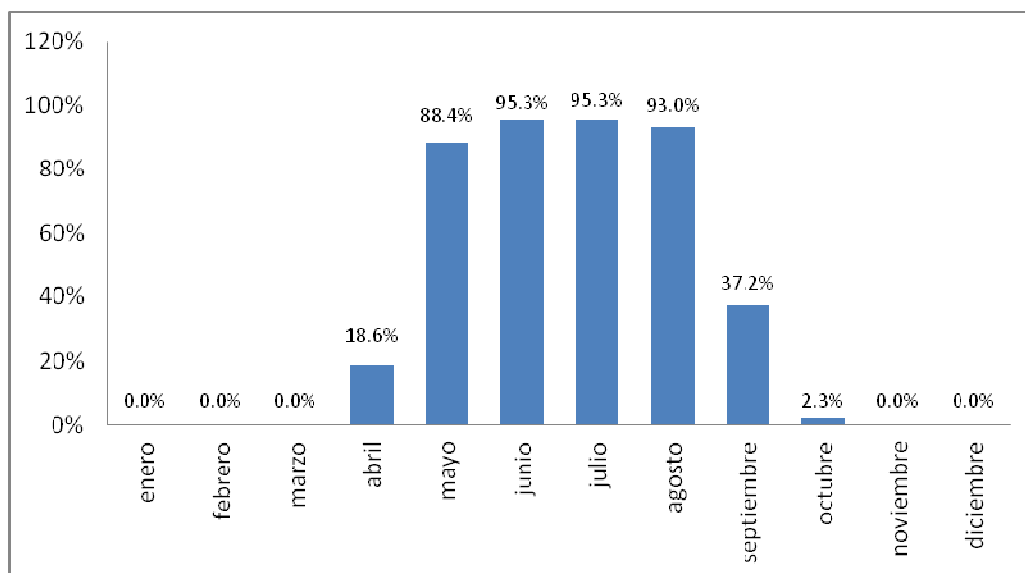
En Talca, el periodo entre mayo y agosto es en el cual se utiliza más intensivamente la leña. Un 19,2% de los hogares utilizan leña a contar de abril, un 45,0% de los hogares finaliza su utilización en septiembre, un 3,1% en octubre y un 0,8% en noviembre. La frecuencia relativa en que los hogares de Talca comienzan a utilizar leña por mes se muestra en la figura siguiente (se incluyen sólo los datos de hogares que consumen leña).



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 2-1. PORCENTAJE DE HOGARES EN TALCA QUE UTILIZAN LEÑA POR MES

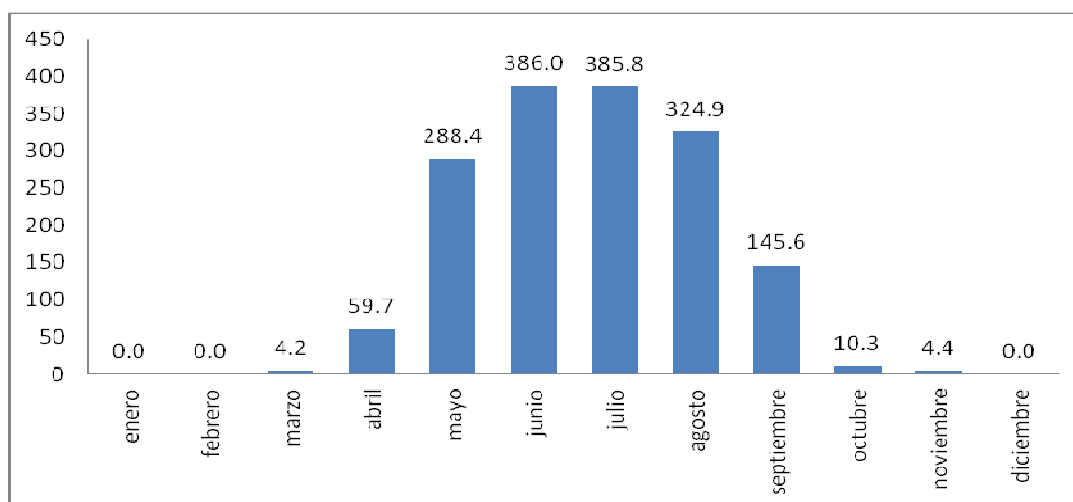
El comportamiento mensual del consumo de leña en Maule es muy similar al anterior, entre mayo y agosto es el periodo en que se utiliza más intensivamente. Un 18,6% de los hogares utilizan leña a contar de abril, un 37,2% de los hogares finaliza su utilización en septiembre y un 2,3% en octubre. La frecuencia relativa en que los hogares de Maule comienzan a utilizar leña por mes se muestra en la Figura 2-2 (se incluyen sólo los datos de hogares que consumen leña).



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 2-2. PORCENTAJE DE HOGARES EN MAULE QUE UTILIZAN LEÑA POR MES

La distribución de consumo promedio mensual de leña en kilogramos de los hogares encuestados de Talca se muestra en la Figura 2-3. Como se aprecia la intensidad del consumo de leña en el año ocurre principalmente entre los meses de mayo y agosto (se incluyen sólo los datos de hogares que consumen leña).



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 2-3. CONSUMO PROMEDIO MENSUAL DE LEÑA EN KG/MES PARA TALCA

La distribución de consumo promedio mensual de leña en kilogramos de los hogares encuestados de Maule es muy similar al de Talca. Además, la intensidad del consumo de leña en el año ocurre principalmente entre los meses de mayo y agosto.

Los motivos por los cuales los hogares utilizan la leña como energético radica principalmente en que es un combustible más económico y porque existe una sensación de que la leña calienta más. Cuando se pregunta por otros motivos, se menciona lo fácil que es obtener la leña y que se utiliza por costumbre o hábito.

Con respecto a las especies arbóreas utilizadas como leña para combustión residencial, se detectó que la especie más consumida en los hogares de Talca corresponde a Eucaliptus (71,7%). Un porcentaje menor declara consumir aramo (8,8%) y hualle (6,5%). Mientras un pequeño porcentaje de los hogares afirma consumir especies nativas (1,4%) entre las cuales se cuentan según relevancia roble, sauce, álamo, litre y parra.

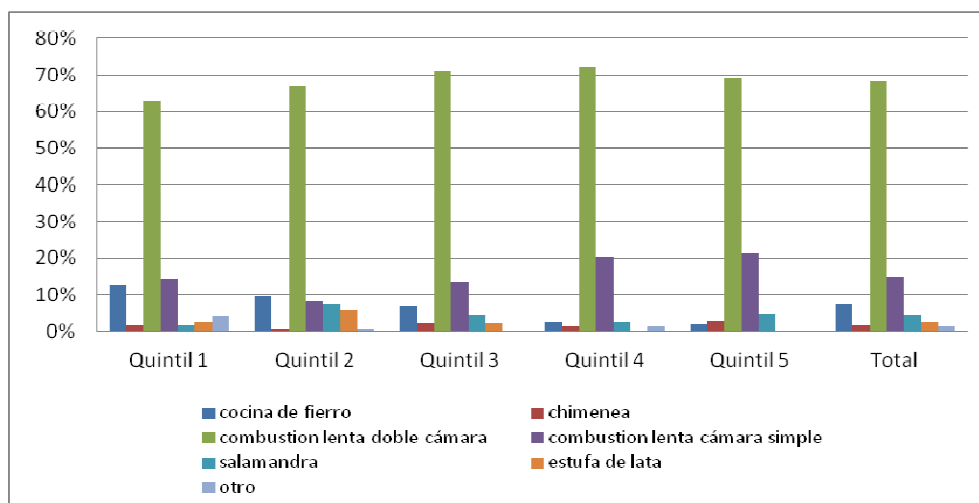
Con respecto al abastecimiento de la leña podemos concluir que un 4,9% de los hogares encuestados señala que una parte de la leña la recolecta o es de su propiedad, un 8,4% afirma que una parte de la leña es regalada, un 86,2% compra parte de la leña que utiliza y un 0,6% señala que una parte es obtenida de otra forma. Los hogares que compran leña afirman que la adquieren de un transportista o vendedor ambulante (29,9%), comerciante establecido (30,1%), productor (37,6%), o de otra forma (2,2%). Lo que demuestra que la mayoría de los hogares que compra leña adquieren este insumo principalmente a través de comerciantes informales, situación que coincide con el problema del mercado informal de este energético en varios centros urbanos del sur del país. El precio promedio pagado en la zona de estudio

independiente de la unidad de comercialización es \$25.193, cuando se desagrega por especie es \$20.846 por hualle, \$26.327 por eucaliptus, \$19.954 por aromo, \$26.333 por espino, \$19.817 por mixto, \$22.500 por nativas, \$21.953 por otras especies o bien especies sin identificar.

Un aspecto relevante de los resultados obtenidos del estudio (IIT-UdeC 2013) fue la percepción de los hogares sobre el contenido de humedad de la leña. El 94,0% de los hogares encuestados declara que la leña que adquiere se encuentra seca, un 5,1% semi-húmeda y un 0,9% argumenta que la leña se encuentra húmeda. Esta información fue contrastada con las mediciones de humedad *in situ* realizadas mediante xilohigrómetro las cuales permiten afirmar que la leña tiene un contenido de humedad promedio de 17,3% en la comuna de Talca y de 16,1% en la comuna de Maule. El percentil 10 arroja un contenido de humedad de 13,0% en Talca y 14,7% en Maule, mientras que el percentil 90 arroja un contenido de humedad de 20,8% en Talca y 17,6% en Maule.

Cabe señalar, que si la leña esta mayoritariamente seca, podría ser marginal el potencial de reducción de emisiones de intensificar la fiscalización para la utilización de leña seca, medida que se ha incluido en otros planes de descontaminación de otras zonas del sur de Chile, como una alternativa importante para la reducción de la contaminación por material particulado.

La proporción de tenencia de equipos de calefacción es relativamente homogénea por quintil de ingreso. Existe una alta participación de equipos de combustión lenta con templador (conocida como doble cámara en nuestro país) en todos los quintiles de ingreso, pero los quintiles más pobres tienen una participación mayor de cocinas a leña.



Fuente: Elaboración propia

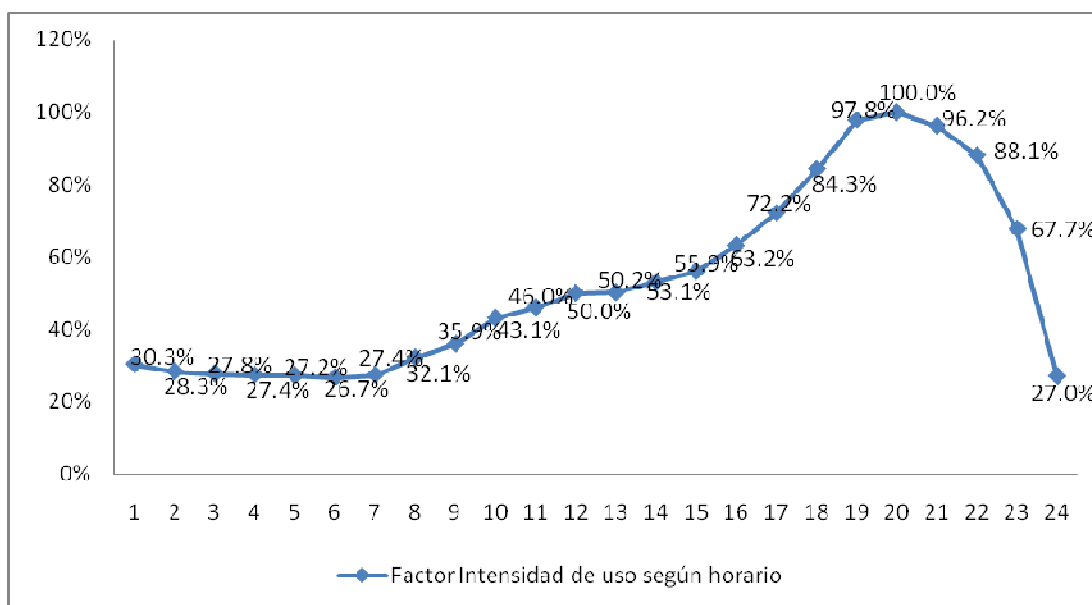
FIGURA 2-4. PROPORCIÓN DE EQUIPOS A LEÑA UTILIZADOS PARA COCINA Y CALEFACCIÓN POR QUINTIL DE INGRESO

Al analizar los equipos que tienen mayor preponderancia en las comunas analizadas podemos concluir que la antigüedad promedio de las estufas de combustión lenta con sistema de templador (doble cámara) es 4 años, aunque también existen equipos con una antigüedad

máxima de 17 años. La antigüedad promedio de las estufas de combustión de cámara simple es 6 años, con presencia de equipos con una antigüedad máxima de 18 años. La antigüedad promedio de las cocinas de hierro es 3,6 años, en este tipo de equipos la antigüedad máxima es 11 años. Finalmente, la antigüedad promedio de las salamandras es 6,4 años, aunque existen equipos con una antigüedad máxima de 27 años.

Cuando el equipo de calefacción opera a plena carga el tiraje se utiliza parcialmente cerrado (75,6%), completamente cerrado (10,7%) o totalmente abierto (4,6%). Cuando el equipo de calefacción opera a carga media el tiraje se utiliza parcialmente cerrado (80,9%), completamente cerrado (14,1%) o totalmente abierto (1,4%). Finalmente, cuando el equipo de calefacción opera a carga mínima el tiraje se utiliza parcialmente cerrado (63,2%), completamente cerrado (33,1%) o totalmente abierto (2,2%). Esto es relevante desde el punto de vista de la operación del equipo para evitar mayores tasas de emisión de contaminantes del aire.

Con respecto a la intensidad de utilización de los calefactores en el día, se estimó que la mayor intensidad de uso ocurre entre las 16 y 21 hrs. (ver figura siguiente) cuando comienza a desarrollarse la capa estable nocturna debido a la menor incidencia de la radiación del sol que ocurre al atardecer.



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 2-5. INTENSIDAD DE USO DE EQUIPOS A LEÑA POR HORARIO

Como resultados de las encuestas, se determinó que el consumo medio para las viviendas sin aislación es de 140 (kWh/m²-año) y para las viviendas con aislación es de 134 (kWh/m² año). Es decir, se tiene una reducción de 4,5%. Se puede observar también que la temperatura interior para las casas con aislación es de aproximadamente 0,6°C superior a las sin aislación. Se sabe, de la experiencia previa que 1,0°C de aumento de temperatura en una

casa, equivale más o menos a un 15% extra de consumo de energía, por tanto esta diferencia es significativa.

Existe un potencial de ahorro energético de entre un 30% a un 50% con paquetes de medidas (mejoras) para las viviendas. Las medidas incluyen aislación de techos, muros y/o cambios de ventanas. Para la medida de mejorar la aislación del techo y muro logra el mayor potencial de reducción. Para las viviendas nuevas, la medida de exigir un nivel C de la reglamentación produce un ahorro de energía promedio real de 30%. Este valor es menor al anterior debido a que se parte de un caso base que ya posee aislación la vivienda.

Los costos de las intervenciones varían en promedio entre \$1.400.000 a \$ 2.776.000 para las viviendas existentes, y varían entre \$950.000 a \$1.280.000 para viviendas nuevas. El problema principal es el bajo costo de operación de la leña que impide que las inversiones sean más rentables. Sin embargo, si se pone en el escenario de que no se puede usar leña y que el combustible por defecto es el gas, las rentabilidades de los diferentes paquetes de medidas varían entre 30% a un 15%.

Se consultó además por la disposición de los hogares encuestados para cambiar su equipo de calefacción a través de un programa de recambio. Bajo distintos escenarios de subsidios se pudo determinar que un 75,3% de los hogares estaría dispuesto a participar en el programa, y que esta participación es similar según quintil de ingreso. Finalmente, es posible inferir que por cada 10% de subsidio en el precio del equipo la disposición de participar en el programa de recambio se incrementa en 9,1%.

En el estudio (IIT-UdeC, 2013) se evaluó la factibilidad técnica y económica de utilizar sistemas de calefacción basados en ERNC; entre ellas bombas de calor solar, bombas de calor geotérmicas, bombas aerotérmicas, sistemas de combustión de pellets y calefacción distrital. De todas, la alternativa de menor costo total para remplazar a la leña son las bombas de calor, siendo de todas formas la más conveniente la bomba FRV (Flujo de Refrigerante Variable). Además, esta última tiene la ventaja de que su costo de inversión son más bajos.

También el estudio (IIT-UdeC, 2013) se evaluaron incentivos para el recambio de calefactores a leña para las viviendas, considerando subsidio a combustibles y/o equipos limpios alternativos a la leña, y programas de compensación de emisiones atmosféricas por parte de las nuevas fuentes industriales y/o nuevos proyectos inmobiliarios.

2.2 Propuesta de regulación para la combustión residencial de leña

2.2.1 Regulación referida al uso y mejoramiento de la calidad de la leña y sus derivados

a) Requisitos para la comercialización de leña

En el plazo de seis meses desde la publicación en el Diario Oficial del Plan de Descontaminación Atmosférico de Talca y Maule, quien comercialice leña en las comunas de Talca y Maule deberán cumplir con lo siguiente:

- Toda la leña que sea comercializada en las comunas de la zona saturada deberá cumplir los requerimientos técnicos de la Norma Chilena Oficial (NCh) N° 2907 Of.2005, la cual define como leña seca aquella que tiene un contenido de humedad menor o igual a 25% en base seca. La verificación del contenido de humedad de la leña se realizará acorde a lo establecido en la Norma Chilena Oficial NCh N° 2965 Of.2005.
- Se deberá comercializar la leña usando como unidad de comercialización el metro cúbico (m³) o astillas.
- Se deberá contar con un xilohigrómetro que permita verificar el cumplimiento de esta norma, que deberá ser utilizado a requerimiento del cliente.

La fiscalización de esta medida será en las comunas de Talca y Maule que conforman la zona saturada. Esta fiscalización se realizará tanto a los comerciantes establecidos como a los vendedores ambulantes de leña intensificando los controles en calles y carreteras, en centros de acopio, móviles y en puntos de venta a través de un control de Carabineros de Chile, SII y CONAF.

b) Ordenanza municipal de fiscalización de leña

La comuna de Talca cuenta con el Decreto Alcaldicio N° 5381 publicada el 29 de agosto de 2011 con el fin de poder regular la venta de leña con un bajo contenido de humedad en las zonas pobladas de Talca. Esta ordenanza prohíbe la venta informal de leña y la venta de este energético con un contenido de humedad superior al 25% en base seca. Se establece además, que la medición del contenido de humedad de la leña deberá ser realizada por funcionarios competentes, mediante la utilización del instrumental técnico idóneo.

La ordenanza también establece la prohibición de circulación de vehículos de carga que transportan leña sin la debida documentación de CONAF y SII. La ordenanza establece en su artículo 11° las sanciones que comprenden una multa que irá desde un mínimo de 1 UTM hasta 5 UTM cómo máximo y considera un aumento de la multa para quienes sean reincidentes.

El alcance de esta ordenanza se encuentra dentro del territorio de la comuna de Talca por lo que no aplicaría a las comunas aledañas, entre ellas la comuna de Maule que también se encuentra bajo la declaración de zona saturada junto a la comuna de Talca.

En el plazo de seis meses desde la publicación en el Diario Oficial del Plan de Descontaminación Atmosférico de Talca y Maule. La SEREMI de Medio Ambiente de la región del Maule, en conjunto con los servicios públicos competentes, deberá coordinar con el Municipio de Maule para generar una Ordenanza Municipal equivalente a la actual Ordenanza vigente en la comuna de Talca con el fin de regular el comercio y la calidad de la leña.

El potencial de reducción de la medida es de 5,1% y 2,4% de las emisiones directas de MP2,5 y MP10, respectivamente, para el promedio anual al año 2030.

c) Información al consumidor de leña

Una vez publicado en el Diario Oficial el PDATM, La SEREMI de Medio Ambiente deberá coordinar con la Dirección Regional del SERNAC dará a conocer mensualmente a la comunidad los establecimientos que cuentan con stock de leña seca, según lo establecido en la Norma Chilena Oficial N° 2907/2005. Dicha información será proporcionada al SERNAC por la Secretaría Regional Ministerial del Medio Ambiente Región del Maule, en coordinación con el órgano fiscalizador respectivo, el Consejo de Certificación de Leña (COCEL).

d) Prohibición del uso de leña en condiciones críticas de calidad del aire

En el plazo de un año desde la publicación en el Diario Oficial del Plan de Descontaminación Atmosférico de Talca y Maule. Se establecerá una restricción de uso para todo artefacto a leña en cualquier episodio crítico de contaminación por MP2,5. Existirá una restricción total a partir del año inicial del PDA para los días en que a través de un modelo predictivo se establezca una emergencia. Pero a contar del tercer año de vigencia del PDA la restricción total de uso será para los días en que el modelo prediga emergencia o preemergencia. Los horarios de prohibición serán entre las 17 hrs. y 23 hrs.

Debe contemplarse para esta medida el desarrollo de una herramienta predictiva validada previamente, para no generar “falsos positivos” que podrían llevar al desprestigio de la eficiencia de la medida. Superado el problema anterior, entonces deben enfocarse los esfuerzos en una estrategia eficiente de fiscalización, que prevenga también el desprestigio de la medida y finalmente su incumplimiento masivo.

El potencial de reducción de la medida es de 4,2% y 3,0% de las emisiones directas de MP2,5 y MP10, respectivamente, para el promedio anual al año 2030.

2.2.2 Regulación referida al uso y mejoramiento de los sistemas de calefacción que utilizan leña

a) Prohibición del uso de chimeneas abiertas

A partir de doce meses de la publicación del Plan de Descontaminación, se prohíbe la utilización de chimeneas de hogar abierto destinadas a la calefacción de viviendas y de establecimientos públicos o privados instalados al interior del límite urbano de las comunas incluidas en la zona declarada saturada.

El potencial de reducción de medida es de la 0,7% y 0,6% de las emisiones directas de MP2,5 y MP10, respectivamente, para el promedio anual al año 2030.

b) Programa de recambio de calefactores a leña

En el plazo de doce meses contados desde la publicación en el Diario Oficial del Plan de Descontaminación La SEREMI del Medio Ambiente de la Región del Maule en conjunto con los organismos competentes, diseñará y pondrá en marcha un programa de recambio de calefactores a leña existentes, que contendrá elementos para focalizar los instrumentos económicos diseñados, priorizar los beneficiarios e implementar un sistema de seguimiento del recambio. Dicho programa deberá contemplar un recambio de al menos 1.500 calefactores a leña por año en el periodo de implementación del Plan, Estos calefactores deberán cumplir con la norma de emisión de material particulado establecida en el D.S. N° 39/2011 del Ministerio del Medio Ambiente. Los objetivos de la medida serán:

- Facilitar el retiro de calefactores a leña en aquellos hogares de la zona saturada que tengan los equipos más contaminantes y menos eficientes y que tengan un mayor consumo de leña.
- Identificar la mejor opción de remplazo de sistemas de calefacción para la vivienda basado en criterios de eficiencia, emisiones, potencia de calefacción y costos.

Además, la SEREMI del Medio Ambiente Región del Maule con la colaboración del SERNAC, adoptará todas las medidas, en el ámbito de sus competencias, a fin de elaborar un listado actualizado de carácter público, respecto de todos los modelos de calefactores que hayan sido certificados bajo el D.S. N° 39/2011 del Ministerio del Medio Ambiente. Dicho listado tendrá como objetivo entregar información al consumidor respecto de las emisiones de los equipos que presentan menor emisión de contaminantes a la atmósfera según su tipo, además de informar y promover el recambio a equipos de baja emisión.

El potencial de reducción de la medida es de 27,6% y 19,4% de las emisiones directas de MP2,5 y MP10, respectivamente, para el promedio anual al año 2030.

c) Congelamiento de calefactores a leña

Todos los calefactores nuevos que se comercialicen e instalen en viviendas de las comunas de Talca y Maule deben ser a pellets de madera u otra energía no contaminante. No permitiéndose la comercialización e instalación de equipos a leña que no cumplan con este requisito.

El potencial de reducción de la medida es de 1,0% y 0,7% de las emisiones directas de MP2,5 y MP10, respectivamente, para el promedio anual al año 2030.

d) Catastro de artefactos residenciales a leña

La SEREMI del Medio Ambiente Región del Maule en conjunto con la SEC, la SEREMI

de Salud, la SEREMI de Energía y el Gobierno Regional deberán coordinar el desarrollo de los procedimientos para establecer un catastro de calefactores a leña en uso instalados en zonas urbanas de Talca y Maule en un plazo de seis meses antes de la entrada en vigencia del Plan. Esta medida se desarrollará de forma preliminar ya que sirve de insumo para los programas de recambio de calefactores que se puedan iniciar antes de la entrada en vigencia del PDA.

Una vez que el catastro haya entrado en funcionamiento, toda nueva instalación en las zonas urbanas de Talca y Maule de un artefacto residencial de combustión de leña, u otro combustible de biomasa vegetal deberá ser declarada por el usuario a la SEREMI del Medio Ambiente. Se mantendrá este registro actualizado, el que será utilizado como insumo del Programa de Recambio Tecnológico. En consecuencia, aquellas personas que registren su calefactor podrán optar al recambio de su calefactor en uso. Para que sea efectivo debe involucrar un registro total de los calefactores y no sólo un registro voluntario.

e) Programa de incentivo al uso de calefacción alternativa a la leña

Esta medida puede materializarse ya sea a través de un subsidio único para la adquisición de un calefactor basado en energías renovables, o bien, un subsidio focalizado a un energético limpio.

Subsidio al gas licuado de petróleo (GLP)

Esta medida consiste en realizar estudios para el diseño de un subsidio al precio del gas GLP por parte del Estado. A pesar que el gas se puede utilizar como un combustible para cocinar, y por lo tanto, el subsidio se puede destinar a este último fin, se estima que su penetración llegue a ser mucho mayor que un subsidio a la parafina, el cual involucra la compra en estaciones de servicio, lo cual podría frenar el cambio tal como lo ha evidenciado un estudio realizado en Concepción sobre disposición a cambiarse de leña a parafina bajo distintos escenarios de subsidio al precio de este último combustible. Para evitar incentivos perversos se requeriría la entrega del equipo actual a leña, el cual sería reemplazado por un número equivalente en términos energéticos de artefactos a gas.

El potencial de reducción de la medida es de 11,4% y 8,0% de las emisiones directas de MP2,5 y MP10, respectivamente, para el promedio anual al año 2030.

Subsidio al recambio de calefactores por sistema basados en ERNC

Esta medida está pensada como un programa piloto de subsidio al recambio de equipos por nuevas tecnologías alternativas a la leña. Al no depender de las condiciones de operación es menos sensible en su capacidad de reducción de emisiones. Este programa piloto debería apuntar a casas que ya posean un nivel adecuado de aislación para que sea más efectiva y las alternativas energéticas a considerar para el recambio podrán basarse en sistemas colectivos (por ejemplo. calefacción distrital) y/o individuales basados en energías renovables, entre ellos bombas aerotérmicas, bombas de calor geotérmicas o estufas a pellet.

El potencial de reducción de la medida es de 2,3% y 1,6% de las emisiones directas de MP2,5 y MP10, respectivamente, para el promedio anual al año 2030 (la reducción estimada solo asume la implementación de un programa piloto).

2.2.3 Aislamiento térmico de las viviendas

a) Mejoramiento térmico de las viviendas

Transcurridos seis meses contados desde la fecha de publicación en el Diario Oficial del Plan de Descontaminación, el MINVU en coordinación con el Programa País de Eficiencia Energética, desarrollará un programa de fomento a la aplicación del subsidio a la incorporación de calefactores solares de agua, elaborará un estudio destinado a evaluar posibles intervenciones para el reacondicionamiento térmico del parque habitacional construido, desarrollará un modelo y una herramienta de certificación térmica de viviendas nuevas, un programa de difusión de buenas prácticas en esta materia, los instrumentos de financiamiento disponibles, y un programa de capacitación orientado a comités de vivienda con el objeto de entregar recomendaciones de habitabilidad interior y soluciones constructivas posibles de realizar con el subsidio de mejoramiento térmico.

Este programa sería complementario al actual subsidio contemplado en el artículo 6 bis del DS N° 255, dictado por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) en 2006, también como de aquéllos del Título II del Programa de Protección del Patrimonio Familiar (PPPF). Este subsidio permite mejorar la aislación térmica de viviendas sociales o cuya tasación no supere las 650 UF y que sean pertenecientes a familias que cuentan con máximo de 13.484 puntos en su Ficha de Protección Social. Este subsidio permite que las familias beneficiadas accedan a ahorros en calefacción y que disminuyan los efectos de condensación al interior de las viviendas.

El potencial de reducción de la medida es de 3,4% y 2,8% de las emisiones directas de MP2,5 y MP10, respectivamente, para el promedio anual al año 2030.

b) Aumentar la exigencia de reglamentación térmica para las nuevas viviendas

Desde la publicación en el Diario Oficial del Plan de Descontaminación Atmosférico de Talca y Maule todas las nuevas viviendas y edificaciones deberán elevar el estándar de aislación térmica establecidos en el Artículo 4.1.10 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, (D.S. N° 47), decreto que ha sido modificado estableciendo requerimientos de aislación térmica según la zona geográfica. En este sentido, todas las nuevas viviendas y edificaciones dentro de la zona saturada de Talca y Maule deberán cumplir como mínimo una categoría C según la Calificación Energética de nuestro país.

El potencial de reducción de la medida es de 4,0% y 3,7% de las emisiones directas de MP2,5 y MP10, respectivamente, para el promedio anual al año 2030.

3 CONTROL DE EMISIONES INDUSTRIALES

3.1 Fundamentos de la Regulación

En el inventario de emisiones de fuentes industriales y comerciales de las comunas de Talca y Maule, con base al año 2012, identifica 208 fuentes industriales activas para las comunas de Talca (194 fuentes) y Maule (14 fuentes). Estas fuentes incluyen; calderas de calefacción (CA), equipos electrógenos (EL), calderas industriales (IN), panaderías industriales (PA) y procesos de combustión (PC).

TABLA 3-1. NÚMERO Y TIPO DE FUENTES DE COMBUSTIÓN COMERCIAL E INDUSTRIAL PARA TALCA Y MAULE

Comuna	Cantidad (Nº) por tipos de fuente					
	EL	CA	PC	IN	PA	Total
TALCA	80	50	4	31	29	194
MAULE	4	3	1	6	0	14
TOTAL	84	53	5	37	29	208

Fuente: Elaboración propia en base al D.S. 138

La mayor cantidad de fuentes industriales y/o comerciales utilizan como combustible gas licuado y petróleo diesel para los procesos de combustión tanto en equipos electrógeno (diesel) como en hornos panaderos y calderas industriales.

TABLA 3-2. NÚMERO DE FUENTES DE COMBUSTIÓN INDUSTRIALES Y/O COMERCIALES POR TIPO DE COMBUSTIBLE PARA TALCA Y MAULE.

Tipo combustible	CA	EL	IN	PA	PC	Total
Biomasa vegetal	7	0	12	0	0	19
Carbón	0	0	9	0	0	9
Gas Licuado	25	0	4	28	4	61
Leña	4	0	0	0	0	4
Petróleo N 2 (Diesel)	17	82	2	1	0	102
Petróleo N 5	0	0	5	0	0	5
Petróleo N 6	0	2	5	0	1	8
Total	53	84	37	29	5	208

Fuente: Elaboración propia en base al D.S. 138

Del total de fuentes industriales, el 11,1% de las fuentes (23 fuentes) utilizan leña y/o biomasa como combustible, principalmente en calderas para calentar agua (CA) y/o generar vapor (IN). El consumo total de leña en fuentes industriales y comerciales corresponde a 5.393 ton/año la cual es utilizada en calderas, mientras que el consumo de biomasa vegetal en forma de aserrín, viruta y/o restos de aserrío, existe un consumo declarado de 41.300 ton/año. Por tanto, se tiene un consumo total de biomasa vegetal de 46.693 ton/año.

El total de las emisiones atmosféricas de MP10 y MP2,5 estimadas para las fuentes industriales y comerciales son 187,75 ton/año y 134,22 ton/año, respectivamente.

TABLA 3-3. RESUMEN DE LAS EMISIONES ATMOSFÉRICAS DE LAS FUENTES INDUSTRIALES Y COMERCIALES PARA LAS COMUNAS TALCA Y MAULE, AÑO BASE 2012

		Emisiones atmosféricas (ton/año)						
		MP10	MP2.5	NOx	CO	COV	NH ₃	SOx
Talca	CA	33,46	28,23	9,66	80,06	1,31	12,94	0,88
	EL	7,11	1,71	201,93	43,61	16,03	0,36	10,71
	IN	78,40	55,44	74,66	146,28	5,17	26,11	462,87
	PA	0,04	0,04	1,11	0,23	0,04	0,01	0,00
	PC	0,02	0,02	0,59	0,10	0,01	0,01	0,04
	Subtotal	119,03	85,45	287,94	270,29	22,56	39,43	474,51
Maule	CA	48,67	41,06	12,89	114,95	1,86	18,60	1,00
	EL	0,24	0,06	6,86	1,48	0,54	0,01	0,36
	IN	19,35	7,32	24,51	19,61	0,20	5,63	360,17
	PA	-	-	-	-	-	-	-
	PC	0,45	0,33	2,38	0,21	0,21	0,04	8,33
	Subtotal	68,72	48,77	46,65	136,25	2,82	24,28	369,86
Total		187,75	134,22	334,59	406,54	25,37	63,71	844,37

Fuente: Elaboración propia

Al considerar las emisiones de MP10 y MP2,5 según el tipo de combustible el mayor aporte a la emisión de estos contaminantes proviene del uso de biomasa vegetal y carbón mineral como combustible, generando las mayores emisiones de MP10 y MP2,5 en aquellos equipos que combustionan biomasa vegetal y carbón mineral.

Las emisiones atmosféricas de MP10 y MP2,5 de las fuentes industriales y comerciales provienen principalmente de 15 fuentes que emiten más de una tonelada de MP10 al año, entre ellas, existen empresas de alimentos, del rubro forestal y agroindustrias. En total, estas 15 fuentes representan el 90,3% y 92,9% del total de las emisiones totales de MP10 y MP2,5, para el año 2012. Estas emisiones corresponden a fuentes del tipo calderas industriales para generar vapor y/o agua caliente y que utilizan como combustible, biomasa vegetal, carbón mineral y petróleo N°6.

Por otro lado las panaderías industriales (PA) que declaran sus actividades en el D.S. 138/05, utilizan gas licuado en los hornos industriales y sólo corresponden a actividades comerciales ubicadas en la comuna de Talca. Sin embargo, las panaderías artesanales no están consideradas en el inventario y se estima que el consumo de leña como energético para calentar los hornos panaderos es de 6.812 ton/año.

3.2 Medidas orientadas a reducir los niveles de emisiones atmosféricas de material particulado en las actividades industriales y comerciales del área circundante a la zona saturada de Talca y Maule.

3.2.1 Límite de emisión para calderas y horno industriales

Se establece como límite máximo de emisión de material particulado para las calderas y hornos existentes y nuevas calderas entre $3 \leq$ y <50 MWt., donde MWt corresponde a Megavatios térmicos. Los límites serían $50 \text{ mg/m}^3\text{N}$ para combustibles sólidos y líquidos, considerando una corrección de oxígeno del 6% y 3%, para combustibles sólidos y líquidos, respectivamente. Se considera como fuentes emisoras existentes a todas aquellas fuentes instaladas con la anterioridad a la publicación del PDA de Talca y Maule.

Las calderas y hornos industriales y comerciales existentes y nuevas deberán realizar mediciones de las emisiones para material particulado (MP) y de otros parámetros de interés según las exigencias de la tabla siguiente:

TABLA 3-4. EXIGENCIAS DE MONITOREO DEL ANTEPROYECTO DEL PDA DE TALCA Y MAULE

Potencia térmica	Exigencias de Monitoreo
< 3MWt	<ul style="list-style-type: none"> - Valores son indicativos, utilizables p.e. para efectos de compensaciones. - Mínimo de 1 medición puntual al año. - Fuentes que demuestran usar combustibles limpios por más del 95% de sus horas de operación, se eximen de medir.
3a < 25MWt	<ul style="list-style-type: none"> - Mínimo de 2 mediciones puntuales por año. - Mínimo de 1 medición por año para fuentes que utilicen combustibles limpios.
25 a < 50MWt	<ul style="list-style-type: none"> - Mínimo de 2 mediciones puntuales por año. - Mínimo de 1 medición por año para fuentes que utilicen combustibles limpios. - Valores norma y exigencia de monitoreo, aplican a fuentes que operen regularmente, más de un 75% de las horas del año.
$\geq 50\text{MWt}$	<ul style="list-style-type: none"> - Operen con combustibles sólidos o petróleos 5/6, en forma exclusiva o mezclas con otros combustibles más limpios, deberán implementar CEMS. - Fuentes que operen exclusivamente, es decir más de 95% del tiempo de operación, con combustibles limpios podrán optar por métodos continuos alternativos a los CEMS. A definir por protocolo casos de excepción.

Fuente: Elaboración propia

Para el caso de las calderas que utilizan combustibles sólidos y líquidos, tendrán que medir e chimenea las emisiones de MP, NO_x, SO₂ en forma discreta.

El potencial de reducción de medida es de 6,4% y 6,0% de las emisiones directas de MP2,5 y MP10, respectivamente, para el promedio anual al año 2030.

3.2.2 Método de medición

Aquellas fuentes que deban medir sus emisiones en chimeneas en forma discreta deberán declarar la siguiente información:

- Localización de la fuente: Coordenadas UTM Datum WGS-84 y altura sobre el nivel del mar
- Periodo de funcionamiento en los últimos meses (12 meses)
- Numero de chimeneas con un código identificador único
- Altura y diámetro interno de la chimenea
- Temperatura de salida de los gases
- Caudal, metro cúbico normal por hora

Las mediciones de MP, NOx y SO2 deben ser realizadas por laboratorios autorizados para realizar este tipo de mediciones y deben basarse en los siguientes métodos:

- Material particulado Método CH-5

Los límites de emisión deberán ser cumplidos en las fuentes existentes a contar de un plazo de 24 meses desde la entrada en vigencia del PDA de Talca y Maule.

3.2.3 Registro de fuentes industriales y/o comerciales

El objetivo del registro del sector industrial es facilitar el seguimiento de las fuentes existentes y nuevas en términos de sus emisiones y cumplimiento a las medidas del Plan. El registro que se implemente será operado por la SEREMI del Medio Ambiente.

La información base del registro del sector industrial se encuentra disponible en la declaración de emisiones exigida a través del D.S. N° 138 de 2005, del MINSAL. Sin embargo, la información base deberá ser complementada para los complejos industriales y extendidas a otras fuentes que hoy no tienen exigencia de reportar, por ejemplo fuentes emisoras relevantes como producción de madera y productos derivados de la madera, hornos de panaderías a leña, hornos ahumadores.

3.2.4 Control y reducción de emisiones fugitivas

Se establecen medidas de control para evitar que se incrementen las emisiones fugitivas de las actividades industriales y/o comerciales existentes y en el caso de nuevas fuentes se deberá velar por el control y mitigación de emisiones fugitivas de material particulado, y/o compensar las emisiones según corresponda.

Por otro lado, se sugiere al igual que en otras medidas que se potencie a través del establecimiento de una cartera de proyectos, previamente evaluados por la autoridad, lo que facilite su materialización. Otra alternativa es explorar mecanismos de apoyo, como por ejemplo la generación de un APL, que permita clarificar la cuantía de algunas de las medidas posibles de implementar en este tipo de emisiones.

3.2.5 Compensación de emisiones de material particulado

Una vez publicado en el Diario Oficial el PDA de Talca y Maule. Todos aquellos proyectos o actividades nuevas y sus modificaciones, en cualquiera de sus etapas, que tengan asociadas una emisión total anual que implique un aumento sobre la situación base superior a 1 ton/año de material particulado MP10 y/o MP2,5, deberán compensarlas en un 120%.

El potencial de reducción de medida es de 4,0% y 3,8% de las emisiones directas de MP2,5 y MP10, respectivamente, para el promedio anual al año 2030.

4 CONTROL DE EMISIONES ASOCIADAS A LAS QUEMAS AGRÍCOLAS

4.1 Fundamentos de la regulación

Del total de rastrojos agrícolas producidos, aproximadamente el 90% es quemado, por lo que se generan emisiones atmosféricas de material particulado (MP10 y MP2,5) y otras sustancias contaminantes.

El Decreto Supremo N° 100 de 1990, del Ministerio de Agricultura, que establece la prohibición del uso del fuego para la quema de rastrojos, de ramas y materiales leñosos, de especies vegetales consideradas perjudiciales, y, en general, para cualquier quema de vegetación viva o muerta, así como también prohíbe la quema de neumáticos u otros elementos contaminantes para la agricultura como práctica para prevenir o evitar los efectos de las heladas.

El Decreto Supremo N° 100, establece las siguientes prohibiciones:

- 1) Prohíbe desde el 1° de abril al 31 de Agosto de cada año, en los terrenos agrícolas, ganaderos o de aptitud preferentemente forestal de todas las provincias de la Región Metropolitana de Santiago, y entre el 1° de mayo al 31 de agosto de cada año, en la Provincia de Cachapoal de la VI Región, el uso del fuego para la quema de rastrojos, de ramas y materiales leñosos, de especies vegetales consideradas perjudiciales, y, en general, para cualquier quema de vegetación viva o muerta que se encuentre en dichos terrenos.
- 2) Prohíbe en todo el territorio nacional, la quema de neumáticos u otros elementos contaminantes para la agricultura como práctica para prevenir o evitar los efectos de las heladas.

Para implementar una restricción de quemas agrícolas y la aplicación de esta medida en las comunas aledañas a la zona saturada de Talca y Maule se requeriría de una modificación de esta norma (Decreto Supremo), ampliando la restricción de quemas agrícolas a las comunas circundantes a Talca y Maule, ampliando además la normativa desde el mes marzo al mes de septiembre.

Se debe destacar que esta medida tiene el impacto adicional de reducir la probabilidad de incendios forestales originados por quemas agrícolas fuera de control y en este sentido también se debe tender a prohibir las quemas forestales.

Las emisiones de MP10 y MP2,5 provenientes quemas agrícolas para el control de heladas y eliminación de desechos inicialmente se estimaron con factores de emisión de acuerdo a los desechos estimados por la producción de cereales, frutales, semilleros, y viñas, de acuerdo a la superficie cultivada con información obtenida del Censo Agropecuario (2007). Sin embargo, esta estimación fue superior a la obtenida a partir de los datos de hectáreas quemadas por parte de CONAF. Por lo anterior, se decidió utilizar un promedio de las hectáreas quemadas según los datos del Censo Agropecuario y CONAF, para posteriormente utilizar los factores de emisión y carga arrojando el siguiente resultado.

TABLA 4-1. EMISIONES GENERADAS POR QUEMAS AGRÍCOLAS (TON/AÑO) AÑO 2012

Comuna/ emisiones	MP10	MP2,5
Talca	43,0	36,4
Maule	24,6	20,8
Total	67,6	57,3

Fuente: Elaboración propia en base a Censo Agropecuario 2007

4.2 Propuesta de regulación de las quemas

4.2.1 Prohibición de quemas agrícolas en las comunas circundante a la zona declarada saturada de Talca y Maule.

a) Prohibición del las quemas agrícolas

Dentro de un plazo de 12 meses contados desde la Publicación en el Diario Oficial del PDA de Talca y Maule se establece una prohibición de las quemas forestales y/o agrícolas. Para estos efectos, se entiende por Quema Forestal o Agrícola el uso del fuego para la quema de rastrojos, de ramas y materiales leñosos, de especies vegetales consideradas perjudiciales y, en general, cualquier quema de vegetación viva o muerta que se encuentre en los terrenos agrícolas, ganaderos o de aptitud preferentemente forestal.

La implementación de este cronograma se realizará a través de las autorizaciones que realiza la Corporación Nacional Forestal o quien en sus funciones legales le suceda y será fiscalizada por la Superintendencia de Medio Ambiente.

El potencial de reducción de medida es de 5,5% y 4,5% de las emisiones directas de MP2,5 y MP10, respectivamente, para el promedio anual al año 2030.

b) Prohibición de quemas libres

Una vez publicado en el Diario Oficial el PDA de Talca y Maule queda prohibido en la zona saturada realizar quemas libres o quemas abiertas en la vía pública o en recintos privados, para la eliminación de hojas secas y todo tipo de residuos.

4.2.2 Mejoramiento de información para eliminación de quemas agrícolas y/o forestales

Transcurrida la publicación del Plan de Descontaminación Atmosférico, se iniciará un proceso de estudios y/o desarrollos que compatibilicen la prohibición de las autorizaciones de las quemas con nuevos métodos para el manejo o destino de la biomasa vegetal descartada. Este proceso deberá ser desarrollado por el SAG y la CONAF con apoyo de la Seremi del Medio Ambiente de la Región del Maule. Además, el SAG y la CONAF deberán mantener estadísticas adecuadas que permitan mejorar las estimaciones de emisión producto de las quemas agrícolas y forestales de la zona.

5 CONTROL DE EMISIONES ASOCIADAS AL TRANSPORTE

5.1 Fundamentos de la regulación

Según los resultados del Estudio Pacin III (Investigación de instrumentos de planificación en ciudades intermedias) desarrollado por DICTUC (2007-2008) es posible concluir que las emisiones estimadas para Talca corresponden a 19 ton/año de MP10 con un parque vehicular estimado para el año 2005 de 27.895 unidades (87,9% vehículos livianos, 4,9% taxis colectivos, 2,3% buses, 3,8% camiones y 1,2% de motos). Por otro lado, según el inventario de emisiones de la comuna de Talca, desarrollado por Ambiosis (2009) y con año base 2006 las fuentes móviles generan emisiones atmosféricas de material particulado de 23,4 ton/año de MP10 y 22,4 ton/año de MP2.5 (Tabla 116, Ambiosis, 2008).

A partir de estos datos se concluye que las emisiones de fuentes móviles de la comuna de Talca representan solo un 2,2% del total de emisiones atmosféricas de MP10 y un 1,8% del total de emisiones de MP2.5 y un 2,9% y 2,7% de las emisiones de MP10 y MP2,5 de las comunas del área de influencia.

La actualización de las emisiones atmosféricas de las fuentes móviles de las comunas de Talca y Maule al año 2012 considerando el número de vehículos según información INE 2012. Se observó una tasa de crecimiento anual del parque automotriz de Talca de un 10,3%. Con esta información se calculó los porcentajes de vehículos según tecnología de acuerdo a los

datos del inventario de emisiones y luego se aplicó un factor de emisiones de g/km recorrido considerando la metodología utilizada en el AGIES de la región Metropolitana, desarrollado por el DICTUC (2008). El resumen de las emisiones atmosféricas de las fuentes móviles de las comunas de Talca y Maule para el año 2012 se muestra en la tabla siguiente:

TABLA 5-1. EMISIONES ATMOSFÉRICAS ESCENARIO PARA EL 2012 DE FUENTES MÓVILES EN TALCA Y MAULE.

Comuna	MP10	MP2,5	CO	SO ₂	NOX	HCT
Talca	27,4	21,6	245,4	0,9	472,6	97,4
Maule	5,4	4,3	40,8	0,2	96,2	17,5
Total	32,8	25,9	286,2	1,1	568,7	114,9

Fuente: Elaboración propia en base a AGIES RM (2008)

Como se observa de los datos de la tabla, las emisiones totales de MP10 de las fuentes móviles de la comuna de Talca han experimentado un crecimiento de un 17,1 %. Sin embargo, las emisiones de material particulado fino (MP2,5) experimentaron una reducción de 3,5% en igual periodo. Esto se puede explicar con la incorporación de vehículos nuevos al parque automotriz y la salida de vehículos más antiguos.

Considerando que la realidad de la zona de Talca y Maule refleja una pequeña participación de emisiones móviles pero que por el aumento del parque vehicular y congestión pudiera crecer en el futuro se sugieren las siguientes medidas que se complementan con diversas normativas a nivel nacional cuyo objetivo es la reducción de emisiones de fuentes móviles a través de estándares más exigentes para los nuevos vehículos que ingresan al país. Recientemente entró en vigencia la norma Euro V para los vehículos motorizados con motores que utilizan petróleo diesel. Esta norma exige que los vehículos petroleros emitan menor partículas (90% menos), respecto de las tecnologías que Euro III y Euro IV actualmente vigente en nuestro país. La disminución de emisiones de esta tecnología se debe a una combinación de bajo contenido de azufre (15 ppm) el combustible (petróleo) y la incorporación de filtro de partículas, que atrapa y quema las emisiones de hollín de los motores diesel.

La norma Euro V entró en vigencia en los países de la Unión Europea el 1 de septiembre de 2009 para los vehículos livianos y de pasajeros. Esta norma es equivalente a la norma de emisión de Estados Unidos, Tier 2 Bin 5 la cual ha estado vigente desde el año 2010.

5.1.1 Control de emisiones del transporte público y mejora en la infraestructura vial

Buses urbanos en que transitan por la zona saturada son antiguos y contaminantes en relaciones a las tecnologías actuales de los motores.

a) Programa de renovación de buses

Este programa involucra el retiro de buses urbanos antiguos que carecen de sistemas de certificación de emisiones, a través de fondos públicos como FNDR. Además, debería considerar la introducción de indicadores de desempeño ambiental en las nuevas licitaciones del transporte público. Esta medida no involucra recursos adicionales para la SEREMI de

Transportes y Telecomunicaciones. Sin embargo, se sugiere intensificar el control en vehículos más antiguos, ya que por la falta de mantención adecuada, tienen mayor probabilidad de no cumplir con las exigencias.

La autoridad debe establecer metas y calendarización del retiro de los buses más antiguos del parque local, que permita alcanzar una reducción de emisiones por mejora en la tecnología de los nuevos buses. Esta meta de reducción debe ser consistente con las demás medidas del plan en términos del porcentaje de reducción a alcanzar, los eventuales porcentajes adicionales que pudiesen lograrse ya sea por mayor número de buses recambiados, o por el salto tecnológico entre los buses retirados y los nuevos.

b) Exigencias de licitación de incorporación de objetivos ambientales en las licitaciones del transporte público

Una vez publicado en el Diario Oficial el PDA de Talca y Maule, La SEREMI de Transporte y Telecomunicaciones deberá incorporar en las bases de licitación del transporte público de la ciudad de Talca exigencia orientadas a reducir las emisiones de MP y otros contaminantes provenientes de los motores del vehículo.

Adicionalmente, deberá ser considerado el tamaño de la flota, límites de edad de los buses y colectivos, tecnologías, formas de operación, trazados, frecuencias y restricciones para los vehículos que prestan servicios de transporte público esta establecido por el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones.

5.1.2 Control de emisiones del transporte de carga

La SEREMI de Transporte y Telecomunicaciones en colaboración con la SEREMI del Medio Ambiente deberá elaborar un programa de control de emisiones a los vehículos de carga que circulen la zona saturada de Talca y Maule. Esta medida no involucra recursos adicionales para la SEREMI de Transporte y Telecomunicaciones. Sin embargo, se sugiere intensificar el control en vehículos más antiguos, ya que por la falta de mantención adecuada, tienen mayor probabilidad de no cumplir con las exigencias Este programa involucra el retiro de camiones antiguos para chatarra a través de fondos públicos como FNDR. Esta medida debe funcionar de manera equivalente a la anterior.

Adicionalmente, deberá definirse por parte del regulador el universo de vehículos o empresas de transporte que serán susceptibles de ser beneficiarias, por ejemplo haber tenido inscrito el vehículo un determinado número de años en algunas de las comunas de la zona saturada, previo la declaración de la zona como saturada o hasta un año en particular que la autoridad puede definir.

5.1.3 Programa de mejoramiento de información para reducción de emisiones en el sector transporte

Se debería complementar el inventario de emisiones de las fuentes móviles con un estudio de diagnóstico de las emisiones vehiculares medidas en plantas de revisión técnica de tipo A1, A2 y B. En base a los resultados del estudio, se elaborará una propuesta de

fortalecimiento del sistema de inspección y mantenimiento vehicular para el área circundante a las comunas de Talca y Maule

5.1.4 Programa Pavimentación de calles

Se acelerará la pavimentación de calles transitadas a través la priorización de proyectos por parte del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, de manera independiente o a través de su Programa de Pavimentos Participativos. También existen fondos de desarrollo regional por lo cual se podría generar una priorización de estos fondos para comunas que pertenezcan a la zona saturada.

El potencial de reducción de medida es de 3,1% y 20,9% de las emisiones directas de MP2,5 y MP10, respectivamente, para el promedio anual al año 2030.

5.1.5 Programa de fomento de Áreas Verdes

Actualmente existe un promedio de 1,2 m² de áreas verdes por habitante en la ciudad de Talca, aun cuando Naciones Unidas recomienda como mínimo un total de 6 a 8 m² por habitante, mientras que la Organización Mundial de la Salud señala que el mínimo debiese ser 9,2 m² por habitante.

Esta medida se orienta a elevar estándar de m² de áreas verdes por habitante para nuevos proyectos inmobiliarios y aumentar y mantener áreas verdes públicas. La Secretaría Regional de Vivienda y Urbanismo deberá coordinar el programa de generación de áreas verdes dentro de la zona saturada de las comunas de Talca y Maule de manera que los responsables asociados a esta medida cumplan con las acciones encomendadas; mantendrá y actualizará la información referente a áreas verdes, incluyendo ubicación (referenciada geográficamente).

Los Municipios incorporarán la temática de áreas verdes en diversos instrumentos tales como: la mantención de un catastro actualizado de los terrenos que pueden ser utilizados para la creación de áreas verdes; los fondos de desarrollo vecinal, FONDEVE podrán o deberán incorporar la generación de áreas verdes en los distintos sectores poblacionales. Los Municipios serán responsables de postular proyectos de Mejoramiento Urbano para la creación de áreas verdes de acuerdo a los catastros construidos, priorizando por sectores con mayores carencias. En este sentido los Municipios deberán informarse y postular a los Fondos Concursables o financiamientos disponibles para la construcción de áreas verdes.

Se deberán generar facilidades para que los privados inviertan en la construcción y mantención de áreas verdes como parte de proyectos inmobiliarios y/o medidas de compensación. También se puede lograr, mediante la incorporación en los programas de Responsabilidad Social Empresarial, líneas de apoyo a las organizaciones sociales.

El potencial de reducción de medida es de 0,1% y 1,0% de las emisiones directas de MP2,5 y MP10, respectivamente, para el promedio anual al año 2030.

6 CAPÍTULO VI PROPUESTA DEL MECANISMO DE COMPENSACIONES DE EMISIONES PARA LAS NUEVAS FUENTES INDUSTRIALES Y PROYECTOS INMOBILIARIOS.

6.1.1 *Compensación de emisiones de material particulado*

Los proyectos y/o actividades, y sus modificaciones, que deban someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental y que deban compensar sus emisiones, deberán presentar un Programa de Compensación de Emisiones (PCE) que contemple la estimación de sus emisiones por año, señalando el año y etapa (construcción, operación y abandono), las medidas de compensación que se proponen (la naturaleza de dichas fuentes y la forma en que se produce la compensación), y el cronograma que grafique el período de tiempo o plazo en que se harán efectivas.

Aquellos proyectos o actividades nuevas y sus modificaciones, en cualquiera de sus etapas, que tengan asociadas una emisión total anual que implique un aumento sobre la situación base superior a 1 ton/año de material particulado, deberán compensarlas en un 120%.

Los contaminantes afectados por esta medida corresponden principalmente a MP10 y MP2,5. Las alternativas disponibles para compensar emisiones de MP serán las siguientes:

- Reemplazo de calefactores domiciliarios a leña.
- Fuentes fijas existentes, equivalentes en origen y naturaleza de las emisiones.
- Implementación o reemplazo de sistemas de calefacción distrital o de edificaciones.
- Otras alternativas presentadas por los proponentes, que serán evaluadas por la SEREMI de Medio Ambiente de la Región del Maule.

Para lo anterior, se estimarán equivalencias en términos de emisiones de MP10, MP2,5, SO₂ y NO_x.

Dentro el plazo de 12 meses una vez publicado el PDA de Talca y Maule en el Diario Oficial, la SEREMI de Medio Ambiente desarrollará una guía para orientar a los titulares a compensar sus emisiones.

7 CAPÍTULO VII OPERACIÓN PARA ENFRENTAR EPISODIOS CRÍTICOS

En el D.S. N° 20/2013 y el D.S. N° 12/2011, ambos del Ministerio del Medio Ambiente se establecen niveles que originan situaciones de emergencia ambiental para material particulado respirable MP10 y MP2,5 de acuerdo al valor calculado como promedio móvil de 24 horas.

TABLA 7-1. VALORES DE CONCENTRACIÓN PROMEDIO DIARIA DE MP10 Y MP2,5 QUE ESTABLECEN LAS CONDICIONES DE EMERGENCIA AMBIENTAL

Nivel	Condición	Concentración promedio diario MP10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$) ¹	Concentración promedio diario MP2,5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)
I	Alerta	195-239	80-109
II	Preemergencia	240-329	110-169
II	Emergencia	≥ 330	≥ 170

¹Metro cúbico normal, temperatura = 25 °C y presión atmosférica 1 atmosfera

7.1 Programa: Vigilancia de la calidad del aire y seguimiento de los parámetros meteorológicos

La vigilancia permanente de la calidad del aire permite a las autoridades tomar medidas oportunas para enfrentar los problemas de contaminación atmosférica e informar a la comunidad sobre la calidad del aire que se respira, hacer seguimiento de largo plazo de los impactos de las estrategias implementadas, el logro de las medidas y evaluar el impacto que la contaminación produce sobre la salud de las personas.

Actualmente, las comunas de Talca y Maule cuentan con 3 estaciones de monitoreo de calidad del aire (UC Maule, La Florida, Universidad de Talca) que reportan datos en línea de calidad del aire al Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire, SINCA (<http://sinca.mma.gob.cl>). Todas las estaciones de monitoreo de calidad del aire miden la fracción respirable y fina de material particulado, mientras que la estación La Florida registra otros parámetros como se observa en la siguiente tabla:

TABLA 7-2. PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AIRE MEDIDOS POR LAS ESTACIONES DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE LAS COMUNAS DE TALCA Y MAULE

Estación/ Parametro	MP10	MP2,5	CO	NO	NO ₂	O ₃	SO ₂
U.C. Maule	X	X					
La Florida	X	X	X	X	X	X	X
Universidad de Talca	X	X					

Fuente: SINCA

Cada una de estas estaciones de monitoreo de calidad del aire cuentan con una estación meteorológica para registrar en línea los parámetros; presión atmosférica, humedad relativa, temperatura ambiente, dirección y velocidad del viento. Adicionalmente, la SEREMI de Medio Ambiente del Maule cuenta con equipos para caracterizar la distribución del tamaño de

las partículas, entre ellos sistemas de impactadores de cascada.

Para mejorar, la gestión de la información generada en las estaciones y como una medida de poder evitar periodos críticos de calidad del aire se recomienda avanzar en la implementación de sistemas ya operativos como el descrito a continuación.

Por ejemplo, la Región Metropolitana ha utilizado modelos de pronóstico de calidad del aire desarrollados por Joseph Cassmassi entre los años 1997 y 1998. Este modelo fue mejorado y actualizado (Cassmassi 2.0) para ser implementado el año 2011.

Actualmente existe Convenio de Colaboración Técnica entre la Dirección Meteorológica de Chile y el Ministerio del Medio Ambiente con el fin de generar reportes oficiales sobre el Potencial Meteorológico de Contaminación Atmosférica (PMCA) y Pronóstico de Calidad del Aire para Material Particulado MP10 para la Región Metropolitana.

El objetivo de este convenio es generar los pronósticos meteorológicos y de calidad del aire, en los períodos establecidos en el PPDA de La región Metropolitana que sería entre 1° de abril y el 31 de agosto de 2013. La Dirección Meteorológica de Chile trabajó en la implementación del modelo Cassmassi 2.0. Los resultados de las predicciones del modelo se remiten diariamente a la Seremi del Medio Ambiente de la región Metropolitana y al Departamento de Planes de Descontaminación del Ministerio del Medio Ambiente.

Un indicador relevante para la calidad del aire es el factor de ventilación o índice de ventilación. Este factor se obtiene como el producto entre la altura de capa de mezcla y la velocidad del viento a nivel de la superficie. Tanto la velocidad del viento como la altura de la capa límite tiene incidencia en este índice, en particular durante periodos de invierno donde la altura de capa límite es menor debido a la menor incidencia de la radiación solar. Cabe señalar, que en las noches el índice de ventilación suele ser bajo debido a que se genera la capa estable (o nocturna) que solo alcanza unos pocos metros sobre la superficie y, además, la velocidad del viento tiende a disminuir considerablemente en el valle central de la región del Maule.

Para construir el indicador se puede medir la velocidad del viento en la superficie utilizando un anemómetro. La altura de capa límite puede ser determinada mediante equipos perfiladores (SODAR) que miden entre otros parámetros la temperatura de la atmósfera en función de la altura. En función de estas mediciones se puede determinar los puntos de inflexión de temperatura para establecer la altura de la capa de inversión térmica (capa de mezcla). También se pueden lograr similares mediciones mediante el uso de radio sondas. Sin embargo, dado que se quiere anticipar cuales serán las condiciones de ventilación y, a través de ello, los niveles de calidad del aire (material particulado fino), se podrían utilizar pronósticos meteorológicos generados por la Dirección Meteorológica de Chile para la zona del valle central de la región del Maule con el fin de anticipar episodios críticos de calidad del aire en los meses de invierno tanto en las comunas de Talca y Maule, como en las de Curicó que también presentan problemas similares de calidad del aire.

En consecuencia, como la generación de estos pronósticos de ventilación requiere del procesamiento de información por profesionales especializados (meteorólogos) para obtener

boletines diarios durante el periodo crítico del año en las comunas de Talca y Maule sería recomendable establecer un convenio con la Dirección Meteorológica de Chile para extender los pronósticos de ventilación a la Región del Maule.

Por otro lado, considerando que las variables externas a la zona circundante del PDA son fundamentales para la gestión de la calidad del aire, la SEREMI del Medio Ambiente de la región del Maule en conjunto con los organismos técnicos competentes, deberán gestionar los recursos presupuestarios que se requieran para la implementación de una red de monitoreo meteorológico regional que incluyan estaciones de background (línea de base regional), y un modelo de pronóstico de calidad del aire para evitar episodios críticos de calidad del aire en las zonas pobladas bajo estudio.

Con cargo al presupuesto regular del Plan, se propone implementar auditorías técnicas nacionales y/o internacionales que permitan un proceso de mejoramiento continuo y flexible de esta red.

7.2 Declaración de episodios críticos

Los rangos de episodios críticos son los indicados en el D.S. N° 20/2013 y el D.S. N° 12/2011 y el procedimiento de declaración de episodios críticos será el siguiente:

- Prohibición de la combustión de leña para calefacción residencial
- Suspensión de actividades físicas y clases de educación física al aire libre
- Orientar a la población más vulnerables, entre ellos, niños, mujeres embarazadas y adultos mayores a permanecer al interior de los recintos.

8 EL CAPITULO VIII PROPUESTA DE EDUCACIÓN Y DIFUSIÓN DE LAS MEDIDAS DEL PDATM

8.1 Fortalecimiento de las Capacidades para la Implementación del PDA

Para la adecuada gestión del Plan de Descontaminación de Talca y Maule, se considera incorporar los siguientes elementos:

- Desarrollo de programas de acreditación y/o certificación que cuenten con experticia y/o capacidades para el caso de certificación de emisiones de equipos a leña y acreditación de las características de las tecnologías de los calefactores para los programas de recambio.
- Desarrollo de programas de capacitación de profesionales y técnicos involucrados en el diseño e implementación del PDA, tanto a nivel público como privado.
- Fortalecimiento y capacitación de los equipos técnicos encargados del diseño, implementación y seguimiento del PDA en los organismos competentes.

- Apoyo a proyectos y programas dirigidos a lograr mayor eficiencia energética, tanto en bienes públicos como de propiedad privada.

Un último elemento de interés para esta línea de acción se relaciona con la posibilidad del establecimiento de instancias de cooperación con entidades internacionales para los distintos aspectos constitutivos del PDA de Talca y Maule, pero especialmente respecto a experiencias de desarrollo y utilización de ERNC limpias para calefacción domiciliaria e institucional.

8.2 Fortalecimiento de la Gestión Ambiental Local

A partir de la entrada en vigencia del Plan, la SEREMI de Medio Ambiente junto a la Intendencia Regional y a los Servicios competentes, iniciará el diseño, desarrollo e implementación de los siguientes programas, que a su vez serán parte integral del Planes Comunales de Educación para el Desarrollo Sustentable:

- Programa de fortalecimiento de la gestión ambiental local y acceso a la información.
- Acciones de educación ambiental y calidad del aire combinado con el programa de Eficiencia Energética.
- Énfasis en el tema de contaminación atmosférica dentro del Sistema de Certificación Ambiental de Establecimientos Educativos.

La SEREMI del Medio Ambiente y los organismos competentes, con el objetivo de fortalecer las capacidades de gestión ambiental local de los Municipios y de la comunidad en general, sistematizarán la información generada en el proceso de implementación y seguimiento del Plan de Descontaminación y promoverán la participación de los ciudadanos en la ejecución de la dimensión local de las medidas del PDA, para lo cual desarrollarán las siguientes actividades:

- Plan de capacitación a los (as) funcionarios(as) municipales:** A partir de la entrada en vigencia del Plan de Descontaminación, se implementará un plan de capacitación para los funcionarios municipales en la creación, gestión, promoción y aplicación de instrumentos de gestión ambiental local, con énfasis en la implementación de medidas del PDA incluyendo formación técnica.
- Plan de capacitación a los(as) líderes socio ambientales:** A partir de la entrada en vigencia del PDA de Talca y Maule, se implementará un plan de capacitación a través de distintas metodologías tales como, talleres, charlas educativas, foros, post títulos y seminarios, para establecer estrategias de trabajo consensuadas y participativas en las instancias comunales para el cumplimiento de las medidas en torno a la implementación del PDA.
- Diseño e implementación de instrumentos de gestión a niveles local:** La SEREMI del Medio Ambiente, junto a las Municipalidades de Talca y Maule, iniciarán a partir de la entrada en vigencia del PDA, generarán el diseño e implementación de herramientas de control de gestión a nivel local, para evaluar el avance y la eficiencia de las medidas

implementadas en cada municipio y que se relacionen, a nivel local, con la prevención en la generación y exposición a contaminantes atmosféricos.

- d) **Implementación de un portal de Internet para la Gestión Ambiental Local:** A partir de la entrada en vigencia del PDA, la Superintendencia del Medio Ambiente, iniciará el diseño, desarrollo e implementación de un sistema de manejo de denuncias ciudadanas que permitan establecer canales de derivación y seguimiento de la información referente al PDA, generada en los niveles ciudadanos, municipal y regional.
- e) **Plan Comunicacional Anual:** A partir de la entrada en vigencia del PDA de Talca y Maule, la SEREMI del Medio Ambiente junto a la Intendencia Regional, desarrollarán e implementarán un Plan Comunicacional anual, que definirá actividades de difusión en medios de comunicación, tales como radio de transmisión local y regional, y canales de televisión, desarrollo de festivales y campañas informativas. Lo anterior con objeto de informar a la ciudadanía sobre el avance y efectividad de las medidas del PDA.
- f) **Actividades de divulgación:** A partir de la entrada en vigencia del PDA, la SEREMI del Medio Ambiente junto a los Servicios competentes, diseñarán, y desarrollarán material de divulgación con información referente a los resultados de los estudios o antecedentes técnicos generados en el PDA. Así mismo, se difundirán estos contenidos a través de la realización de actividades en terreno, Oficina de Información Reclamos y Solicitudes (OIRS) municipales y de la SEREMI del Medio Ambiente.

8.3 Educación para el Desarrollo Sustentable

Con el objetivo de fortalecer la gestión educativa local relativa al PDA de Talca y Maule, la SEREMI de Medio Ambiente en conjunto con las Unidades de Medio Ambiente y las Corporaciones o Direcciones Municipales de Educación, y con el apoyo del Comité Regional de Certificación (SEREMI de Medio Ambiente, SECREDUC, CONAF, MINSAL y DGA), diseñarán, desarrollarán e implementarán actividades de educación ambiental orientados a fortalecer la incorporación del tema de control de la contaminación atmosférica en la gestión y vida escolar. Las actividades a desarrollar serán:

- a) **Plan de capacitación docente:** A partir de la entrada en vigencia del PDA, la SEREMI de Medio Ambiente junto la SEREMI de Educación, y las Corporaciones y/o Direcciones Municipales de Educación, desarrollará un Plan de Capacitación docente orientado al mejoramiento de herramientas pedagógicas que permitan una mejor comprensión de la contaminación atmosférica, sus impactos en salud y alternativas de control, en coordinación con el SNCAE.
- b) **Red Escolar de Información Calidad del Aire:** A partir de la entrada en vigencia del Plan, la SEREMI del Medio Ambiente junto a las municipalidades, SEREMI de Educación y el Comité Regional de Certificación, implementará una red escolar de información del estado diario de la calidad del aire en el las comunas de Talca y Maule. La información estará orientada a educar respecto de los impactos en salud, la eficiencia energética, conductas preventivas y acciones concretas para descontaminar.
- c) **Elaboración de Material Didáctico:** La SEREMI del Medio Ambiente en conjunto con la SEREMI de Educación y los servicios competentes, diseñarán, desarrollarán y entregarán a

la comunidad escolar material didáctico relacionado con el PDA, y del uso correcto de estufas domiciliarias con leña seca.

9 CAPÍTULO IX ÓRGANOS DE ADMINISTRACIÓN DEL ESTADO RESPONSABLES DE LA COORDINACIÓN Y CUMPLIMIENTO DE LAS MEDIDAS PROPUESTAS EN LA PDATM

9.1 Organismos del Estado responsables del Cumplimiento de las Medidas del PDA de Talca y Maule

TABLA 9-1. RESUMEN DE MEDIDAS PROPUESTAS PARA EL ANTEPROYECTO DEL PDA DE TALCA Y MAULE

N°	Nombre	Descripción	Actividad y Contaminantes Afectados
1	NEQUIPOS	Exigencia en el cumplimiento de norma de emisión (D.S. No 39/2011) para calefactores nuevos de combustión a leña.	<p>Actividad: residencial</p> <p>Contaminantes: MP10, MP2,5, SO₂, CO y COV</p> <p>Potencial máximo de reducción: 4,4% de total MP10 y 6,2% de total MP2,5</p> <p>Organismo responsable: <i>Implementación:</i> Seremi MMA <i>Coordinación:</i> Seremi MMA <i>Fiscalización:</i> - Municipalidades de Talca y Maule - Esta norma la fiscaliza la SEC Art. 5° DS 39/2011 y Ley 18.410 Art. 3°</p>
2	RLEÑA	Regular el mercado de la leña en las zonas circundantes a las comunas de Talca y Maule para dar cumplimiento a la NCh 2907 del INN (leña seca) y dar cumplimiento a la ordenanza de leña para la comuna de Talca.	<p>Actividad: residencial, comerciantes y productores de leña</p> <p>Contaminantes: MP10, MP2,5, CO y COV</p> <p>Potencial máximo de reducción: 2,5% de total MP10 y 5,6% de total MP2,5</p> <p>Organismo responsable: <i>Implementación:</i> Municipalidad de Talca y Maule <i>Coordinación:</i> Seremi de MMA <i>Fiscalización:</i> - Seremi de Salud - Carabineros, y SII - CONAF. - Se sugiere la SEC.</p>

CONTINUACIÓN TABLA 9-1...

N°	Nombre	Descripción	Actividad y Contaminantes Afectados
3	CEQUIPOS	Recambio de calefactores a leña antiguos por nuevos equipos más limpios de parte del Estado. Se evaluarán equipos que cumplen con el D.S.N° 39/2011 vs equipos a pellets.	<p>Actividad: residencial</p> <p>Contaminantes: MP10, MP2,5, CO y COV</p> <p>Potencial máximo de reducción: 19,4% de total MP10 y 27,6% de total MP2,5</p> <p>Organismo responsable: <i>Implementación y coordinación:</i> Seremi MMA <i>Fiscalización:</i> Esta norma la fiscaliza la SEC Art. 5° DS 39/2011 y Ley 18.410 Art. 3 <i>Financiamiento:</i> FNDR</p>
4	PCHIMENEAS	Prohibición de uso de chimeneas abiertas en zona urbana.	<p>Actividad: residencial</p> <p>Contaminantes: MP10, MP2,5, SO₂, CO y COV</p> <p>Potencial máximo de reducción: 0,6% de total MP10 y 0,7% de total MP2,5</p> <p>Organismo responsable: <i>Implementación y coordinación:</i> Seremi MMA <i>Fiscalización:</i> Seremi Salud - Inspectores municipales - Superintendencia del Medio Ambiente (SMA) - Denuncias ciudadanas</p>
5	CONGEQUIPOS	Se prohíbe la comercialización e instalación de nuevos calefactores a biomasa a menos que sean equipos a pellets.	<p>Actividad: residencial</p> <p>Contaminantes: MP10, MP2,5, SO₂, CO y COV</p> <p>Potencial máximo de reducción: 0,7% de total MP10 y 1,0% de total MP2,5</p> <p>Organismo responsable: <i>Implementación y coordinación:</i> Seremi MMA <i>Fiscalización:</i> Seremi Salud - SMA</p>

CONTINUACIÓN TABLA 9-1...

N°	Nombre	Descripción	Actividad y Contaminantes Afectados
6	PROHIBLEÑA	Restricción de uso para todo artefacto a leña en cualquier episodio crítico de contaminación por MP2,5. - Emergencia: Restricción total a partir del año inicial del PDA - Preemergencia: Restricción total a partir del 3er año del PDA	Actividad: residencial Contaminantes: MP10, MP2,5, SO ₂ , CO y COV Potencial máximo de reducción: 3,0% de total MP10 y 4,2% de total MP2,5 Organismo responsable: <i>Implementación y coordinación:</i> Seremi MMA <i>Fiscalización:</i> Seremi Salud - SMA
7	TERMICOVIV	Mejoramiento térmico de las viviendas nuevas y existentes.	Actividad: residencial Contaminantes: MP10, MP2,5, SO ₂ , CO y COV Potencial máximo de reducción: 2,8% y 2,4% de total MP10 y 4,0% y 3,7% de total MP2,5, para existentes y nuevas, respectivamente. Organismo responsable: <i>Implementación y coordinación:</i> Seremi MINVU <i>Fiscalización:</i> - SMA
8	TERMICOPLUS	Elevar el estándar de aislación térmica para nuevos proyectos inmobiliarios por sobre los requerimientos actuales como medida de compensación de los nuevos proyectos inmobiliarios.	Actividad: construcción Contaminantes: MP10 y MP2,5 Potencial máximo de reducción: 0,3% de total MP10 y 0,5% de total MP2,5 Organismo responsable: Seremi MINVU y Seremi MMA
9	NORMAIND	Establecimiento de límites de emisión para calderas y hornos industriales que se encuentran operando dentro de la zona declarada saturada	Actividad: Industrial Contaminantes: MP10, MP2,5, NO _x y SO _x Potencial máximo de reducción: 6,0% de total MP10 y 6,4% de total MP2,5 Organismo responsable: <i>Implementación:</i> Seremi MMA Coordinación: Seremi Salud <i>Fiscalización:</i> - SMA

CONTINUACIÓN TABLA 9-1...

N°	Nombre	Descripción	Actividad y Contaminantes Afectados
10	COMPEMIND	Las nuevas emisiones de MP deben ser compensadas en un 120%.	<p>Actividad: Industrial</p> <p>Contaminantes: MP10 y MP2,5</p> <p>Potencial máximo de reducción: 3,8% de total MP10 y 4,0% de total MP2,5</p> <p>Organismo responsable: <i>Implementación y Coordinación:</i> Seremi MMA <i>Fiscalización:</i> - SMA</p>
11	EMINDFUG	Incorporación de medidas para reducir y minimizar emisiones fugitivas e implementar un programa de buenas prácticas de operación.	<p>Actividad: Industrial</p> <p>Contaminantes: MP10 y MP2,5</p> <p>Potencial máximo de reducción: ya incorporadas en COMPEMIND.</p> <p>Organismo responsable: <i>Implementación y Coordinación:</i> Seremi MMA <i>Fiscalización:</i> SMA</p>
12	SUBSGAS	Subsidio al precio del gas, con el objetivo de reducir la penetración de la leña elevando su precio relativo por kilocaloría.	<p>Actividad: residencial</p> <p>Contaminantes: MP10, MP2,5, SO₂, CO y COV</p> <p>Potencial máximo de reducción: 8,0% de total MP10 y 11,4% de total MP2,5</p> <p>Organismo responsable: <i>Implementación:</i> Seremi MMA <i>Coordinación:</i> Seremi MMA y FNDR (financiamiento). <i>Fiscalización:</i> - SMA</p>
13	SUBCALALT	Subsidio a equipos con tecnologías de combustión alternativas del tipo ERNC. Esta medida apunta a un programa piloto que puede eventualmente sustituir a CEQUIPOS si los equipos comercializados no pueden cumplir factores de emisión establecidos en el D.S.N° 39/2011.	<p>Actividad: residencial</p> <p>Contaminantes: MP10, MP2,5, SO₂, CO y COV</p> <p>Potencial máximo de reducción: 1,6% de total MP10 y 2,3% de total MP2,5</p> <p>Organismo responsable: Se sugiere y <i>Implementación y Coordinación:</i> Seremi MMA Financiamiento: FNDR <i>Fiscalización:</i> SMA (Se sugiere como organismo Subprogramado a la SEC)</p>

CONTINUACIÓN TABLA 9-1...

N°	Nombre	Descripción	Actividad y Contaminantes Afectados
14	TRANSPUB	Establecimiento de condiciones mínimas para que buses presten servicio, incentivo para ingreso de buses con filtro de partículas-y/o norma Euro V.	<p>Actividad: transporte</p> <p>Contaminantes: MP10, MP2,5, SO₂, CO, NOX y NH₃</p> <p>Potencial máximo de reducción: 0,0% de total MP10 y 0,0% de total MP2,5</p> <p>Organismo responsable: <i>Implementación y coordinación:</i> Seremi Transporte <i>Fiscalización:</i> La Municipalidad al controlar los permisos de circulación / SMA.</p>
15	TRANSCARGA	Programa voluntario de retiro de camiones antiguos que carecen de sistemas de certificación de emisiones, a través de la utilización de distintos fondos públicos. Fiscalizar el cumplimiento de normativa que impide circulación de camiones con más de 28 años. Establecimiento de norma para camiones nuevos que cumplan con estándar Euro V o filtros de partículas.	<p>Actividad: transporte</p> <p>Contaminantes: MP10, MP2,5, SO_x, CO, NOX y NH₃</p> <p>Potencial máximo de reducción: 0,0% de total MP10 y 0,0% de total MP2,5</p> <p>Organismo responsable: <i>Implementación y coordinación:</i> Seremi Transporte <i>Fiscalización:</i> La Municipalidad al controlar los permisos de circulación /SMA</p>
16	PAVIMENFUG	Pavimentación de calles para evitar emisiones fugitivas de MP10	<p>Actividad: transporte</p> <p>Contaminantes: MP10 y MP2,5</p> <p>Potencial máximo de reducción: 20,9% de total MP10 y 3,1% de total MP2,5</p> <p>Organismo responsable: <i>Implementación y Coordinación:</i> MOP y el MINVU <i>Financiamiento:</i> FNDR <i>Fiscalización:</i> SMA</p>

CONTINUACIÓN TABLA 9-1...

N°	Nombre	Descripción	Actividad y Contaminantes Afectados
17	PQUEMAS	Prohibición de quemas agrícolas y forestales en toda la zona saturada	Actividad: productores agrícolas Contaminantes: MP10, MP2,5, SO ₂ , CO, NOx y COV Potencial máximo de reducción: 4,5% de total MP10 y 5,5% de total MP2,5 Organismo responsable: <i>Implementación:</i> SAG <i>Coordinación:</i> CONAF <i>Fiscalización:</i> CONAF y Carabineros de Chile/ SMA
18	AREASVERDES	Elevar estándar de m ² de áreas verdes por habitante para nuevos proyectos inmobiliarios. Aumento y mantenimiento de áreas verdes públicas.	Actividad: construcción y municipios Contaminantes: MP10 y MP2,5 Potencial máximo de reducción: 1,0% de total MP10 y 0,1% de total MP2,5 Organismo responsable: <i>Implementación:</i> MINVU <i>Coordinación:</i> Municipalidades <i>Fiscalización:</i> SMA <i>Financiamiento:</i> FNDR.

Fuente: Elaboración Propia

9.2 Fiscalización de la Implementación del PDA de Talca y Maule

La Superintendencia de Medio Ambiente, además de los Servicios competentes del Estado desarrollarán e implementarán un plan de fiscalización que contemplará la elaboración de indicadores de cumplimiento de las medidas del PDA, dando cuenta de cada una de las medidas establecidas.

Cada Servicio deberá solicitar anualmente los requerimientos de presupuesto, fiscalización, inspección y medición asociados al Plan, estableciendo los mecanismos de aseguramiento de calidad y cumplimiento de las actividades desarrolladas.

Las actividades de fiscalización y los organismos responsables serán:

- Combustibles: Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC).
- Fuentes Móviles: SEREMI de Transportes y Telecomunicaciones.
- Fuentes Fijas: Superintendencia del Medio Ambiente - Autoridad Sanitaria Región del Maule.
- Quemias Agrícolas y Forestales: Ministerio de Agricultura, a través de la Corporación

- Nacional Forestal (CONAF) y Servicio Agrícola y Ganadero (SAG).
- Calefactores residenciales a leña: SEC.

La sugerencia con respecto a este programa es que sea considerado de máxima prioridad para lograr los objetivos del plan, por lo cual se deben tener a disposición todos los recursos necesarios en términos de personal, vehículos y materiales.

9.3 Seguimiento de la Implementación del PDA de Talca y Maule

En el Artículo. 2 LOC de la Superintendencia de Medio Ambiente, Ley N° 20.417, señala “La Superintendencia del Medio Ambiente tendrá por objeto ejecutar, organizar y coordinar el seguimiento y fiscalización de las Resoluciones de Calificación Ambiental, de las medidas de los Planes de Prevención y/o de Descontaminación Ambiental, del contenido de las Normas de Calidad Ambiental y Normas de Emisión, y de los Planes de Manejo, cuando corresponda, y de todos aquellos otros instrumentos de carácter ambiental que establezca la ley.”³

Con el objetivo de desarrollar un seguimiento continuo de la implementación de las distintas medidas definidas en el Plan y las actividades asociadas, así como su efectividad en el cumplimiento de las metas establecidas, la SEREMI de Medio Ambiente de la Región del Maule implementará un sistema de control de gestión del Plan. Este sistema facilitará el seguimiento de las actividades comprometidas y la generación de reportes internos y reportes públicos que faciliten la consulta de la ciudadanía.

La SEREMI del Medio Ambiente consolidará un informe anual que dé cuenta de los avances en calidad del aire, impactos en salud y desempeño de las medidas y disposiciones del Plan, así como de la ejecución presupuestaria asociada, para lo cual solicitará los informes pertinentes a los organismos competentes.

La SEREMI del Medio Ambiente consolidará un informe anual que dé cuenta de los avances en calidad del aire, impactos en salud y desempeño de las medidas y disposiciones del

³ Para el año 2014, se dictó la Resolución N° 3, Programa y subprogramas sectoriales de fiscalización ambiental de planes de prevención y/o descontaminación para el año 2014.

Esta resolución fija las actividades de fiscalización ambiental que deberá ejecutar directamente la SMA o a través de organismos subprogramados, los presupuestos asignados a la ejecución de dichas actividades, así como los indicadores de desempeño asociados para la fiscalización ambiental de planes de prevención y/o descontaminación para el año 2014. Los organismos subprogramados para este año son:

Servicio Agrícola y Ganadero.
Subsecretaría de Salud Pública.
Superintendencia de Electricidad y Combustibles.
Corporación Nacional Forestal.

La SMA podrá, en el uso de sus facultades, disponer la realización de inspecciones o exámenes de información no contempladas en los programas y subprogramas fijados a través de la presente resolución, en caso de denuncias o reclamos y en los demás casos en que tome conocimiento, por cualquier medio, de incumplimientos o infracciones de su competencia.

Plan, así como de la ejecución presupuestaria asociada, para lo cual solicitará los informes pertinentes a los organismos competentes.

La SEREMI del Medio Ambiente y los Órganos de la Administración del Estado competentes, elaborarán un plan de financiamiento total de las medidas, actividades, programas y estudios asociados a la implementación, seguimiento y fiscalización del PDA para períodos de cinco años, con el fin de dar continuidad al proceso de descontaminación de la zona Saturada de Talca y Maule. Los principales aspectos que deben ser contemplados son:

- Programa de Mejoramiento de la Información para la Gestión de la Calidad del Aire.
- Programa de Fortalecimiento de las Capacidades Locales para la Implementación del PDA.
- Programa de Fiscalización y Seguimiento de la Implementación de las Medidas del PDA.

Cada servicio deberá dimensionar anualmente los requerimientos de fiscalización, inspección y medición asociados al PDA para solicitar el financiamiento que asegure el cumplimiento de las actividades establecidas en este anteproyecto.

10 CAPITULO X PROGRAMAS COMPLEMENTARIOS DEL PDATM

Dentro del marco de la elaboración del anteproyecto del PDA de Talca y Maule se propone considerar actividades o programas complementarios que sin tener un potencial de reducción de emisiones directo, permitan alcanzar las metas de reducción propuestas. Los programas complementarios se detallan a continuación.

Programa Complementario Nº 1: Generación de información estratégica para la gestión de la calidad del aire

Se deberán desarrollar estudios para la caracterización del Material Particulado MP10 incluyendo fracciones fina (MP2,5) y ultrafina (MP1,0), según se priorice, en distintos lugares dentro de la región, atendidos los criterios de emplazamiento de estaciones en uso y de acuerdo con las recomendaciones de diseño de red disponibles. En particular, se deberá mejorar la caracterización de sitios de monitoreo urbanos y establecer sitios representativos de la situación de background regional y en sitios directamente afectados por actividades industriales, transporte y/o quemas agrícolas.

También se deberán generar estudios de análisis de riesgo y epidemiológicos de tipo panel, que incluyan gradientes de toxicología, para distintas áreas directamente afectadas. Por ejemplo, la combustión residencial de leña, las emisiones del transporte, quemas agrícolas y/o actividades industriales las que podrían resultar de mayor importancia relativa en términos de impacto en salud de la población afectada. Para lo anterior, se requieren diseñar e implementar bases de datos de morbilidad y mortalidad en el tiempo que antecedan al desarrollo de estudios epidemiológicos e indicadores de seguimiento asociados.

Por otro lado, es necesario abordar el diseño e implementación de un modelo de exposición a contaminantes atmosféricos para la zona saturada en particular, dada las

condiciones meteorológicas propias de la zona y el perfil epidemiológico de sus habitantes y que dé cuenta del tipo de exposición al que se ven expuestos habitantes de de Talca y Maule. Este tipo de información permitirá precisar niveles de contaminación intradomiciliario (Indoor) y ambiental (Outdoor) lo que ayudará en la priorización de acciones en términos de impacto a la salud de la población.

Adicionalmente, se debe considerar la definición de criterios para las exigencias del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. Esto ha de permitir la obligatoriedad de entrega de información para determinadas actividades comerciales específicas dentro de la zona de influencia, tales como la venta de equipos de calefacción a leña. Así como también, la obligatoriedad de efectuar un seguimiento de la evolución de la matriz energética regional, específicamente en lo concerniente a consumos de combustibles.

Programa Complementario Nº 2: Mejoramiento Térmico

Transcurridos seis meses contados desde la fecha de publicación en el Diario Oficial del Plan de Descontaminación, el MINVU en coordinación con el Programa País de Eficiencia Energética, desarrollará un programa de fomento a la aplicación del subsidio a la incorporación de calefactores solares de agua, elaborará un estudio destinado a evaluar posibles intervenciones para el reacondicionamiento térmico del parque habitacional construido, desarrollará un modelo y una herramienta de certificación térmica de viviendas nuevas, un programa de difusión de buenas prácticas en esta materia, los instrumentos de financiamiento disponibles, y un programa de capacitación orientado a comités de vivienda con el objeto de entregar recomendaciones de habitabilidad interior y soluciones constructivas posibles de realizar con el subsidio de mejoramiento térmico.

Este programa sería complementario al actual subsidio contemplado en el artículo 6 bis del DS Nº 255, dictado por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) en 2006, también como de aquéllos del Título II del Programa de Protección del Patrimonio Familiar (PPPF). Este subsidio permite mejorar la aislación térmica de viviendas sociales o cuya tasación no supere las 650 UF y que sean pertenecientes a familias que cuentan con máximo de 13.484 puntos en su Ficha de Protección Social. Este subsidio permite que las familias beneficiadas accedan a ahorros en calefacción y que disminuyan los efectos de condensación al interior de las viviendas.

Programa Complementario Nº 3: Introducción del componente medioambiental en licitación del transporte público

El tamaño de la flota, límites de edad de los buses, tecnologías, formas de operación, trazados, frecuencias y restricciones para los buses que prestan servicios de transporte público está establecido por el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. Sería conveniente revisar estas disposiciones para introducir objetivos ambientales en el próximo proceso de licitación del transporte público en la ciudad de Talca.

Programa Complementario N° 4: Estudios y fomento de áreas verdes

Realización de estudios para mejorar la información de áreas verdes existentes que incluya información relativa a áreas verdes consolidadas, sitios eriazos, cobertura vegetal actual y proyectada, tipos de especies presentes, etc., que sirva de base al diseño y aplicación de instrumentos de gestión, pero además que especifique un diseño de la red de áreas verdes más eficaz para la obtención de los objetivos ambientales de remoción de contaminantes del aire y sociales, entre ellas la recreación, y esparcimiento.

La Secretaría Regional de Vivienda y Urbanismo coordinará el programa de generación de áreas verdes, de manera que los responsables asociados a cada instrumento cumplan con las acciones encomendadas; mantendrá y actualizará la información referente a áreas verdes, incluyendo ubicación (referenciada geográficamente), el organismo responsable de la mantención, grado de consolidación del área, cobertura arbórea, nivel de madurez, etc.; gestionará la asignación de recursos presupuestarios que permitan crear y mantener áreas verdes, y fomentará la canalización e inversión de recursos privados en áreas verdes; fomentará la creación, mantención y cuidado de las áreas verdes y el arbolado urbano; propondrá nuevos instrumentos de gestión que permitan cumplir con los objetivos anteriores.

Los Municipios incorporarán la temática de áreas verdes en diversos instrumentos tales como: la mantención de un catastro actualizado de los terrenos que pueden ser utilizados para la creación de áreas verdes; los fondos de desarrollo vecinal, FONDEVE podrán o deberán incorporar la generación de áreas verdes en los distintos sectores poblacionales; los Municipios postularán proyectos de Mejoramiento Urbano para la creación de áreas verdes de acuerdo a los catastros construidos, priorizando por sectores más carenciados; y los Municipios deberán informarse y postular a Fondos Concursables o financiamientos disponibles para la construcción de áreas verdes.

También se deberán generar facilidades para que los privados inviertan en la construcción y mantención de áreas verdes. Puede ser mediante la incorporación en los programas de responsabilidad social empresarial líneas de apoyo a las organizaciones sociales para la creación de áreas verdes u oficiar como asociados en postulaciones a Fondos Concursables que aborden esta temática.