

ANÁLISIS ENERGÉTICO DE VIVIENDAS PARA CIUDADES DEL CENTRO Y SUR DE CHILE Y SISTEMATIZACIÓN EN LA INFORMACIÓN ASOCIADA A LA LEÑA.

OSORNO

11 diciembre 2013

Informe final



Ingeniería

Consultoría

Gestión

Formación

ÍNDICE

ÍNDICE	3
RESUMEN EJECUTIVO	17
1. ANTECEDENTES	19
1.1 Introducción.....	19
1.2 Objeto.....	20
2. CONCEPTOS TEÓRICOS	21
2.1 Las viviendas y el balance energético	21
2.2 Conceptos básicos	23
2.3 Reglamentación térmica chilena (RT).....	27
2.4 Zonificación climático - habitacional de Chile	29
2.5 Zonificación Térmica de Chile	31
3. OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN	33
3.1 Levantamiento de la información	33
4. PROYECCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE VIVIENDAS	35
4.1 Proyección de la población de Osorno	35
4.2 Proyección de las viviendas de Osorno	37
4.3 Caracterización del parque de viviendas de Osorno	40
5. CLASIFICACIÓN DEL PARQUE DE VIVIENDAS	59
5.1 Clasificación del parque de viviendas	59

5.2	Análisis comparativo con las tipologías propuestas por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo	64
5.3	Definición del coeficiente global de transferencia de calor para cada tipología de vivienda definida.....	66
5.4	Proyección del parque de viviendas según la tipología definida	68
6.	GASTO ANUAL DE ENERGÍA EN CALEFACCIÓN	73
6.1	Determinación de la demanda energética de las viviendas.....	74
6.2	Estimación de la demanda energética del parque de viviendas existente y proyectado.....	77
6.3	Determinación del consumo energético teórico de las viviendas	79
6.4	Comparación con consumos de energía de Osorno	81
7.	MEDIDAS DE MEJORA DE AISLACIÓN TÉRMICA.....	83
7.1	Medidas de aislación térmica.....	84
7.2	Medidas para cumplir las exigencias de la RT de 2007	87
7.3	Medidas adicionales para viviendas que cumplen con la RT	100
7.4	Conclusiones.....	115
7.5	Comparación con implementaciones reales de aislación térmica	120
7.6	Comparación entre la RT actual chilena, la propuesta de modificación de agosto de 2013 y la normativa española actual (CTE)”	128
8.	CONSUMO ENERGÉTICO	135
8.1	Caracterización del parque de calefactores y cocinas de leña de Osorno.....	135
8.2	Características técnicas de los nuevos equipos de calefacción y cocina.....	141
8.3	Características técnicas de alternativas de equipos de calefacción y cocción a la combustión de leña	148
8.4	Proyección del parque de calefactores y cocinas entre los años 2013-2025.....	154
9.	SISTEMATIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN DE LA LEÑA	161
9.1	Catastro de los puntos de venta de leña en Osorno.....	161
9.2	Costo de los combustibles utilizados en Osorno	163

9.3	Caracterización de la información de la leña de Osorno	164
10.	SISTEMATIZACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO	167
10.1	Consumo base de energético residencial para cada combustible	167
10.2	Determinación de costos de combustibles alternativos	172
10.3	Conclusiones	176
11.	BIBLIOGRAFÍA	179
11.1	Comunicaciones personales	179
11.2	Datos técnicos	179
11.3	Datos teóricos	180
12.	ANEXOS	185
12.1	Encuesta enviada a arquitectos y constructores	185
12.2	Empresas constructoras y arquitectos contactados.	199
12.3	Características constructivas de las viviendas de Osorno.....	200
12.4	Proyecciones de población	203
12.5	Proyecciones de viviendas.....	204
12.6	Cálculos de transmitancia, demanda energética y consumo de las viviendas antes de la RT de 2007	207
12.7	Cálculos de transmitancia, demanda energética y consumo de las viviendas tras aplicar medidas para cumplir la RT de 2007.....	229
12.8	Cálculos de la demanda energética en los tres escenarios.....	251
12.9	Cálculos del consumo teórico energético en los tres escenarios	254
12.10	Cálculos de medidas para adaptar viviendas que no cumplan RT a que la cumplan	257
12.11	Costos y características de los nuevos materiales	263
12.12	Cálculos de medidas para adaptar viviendas a cumplir la “Modificación” de la R.T.	275

TABLAS

Tabla 1. Transmitancia térmica lineal según la aislación del piso NCh853.....	25
Tabla 2. Renovaciones de aire.....	27
Tabla 3. Exigencias mínimas de RT y U	28
Tabla 4. Zonas climático-habitacional de las ciudades de estudio	30
Tabla 5. Grados-día anuales por zona térmica.....	31
Tabla 6. Evolución y proyección futura de la población en Osorno.	35
Tabla 7. Escenarios de proyección de las viviendas en Osorno.	40
Tabla 8. Número de pisos según tipología de viviendas en Osorno.....	42
Tabla 9. Año de construcción de viviendas en Osorno.....	43
Tabla 10. Metros cuadrados en función de número de pisos y tipología de viviendas en Osorno ..	44
Tabla 11. Ventilación inferior en función de la tipología de viviendas en Osorno	45
Tabla 12. Tipologías de techo en Osorno	49
Tabla 13. Clasificación de la población en función de su estrato socioeconómico	56
Tabla 14. Características técnicas de la vivienda aislada tipo de 1 piso	60
Tabla 15. Características técnicas de la vivienda aislada tipo de madera de 2 pisos.....	60
Tabla 16. Características técnicas de la vivienda aislada tipo de albañilería de 2 pisos	61
Tabla 17. Características técnicas de la vivienda pareada tipo de madera de 1 piso.....	61
Tabla 18. Características técnicas de la vivienda pareada tipo de madera de 2 pisos	62
Tabla 19. Características técnicas de la vivienda pareada tipo de albañilería de 2 pisos.....	62
Tabla 20. Características técnicas de la vivienda fila tipo de madera de 1 piso	63
Tabla 21. Características técnicas de los departamentos tipo	64
Tabla 22. Equivalencia entre tipologías propuestas	66

Tabla 23. Valores de G_{V1} para cada tipología de vivienda	67
Tabla 24. Proyecciones por tipología de vivienda 2013-2025 en el escenario base.....	69
Tabla 25. Proyecciones por tipología de vivienda 2013-2025 en el escenario optimista	70
Tabla 26. Proyecciones por tipología de vivienda 2013-2025 en el escenario pesimista	71
Tabla 27. Valores de Q para viviendas construidas antes de 2007.....	75
Tabla 28. Valores de Q para viviendas construidas después de 2007	75
Tabla 29. Ahorros de Q tras implementar las exigencias mínimas de la RT de 2007	76
Tabla 30. Estimación de la demanda del parque de viviendas proyectado.....	78
Tabla 31. Estimación del consumo del parque de viviendas proyectado	80
Tabla 32. Estimación del consumo del parque de viviendas proyectado en Osorno a partir de las encuestas del Ministerio de Energía (2010).....	81
Tabla 33. Estimación del consumo del parque de viviendas proyectado en Osorno a partir de la transmitancia (2013).....	82
Tabla 34. Medidas de aislación térmica de la envolvente	84
Tabla 35. Características de las medidas de aislación térmica de la envolvente.....	85
Tabla 36. Compatibilidad de las medidas propuestas	86
Tabla 37. Compatibilidad de las medidas propuestas con la tipología de vivienda.....	86
Tabla 38. Exigencias mínimas de U y R_T según la RT de 2007, para la zona térmica 5	87
Tabla 39. Espesor mínimo de aislante de techumbre de casas para cumplir la RT de 2007.....	89
Tabla 40. Ahorro de C. Medida 1 para casas	89
Tabla 41. Costos. Medida 1 para casas.....	90
Tabla 42. Evaluación. Medida 1 para casas	90
Tabla 43. Espesor mínimo de aislante de techumbre de departamentos para cumplir la RT de 2007	91

Tabla 44. Ahorro de C. Medida 1 para departamentos.....	91
Tabla 45. Costos. Medida 1 para departamentos	92
Tabla 46. Evaluación. Medida 1 para departamentos.....	92
Tabla 47. Sistema de aislamiento térmico del piso para cumplir la RT de 2007	93
Tabla 48. Ahorro de C. Medida 2 para casas	94
Tabla 49. Costos. Medida 2 para casas.....	94
Tabla 50. Evaluación. Medida 2 para casas	95
Tabla 51. Espesor mínimo de aislante de muros en viviendas de albañilería. RT de 2007	97
Tabla 52. Ahorro de C. Medida 3 para casas de albañilería.....	97
Tabla 53. Costos. Medida 3 para casas de albañilería	98
Tabla 54. Evaluación. Medida 3 para casas de albañilería	98
Tabla 55. Ahorro de C. Suma de ahorros individuales de medidas 1, 2 y 3.....	99
Tabla 56. Ahorro de C. Ahorro conjunto de medidas 1, 2 y 3.....	100
Tabla 57. Ahorro de C. Medida 4	101
Tabla 58. Costos. Medida 4	101
Tabla 59. Evaluación. Medida 4	102
Tabla 60. Ahorro de C. Medida 5	103
Tabla 61. Costos. Medida 5	103
Tabla 62. Evaluación. Medida 5.....	105
Tabla 63. Ahorro de C. Medida 6	106
Tabla 64. Costos. Medida 6	106
Tabla 65. Evaluación. Medida 6.....	108
Tabla 66. Ahorro de C. Medida 7	109

Tabla 67. Costos. Medida 7	109
Tabla 68. Evaluación. Medida 7	110
Tabla 69. Costos. Medida 8	111
Tabla 70. Evaluación. Medida 8	112
Tabla 71. Costos. Medida 9	113
Tabla 72. Evaluación. Medida 9	114
Tabla 73. Tabla resumen de las medidas propuestas	116
Tabla 74. Priorización de medidas en función del PRS	118
Tabla 75. Baremos en función del costo/m ²	119
Tabla 76. Priorización de medidas en función de la factibilidad	119
Tabla 77. Compatibilidad de tipologías con estudio del MINVU	122
Tabla 78. Comparativa de las transmitancias y costos – cielo	123
Tabla 79. Comparativa de las transmitancias y costos – muros.....	124
Tabla 80. Comparativa de las transmitancias y costos – pisos	124
Tabla 81. Comparativa de las transmitancias y costos – ventanas	125
Tabla 82. Comparativa con estudio “estudio “Consumo y caracterización del uso de la leña en la ciudad de Osorno”	128
Tabla 83. Zonificación climática.	129
Tabla 84. Comparación de transmitancias térmicas	129
Tabla 85. Espesor mínimo de aislante en muros de albañilería. RT (modificación).....	131
Tabla 86. Espesor mínimo de aislante en muros de madera. RT (modificación)	131
Tabla 87. Ahorro de C. Medida 3 para casas. RT (modificación)	132
Tabla 88. Costos. Medida 3 para casas de albañilería y madera. RT (modificación)	132

Tabla 89. Evaluación. Medida 3 para casas de albañilería y madera. RT (modificación)	133
Tabla 90. Potencial de Ahorro Energético. Medida 3 para casas de albañilería y madera. RT (modificación)	134
Tabla 91. Estación de compra de leña.....	138
Tabla 92. Baremos de eficiencia en función del rendimiento	142
Tabla 93. Características de los equipos de calefacción a la venta actualmente	143
Tabla 94. Características de los equipos de cocina a la venta actualmente	146
Tabla 95. Alternativas a equipos actuales de calefacción y cocción	151
Tabla 96. Factibilidad de equipos según tipo de vivienda	153
Tabla 79. Número de equipos de calefacción según m ² de viviendas	154
Tabla 80. Número de equipos de calefacción 2013-2025	155
Tabla 81. Porcentaje de artefactos de leña	155
Tabla 82. Porcentaje de equipos según combustible en escenario optimista	156
Tabla 83. Proyección del parque de calefactores y cocinas en el escenario optimista.....	158
Tabla 84. Porcentaje de equipos según combustible en escenario pesimista	159
Tabla 85. Proyección del parque de calefactores y cocinas en el escenario pesimista	160
Tabla 114. Parque total de equipos de calefacción en el periodo de estudio	162
Tabla 115. Costos de los combustibles para la zona térmica 5.....	163
Tabla 116. Respuestas a las encuestas a leñeras en Osorno	165
Tabla 117. Consumo base de energéticos en Osorno	167
Tabla 118. Ahorros por vivienda derivados de sustitución de estufa simple por estufa que cumple la norma DS N°39	173
Tabla 119. Ahorros por vivienda derivados de sustitución de estufa simple por pellets	174

Tabla 120. Ahorros por vivienda derivados de sustitución de estufa simple por estufa de parafina	174
Tabla 121. Ahorros derivados de sustitución de estufa simple por estufa eléctrica	175
Tabla 122. Ahorros derivados de sustitución de cocina de GLP por cocina de GN	175
Tabla 123. Ahorros derivados de sustitución de cocina de leña por cocina de A++	176
Tabla 124. Ahorros derivados de la sustitución de equipos	177
Tabla 125. Empresas constructoras y arquitectos consultados	199
Tabla 126. Características constructivas de las viviendas de Osorno	201
Tabla 127. Proyección de la población 2013-2025	203
Tabla 128. Proyección de viviendas 2013-2025. Escenario Base	204
Tabla 129. Proyección de viviendas 2013-2025. Escenario optimista	205
Tabla 130. Proyección de viviendas 2013-2025. Escenario Pesimista	206
Tabla 131. Determinación de U, Q y C de una vivienda aislada de madera de 1 piso antes de RT	207
Tabla 132. Determinación de U, Q y C de una vivienda aislada de madera de 2 pisos antes de RT	209
Tabla 133. Determinación de U, Q y C de una vivienda aislada de albañilería de 2 pisos antes de RT	211
Tabla 134. Determinación de U, Q y C de una vivienda pareada de madera de 1 piso antes de RT	213
Tabla 135. Determinación de U, Q y C de una vivienda pareada de madera de 2 pisos antes de RT	215
Tabla 136. Determinación de U, Q y C de una vivienda pareada de albañilería de 2 pisos antes de RT	217
Tabla 137. Determinación de U, Q y C de una vivienda fila de madera de 1 piso antes de RT	219
Tabla 138. Determinación de U, Q y C del departamento 1 antes de RT	221
Tabla 139. Determinación de U, Q y C del departamento 2 antes de RT	223

Tabla 140. Determinación de U, Q y C del departamento 3 antes de RT	225
Tabla 141. Determinación de U, Q y C del departamento 4 antes de RT	227
Tabla 142. Determinación de U, Q y C de la vivienda aislada de madera 1 piso después de RT .	229
Tabla 143. Determinación de U, Q y C de la vivienda aislada de madera de 2 pisos después de RT	231
Tabla 144. Determinación de U, Q y C de la vivienda aislada de albañilería de 2 pisos después de RT	233
Tabla 145. Determinación de U, Q y C de la vivienda pareada de madera de 1 piso después de RT	235
Tabla 146. Determinación de U, Q y C de la pareada de madera de 2 pisos después de RT	237
Tabla 147. Determinación de U, Q y C de la pareada de albañilería de 2 pisos después de RT ..	239
Tabla 148. Determinación de U, Q y C de la pareada fila de madera de 1 piso después de RT ...	241
Tabla 149. Determinación de U, Q y C del departamento 1 después de RT	243
Tabla 150. Determinación de U, Q y C del departamento 2 después de RT	245
Tabla 151. Determinación de U, Q y C del departamento 3 después de RT	247
Tabla 152. Determinación de U, Q y C del departamento 4 después de RT	249
Tabla 153. Estimación de Q del parque de viviendas proyectado en el escenario base	251
Tabla 154. Estimación de Q del parque de viviendas proyectado en el escenario optimista.....	252
Tabla 155. Estimación de Q del parque de viviendas proyectado en el escenario pesimista	253
Tabla 156. Estimación de C del parque de viviendas proyectado en el escenario base	254
Tabla 157. Estimación de C del parque de viviendas proyectado en el escenario optimista	255
Tabla 158. Estimación de C del parque de viviendas proyectado en el escenario pesimista	256
Tabla 159. Cálculos. Medida 1 en casas y departamentos	257
Tabla 160. Cálculos. Medida 2 en casas	258

Tabla 161. Cálculos. Medida 3 en casas de albañilería	258
Tabla 162. Cálculos. Medida 4.....	259
Tabla 163. Cálculos. Medida 5.....	259
Tabla 164. Cálculos. Medida 6.....	260
Tabla 165. Cálculos. Medida 7.....	260
Tabla 166. Cálculos. Medida 8.....	261
Tabla 167. Cálculos. Medida 9.....	262
Tabla 168. Costos y características de los materiales.....	263
Tabla 169. Cálculos. Medida 3 en casas y departamentos Albañilería.	275
Tabla 170. Cálculos. Medida 3 en casas y departamentos Madera.	275

GRÁFICOS

Gráfico 1. Evolución y proyección futura de la población en Osorno	36
Gráfico 2. Evolución de la distribución de la población urbana y rural de Osorno	37
Gráfico 3. Tipologías de viviendas en Osorno	41
Gráfico 4. Año de construcción de las viviendas según geometría del hogar en Osorno	43
Gráfico 5. Materialidad de las viviendas en Osorno, anteriores al 2007	46
Gráfico 6. Materialidad según tipo de viviendas en Osorno	46
Gráfico 7. Aislantes de los muros en Osorno, previo a 2007	47
Gráfico 8. Aislantes de los muros antes del 2007 según el tipo de vivienda	48
Gráfico 9. Materialidades de los muros en Osorno, después de 2007	48
Gráfico 10. Aislantes de los muros en Osorno, después de 2007	49
Gráfico 11. Materialidades de los cielos en Osorno.....	50
Gráfico 12. Aislantes de los cielos en Osorno, antes de 2000	51
Gráfico 13. Aislante de cielo de las viviendas construidas antes del 2000 según geometría del hogar en Osorno.....	51
Gráfico 14. Aislantes de los cielos en Osorno, entre 2000 y 2007	52
Gráfico 15. Aislantes de los cielos en Osorno, después de 2007.....	53
Gráfico 16. Marcos de las ventanas en Osorno, antes de 2007	54
Gráfico 17. Marcos de las ventanas en Osorno, después de 2007	55
Gráfico 18. Distribución socioeconómica de Osorno	56
Gráfico 19. Nivel socioeconómico en Osorno según tipo de vivienda	57
Gráfico 20. Demanda energética en Osorno antes y después de 2007	76
Gráfico 21. Evolución de la demanda energética en Osorno según escenario	79

Gráfico 22. Evolución del consumo energético en Osorno según escenario	80
Gráfico 23. Evolución de la transmitancia en función del espesor del aislante del cielo	93
Gráfico 24. Evolución de la transmitancia en función del espesor del muro	96
Gráfico 25. Comparativa de transmitancias térmicas según RT	130
Gráfico 26. Relación de equipos de calefacción y cocción	136
Gráfico 27. Antigüedad de los equipos de cocina	136
Gráfico 28. Marcas más utilizadas en las cocinas de Osorno	137
Gráfico 29. Estado de las cocinas de Osorno según antigüedad	137
Gráfico 30. Gasto en leña según la edad de la cocina	138
Gráfico 31. Tipos de calefacción más utilizados en Osorno	139
Gráfico 32. Antigüedad de los equipos de calefacción de Osorno	139
Gráfico 33. Marcas más utilizadas en las calefacciones de Osorno.....	140
Gráfico 34. Estado de los equipos de calefacción según antigüedad en Osorno	140
Gráfico 35. Gasto de leña según la edad del equipo de cocina en Osorno	141
Gráfico 36: Factores que afectan al costo de los combustibles.....	164
Gráfico 37. Consumo de GLP anual según uso y nivel socioeconómico.	168
Gráfico 38. Consumo de electricidad anual según uso y nivel socioeconómico.	169
Gráfico 39. Consumo de leña anual según uso y nivel socioeconómico.....	170
Gráfico 40. Consumo de parafina anual según nivel socioeconómico.	171
Gráfico 41. Consumo de carbón anual según nivel socioeconómico.	172

FIGURAS

Figura 1. Mecanismos de transmisión de calor en una vivienda	22
Figura 2. Zonificación climática de Chile.....	29

RESUMEN EJECUTIVO

Mejorar la calidad del aire en los centros urbanos es una de las principales prioridades del gobierno chileno en materia de medio ambiente. A lo largo del país se han realizado distintos diagnósticos ambientales, con el fin de desarrollar medidas para la reducción de la contaminación, derivada entre otros, de la combustión de la leña. En ese sentido, y debido a que gran parte de la energía consumida en Osorno depende de la leña, dicha ciudad ha sido declarada “zona saturada de contaminante particulado fino (PM_{2,5})”

El objeto principal del presente estudio es determinar el análisis energético del parque de viviendas de Osorno, y a partir de los resultados obtenidos, identificar aquellos puntos donde es más indicado aplicar medidas de aislamiento térmico para reducir el consumo energético y por ende, el de la leña.

Los datos utilizados provienen de la encuesta “Estudio de usos finales y curva de oferta de conservación de la energía en el sector residencial de Chile” (Ministerio de Energía 2010), de los permisos de edificación para los años 2011 y 2012 proporcionados por el Instituto Nacional de Estadística y de una encuesta elaborada por Creara enviada a los arquitectos y constructores de la zona de estudio.

Se han comparado los consumos de energía de acuerdo a tipo de agrupación de vivienda (casa aislada, casa pareada y departamento según ubicación), así como nivel socioeconómico. Se ha observado que las viviendas con más consumo energético son las viviendas aisladas de 1 y 2 pisos, seguidas del departamento nº2, ubicado en una esquina del último piso, con tres muros en contacto con el ambiente exterior. En el otro lado, las viviendas que menos consumen son los departamentos nº 3 y 4, situados en el piso intermedio, con uno y dos muros en contacto con el exterior, respectivamente. A nivel socioeconómico, se observan diferencias notables en cuanto a consumo de energía se refiere. El grupo que más energía consume es el ABC1, mientras que el que menos es el C3.

Con el fin de proponer una serie de medidas de ahorro térmico primarias, luego de conocer los consumos energéticos de cada tipología de vivienda, se ha determinado el mismo consumo en el caso de que la vivienda cumpliera las exigencias mínimas establecidas para el aislamiento térmico en la Reglamentación Térmica de 2007, y se ha estimado un ahorro medio del 12%. Las medidas relacionadas con la envolvente térmica se caracterizan por tener un costo muy variado, y en los casos de estudio, el tiempo que tarda en recuperarse la inversión, también conocido como periodo de retorno simple (PRS) varía entre varios meses y cien años. En el caso de aquellas viviendas que

cumplen con lo establecido en la Reglamentación Térmica de 2007, se han propuesto medidas de cambio de ventanas por otras con menor transmisividad térmica, instalación de ventana de doble marcos, y aislamiento de tuberías y conducciones de agua caliente sanitaria (ACS) y calefacción.

Se considera necesario remarcar que en Osorno, aproximadamente un 85% de la energía consumida, proviene de la madera, y en particular de la especie Hualle. Por ello, los ahorros económicos y energéticos se han calculado en función de esa especie.

Posteriormente se ha hecho una evaluación de las medidas planteadas, y se han priorizado para cada tipo de vivienda en función del periodo de retorno simple (PRS) y de la factibilidad de ser implementadas. Se observa que la medida más rentable en todas las viviendas es sellar las filtraciones de aire en puertas y ventanas, ya que el costo es bajo y los ahorros derivados de esta medida, son muy grandes, seguido por la instalación de cortinas *blackout* y la adición de lana de vidrio en techumbres. En la mayoría de los casos, la que tendrá un periodo de retorno simple mayor es la aislación del piso de la vivienda para que cumpla con la actual Reglamentación Térmica.

Como se comentó anteriormente, la normativa vigente en la actualidad es la Reglamentación Térmica de 2007, pero se prevé que a lo largo del último trimestre de 2013 se publique una modificación de la misma. En este estudio se ha querido analizar la adaptabilidad de esta nueva normativa a las viviendas de Osorno, y se ha hecho una comparación tanto con la RT de 2007 como con el Código Técnico de la Edificación español.

Luego de este punto se ha hecho un análisis de la información en relación a la oferta de leña utilizada para la calefacción y cocción en Osorno, y a partir de las ventas anuales de leñeras certificadas, se ha llegado a la conclusión de que cerca de un 90% de las leñeras de esta ciudad no son certificadas.

Por último, se ha estudiado el consumo base de combustibles de Osorno en función del uso y del nivel socioeconómico, y se ha cuantificado el gasto en combustibles alternativos teniendo en cuenta el rendimiento de cada equipo.

1. ANTECEDENTES

1.1 Introducción

Un plan de descontaminación ambiental (PDA) es un instrumento de gestión ambiental que tiene por finalidad recuperar los niveles señalados en las normas primarias y/o secundarias de calidad ambiental de una zona saturada (aquella en la que las normas de calidad ambiental se han sobrepasado). Un Plan de Prevención Ambiental (PPA), por su parte, es un instrumento de gestión ambiental que tiene por finalidad evitar la superación de una o más normas de calidad ambiental primaria o secundaria, en una zona latente (aquella en la que la medición de la concentración de contaminantes en aire, agua o suelo está entre el 80% y el 100% de la norma de calidad ambiental). El reglamento que fija el procedimiento y las etapas para establecer Planes de Prevención o Descontaminación se encuentra señalado en el DS N° 39, promulgado en 2012 y publicado en 2013 del Ministerio de Medio Ambiente.

Actualmente ya han sido declaradas “zona saturada por concentración de material particulado grueso (MP10)” las ciudades de Rancagua, Talca-Maule, Concepción, Temuco y Padre Las Casas, la zona circundante a Tocopilla, Coyhaique y su zona circundante, Osorno y el Valle Central de la VI Región. En el año 2012 entró en vigor la normativa para material particulado fino (MP2,5), habiéndose declarado ya zona saturada, Osorno, Temuco y Padre Las Casas para este contaminante en diversas ciudades de Chile.

Luego de que las zonas sean declaradas saturadas o latentes, comenzará el proceso de elaboración de un anteproyecto de PDA o PPA, según corresponda, que deberá contar con un Análisis General de Impacto Económico y Social (AGIES) como requiere la ley.

Distintos estudios concluyen que el sector residencial es el principal causante de las emisiones de MP en la zona centro y sur del país, debido principalmente al uso de leña como combustible para la calefacción y cocción. Por ello, contar con información acabada y actualizada de las variables que influyen en la demanda energética de las viviendas y su comportamiento, incide directamente en la confiabilidad de los resultados obtenidos en el AGIES.

Las ciudades que se van a analizar en el presente estudio corresponden a las priorizadas por el MMA para el presente año, que corresponden a Osorno, Chillán, Coyhaique y Valdivia.

Con todo lo mencionado, este estudio pretende ser una fuente de información relevante para las políticas públicas y evaluaciones de los planes de descontaminación de las ciudades del centro y sur de Chile, y al mismo tiempo, ser una herramienta de evaluación que permita al MMA realizar análisis comparativos entre las ciudades más contaminadas del país, y posteriormente, evaluar la efectividad de las políticas públicas implementadas con los años.

1.2 Objeto

El Primer Informe de Avance se centró en la recopilación, levantamiento y análisis energético según el potencial de aislación térmica, del parque de viviendas de Osorno. Los puntos a considerar fueron:

- Recopilación de la información del número de viviendas y proyección 2013-2025
- Caracterización del parque existente de viviendas
- Clasificación del parque de viviendas y definición del coeficiente global de transferencia de calor para cada tipología definida
- Proyección del parque de viviendas según tipología entre 2013-2025
- Determinación de la demanda energética de cada hogar y estimación de la demanda del parque de viviendas proyectado 2013-2025
- Determinación del consumo teórico y comparación con consumos reales de la zona
- Determinación, evaluación y priorización de medidas de mejora de aislaciones térmicas
- Comparación de resultados con implementaciones reales
- Comparación y ajuste de resultados con datos recopilados por el Ministerio de Medio Ambiente

El Segundo Informe de Avance, estaba focalizado en recopilar, levantar y sistematizar la información relativa a:

- Los equipos de calefacción y cocción utilizados
- La oferta de la leña y las características de los combustibles utilizados para calefacción y cocción
- El consumo energético de la ciudad

El Informe Final recoge todas las componentes explicadas anteriormente aunándolas en un único informe, para dar cumplimiento a lo solicitado en las bases técnicas.

2. CONCEPTOS TEÓRICOS

2.1 Las viviendas y el balance energético

A través de la envolvente térmica de la vivienda se producen fenómenos de transferencia y almacenamiento de calor, que hacen que la temperatura de la vivienda aumente o disminuya. Para garantizar los valores de temperatura considerados confort, las viviendas de Osorno disponen de sistemas de generación de calor.

El calor se presenta como calor sensible y calor latente. El primero representa el potencial de transmisión de calor de un cuerpo a otro, y se asocia al aumento o disminución de la vibración existente en las partículas de un cuerpo. El segundo está asociado a la energía necesaria para que se genere un cambio de estado en la materia.

En una vivienda, dicho calor puede transmitirse de varias maneras. La más significativa es debida al intercambio de aire entre el interior y el exterior de la misma. En el caso de Osorno, por lo general la temperatura exterior es menor que la interior, por lo que tiende a generarse una pérdida de calor en favor del ambiente más frío. Es por ello que es tan importante aplicar medidas de aislación térmica que eviten dicho flujo.

Por otro lado, en una vivienda también se producen ganancias de calor, observándose dos tipos principales: uno por la incidencia del sol sobre la envolvente de la vivienda y otro debido al aporte de los usuarios y los equipos de las casas.

De todo ello se obtiene que el balance de energía de una vivienda está definido por la siguiente ecuación:

$$Q_i + Q_s \pm Q_v \pm Q_a \pm Q_m = 0$$

Donde:

Q_i = Ganancias internas

Q_s = Ganancias solares

Q_v = Pérdidas o ganancias de calor por intercambio de aire interior y exterior

Q_a = Pérdidas o ganancias debidas a elementos opacos de la vivienda

Q_m = Pérdidas o ganancias por sistemas de climatización

A continuación se muestra un esquema en el que se observan los mecanismos típicos de transmisión de calor en una vivienda.

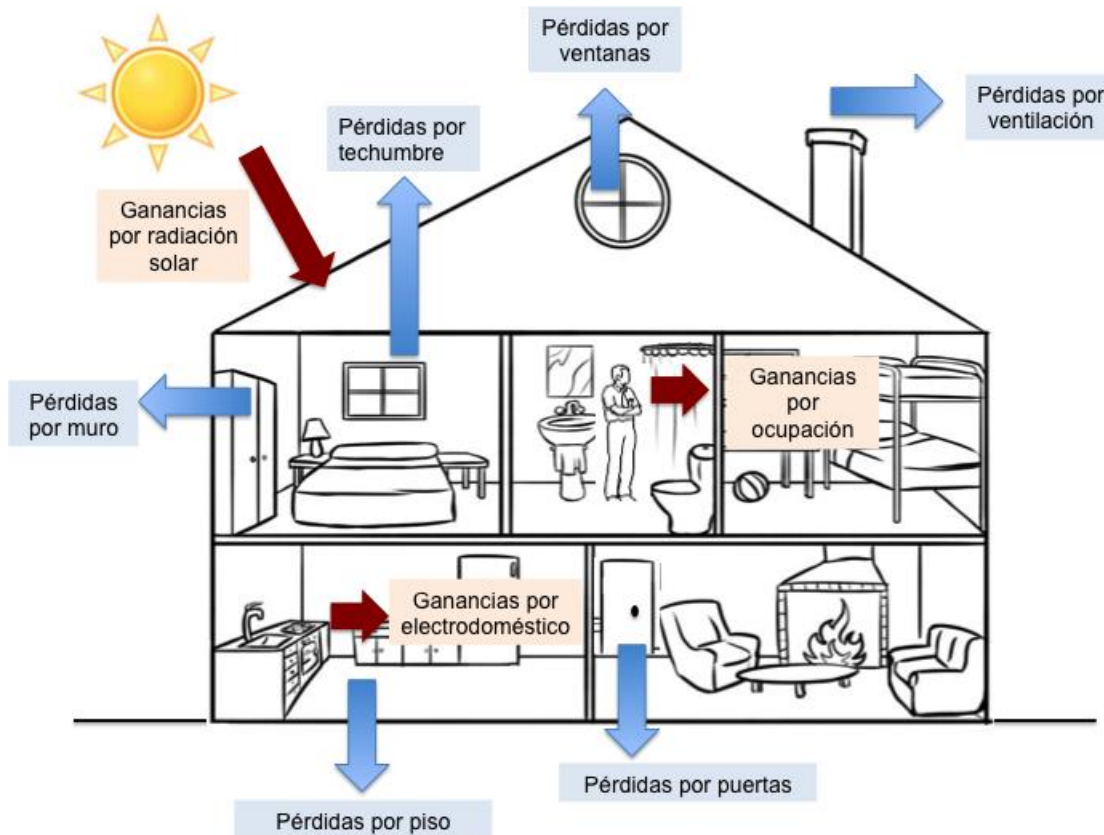


Figura 1. Mecanismos de transmisión de calor en una vivienda

Fuente: Creara

2.2 Conceptos básicos

En este punto se aclararán los conceptos necesarios para llevar a cabo el presente estudio. Dichas definiciones provienen de distintas normas chilenas y del Manual de Aplicación de la Reglamentación Térmica .

Complejo constructivo: Elementos constructivos que en su conjunto constituyen una parte de una vivienda.

Elemento constructivo: Complejos constructivos dimensionados y colocados correctamente, que en conjunto permiten que dicho elemento constructivo cumpla una función determinada.

Aislamiento térmico: es la capacidad de un material o de un conjunto de los mismos de oponerse al paso de calor.

Conductividad térmica (λ): Se define como la capacidad de una sustancia de transferir la energía cinética de sus moléculas a otras moléculas adyacentes o a sustancias con las que no está en contacto. Es decir, la conductividad térmica es la capacidad para conducir el calor de un determinado material. Se mide en (W/mK) y su valor está determinado experimentalmente en las normas chilenas.

Envolvente térmica de un edificio: son todos los cerramientos que limitan espacios habitables con el ambiente exterior, aire o terreno u otro edificio, a través de los cuales se produce un flujo térmico.

Resistencia térmica (R): es la capacidad del material de oponerse al paso del calor. Se expresa en (m^2K/W) y se distinguen los siguientes casos:

Resistencia térmica de una capa material (R): La resistencia térmica viene dada por la siguiente expresión:

$$R = \frac{e}{\lambda}$$

Donde:

e: espesor del material

Resistencia térmica de una cámara de aire no ventilada, (R_g): se define como la resistencia térmica que presenta una masa de aire confinada.

Resistencia térmica total (R_T): es la resistencia térmica de un elemento constructivo formado un conjunto de capas de distintos materiales.

$$R_T = \sum_i R_i = \sum_i \frac{e_i}{\lambda_i} + R_{si} + R_{se} + \sum_i R_{ai}$$

Donde:

$\sum_i \frac{e_i}{\lambda_i}$: Sumatorio de las resistencias térmicas de los materiales que forman el elemento constructivo

R_{se} : Resistencia térmica superficial exterior

R_{si} : Resistencia térmica superficial interior

$\sum_i R_{ai}$: Resistencia térmica de las capas de aire que posee el elemento constructivo

R100: es un término definido en la norma chilena NCh 2251 como la resistencia térmica que presenta un determinado material o elemento de construcción multiplicado por 100. Se expresa en m^2K/W .

Transmitancia térmica o coeficiente global de transferencia de calor (U): es el flujo de calor que pasa por unidad de superficie de un elemento o material constructivo, por tiempo y por diferencia de temperatura entre los dos ambientes que separa dicho elemento. Se expresa en W/m^2K .

$$R_T = \frac{1}{U}$$

Cuanto menor sea el valor de la transmitancia térmica, menor será el traspaso de energía entre ambas caras del material y por tanto mejor las capacidades aislantes del elemento constructivo.

Transmitancia térmica lineal (K_L): es el flujo de calor que atraviesa un elemento perimetral por unidad de longitud y por grado de diferencia de temperatura. Se expresa en W/mK . La norma chilena NCh 853 asigna una K_L en función de la aislación del piso:

Tabla 1. Transmitancia térmica lineal según la aislación del piso NCh853

Aislación del piso	K_L (W/mK)
Piso corriente	1,4
Piso medianamente aislado	1,2
Piso aislado	1,0

Fuente: Norma NCh 853 Of.2007

Coefficiente volumétrico global de pérdidas térmicas (G_{V1}): Es el flujo térmico que se transmite a través de la envolvente del edificio referido a la unidad de volumen, teniendo en cuenta la diferencia de temperatura entre el exterior y el interior de la vivienda. Se mide en W/m^3K .

$$G_{V1} = \frac{\sum_i U_i A_i + K_L L}{V}$$

Donde:

- U_i : Transmitancias térmicas de los complejos constructivos que forman parte de la envolvente térmica (W/m^2K).
- A_i : Superficie de todos los complejos constructivos que forman parte de la envolvente térmica (m^2).
- K_L : Transmitancia térmica lineal (W/mK).
- L : Perímetro de la vivienda (m).
- V : Volumen que encierra la envolvente de la vivienda (m^3).

Coefficiente volumétrico global de pérdidas térmicas totales (G_{V2}): Es el flujo térmico total de un edificio que se transmite por los intercambios de aire y por la envolvente, Está referido al volumen y a la diferencia de temperatura entre el exterior y el interior de la vivienda. Se mide en W/m^3K .

$$G_{V2} = G_{V1} + 0,35n$$

Donde:

- n : Se define como la pérdida de calor de un recinto por renovación del aire interior.

Demanda de energía en calefacción (Q): Hace referencia al gasto anual de energía en una vivienda. Se expresa en kWh/año.

$$Q = \frac{G_{V2} * GD * 24 * V}{1000}$$

Donde:

GD: Grados día (°C)

Consumo energético de calefacción (C): Hace referencia a la demanda energética en calefacción por el rendimiento del sistema de calefacción.

Grados día: Es la diferencia de la temperatura fijada como base y la media horaria de la temperatura del aire exterior. El concepto de “temperatura base” es la temperatura que se fija como parámetro para el cálculo de los requerimientos de calefacción con los cuales se obtiene el confort térmico y varía entre los 12°C y los 18°C según el uso del edificio y diversas consideraciones de ganancias térmicas. Sin embargo, no se debe confundir el concepto de temperatura base con el de temperatura confort, que es la temperatura óptima para vivir y está en torno a 20°C. Los Grados Día de calefacción requeridos para lograr el confort térmico, con una temperatura base de 15°C, aumentan a medida que la vivienda se ubica más al sur.

Velocidad del viento: El intercambio de aire entre el interior y el exterior de la vivienda produce pérdidas de calor. El caudal de aire que se intercambie dependerá de la velocidad del viento que actúa sobre los elementos de la envolvente de la vivienda y de la calidad de los cerramientos.

La norma chilena NCh 853 estipula que en aquellas ciudades en las que la velocidad del viento supere los 10 km/h anuales, la resistencia térmica superficial exterior (R_{se}) tendrá el valor 0.

Renovaciones de aire: Las renovaciones de aire representan la cantidad de aire que entra en los distintos espacios de una vivienda, debido principalmente a dos factores:

1. Ventilación mecánica o natural
2. Infiltraciones por defecto de obra (estanqueidad de carpinterías, fisuras en los elementos constructivos, conductos sin sellar, etc.)

Debido a que la tasa de renovación de aire es un factor que depende de variables muy específicas como número de ocupantes de la casa, costumbres, número de estancias, etc., es complicado determinar un valor medio válido para todas las tipologías de vivienda y zonas térmicas, por lo que se estimará un valor que trate de dar respuesta a todas las tipologías de viviendas de cada ciudad.

Para ello se han tenido en cuenta los valores de renovaciones de aire por hora que ofrece el software CTE chileno (Certificación de Comportamiento Térmico para Edificios). En este caso es de 1 renovación/hora, ya que presupone que toda la ventilación es natural.

Por otro lado, el “Manual de diseño para soluciones en edificaciones de la CChC” da las siguientes recomendaciones:

Tabla 2. Renovaciones de aire

	Renovaciones de aire (1/h)
Dormitorio	0,5 - 1
Living	3 - 5
Comedor	3 - 5
Cocina	5 - 10
Baño de casa	5 - 15

Fuente: Manual de diseño para soluciones en edificaciones de la CChC

2.3 Reglamentación térmica chilena (RT)

El Ministerio de Vivienda y Urbanismo (en adelante MINVU), definió en 1994 un programa cuyo fin era establecer progresivamente requisitos de acondicionamiento térmico de viviendas. Dicho programa contemplaba varias etapas que modificarían la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (O.G.U.C.)

En el año 2000 dio comienzo la primera etapa, en la cual se definieron las características mínimas que debería tener la techumbre de una vivienda. Con ello se mejoró notablemente el comportamiento térmico de los hogares, en especial en periodos de invierno.

La segunda etapa que establecía exigencias térmicas en muros, pisos ventilados y ventanas en función de la zona térmica en la que se encontrase la vivienda, se adoptó en 2007 y a día de hoy sigue vigente.

Para aplicar la normativa se dividió el territorio chileno en siete zonas climáticas, estableciendo para cada una de ellas distintas exigencias de aislamiento térmico en la construcción de viviendas. Osorno se encuentra en la zona climática 5.

Para que las viviendas de nueva obra o rehabilitadas cumplan con la RT de 2007, es necesario elegir los materiales de construcción en función de su conductividad térmica y de la ubicación de la vivienda. Por ejemplo, en las ciudades situadas al norte de Chile las exigencias mínimas de construcción son menos restrictivas porque el clima así lo permite, por lo que se pueden utilizar materiales con una conductividad térmica mayor. En el sur del país las restricciones son mayores, por lo que se tendrán que usar materiales con una conductividad térmica menor.

En el artículo 4.1.10. de la O.G.U.C., se establecen las exigencias mínimas de acondicionamiento térmico de techumbre, muros perimetrales y pisos.

Tabla 3. Exigencias mínimas de RT y U

	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)
Zona 1	0,84	1,19	4,00	0,25	3,60	0,28
Zona 2	0,6	1,67	3,00	0,33	0,87	1,15
Zona 3	0,47	2,13	1,90	0,53	0,70	1,43
Zona 4	0,38	2,63	1,70	0,59	0,60	1,67
Zona 5	0,33	3,03	1,60	0,63	0,50	2,00
Zona 6	0,28	3,57	1,10	0,91	0,39	2,56
Zona 7	0,25	4,00	0,60	1,67	0,32	3,13

Fuente: Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones

Anteriormente se mencionó que la RT de 2007 hacía referencia a las ventanas. En este caso establece un porcentaje máximo que dependerá de las superficies interiores de los muros perimetrales, y del tipo de vidrio que se utilice.

Además de evitar pérdidas por los flujos térmicos, mediante el cumplimiento de la RT se asegura que no se produzca condensación superficial en la vivienda, la cual afecta principalmente a la aislación térmica de los materiales que conforman los muros y los techos. Al humedecerse los materiales, los poros intersticiales se llenan de agua, que tiene una conductividad térmica mucho mayor que la del aire, por lo que el aislamiento térmico de la vivienda empeora considerablemente.

2.4 Zonificación climático - habitacional de Chile

La norma NCh 1079 establece la zonificación climático – habitacional chilena, teniendo en cuenta los factores latitudinales y transversales que se dan a lo largo del amplio territorio del país. De acuerdo con esta norma, Chile posee 9 zonas climáticas formadas por extensiones de territorio con variables climáticas y meteorológicas similares. Estas 9 zonas son:

Norte Litoral: territorio comprendido desde el límite con el Perú hasta el límite norte de la comuna de la Ligua, ocupando la franja costera al lado occidental de la Cordillera de la Costa. Se caracteriza por ser una zona desértica con influencia costera, y por un terreno húmedo y salino. La temperatura diaria se mantiene constante.

Norte Desértica: corresponde a la planicie comprendida entre la cordillera de la Costa y la de los Andes. Las precipitaciones son escasas por lo que es una zona extremadamente árida. Por su condición desértica, la temperatura diaria presenta grandes fluctuaciones a lo largo de todo el año.

Norte Valles Transversales: en ella se encuentra la región de los cordones y valles transversales al este de la zona Norte Litoral excluyendo la Cordillera de los Andes a partir de los 400 metros. Se caracteriza por un clima semidesértico en el que los veranos son largos y calurosos. Las precipitaciones, por su parte, aumentan de norte a sur, mientras que las fluctuaciones de temperatura a lo largo del día son muy variables.

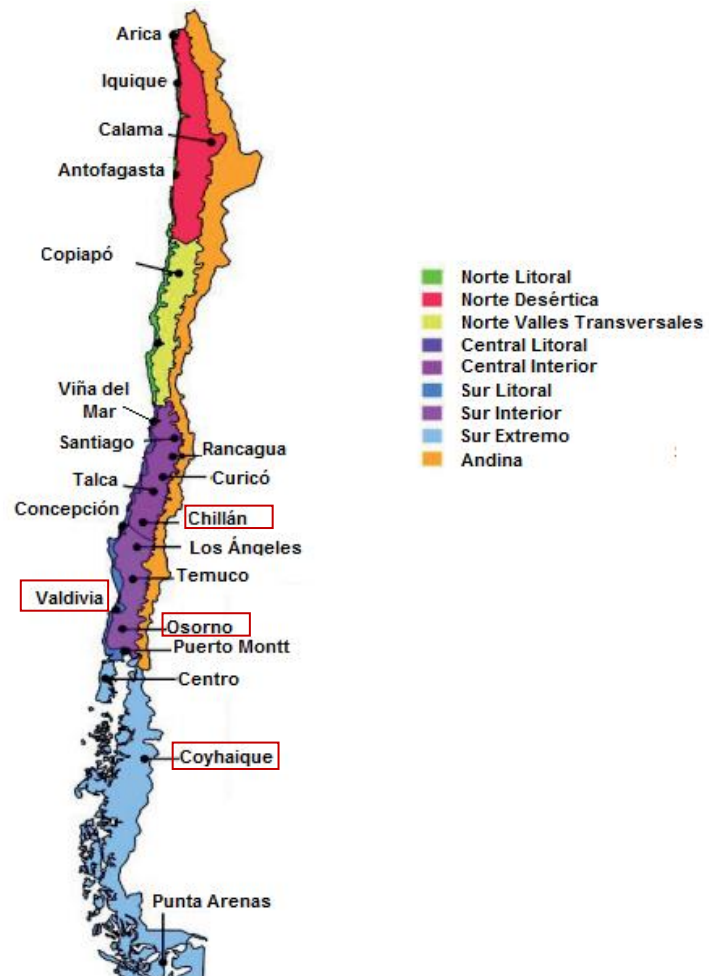


Figura 2. Zonificación climática de Chile

Central Litoral: ocupa el cordón costero a continuación de la zona Norte Litoral, desde el Aconcagua hasta el límite del valle de Bío-Bío. El clima característico en esta zona es el templado marítimo. Las precipitaciones anuales son abundantes, y tanto el ambiente como el suelo son relativamente húmedos. Las temperaturas permanecen constantes a lo largo del día.

Central Interior: comprende el valle central entre la zona Norte Litoral y la precordillera de los Andes por debajo de los 1.000m. El clima de esta zona es mediterráneo de temperaturas templadas, con un aumento de las precipitaciones y las heladas a medida que se entra en el sur. La temperatura no sufre variaciones elevadas a lo largo del día. Dentro de esta zona se encuentra Chillán.

Sur Litoral: se encuentra en la continuación de la zona Central Litoral desde el Bío-Bío hasta Chiloé y Puerto Montt. Se caracteriza por una climatología marítima con precipitaciones intensas, suelos salinos y húmedos. Las temperaturas son bajas. En esta zona se encuentra Valdivia.

Sur Interior: corresponde a la continuación de la zona Central Interior desde el Bío – Bío incluido hasta la ensenada de Reloncaví, y por el este hasta la Cordillera de los Andes. Es una zona lluviosa, de bajas temperaturas a lo largo del año. Osorno se encuentra dentro de esta zona.

Sur Extremo: La constituye la región de los canales y archipiélagos desde Chiloé hasta la Tierra del Fuego. Contiene una parte continental hacia el este. Se caracteriza por un clima marítimo, lluvioso y frío. En zonas elevadas predomina la nieve y las heladas. Existen variaciones climáticas importantes dentro de la misma zona. A esta zona pertenece Coyhaique.

Andina: se ubica entre la faja cordillerana y precordillerana superior a los 3.000 metros de altitud en el Norte y termina al sur de Puerto Montt. Posee un clima seco, con grandes fluctuaciones de temperatura entre el día y noche. Debido a las diferencias de altura y latitud a lo largo de esta zona, el clima varía de norte a sur, siendo en todos los casos condiciones muy severas.

Tabla 4. Zonas climático-habitacional de las ciudades de estudio

Ciudad	Zona climático-habitacional
Osorno	Sur Interior
Chillán	Central Interior
Coyhaique	Sur Extremo
Valdivia	Sur Litoral

Fuente: Norma NCh 1079

2.5 Zonificación Térmica de Chile

Como ya se comentó, esta zonificación se desarrolló para aplicar las exigencias de aislación térmica de las viviendas establecidas en la RT de 2007. Está basada únicamente en la temperatura de calefacción necesaria para lograr el confort dentro de las viviendas, en función del criterio de Grados Día. Nótese la diferencia con la zonificación climático-habitacional, que se define por el conjunto de las variables meteorológicas que caracterizan un clima (humedad, nubosidad, intensidad del viento, horas de sol, radiación solar, etc.).

Chile está diferenciado en siete zonas térmicas:

Tabla 5. Grados-día anuales por zona térmica

	Grados - día
Zona 1	≤ 500
Zona 2	$> 500 - \leq 750$
Zona 3	$> 750 - \leq 1.000$
Zona 4	$> 1.000 - \leq 1.250$
Zona 5	$> 1.250 - \leq 1.500$
Zona 6	$> 1.500 - \leq 2.000$
Zona 7	> 2.000

Fuente: Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones

La ciudad de Osorno se encuentra dentro de la zona 5 y según la página web <http://www.degreedays.net>, basado en las temperaturas de Weather Underground, un referente en datos climáticos para los profesionales de la energía, los grados-día anuales ascienden hasta los 1.297.

3. **OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN**

3.1 **Levantamiento de la información**

A lo largo de este estudio se ha solicitado información a los organismos que se expone a continuación:

- Ministerio de Medio Ambiente (MMA)
- Ministerio de Energía
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU)
- Ministerio de Desarrollo Social
- Instituto Nacional de Estadística (INE)
- Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire (SINCA)
- Transparencia

A continuación se expone qué datos han sido utilizados para calcular los distintos puntos de la componente 1.

3.1.1 **Proyecciones**

Para realizar la proyección del número de viviendas de una manera más exacta, se solicitó información sobre el Censo de 2012 mediante Transparencia. La resolución resultó negativa ya que los datos censales estaban siendo sometidos a auditoría externa. Finalmente, se consensuó con el Ministerio de Medio Ambiente trabajar a partir de los datos del Censo 2002.

3.1.2 **Análisis energético de las viviendas**

El planteamiento inicial consistía en el desplazamiento de técnicos de campo a cada una de las ciudades de estudio para levantar la información necesaria acerca de las viviendas.

Se utilizaron los datos resultantes de las encuestas elaboradas por el Ministerio de Energía, para su estudio llamado “Estudio de usos finales y curva de la oferta de la conservación de la energía en el sector residencial” elaborado en 2010, cuyo fin era caracterizar los usos finales de la energía del sector residencial de Chile y construir la curva de la oferta de conservación de la energía para dicho sector. Para llevar a cabo dicho estudio se realizaron 3.200 encuestas a lo largo de todo el territorio nacional. Se solicitaron las respuestas dadas en las ciudades de Osorno (130), Chillán (97), Coyhaique (237) y Valdivia (88).

Tras analizar los resultados se determinaron las tipologías de vivienda más habituales, así como las características constructivas principales de cada una de las ciudades, y se compararon con otras fuentes oficiales, como el Censo 2002 y la Encuesta Casen (Ministerio de Desarrollo Social).

Con el fin de que los tipos de vivienda seleccionados fuesen lo más representativos posible, se elaboró una encuesta destinada a arquitectos y empresas constructoras que desarrollasen su actividad en cada una de las ciudades de estudio, para que validasen los resultados obtenidos. (La encuesta enviada se encuentra en el Anexo 1)

En el caso de Osorno se contactó con 16 arquitectos y 25 constructoras, cuyos nombres se incluyen en el Anexo 1.

Se estudió cada una de las respuestas y el 100% afirmó estar de acuerdo con las tipologías establecidas para la ciudad de Osorno, tanto antes como después de la entrada en vigor en 2007 de la RT.

4. PROYECCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE VIVIENDAS

En este punto se analiza información sobre el número de viviendas de Osorno y se estima una proyección para 2013-2025.

Luego de proyectar el parque de viviendas, éste será caracterizado según variables medibles tales como geometría del hogar, muros, ventanas, pisos, techos, material de construcción, etc., con el fin de obtener las viviendas más representativas de la ciudad de Osorno.

4.1 Proyección de la población de Osorno

Para dar respuesta a este punto se ha trabajado con los datos del Censo 2002. Inicialmente se solicitó mediante Transparencia los datos del Censo de 2012, con el fin de que los resultados se asemejasen más a la realidad actual de Osorno. Sin embargo, debido a la auditoría externa a la que se está sometiendo dicho censo no se pudieron obtener los datos actualizados.

A partir de los datos del Censo de 2002, el INE ha estimado un crecimiento de la población hasta 2020. Para calcular la evolución de la población hasta 2025, Creara ha obtenido la tasa de variación promedio por grupo de edad en los últimos 5 años de los que disponía datos, y la ha aplicado a los años 2021, 2022, 2023, 2024 y 2025, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 6. Evolución y proyección futura de la población en Osorno.

	Población	Tasa crecimiento
1990	126.151	2,01%
1995	139.693	2,06%
2000	148.036	1,17%
2005	156.252	1,09%
2010	163.257	0,67%
2015	168.836	0,67%
2020	172.739	0,45%
2025*	178.805	0,69%

Fuente: Censo 2002, INE (*) Cálculo Creara

Se prevé que a futuro, siga existiendo un crecimiento poblacional que afectará directamente al consumo de energía y al uso de la leña.

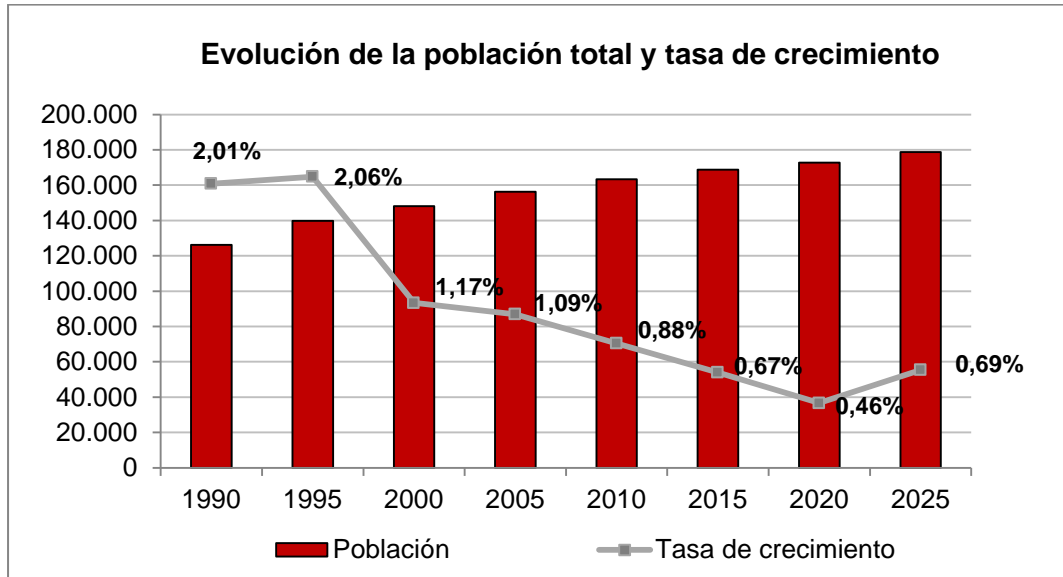


Gráfico 1. Evolución y proyección futura de la población en Osorno

Fuente: Censo 2002, INE y Creara

La población de Osorno se enfrenta a un envejecimiento determinado por una disminución de la tasa de natalidad, aunque se ve parcialmente compensada por un incremento considerable en la esperanza de vida. Como consecuencia de lo anterior, se prevé que la tasa de crecimiento poblacional siga la tendencia a la baja de las últimas décadas, pasando de un 2,06% en el año 1995 a un 0,88% en el año 2010, atisbándose un ligero aumento en 2025. Dada la importancia de este factor al explicar el crecimiento en la demanda de vivienda, dicha reducción tendría un impacto negativo relativamente fuerte en el sector inmobiliario. Sin embargo, hay que decir que existe una gran incertidumbre alrededor de las predicciones sobre cambios demográficos y en particular acerca de la evolución de la tasa de fertilidad.

Dentro de este crecimiento de población, en los últimos años se puede observar una tendencia hacia la ocupación de zonas urbanas frente a zonas rurales. En la siguiente gráfica se muestra dicha evolución a partir de los datos obtenidos en la Encuesta Casen del Ministerio de Desarrollo Social. (Años 1992, 1994, 1996, 1998, 2000, 2003, 2006 y 2009)

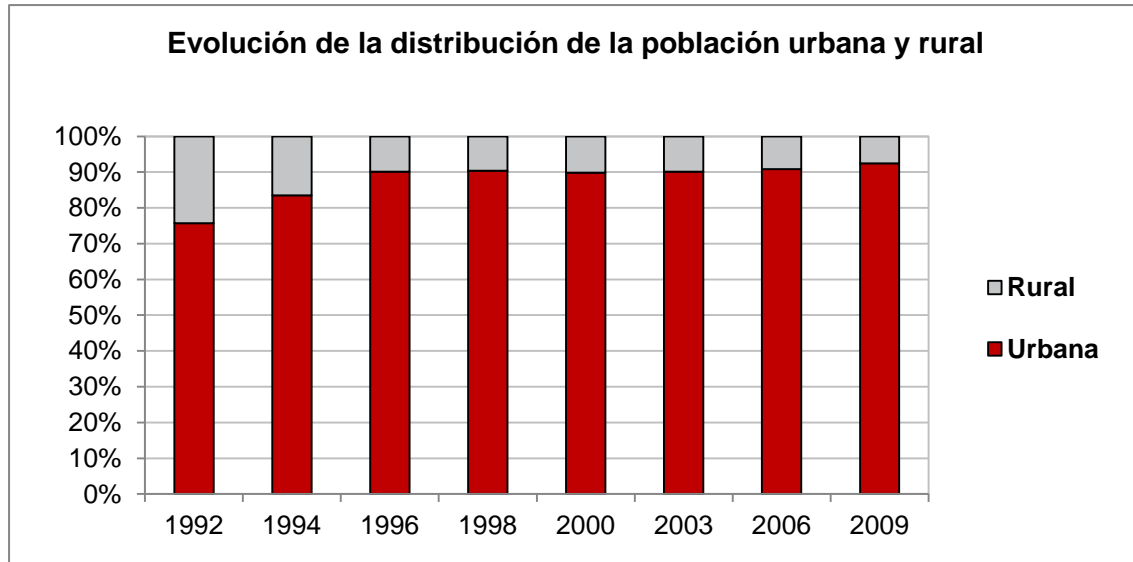


Gráfico 2. Evolución de la distribución de la población urbana y rural de Osorno

Fuente: Encuesta Casen. Ministerio de Desarrollo Social

4.2 Proyección de las viviendas de Osorno

Para realizar la proyección del número de viviendas se ha utilizado el método de las cabezas de familia, que permitirá calcular la demanda potencial de viviendas para años futuros, basándose en la proyección de población del INE.

Dicha metodología se ha extraído de varios trabajos consultados sobre proyecciones de número de viviendas. Entre los más importantes se destacan:

- *Hogares en España. Proyecciones 2001-2012* – Ministerio de Vivienda de España
- *Situación inmobiliaria* (Diciembre 2009) – Servicio de Estudios Económicos del BBVA
- *Evolución demográfica y demanda de viviendas en Galicia* – Universidad de Santiago de Compostela

Se basa en la utilización de las llamadas “tasas de jefe de hogar o cabeza de familia” (TCF_i) que se definen como el cociente entre el número de personas que ostentan la jefatura del hogar y el total de la población, es decir:

$$TCF_i = \frac{CF_i}{POB_i}$$

Donde:

TCF_t : Tasa de cabezas de familia para el rango de edad "i".

CF_i : Cabezas de familia para el rango de edad "i".

POB_i : Población total para el rango de edad "i"

La tasa definida de este modo se supone constante a lo largo de todo el periodo analizado, y permite la determinación del stock total de hogares (ΔH_t) en base a la siguiente relación:

$$\Delta H_t = \sum_i TCF_i * \Delta POB_i$$

Donde:

ΔH_t : Variación del número de hogares en el periodo de tiempo estudiado.

TCF_i : Tasa de cabeza de familia para el rango de edad "i"

ΔPOB_i : Variación de la población en el periodo temporal estudiado para el rango de edad "i"

Con ello se resuelve que la variación del número de hogares correspondientes a la edad "i" en el año "t", es directamente proporcional a la variación de la población de dicha edad. La suma de la variación obtenida en cada uno de los rangos de edad estudiados, dará como resultado la variación del total del número de hogares de Osorno.

Con el fin de que la proyección de viviendas tenga en cuenta las distintas fluctuaciones del mercado que se pueden dar a lo largo de los años, se han aplicado los siguientes factores correctores:

- Evolución del porcentaje de viviendas de segunda residencia.
- En caso de superávit, se asume que se absorberá el stock de viviendas sin vender.
- La evolución de las tasas de cabeza de familia, se puede suponer constante en el tiempo o no.

La fluctuación de estos factores ha hecho que se creen tres escenarios para las proyecciones de viviendas de Osorno. Un escenario base, uno optimista y uno pesimista, teniendo en consideración tres parámetros fundamentales:

- **Número de personas que habrá en un hogar chileno en 2025**
- **Cabezas de Familia en 2025:** Corresponde a la inversa del número de personas que habrá en un hogar chileno en 2025. La ecuación es: $1/N^0$ personas.
- **Tasa de crecimiento anual compuesto:** Es la estimación del promedio crecimiento porcentual anual de la población durante un periodo de tiempo especificado (2013-2025).

En el escenario positivo estas tres variables procederán de los promedios chilenos encontrados en el estudio “Alojar para el desarrollo: una tarea para los asentamientos humanos” realizado por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) de las Naciones Unidas. Este estudio determina que en un hogar chileno en 2025 habrá una media de 3 personas. Dicho dato se estima a partir del hecho de que Chile se encuentra en plena transición demográfica y en una etapa avanzada de transición donde resulta probable una dinámica de nuclearización rápida. La tasa de cabezas de familia procederá de aplicar la inversa al dato del número de personas por hogar chileno en 2025.

En el caso de los escenarios base y pesimista, los valores del número de personas que habrá en un hogar chileno en 2025 se han determinado en función de los datos fehacientes obtenidos en el estudio mencionado anteriormente, “Alojar para el desarrollo: una tarea para los asentamientos humanos”. Entendiendo que un escenario optimista hay menos personas por hogar que en un escenario base y en uno pesimista, en el caso del escenario base se ha supuesto que el número de personas por vivienda será 3,05, mientras que en el pesimista ascenderá a 3,10.

Del mismo modo, se ha seguido esta metodología en el caso de la evolución de las segundas residencias. El resultado final de estas proyecciones se encuentra en el Anexo 2. En la tabla 7 se muestra la proyección de viviendas estimada para los años 2013-2025, en los distintos escenarios planteados.

Tabla 7. Escenarios de proyección de las viviendas en Osorno.

	Escenario		
	Base	Optimista	Pesimista
2013	48.169	48.226	48.113
2014	48.969	49.083	48.853
2015	49.768	49.942	49.592
2016	50.566	50.801	50.327
2017	51.359	51.658	51.056
2018	52.163	52.529	51.795
2019	52.964	53.397	52.528
2020	53.768	54.271	53.262
2021	54.676	55.251	54.097
2022	55.616	56.267	54.963
2023	56.591	57.320	55.860
2024	57.601	58.411	56.790
2025	58.648	59.542	57.754

Fuente: Creara

4.3 Caracterización del parque de viviendas de Osorno

Para este punto se ha tenido en cuenta el resultado de las encuestas elaboradas para el estudio “Estudio de usos finales y curva de oferta de la conservación de la energía en el sector residencial” elaborado en 2010 para el Ministerio de Energía, así como las respuestas obtenidas en la encuesta elaborada por Creara a arquitectos y constructores.

Inicialmente se consideró que para Osorno, un tamaño muestral de 202 viviendas sería representativo, en función de:

$$\text{Tamaño muestral} = \frac{k^2 Npq}{e^2 (N - 1) + k^2 pq}$$

Donde:

k^2 : Nivel de confianza 95%

N : Tamaño de la población

p : Proporción esperada %

q : Proporción sin la característica %

e : Precisión 3%

Sin embargo, tras consensuar con el Ministerio de Medio Ambiente que en vez de hacer trabajo de campo se iba a utilizar las encuestas recibidas por parte del Ministerio de Energía para Osorno, se observó que estas ascendían a 130, por lo que aunque cercano a la representatividad, se consideró necesario corroborar la veracidad de los resultados. Para ello, y en función de los datos recopilados por las encuestas, se definieron las tipologías de vivienda más características de Osorno, se contactó con arquitectos y constructoras de la zona y se les pidió que validasen esos datos. Como se comentaba anteriormente, el 100% de los encuestados afirmaron estar de acuerdo.

Por ello, se puede afirmar que la caracterización del parque de viviendas de Osorno es la que sigue.

4.3.1 Geometría del hogar

En Osorno, las viviendas se clasifican de acuerdo al siguiente tipo de agrupación:

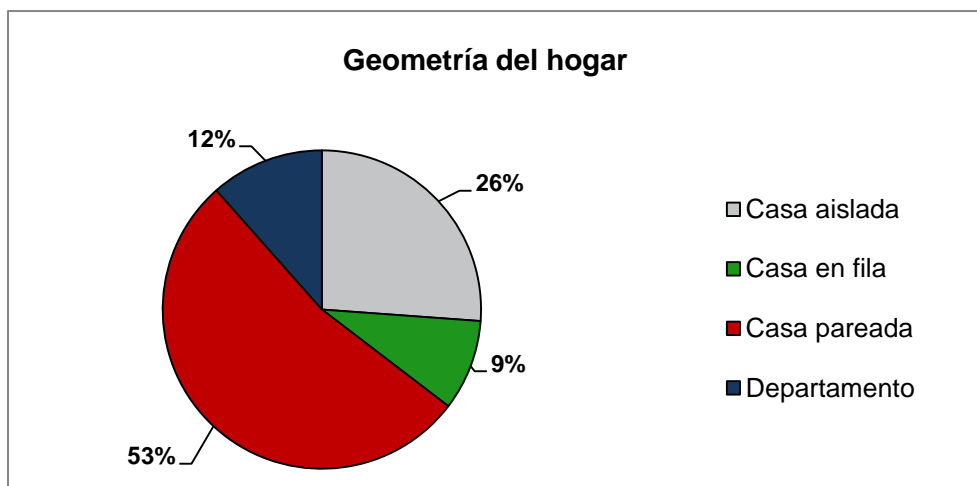


Gráfico 3. Tipologías de viviendas en Osorno

Fuente: Ministerio de Energía 2010

Dentro de cada una de las tipologías de hogar definidas anteriormente, se considera de gran importancia a la hora de analizar el aislamiento térmico de las viviendas, el número de pisos más habituales en estas construcciones

Tabla 8. Número de pisos según tipología de viviendas en Osorno

		% de viviendas
Casa aislada	1 piso	13%
	2 pisos	13%
Casa en fila	1 piso	7%
	2 pisos	2%
Casa pareada	1 piso	30%
	2 pisos	23%
Departamento	1 piso	12%

Fuente: Ministerio de Energía 2010

Estas dos clasificaciones servirán como base para la caracterización del parque de viviendas de Osorno.

4.3.2 Fecha de construcción

Como se veía anteriormente, la materialidad y las calidades de las viviendas, dependen en gran medida de la fecha de construcción y de las distintas reglamentaciones térmicas que se han ido sucediendo desde 2000. Por ello, la clasificación que se propone es:

- Antes de 2000
- Entre 2000 y 2007
- Posterior a 2007

En general, la construcción en Osorno se reparte a través de los años de la siguiente manera.

Tabla 9. Año de construcción de viviendas en Osorno

		<2000	2000-2007	>2007
Casa aislada	1 piso	11%	2%	0,4%
	2 pisos	10%	2%	2%
Casa en fila	1 piso	8%	0%	0%
	2 pisos	0,70%	0%	0%
Casa pareada	1 piso	27%	0,90%	0,9%
	2 pisos	21%	0,70%	0,7%
Departamento	1 piso	11%	0%	2%
Total viviendas		89%	6%	6%

Fuente: Ministerio de Energía 2010

De ello se deduce que el 89% de las viviendas están construidas antes de 2000 por lo que no deberían estar sujetos a RT alguna. Más tarde se discutirán estos resultados.

A nivel tipología de vivienda:

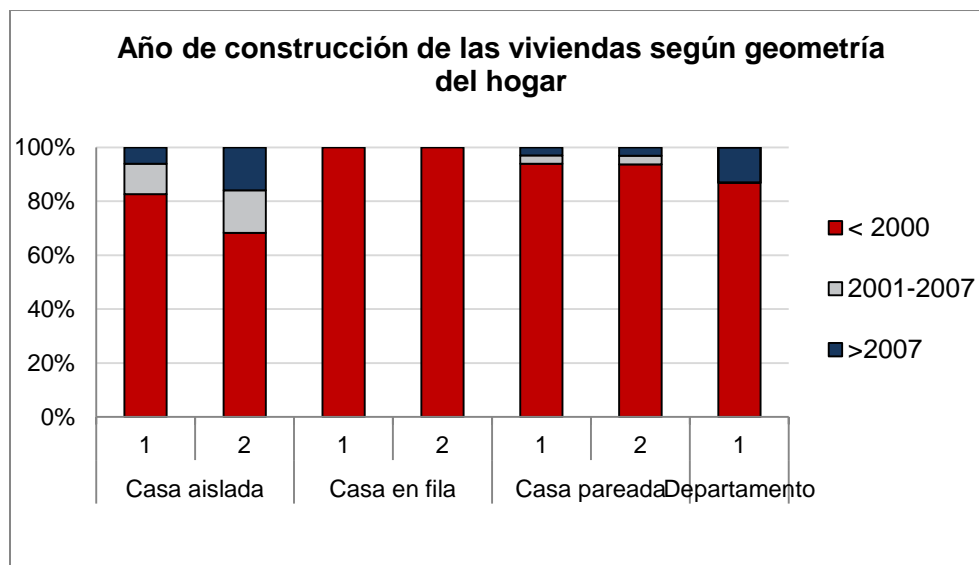


Gráfico 4. Año de construcción de las viviendas según geometría del hogar en Osorno

Fuente: Ministerio de Energía 2010

Se observa que el 83% de las casas aisladas de 1 piso, el 68% de las casas aisladas de 2 pisos, el 100% de las viviendas en filas, el 95% de las viviendas pareadas, y 88% de los departamentos, fueron construidas antes de 2000. En éstas se deberán centralizar esfuerzos a la hora de aplicar medidas de aislamiento térmico ya que son las que, a priori, no cumplen con la RT.

Por otro lado, tan sólo un 16% de las viviendas aisladas, un 3% de las pareadas y un 13% de los departamentos, se construyeron entre 2007 y 2010.

Debido a que las encuestas recibidas por parte del Ministerio de Energía se realizaron en 2010, no reflejan datos relativos a las viviendas construidas entre 2010 y 2012. Por ello, a partir de los permisos de edificación solicitados al INE se ha hecho una corrección sumando al total de viviendas existentes en 2010 los nuevos permisos de edificación otorgados en los dos años siguientes. Con ello se conseguirán datos más acordes con la realidad.

4.3.3 Características constructivas

En este punto se clasificará el parque de viviendas de Osorno en función de las características constructivas de cada tipo de vivienda, tales como metros cuadrados, materialidades, tipo de techo y de piso, etc.

4.3.3.1 Metros cuadrados

A continuación se muestra el promedio de metros cuadrados que tiene cada una de las tipologías de viviendas seleccionadas según las encuestas recibidas del Ministerio de Energía.

Tabla 10. Metros cuadrados en función de número de pisos y tipología de viviendas en Osorno

		Metros cuadrados
Casa aislada	1 piso	65-75
	2 pisos	85-95
Casa en fila	1 piso	50-60
	2 pisos	45-55
Casa pareada	1 piso	45-55
	2 pisos	45-55
Departamento	1 piso	55-65

Fuente: Ministerio de Energía 2010

Como se observa, las casas aisladas son por lo general las de mayor tamaño. Es necesario destacar que el parámetro “tamaño de la vivienda” depende en gran medida del estrato socioeconómico, aunque este punto será estudiado más adelante.

4.3.3.2 Ventilación inferior del piso

Este es un factor de gran importancia a la hora de realizar el análisis energético de las viviendas, ya que el tipo de piso y el contacto con el terreno influyen notablemente en las pérdidas energéticas.

Tabla 11. Ventilación inferior en función de la tipología de viviendas en Osorno

	Piso sin ventilación	Piso con ventilación
Casa aislada	13%	13%
Casa en fila	0,7%	8%
Casa pareada	40%	13%
Departamento	10%	2%
Total	63%	37%

Fuente: Ministerio de Energía 2010

Como se observa, el porcentaje de casas con ventilación inferior es menor al de aquellas con ventilación. Esto se debe a que la temperatura en Osorno es fría y no conviene que exista un flujo de calor hacia el exterior.

4.3.3.3 Materialidad

Debido a la entrada en vigor en 2007 de la última RT, en la que tanto los muros, las ventanas y el piso de las viviendas debían cumplir con unos valores mínimos de transmitancia en función de la zona térmica en la que se encontrase la vivienda, se ha considerado necesario diferenciar dos etapas. Una primera en la que se incluirán todas las viviendas construidas antes de 2007, y una segunda con aquellas posteriores a dicho año.

- **Muros**

Viviendas anteriores a 2007

A continuación se muestra cuáles son los principales materiales de construcción de los muros de las viviendas de Osorno:

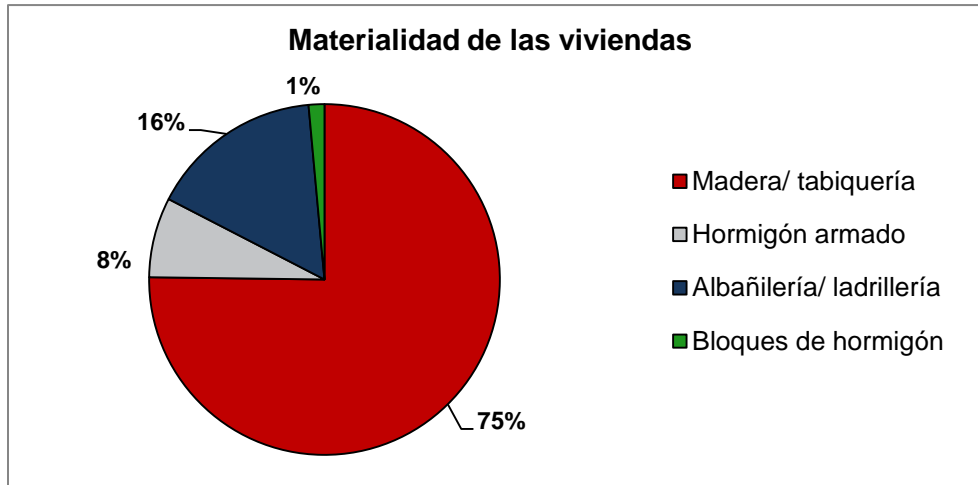


Gráfico 5. Materialidad de las viviendas en Osorno, anteriores al 2007

Fuente: Ministerio de Energía 2010

Como se puede observar en el gráfico 5, las viviendas de Osorno construidas antes del 2007, que representan un 94% del total de viviendas, están hechas mayoritariamente de madera (75%), seguidas por las de albañilería y ladrillo (16%) y en menor porcentaje las de hormigón armado (8%). Teniendo en cuenta las bajas temperaturas de Osorno, este porcentaje es muy lógico ya que la madera es uno de los mejores materiales a la hora de aislar térmicamente las viviendas.

Por otro lado, si sólo se contabilizan las viviendas construidas antes del 2007 (94% del total), la materialidad según tipología de construcción, es la siguiente:

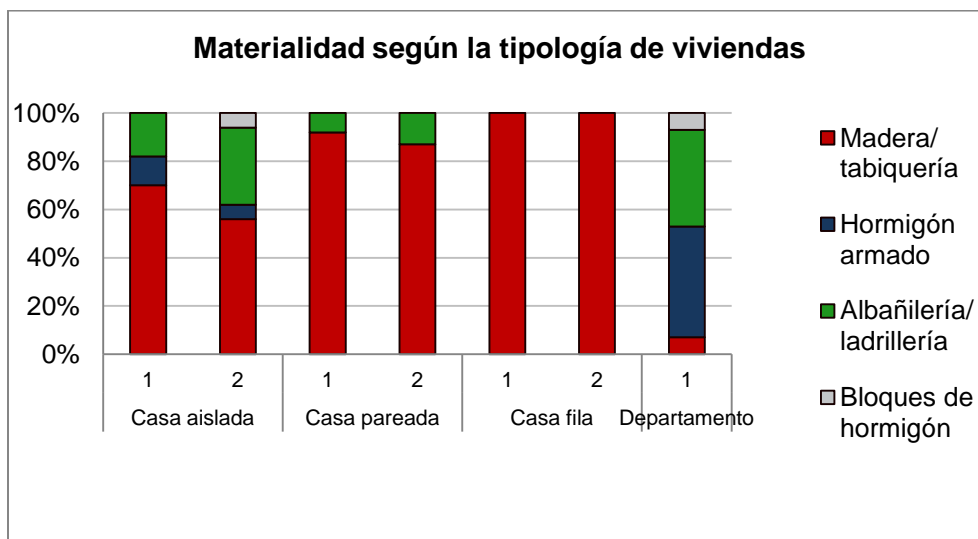


Gráfico 6. Materialidad según tipo de viviendas en Osorno

Fuente: Ministerio de Energía 2010

La madera sigue siendo el principal material de construcción en prácticamente todas las viviendas, excepto en los departamentos en los que el hormigón armado es el material más usado (46%), seguido por el ladrillo (40%).

- Aislamiento de muros

La construcción en Osorno previa a 2007 (94% del total) no incluía como elemento indispensable el aislante de muros, si bien, era bastante utilizado. En función de los datos obtenidos por las encuestas realizadas por el Ministerio de Energía, un 47% de las viviendas construidas antes de 2007 sí disponían de algún aislante en los muros, siendo la lana de vidrio el material más utilizado (26%). Este 44% parece un dato muy elevado en viviendas de antes del año 2007, por lo que podría pensarse que los muros de muchas de esas viviendas han sido reacondicionados térmicamente. Sin embargo, sólo un 2% de los encuestados para el estudio del Ministerio de Energía de 2010, afirma haberlo hecho.

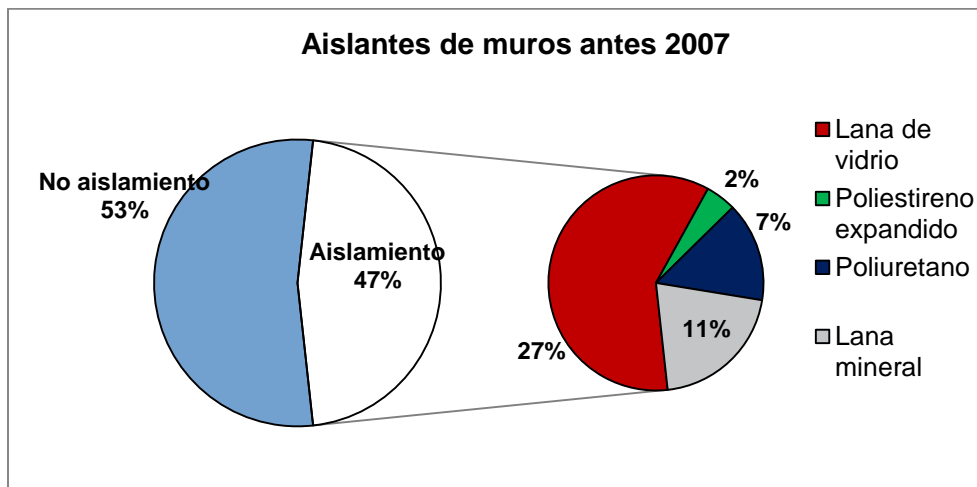


Gráfico 7. Aislantes de los muros en Osorno, previo a 2007

Fuente: Ministerio de Energía 2010

Por otro lado, teniendo en cuenta solamente las viviendas construidas antes del 2007 (94% del total) los materiales aislantes según la tipología de construcción, son los siguientes:

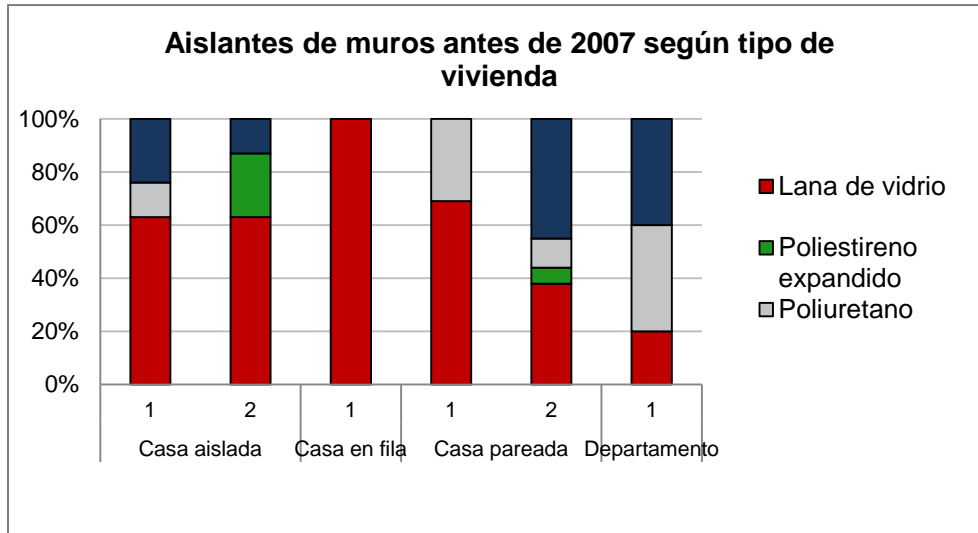


Gráfico 8. Aislantes de los muros antes del 2007 según el tipo de vivienda
Fuente: Ministerio de Energía 2010

La lana de vidrio sigue siendo el principal aislante utilizado en los muros en la mayoría de las tipologías de viviendas, excepto en los departamentos donde la lana mineral (40%) y el poliuretano (40%) son los materiales más usados.

Viviendas posteriores a 2007

Los datos de viviendas posteriores a 2007, que representan un 6% del total de viviendas, en la encuesta son poco representativos. Por ello se solicitó a 16 arquitectos y 25 constructoras de Osorno, que diesen su visión de las características constructivas actuales. Los resultados aportados fueron los siguientes:

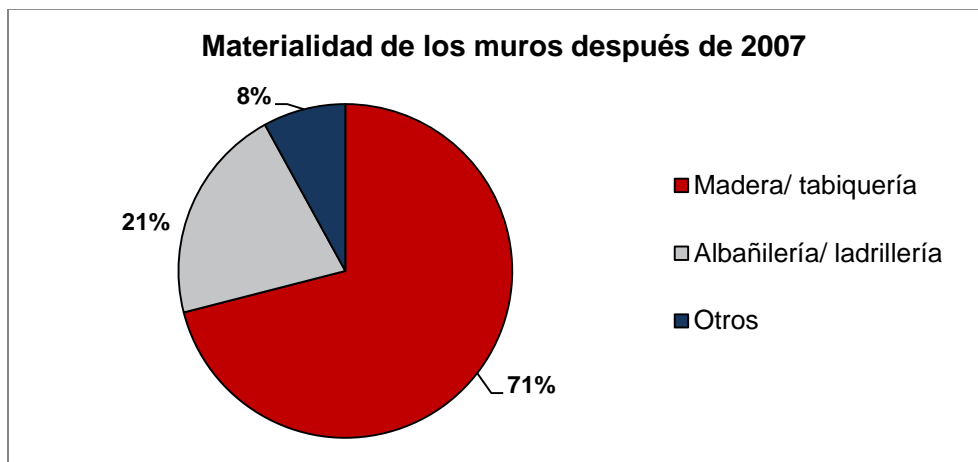


Gráfico 9. Materialidades de los muros en Osorno, después de 2007
Fuente: Encuesta elaborada para arquitectos y consultores de Osorno 2013

Mientras que en los materiales de construcción no se observa apenas variación respecto a las construcciones previas a 2007, la tendencia del uso de aislantes sí ha variado desde la entrada en vigor de la RT de 2007.

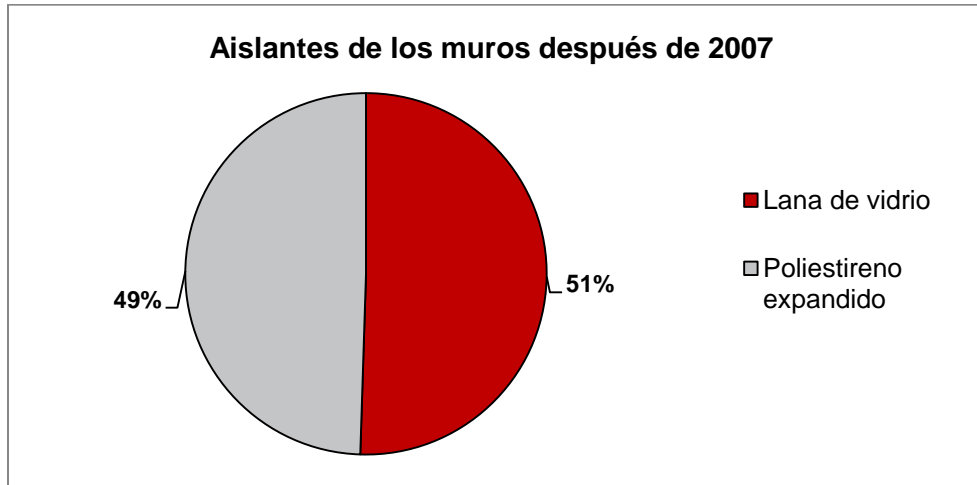


Gráfico 10. Aislantes de los muros en Osorno, después de 2007
Fuente: Encuesta elaborada para arquitectos y consultores de Osorno 2013

La variación en los aislantes de los muros es debida a que la conductividad térmica de la lana de vidrio y del poliestireno expandido es muy baja, lo que permite el dar cumplimiento a los valores mínimos exigidos en la RT de 2007. Además, ambos son un materiales muy económico. Por otro lado, en el caso de la lana de mineral, se observa que antes se usaba en un 9% en las viviendas construidas antes del 2007, mientras que actualmente no es un material que se utilice.

- **Techos**

Los techos más construidos en las viviendas de Osorno se muestran a continuación:

Tabla 12. Tipologías de techo en Osorno

	Porcentaje
Entretecho	86%
Techo Plano	7%
Vigas a la vista	7%

Fuente: Ministerio de Energía 2010

- **Cielos**

Cabe destacar que la primera RT del año 2000 incluía en sus requerimientos la aislación térmica de la techumbre. En cuanto a los cielos de las viviendas, en el estudio del Ministerio de Energía se exponen los siguientes resultados para la ciudad de Osorno:

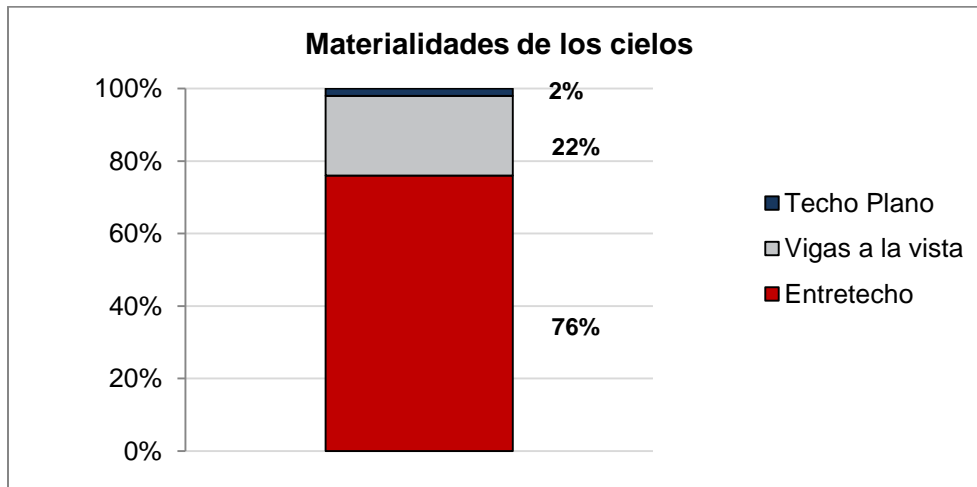


Gráfico 11. Materialidades de los cielos en Osorno

Fuente: Encuesta elaborada para arquitectos y consultores de Osorno 2013

Las encuestas proporcionadas por el Ministerio de Energía no ofrecen información acerca del tipo de materialidad utilizada en los cielos de las viviendas de Osorno. Por ello se ha trasladado esta pregunta a los arquitectos y constructoras de la zona, que confirman que el 76% de los cielos son de yeso cartón, seguidos por un 22% de madera.

En este caso no se va a hacer distinción entre el año de construcción ya que los porcentajes dados para cada materialidad, antes y después de 2000 son muy similares. Por ello, se deduce que la entrada en vigor de la nueva legislación no ha afectado a los materiales empleados en la construcción del cielo de las viviendas.

- Aislamiento de cielos

En este caso sí se observan diferencias asociadas a la entrada de la RT de 2000. Por ello, y con el fin de ver cómo ha variado la constructividad de las viviendas a nivel aislante, se va a estudiar el tipo de cielo en función del año de construcción de la casa.

Viviendas anteriores a 2000

De las encuestas se extrae el dato de que el 19% de las viviendas construidas hasta el año 2000, que representan un 89% del total de viviendas, no tenían ningún material de aislación en el cielo, mientras que el 81% si poseían aislamiento, siendo el principal material utilizado la lana mineral (36%) y la lana de vidrio (36%). Nótese que el poliestireno expandido sólo se usaba en un 4% de los cielos de las viviendas.

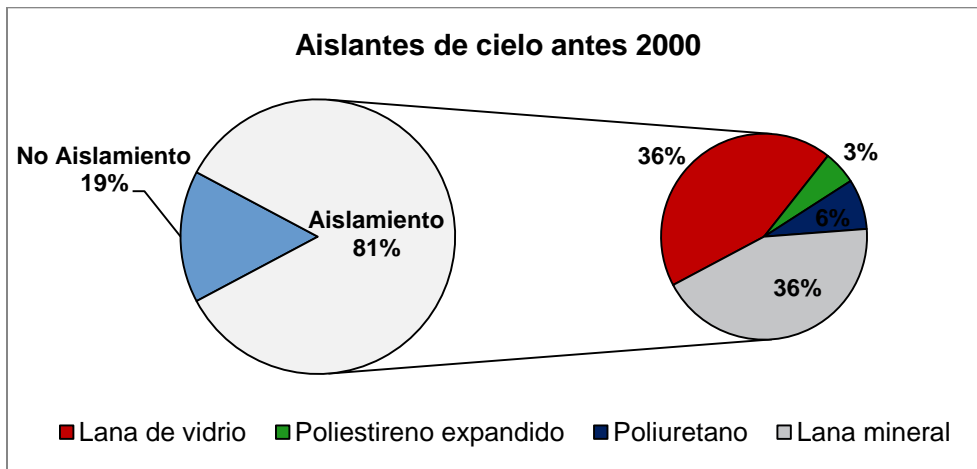


Gráfico 12. Aislantes de los cielos en Osorno, antes de 2000

Fuente: Ministerio de Energía 2010

Por otro lado, teniendo en cuenta el material aislante de los cielos según tipología de construcción, los datos obtenidos son los siguientes:

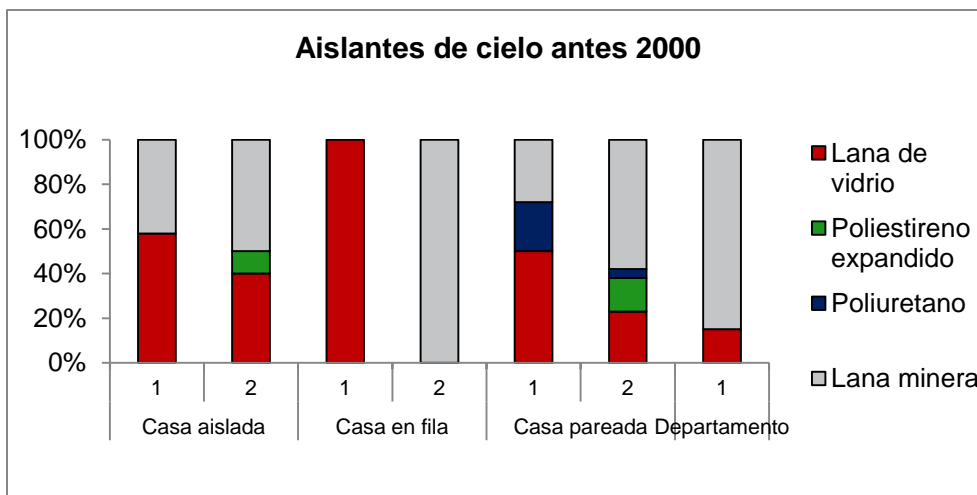


Gráfico 13. Aislante de cielo de las viviendas construidas antes del 2000 según geometría del hogar en Osorno

Fuente: Ministerio de Energía 2010

Viviendas construidas entre 2000 y 2007

El 100% de las viviendas construidas entre el 2000 y el 2007, que representan el 6% del total de viviendas de Osorno, poseen aislamiento en el cielo, pues que así lo exigía la primera RT.

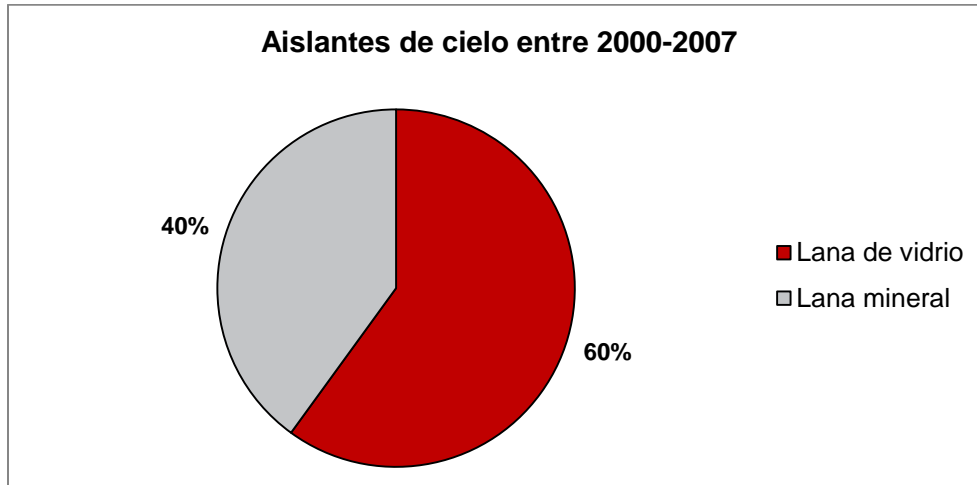


Gráfico 14. Aislantes de los techos en Osorno, entre 2000 y 2007

Fuente: Ministerio de Energía 2010

En el gráfico 14 se evidencia un mínimo cambio de tendencia en los materiales aislantes del cielo respecto a los que había antes del año 2000. Además, no se observa la existencia de aislantes como el poliestireno expandido o el poliuretano.

Como se podrá ver en el punto siguiente, (techos de viviendas posteriores a 2007) el poliestireno es el segundo material más usado según arquitectos y constructores, por lo que pudiera parecer extraño que no se usase entre 2000 y 2007. Tras analizar los resultados, se observa que la muestra de encuestas realizadas a viviendas construidas entre 2000 y 2007 es poco representativa, por lo que se considera que este dato no refleja la realidad constructiva de los techos de Osorno.

Viviendas construidas después de 2007

En el siguiente gráfico se observa la tendencia actual en el uso de aislante en cielos. Como se mencionaba anteriormente, se observa un cambio significativo respecto al dato obtenido para 2007.

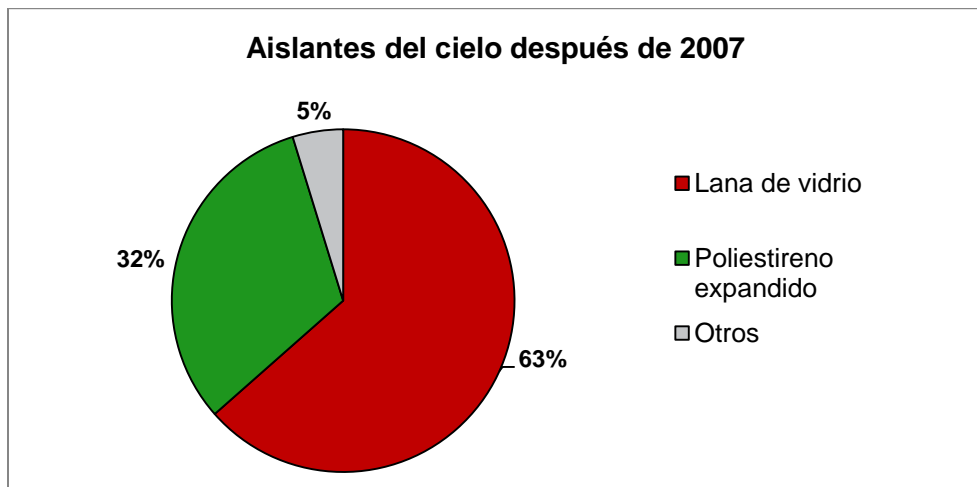


Gráfico 15. Aislantes de los cielos en Osorno, después de 2007

Encuesta elaborada para arquitectos y consultores de Osorno 2013

En este gráfico se observa el cambio de tendencia en los materiales utilizados, que no se evidenciaba en el gráfico 14. La lana de vidrio sigue siendo el principal aislante de las viviendas construidas después de 2007 (63%), pero el poliestireno expandido se convierte en uno de los más usados (32%). Nótese que el uso de la lana mineral ha disminuido notablemente, ya que otros materiales poseen una conductividad térmica más apta para conseguir las exigencias mínimas de la RT.

- **Ventanas**

Otro elemento de suma importancia a la hora de tener en cuenta las pérdidas de energía de una vivienda son las ventanas. La combinación de carpintería y vidrios de distintos materiales influye notablemente en las pérdidas térmicas de la vivienda. Así una ventana de madera y doble vidrio hermético, tendrá un flujo de calor hacia el exterior menor que una de acero y vidrio simple.

La RT de 2007 restringe su tamaño en función de su transmitancia térmica (U). Por ello, se evaluará este elemento antes y después de 2007.

Relativo al vidrio, las ventanas estaban formadas en prácticamente su totalidad (99,7%) por vidrios simples, mientras que los termopaneles representaban únicamente un 0,3% del total.

Viviendas construidas antes de 2007

La distribución de los marcos de las ventanas en las viviendas construidas antes del 2007 (94% del las viviendas totales)

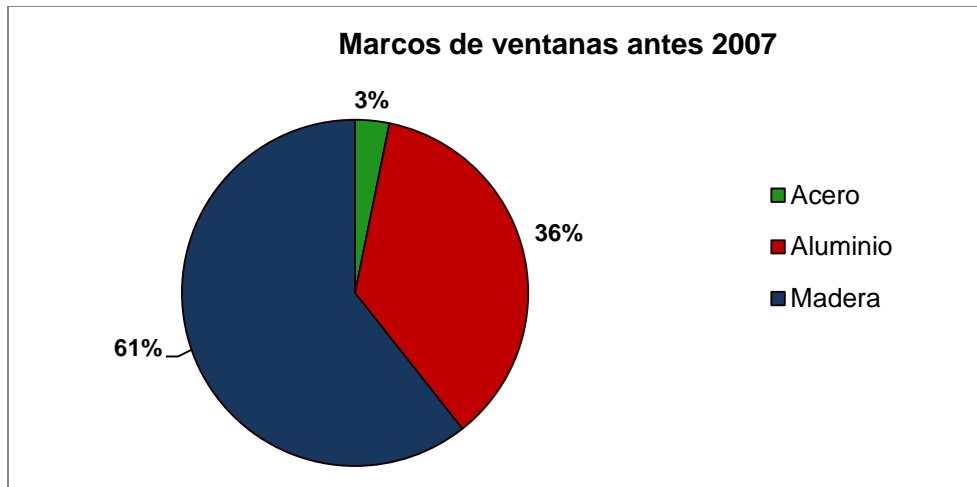


Gráfico 16. Marcos de las ventanas en Osorno, antes de 2007

Fuente: Ministerio de Energía 2010

La madera es el material más usado (61%), seguido del aluminio (36%) y por último el acero (3%). Antes de 2007 no se utilizaba el PVC como marco de ventana.

Viviendas construidas después de 2007

Como se comentaba anteriormente las nuevas exigencias respecto a ventanas han hecho que el porcentaje de termopaneles crezca. Hasta la actualidad se estima que el 90% de los vidrios instalados son simples, mientras los termopaneles han aumentado hasta el 10%, debido a que cada vez más se está privilegiando el costo de la inversión inicial en termopanel respecto al costo de calefacción de una casa, sobretodo en viviendas de más de 120 metros cuadrados.

Respecto a los marcos, el reparto de materiales en viviendas construidas a partir de 2007 (6% del total) es el siguiente:

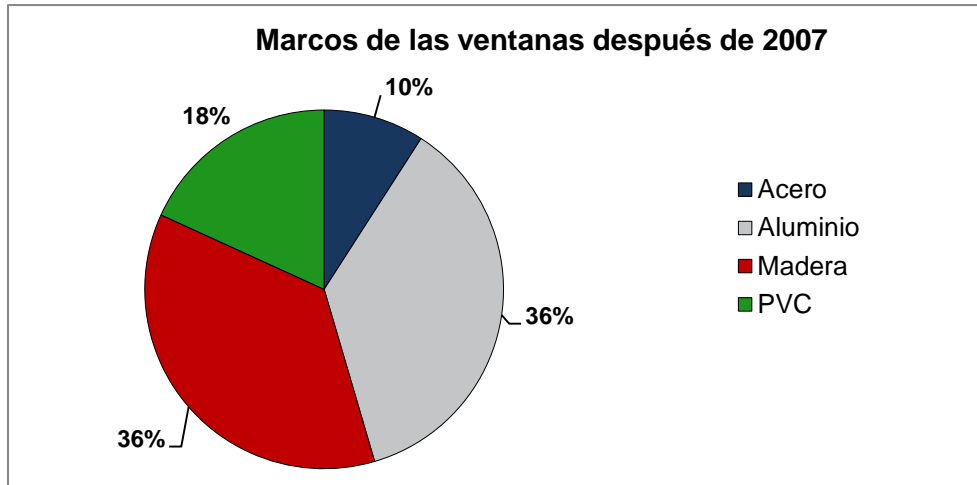


Gráfico 17. Marcos de las ventanas en Osorno, después de 2007
Fuente: Encuesta elaborada para arquitectos y consultores de Osorno 2013

Se observa como la madera y el aluminio siguen siendo los elementos más utilizados, pero la instalación de marcos de PVC aumenta.

4.3.4 Estrato socioeconómico

En Chile los estudios de mercado y el marketing clasifican a la población de acuerdo a su nivel de estudios y las cantidades de bienes en el hogar, en los siguientes grupos: ABC1, C2, C3, D y E. (Tabla 12).

Según esta clasificación, el grupo ABC1 correspondería a la clase alta, C2 a la clase media alta, C3 a la clase media, D a la clase media baja, y E a la clase baja.

Tabla 13. Clasificación de la población en función de su estrato socioeconómico

		Nº CANTIDADES DE BIENES DEL HOGAR (Ducha + TV color + Refrigerador + Lavadora + Calefont+ Microondas + TV Cable o Satelital + PC + Internet + Vehículo)										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
NIVEL DE ESTUDIOS	Sin estudios	E	E	E	E	E	D	D	D	D	C3	C3
	Básica incompleta	E	E	E	E	E	D	D	D	C3	C3	C3
	Básica Completa	E	E	D	D	D	D	D	C3	C3	C3	C3
	Media incompleta	D	D	D	D	D	D	D	C3	C3	C3	C2
	Media Completa	D	D	D	D	C3	C3	C3	C3	C2	C2	C2
	Técnica incompleta	C3	C3	C3	C3	C3	C2	C2	C2	C2	C2	ABC1
	Técnica completa o universitaria incompleta	C3	C3	C3	C3	C3	C2	C2	C2	C2	ABC1	ABC1
	Universitaria	C3	C3	C3	C3	C3	C2	C2	C2	ABC1	ABC1	ABC1

Fuente: Adimark. Investigaciones de Mercado y Opinión Pública 2007

Las encuestas entregadas por el Ministerio de Energía aúnan los estratos socioeconómicos D y E. Por ello, el análisis correspondiente a la población de Osorno se hará en función de los siguientes cuatro tipos de clases.

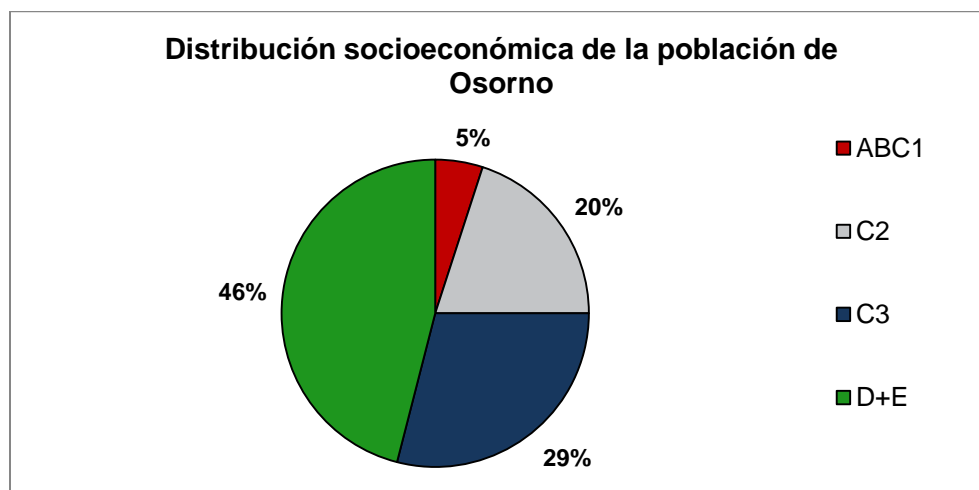


Gráfico 18. Distribución socioeconómica de Osorno

Fuente: Adimark. Investigaciones de Mercado y Opinión Pública 2007

Tal y como se puede observar, la mayoría de la población de Osorno, (46%), es considerada de clase baja, mientras que tan sólo un 5% pertenece a la clase alta.

En cuanto al tipo de vivienda que ocupa la población según su nivel socioeconómico, la distribución sería la siguiente:

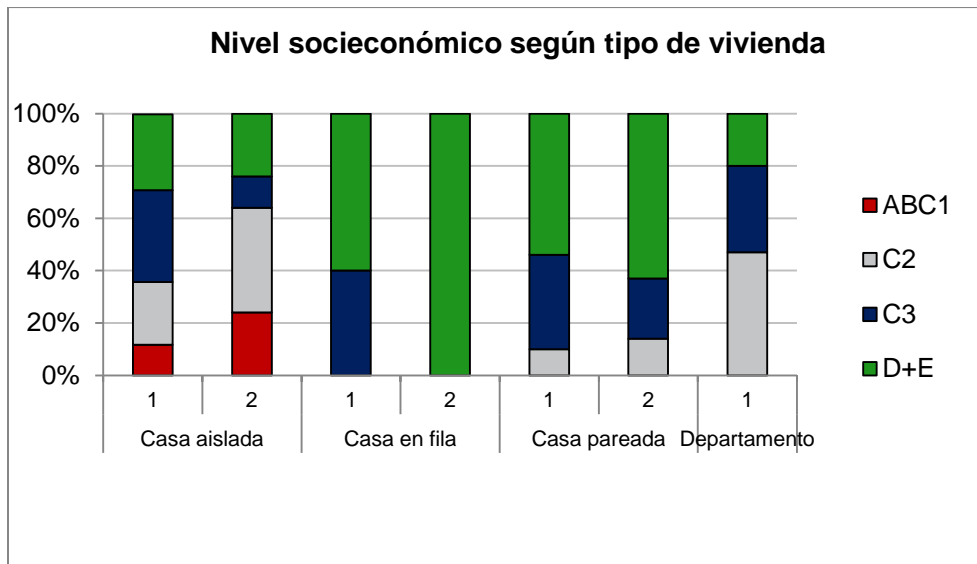


Gráfico 19. Nivel socioeconómico en Osorno según tipo de vivienda

Fuente: Ministerio de Energía 2010

Obsérvese como todos los encuestados pertenecientes al nivel socioeconómico ABC1, viven en una casa aislada. Según los estudios, el tamaño promedio de estas casas varía entre 92 y 150 m², la gran mayoría se construyeron antes de la entrada en vigor de la primera RT y la materialidad preferida para este tipo de construcciones es la madera en más de un 50%, tanto para casas aisladas de un piso como de dos.

El grupo C2, vive principalmente en casas aisladas de un piso (41%), seguido por casas departamentos (47%). Se puede observar que la mayoría de estas viviendas ocupadas por este grupo socioeconómico fueron construidas antes del año 2000, y que las materialidades predominantes son la madera en casas aisladas y hormigón armado en departamentos. Respecto a la aislación térmica, un 96% de los encuestados de este grupo no ha realizado intervenciones en la aislación de los muros, mientras que un 73% no lo ha hecho en las ventanas ni puertas.

El grupo C3 se caracteriza por vivir en casi todas las tipologías de viviendas con porcentajes similares. Un 94% de las viviendas de este grupo se construyeron antes del año 2000. De los ciudadanos encuestados, un 8% ha realizado obras de aislamiento en ventanas y/o puertas.

Del mismo modo, la población perteneciente al grupo D+E vive principalmente en casas en fila de un piso y de dos pisos. Las encuestas arrojan el dato de que un 95% del total se construyeron antes del año 2000. La materialidad predominante de las viviendas en este grupo es la madera (100%). Del total de encuestados, un 2% reconoció haber realizado alguna obra de aislamiento en muros, mientras que un 10% la había realizado en puertas y/o ventanas.

En el anexo 1 se presenta un resumen en el que se muestran todas las características de las viviendas típicas de Osorno, y sus porcentajes:

5. CLASIFICACIÓN DEL PARQUE DE VIVIENDAS

En este capítulo se va a clasificar el parque de viviendas con el fin de agrupar y estandarizar la variedad detectada hasta este punto.

Para ello se ha utilizado como guía el estudio del MINVU “Programa de inversión pública para fomentar el reacondicionamiento térmico del parque construido de viviendas”, que definía las tipologías según el coeficiente global de transferencia de calor (G_{VT}). Sin embargo, las tipologías de vivienda que determina este estudio no se corresponden con las detectadas en Osorno, por lo que se hará una clasificación en base a las características constructivas de la ciudad y posteriormente se compararán con las de la estudio del MINVU.

Luego de determinar las tipologías características de la ciudad de Osorno, se hará una proyección del parque de viviendas entre 2013 y 2025.

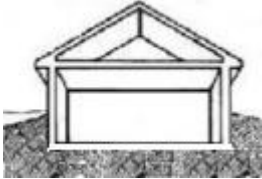
5.1 Clasificación del parque de viviendas

De la caracterización del parque de viviendas de Osorno realizada en el punto anterior, Creara ha definido las 11 tipologías que se consideran las más representativas de toda la ciudad y que han sido validadas por los arquitectos y las constructoras de la zona.

5.1.1 Vivienda aislada

Las características comunes para las viviendas aisladas tipo de 1 piso son:

Tabla 14. Características técnicas de la vivienda aislada tipo de 1 piso

	Superficie	70 m ²
	Material de construcción	Madera / tabiquería
	Muros	Madera
		Planchas de yeso cartón
	Techo	Entretecho
	Cielo	Yeso de cartón
		Lana de vidrio
		Listones de madera de pino
	Piso	Sin ventilación inferior
	Ventanas por casa	6 ventanas
	Pequeñas	2 de madera
Medianas	3 de madera	
Grandes	1 de aluminio	

Las características comunes para las viviendas aisladas tipo de 2 pisos son:

Tabla 15. Características técnicas de la vivienda aislada tipo de madera de 2 pisos



	Superficie	90 m ²
	Material de construcción	Madera / tabiquería
	Muros	Madera
		Aislamiento de lana de vidrio
		Planchas de yeso-cartón
	Techo	Entretecho
	Cielo	Yeso de cartón
		Lana de vidrio
		Listones de madera de pino
	Piso	Sin ventilación inferior
	Ventanas por casa	7 ventanas
Pequeñas	3 de madera	
Medianas	3 de aluminio	
Grandes	1 de aluminio	

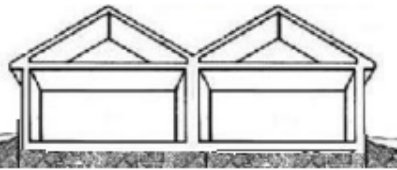
Tabla 16. Características técnicas de la vivienda aislada tipo de albañilería de 2 pisos

	Superficie	90 m ²
	Material de construcción	Albañilería
	Muros	Ladrillo
		Estuco exterior
		Planchas de yeso-cartón
	Techo	Entretecho
	Cielo	Yeso de cartón
		Lana de vidrio
		Listones de madera de pino
	Piso	Sin ventilación inferior
	Ventanas por casa	6 ventanas
	Pequeñas	2 de madera
Medianas	4 de aluminio	
Grandes	-	

5.1.2 Vivienda pareada

Las características comunes para las viviendas pareadas tipo de 1 piso son:

Tabla 17. Características técnicas de la vivienda pareada tipo de madera de 1 piso

	Superficie	48 m ²
	Material de construcción	Madera / tabiquería
	Muros	Madera / tabiquería
		Planchas de yeso-cartón
	Techo	Entretecho
	Cielo	Yeso de cartón
		Lana de vidrio
		Listones de madera de pino
	Piso	Sin ventilación inferior
	Ventanas por casa	4 ventanas
	Pequeñas	2 de madera
Medianas	2 de madera	
Grandes	0 ventanas	

Las características comunes para las viviendas pareadas tipo de 2 pisos son:

Tabla 18. Características técnicas de la vivienda pareada tipo de madera de 2 pisos

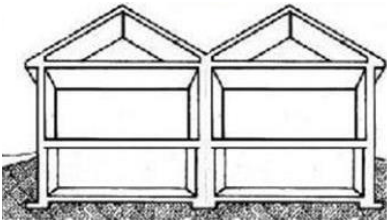
	Superficie	50 m ²
	Material de construcción	Madera / tabiquería
	Muros	Madera
		Lana de vidrio
		Planchas de yeso-cartón
	Techo	Entretecho
	Cielo	Yeso de cartón
		Lana de vidrio
		Listones de madera de pino
	Piso	Sin ventilación inferior
	Ventanas por casa	6 ventanas
	Pequeñas	2 de aluminio
Medianas	4 de aluminio	
Grandes	0 ventanas	

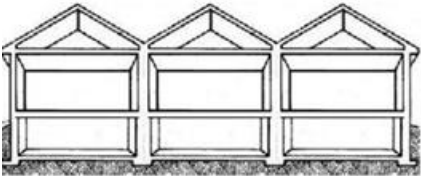
Tabla 19. Características técnicas de la vivienda pareada tipo de albañilería de 2 pisos

	Superficie	40 m ²
	Material de construcción	Albañilería
	Muros	Ladrillo
		Estuco
		Planchas de yeso-cartón
	Techo	Entretecho
	Cielo	Yeso de cartón
		Lana de vidrio
		Listones de madera de pino
	Piso	Sin ventilación inferior
	Ventanas por casa	5 ventanas
	Pequeñas	2 de aluminio
Medianas	3 de aluminio	
Grandes	0 ventanas	

5.1.3 Vivienda fila

Las características comunes para las viviendas fila tipo de 1 piso son

Tabla 20. Características técnicas de la vivienda fila tipo de madera de 1 piso

	Superficie	55 m ²
	Material de construcción	Madera / tabiquería
	Muros	Madera
		Lana de vidrio
		Yeso cartón
	Techo	Entretecho
	Cielo	Yeso de cartón
		Lana de vidrio
		Listones de madera de pino
	Piso	Sin ventilación inferior
	Ventanas por casa	6 ventanas
	Pequeñas	2 de madera
	Medianas	2 de madera
Grandes	0 ventanas	

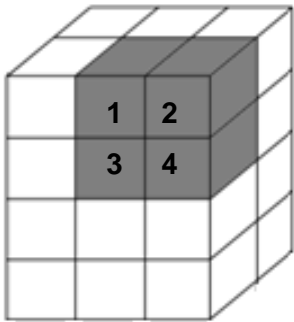
5.1.4 Departamento

Se van a estudiar 4 departamentos, que se corresponden con los números del dibujo:

- 1: Departamento situado en el último piso, entre otros dos. Posee 2 muros exteriores.
- 2: Departamento situado en la esquina del último piso. Posee 3 muros exteriores.
- 3: Departamento situado en el piso intermedio, entre otros dos. Posee 1 muro exterior.
- 4: Departamento situado en la esquina del piso intermedio. Posee 2 muros exteriores.

Sin tener en cuenta el lugar que ocupan dentro del edificio, las características comunes de los mismos son las que describen a continuación:

Tabla 21. Características técnicas de los departamentos tipo

	Superficie	62 m ²
	Material de construcción	Hormigón armado
	Muros	Hormigón armado
		Poliuretano
		Mortero de cemento
		Plancha yeso-cartón
	Techo	Entretecho
	Cielo (Departamentos 1 y 2)	Hormigón armado
		Lana Mineral
		Plancha yeso-cartón
Ventanas por casa	Según departamento (3 ó 6 ventanas)	
Pequeñas	Aluminio	
Medianas		
Grandes		

5.2 Análisis comparativo con las tipologías propuestas por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo

Como se comentaba en la introducción de este capítulo, a la hora de hacer la anterior clasificación se ha tenido en cuenta el estudio MINVU “Programa de inversión pública para fomentar el reacondicionamiento térmico del parque construido de viviendas”. Sin embargo, se observa que la clasificación dada en este estudio no es representativa para la ciudad de Osorno, por lo que en este apartado se realizará una equivalencia entre las tipologías propuestas por cada estudio.

La tipología 1 definida en el estudio del MINVU, corresponde a una casa pareada de un piso, con albañilería de ladrillos. En Osorno un 92% de las casas pareadas son de madera por lo que no se encuentran correspondencias con la clasificación propuesta en este estudio.

El modelo 2 corresponde a una casa pareada de dos pisos, con albañilería de ladrillos de 32m². Sus características son muy similares a las descritas en este estudio, para la vivienda pareada de dos pisos de albañilería.

La tipología 3 hace referencia a una casa aislada con ventilación inferior sobre pilotes de 1 piso, y de madera. Las características son muy similares a las de la vivienda aislada de 1 piso de este estudio, excepto en la ventilación inferior. Un 60% de las casas aisladas de

Osorno no tienen ningún sistema de ventilación inferior ya que las características climáticas de la zona no lo hacen necesario.

El modelo de vivienda 4 es un departamento de 3 pisos de hormigón armado y albañilería reforzada a máquina similar al modelo de departamentos de este estudio. Ambas tipologías difieren en la albañilería, y no se considera adecuada su correspondencia ya que el aislamiento térmico del edificio con hormigón más albañilería será mayor.

Las tipologías 5 y 6 del estudio del MINVU corresponden a una casa aislada de 1 piso y a una casa pareada de 2 pisos de 81m² respectivamente. No se encuentra correspondencia con las tipologías definidas en el presente estudio.

La tipología 7 define una casa pareada de 2 pisos, cuyos muros exteriores son de madera. En este caso, se observan muchas similitudes con la vivienda pareada de 2 pisos definida para este estudio.

El modelo 8 corresponde a una casa de 2 pisos mixta, con albañilería reforzada en el primer piso y madera en el segundo. No se observan similitudes con las tipologías definidas en el presente estudio.

Las características técnicas del modelo 9 hacen referencia a un departamento de 15 pisos de hormigón armado con revestimiento de estuco de mortero y cielo de yeso cartón. En Osorno, la mayoría de los edificios es de cuatro pisos, mientras que sólo un 15% del total tienen 15 pisos. La gran mayoría de los cielos de los departamentos son de hormigón yeso de cartón. Aunque las diferencias de transmitancia entre ambos techos sean elevadas, esta tipología es muy similar a la definida para los departamentos del estudio que se está llevando a cabo.

Por último, la tipología 10 refleja los departamentos de 6 a 10 pisos de hormigón armado con revestimiento de estuco de mortero y cielo estucado y pintado bajo losa. Como se mencionaba en el punto anterior, la media en Osorno son 4 pisos por edificio, sin embargo, el objeto de este estudio es el análisis energético de las viviendas individuales, por lo que se puede decir que esta tipología corresponde con la definida para los departamentos del presente estudio.

Tabla 22. Equivalencia entre tipologías propuestas

	Vivienda aislada			Vivienda pareada			Vivienda fila	Departamento
	1 piso madera	2 pisos madera	2 pisos albañilería	1 piso madera	2 pisos madera	2 pisos albañilería	1 piso madera	
Tipología 1	-	-	-	-	-	-	-	-
Tipología 2	-	-	-	-	-	✓	-	-
Tipología 3	✓	-	-	-	-	-	-	-
Tipología 4	-	-	-	-	-	-	-	-
Tipología 5	-	-	-	-	-	-	-	-
Tipología 6	-	-	-	-	-	-	-	-
Tipología 7	-	-	-	-	✓	-	-	-
Tipología 8	-	-	-	-	-	-	-	-
Tipología 9	-	-	-	-	-	-	-	✓
Tipología 10	-	-	-	-	-	-	-	✓

Fuente: Estudio del MINVU y Creara

5.3 Definición del coeficiente global de transferencia de calor para cada tipología de vivienda definida

Para poder hacer una comparativa sobre el consumo energético de cada una de las viviendas definidas en el punto anterior, se va a determinar el coeficiente global de transferencia de calor (G_{V1}) para cada una de las tipologías.

Recuérdese que G_{V1} es la energía perdida por cada grado de diferencia de temperatura entre interior y exterior, por m^3 de volumen útil. Cabe mencionar que este coeficiente es propio de cada vivienda, por lo que los resultados obtenidos variarán en función de las características de la vivienda (mayor o menor superficie de muros, número de puertas, materialidad del cielo, etc.). Los resultados que se obtengan de la comparación de las tipologías, son aplicables únicamente a viviendas de características similares.

Al calcular el G_{V1} de la vivienda sólo se tendrán en cuenta aquellos elementos que estén en contacto con el ambiente exterior. En el caso de los departamentos se han creado cuatro tipologías distintas, porque sus requerimientos energéticos variarán en función del lugar que ocupen dentro del edificio.

A continuación se presentan los valores de G_{V1} para cada tipología de vivienda. En el Anexo 3 se puede ver la materialidad, la transmitancia (U) y la resistencia térmica (R_T) global de los elementos de la envolvente de la vivienda.

En el caso del cálculo de las transmitancias, se han tenido en cuenta los siguientes supuestos:

- Tamaño de ventana: Pequeña (60cm x 40cm), mediana ((90cm x 100 cm), grandes (120cm x 120 cm).
- Tamaño de puerta: 80cm x 200cm + 4cm de marco por cada lado.
- Materialidad de la puerta: Pino

Tabla 23. Valores de G_{V1} para cada tipología de vivienda

		$U_i \cdot S_i + K_L \cdot L$ ($W/K \cdot m^2$) + ($W/K \cdot m$)	V (m^3)	G_{V1} ($W/m^3 \cdot K$)
Vivienda aislada	1 piso madera	207,45	297,50	0,70
	2 pisos madera	172,52	320,00	0,54
	2 pisos albañilería	410,83	320	1,28
Vivienda pareada	1 piso madera	141,34	204,00	0,69
	2 pisos madera	129,87	175,00	0,74
	2 pisos albañilería	204,42	138,75	1,47
Vivienda fila	1 piso madera	118,19	220,00	0,54
Departamento	Nº 1	176,56	186,00	0,95
	Nº 2	214,16	186,00	1,15
	Nº 3	78,29	186,00	0,42
	Nº 4	115,90	186,00	0,62

Fuente: Creara

Como puede observarse, el valor de G_{V1} de una vivienda está directamente relacionado con su volumen y con el valor de la U de todos sus elementos.

En el capítulo 6 se verá cómo afecta el valor de G_{V1} a la demanda y al consumo energético de las viviendas.

5.4 Proyección del parque de viviendas según la tipología definida

En este punto del estudio se proyectará el parque de viviendas entre los años 2013 y 2025, según las 11 tipologías definidas anteriormente.

Como en apartados anteriores, la proyección se ha realizado de acuerdo a tres escenarios. Uno optimista, uno base y uno pesimista que están relacionados con la evolución de la tasa de jefes de hogar y de las segundas residencias.

La proyección del 100% de las viviendas de Osorno, de acuerdo a lo expuesto y establecido en el apartado 5.1 del presente informe, se puede ver en la tabla 7.

La proyección de las distintas tipologías de viviendas se calculará a partir del porcentaje de cada tipo de vivienda en Osorno, obtenido en las encuestas recibidas por el Ministerio de Energía. Si bien este método pudiera no parecer exacto ya que las preferencias constructivas varían en función de la época, tras preguntar a varios arquitectos sobre la tendencia constructiva actual y la que preveían a futuro, han contestado que no evidencian variaciones significativas en el modelo de construcción de Osorno hasta 2025.

Hay que remarcar que estas 11 tipologías corresponden al 85% de las viviendas de Osorno, por lo que los datos resultantes representarán el 85% del parque total de viviendas.

A continuación se exponen las tablas en las que se puede observar la evolución de las distintas tipologías de viviendas definidas, a lo largo de los distintos escenarios establecidos.

Escenario base

Tabla 24. Proyecciones por tipología de vivienda 2013-2025 en el escenario base

	Casa aislada			Casa en fila	Casa pareada			Departamento				Total
	1 piso madera	2 pisos madera	2 pisos albañilería	1 piso madera	1 piso madera	2 pisos madera	2 pisos albañilería	nº 1	nº 2	nº 3	nº 4	
2012	4.393	3.295	2.196	3.661	13.178	9.518	1.464	285	569	569	1.139	40.267
2013	4.467	3.350	2.233	3.722	13.400	9.678	1.489	290	579	579	1.158	40.944
2014	4.541	3.406	2.270	3.784	13.622	9.838	1.514	294	589	589	1.177	41.624
2015	4.615	3.461	2.307	3.846	13.844	9.999	1.538	299	598	598	1.196	42.303
2016	4.689	3.517	2.344	3.907	14.066	10.159	1.563	304	608	608	1.216	42.981
2017	4.762	3.572	2.381	3.969	14.287	10.318	1.587	309	617	617	1.235	43.655
2018	4.837	3.628	2.418	4.031	14.511	10.480	1.612	314	627	627	1.254	44.339
2019	4.911	3.683	2.456	4.093	14.734	10.641	1.637	318	637	637	1.273	45.019
2020	4.986	3.739	2.493	4.155	14.957	10.803	1.662	323	646	646	1.293	45.703
2021	5.070	3.802	2.535	4.225	15.210	10.985	1.690	329	657	657	1.314	46.474
2022	5.157	3.868	2.579	4.298	15.471	11.174	1.719	334	669	669	1.337	47.274
2023	5.248	3.936	2.624	4.373	15.743	11.370	1.749	340	680	680	1.360	48.102
2024	5.341	4.006	2.671	4.451	16.024	11.573	1.780	346	692	692	1.385	48.961
2025	5.438	4.079	2.719	4.532	16.315	11.783	1.813	352	705	705	1.410	49.851

Fuente: Creara

Escenario optimista

Tabla 25. Proyecciones por tipología de vivienda 2013-2025 en el escenario optimista

	Casa aislada			Casa en fila	Casa pareada			Departamento				Total
	1 piso madera	2 pisos madera	2 pisos albañilería	1 piso madera	1 piso madera	2 pisos madera	2 pisos albañilería	nº 1	nº 2	nº 3	nº 4	
2012	4.393	3.295	2.196	3.661	13.178	9.518	1.464	285	569	569	1.139	40.267
2013	4.472	3.354	2.236	3.727	13.415	9.689	1.491	290	580	580	1.159	40.992
2014	4.551	3.413	2.276	3.793	13.654	9.861	1.517	295	590	590	1.180	41.720
2015	4.631	3.473	2.315	3.859	13.893	10.034	1.544	300	600	600	1.201	42.451
2016	4.711	3.533	2.355	3.926	14.132	10.206	1.570	305	611	611	1.221	43.181
2017	4.790	3.593	2.395	3.992	14.370	10.379	1.597	310	621	621	1.242	43.910
2018	4.871	3.653	2.435	4.059	14.613	10.554	1.624	316	631	631	1.263	44.650
2019	4.951	3.714	2.476	4.126	14.854	10.728	1.650	321	642	642	1.284	45.387
2020	5.032	3.774	2.516	4.194	15.097	10.904	1.677	326	652	652	1.305	46.131
2021	5.123	3.842	2.562	4.269	15.370	11.100	1.708	332	664	664	1.328	46.964
2022	5.217	3.913	2.609	4.348	15.652	11.305	1.739	338	676	676	1.353	47.827
2023	5.315	3.986	2.658	4.429	15.945	11.516	1.772	344	689	689	1.378	48.722
2024	5.416	4.062	2.708	4.514	16.249	11.735	1.805	351	702	702	1.404	49.649
2025	5.521	4.141	2.761	4.601	16.563	11.963	1.840	358	716	716	1.431	50.611

Fuente: Creara

Escenario pesimista

Tabla 26. Proyecciones por tipología de vivienda 2013-2025 en el escenario pesimista

	Casa aislada			Casa en fila	Casa pareada			Departamento				Total
	1 piso madera	2 pisos madera	2 pisos albañilería	1 piso madera	1 piso madera	2 pisos madera	2 pisos albañilería	nº 1	nº 2	nº 3	nº 4	
2012	4.393	3.295	2.196	3.661	13.178	9.518	1.464	285	569	569	1.139	40.267
2013	4.461	3.346	2.231	3.718	13.384	9.666	1.487	289	578	578	1.157	40.896
2014	4.530	3.398	2.265	3.775	13.590	9.815	1.510	294	587	587	1.174	41.525
2015	4.599	3.449	2.299	3.832	13.796	9.963	1.533	298	596	596	1.192	42.153
2016	4.667	3.500	2.333	3.889	14.000	10.111	1.556	302	605	605	1.210	42.778
2017	4.734	3.551	2.367	3.945	14.203	10.258	1.578	307	614	614	1.227	43.398
2018	4.803	3.602	2.401	4.002	14.408	10.406	1.601	311	623	623	1.245	44.026
2019	4.871	3.653	2.435	4.059	14.612	10.553	1.624	316	631	631	1.263	44.648
2020	4.939	3.704	2.469	4.116	14.817	10.701	1.646	320	640	640	1.280	45.273
2021	5.016	3.762	2.508	4.180	15.049	10.869	1.672	325	650	650	1.301	45.983
2022	5.097	3.822	2.548	4.247	15.290	11.043	1.699	330	661	661	1.321	46.718
2023	5.180	3.885	2.590	4.316	15.539	11.223	1.727	336	671	671	1.343	47.481
2024	5.266	3.949	2.633	4.388	15.798	11.410	1.755	341	683	683	1.365	48.271
2025	5.355	4.017	2.678	4.463	16.066	11.603	1.785	347	694	694	1.388	49.091

Fuente: Creara

6. GASTO ANUAL DE ENERGÍA EN CALEFACCIÓN

El fin de este capítulo es determinar la cantidad de energía necesaria para mantener una temperatura confortable dentro de la vivienda, para cada una de las tipologías propuestas anteriormente.

Para ello, en primer lugar se calculará la demanda energética (Q), y teniendo en cuenta este dato y el rendimiento del sistema de calefacción, se hallará el consumo energético teórico (C).

En el cálculo de la demanda de energía (Q) se ven involucrados no sólo los elementos de la envolvente térmica y sus superficies (muros, cielos, pisos, puertas y ventanas), sino también factores como el número de renovaciones de aire por hora, la velocidad del viento y los grados día de la zona térmica donde se ubique la vivienda. Por ello, los resultados serán aplicables únicamente a viviendas con características constructivas y climáticas similares. No se van a tener en cuenta los posibles aportes calóricos generados por las personas o los artefactos del hogar.

Q se calcula a partir del coeficiente volumétrico global de pérdidas térmicas totales (G_{V2}), que a su vez depende del coeficiente volumétrico de pérdidas térmicas por transmisión de envolvente (G_{V1}), ya calculado en el punto 5.3 del capítulo 5.

Asimismo, se ha considerado interesante calcular la Q para cada tipo de vivienda, en dos situaciones distintas. Una para aquellas casas construidas antes de 2007 que no cumplían las exigencias mínimas establecidas para aislación de muros, techos, pisos y ventanas en la RT de 2007, y otra para las construidas después de ese año cuando sí se cumplimentaban estos requisitos.

Luego de determinar Q , se calculará el consumo teórico de energía (C) mediante la aplicación del rendimiento del sistema de calefacción, en las dos situaciones planteadas anteriormente. Esto permitirá conocer el ahorro energético en el caso de que viviendas antiguas se remodelen para cumplir con la RT de 2007. Estas modificaciones serán cuantificadas económicamente en el capítulo 7.

6.1 **Determinación de la demanda energética de las viviendas**

Como se comentaba anteriormente, el cálculo de Q depende principalmente de las características de la envolvente y de la zona térmica en la que se encuentre la vivienda.

A continuación se introducirán una serie de conceptos necesarios para el cálculo de Q .

6.1.1 **Velocidad del viento**

En el caso de Osorno la velocidad del viento es de 6,98 km/h anuales según datos extraídos del SINCA (*Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire*), por lo que le corresponde un valor de R_{se} de 0,06 m²*K/W.

6.1.2 **Renovaciones de aire**

Tenido en cuenta tanto el efecto del uso de los distintos recintos que conforman la vivienda, como la velocidad del viento de Osorno se va a establecer un valor de renovación de aire $n=1$, que se cree representativo para la mayoría de las viviendas de Osorno.

6.1.3 **Grados día**

Los grados día de calefacción requeridos para lograr el confort térmico, con una temperatura base de 15°C, aumentan a medida que la vivienda se ubica más al sur. En el caso de Osorno, los grados día establecidos según la página web <http://www.degreedays.net> son 1.297.

Con estos datos se procede a calcular la demanda energética para cada una de las tipologías de vivienda establecidas.

Como se comentaba anteriormente, la mayoría de las viviendas de Osorno se han construido antes de que entrase en vigor la RT de 2007 (2007). Por ello, se calculará el valor de Q considerando dos escenarios:

- **Viviendas construidas antes de 2007:** no cuentan con la aislación térmica exigida en la actualidad.
- **Viviendas construidas después de 2007:** cumplen con las exigencias mínimas establecidas en la RT (Tabla 2), en todos los elementos de la envolvente.

Según estas consideraciones, se presenta en las siguientes tablas la demanda energética de cada uno de los tipos de vivienda:

Tabla 27. Valores de Q para viviendas construidas antes de 2007

	Casa aislada			Casa pareada			Casa fila	Departamento			
	1 piso madera	2 pisos madera	2 pisos alb	1 piso madera	2 pisos madera	2 pisos alb	1 piso madera	n° 1	n° 2	n° 3	n° 4
G_{V1} (W/m ³ K)	0,70	0,54	1,28	0,69	0,74	1,47	0,54	0,95	1,15	0,42	0,62
G_{V2} (W/m ³ K)	1,05	0,89	1,63	1,04	1,09	1,82	0,89	1,30	1,50	0,77	0,97
Q (kWh/año)	9.699	8.857	16.275	6.622	5.949	7.875	6.076	7.525	8.696	4.464	5.634

Fuente: Creara

Puede resultar extraño que la casa aislada de 1 piso tenga mayor demanda energética (**Q**) que la de 2 pisos. Sin embargo, es debido a que según las encuestas proporcionadas por el Ministerio de Energía, las viviendas de 1 piso no tienen ningún material aislante en muros, mientras que las que tienen dos pisos tienen lana de vidrio, que evita pérdidas de calor al exterior. Por otro lado, se observa que las viviendas que más calor demandan, son las aisladas de dos pisos de albañilería. Hay que tener en cuenta, que en Osorno, la mayoría de viviendas de estas características presentan muros sin aislar.

Tabla 28. Valores de Q para viviendas construidas después de 2007

	Casa aislada			Casa pareada			Casa fila	Departamento			
	1 piso madera	2 pisos madera	2 pisos alb	1 piso madera	2 pisos madera	2 pisos alb	1 piso madera	n° 1	n° 2	n° 3	n° 4
G_{V1} (W/m ³ K)	0,54	0,42	0,67	0,50	0,55	0,77	0,34	0,77	0,97	0,42	0,62
G_{V2} (W/m ³ K)	0,89	0,77	1,02	0,85	0,90	1,12	0,69	1,12	1,32	0,77	0,97
Q (kWh/año)	8.215	7.661	10.129	5.401	4.929	4.818	4.724	6.472	7.642	4.464	5.634

Fuente: Creara

Al llevar las viviendas a cumplimentar la RT, se sigue observando que las casas de 1 piso tienen una demanda energética (**Q**) mayor que las de 2 pisos. Si bien la RT de 2007 establece unas exigencias mínimas de transividad (U) y resistencia térmica (RT) en muros, en el caso de Osorno, tanto las viviendas de 1 como de 2 pisos construidas antes de 2007 están fabricadas en madera que es un gran aislante térmico y cumplen estos requerimientos. Por ello, en ninguno de los casos es necesario instalar un aislante adicional en muros.

El siguiente gráfico representa la **Q** de cada una de las tipologías de vivienda antes y después de la entrada en vigor de la segunda RT en el año 2007.

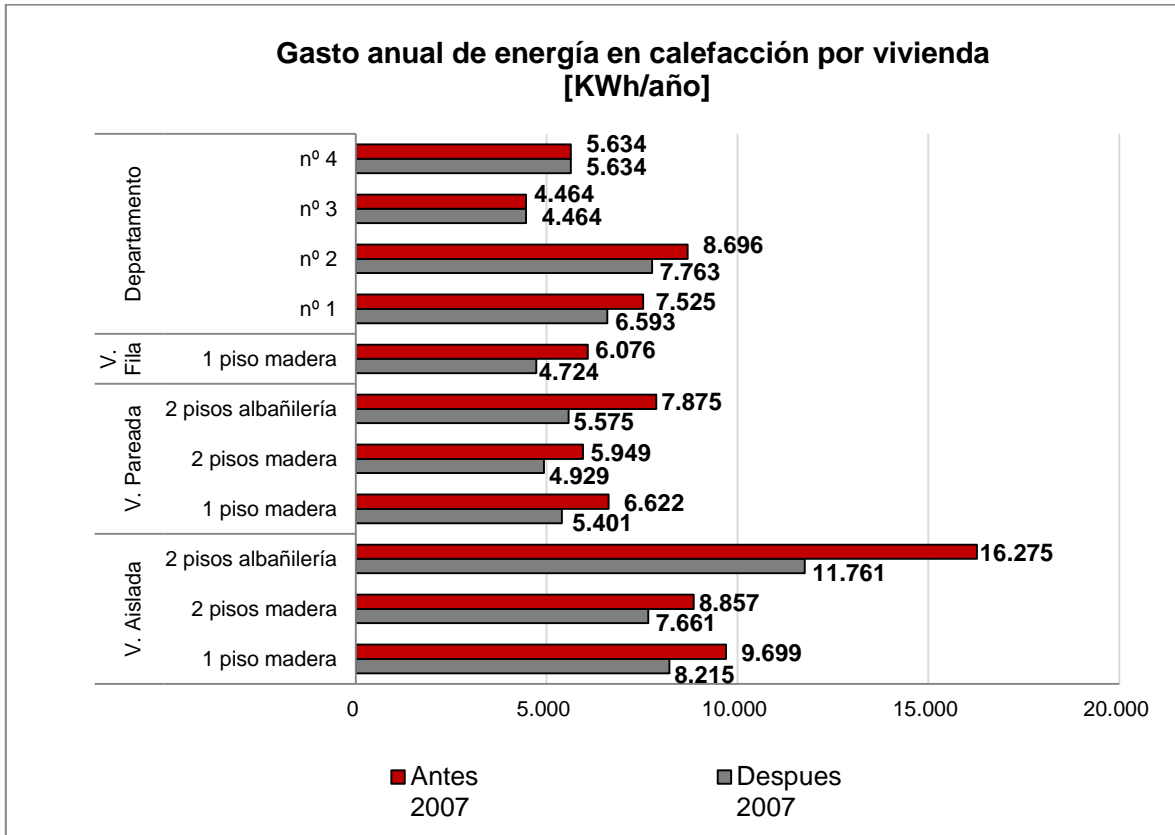


Gráfico 20. Demanda energética en Osorno antes y después de 2007

Fuente: Creara

Los ahorros de energía derivados la implementación en viviendas de las exigencias mínimas establecidas en la actual RT, se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 29. Ahorros de Q tras implementar las exigencias mínimas de la RT de 2007

Ahorro (kWh/año)	Casa aislada			Casa pareada			Casa fila	Departamento			
	1 piso madera	2 pisos madera	2 pisos alb	1 piso madera	2 pisos madera	2 pisos alb	1 piso madera	nº 1	nº 2	nº 3	nº 4
	15%	13%	28%	18%	17%	29%	22%	12%	11%	0%	0%

Fuente: Creara

Se puede observar que en el caso de los departamentos nº3 y nº4 no se producen cambios en Q , esto es debido a que todos los elementos de la envolvente cumplen con la normativa actual.

De los datos obtenidos, se puede extraer que la implantación de los estándares de aislación térmica de la RT de 2007, generarían un ahorro promedio de la demanda energética del 17% en la ciudad de Osorno.

6.2 Estimación de la demanda energética del parque de viviendas existente y proyectado

Una vez obtenida la Q de cada una de las tipologías de vivienda definidas para Osorno, se calculará cuáles son las necesidades energéticas de toda la ciudad.

Como se vio anteriormente, las demandas energéticas de las viviendas construidas antes y después de 2007 varían en la mayoría de las tipologías, por ello se han tenido en cuenta ambos datos a la hora de la estimación de la demanda energética del parque existente y proyectado a 2025.

Cabe destacar que la demanda energética Q se ha determinado para las 11 tipologías de vivienda mencionadas anteriormente, que representan el 85% del total de las viviendas de Osorno.

Tabla 30. Estimación de la demanda del parque de viviendas proyectado

	Demanda (GWh)		
	Escenario Base	Escenario Optimista	Escenario Pesimista
2012	303	303	303
2013	308	308	307
2014	312	312	311
2015	316	317	315
2016	320	321	319
2017	324	326	323
2018	328	330	327
2019	333	335	330
2020	337	339	334
2021	342	345	339
2022	346	350	343
2023	352	355	348
2024	357	361	353
2025	362	367	358

Fuente: Creara

En el gráfico que se presenta a continuación, se puede observar la variación de la **Q** en función de las estimaciones de población y de viviendas, planteadas en los tres escenarios.

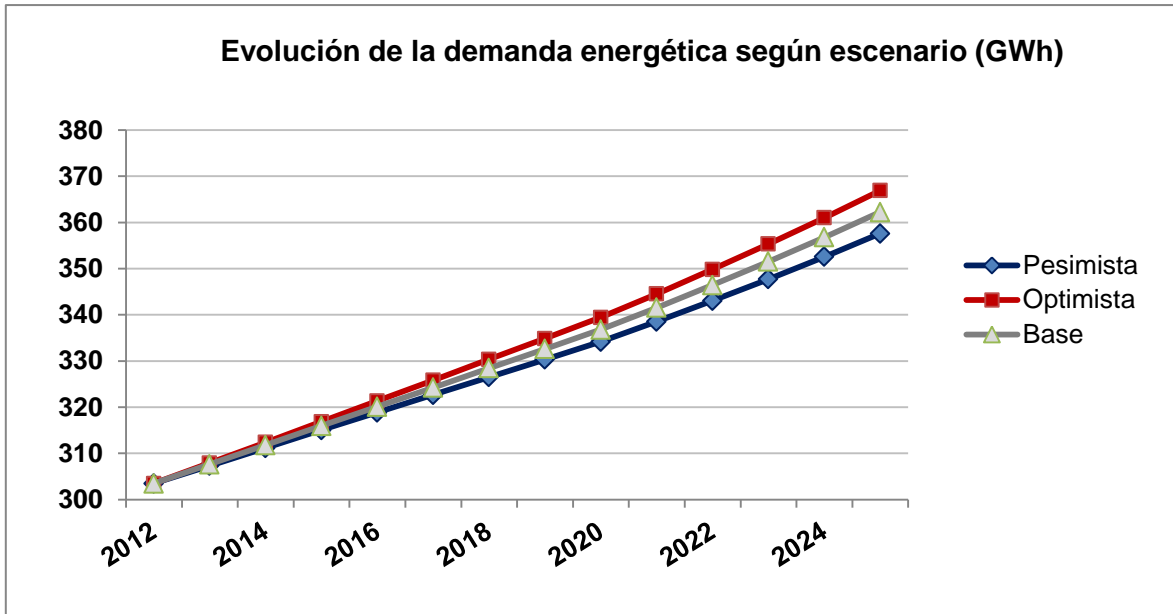


Gráfico 21. Evolución de la demanda energética en Osorno según escenario

Fuente: Creara

Como es evidente, el número de viviendas está directamente relacionado con el consumo energético del sector residencial de Osorno. Se observa que si el escenario real es similar al base, la demanda energética ascenderá a 362 GWh en 2025, si lo es al escenario optimista llegará a los 367 GWh, y en el caso de ser pesimista a los 358 GWh.

6.3 Determinación del consumo energético teórico de las viviendas

El consumo energético teórico (**C**) de las viviendas es el gasto energético que realmente tiene el edificio. Depende fundamentalmente de las pautas de comportamiento de las personas que vivan en la casa y del rendimiento de los equipos.

Debido a que el rendimiento del equipo de calefacción no es del 100%, la demanda energética de las viviendas será inferior al consumo real. Los rendimientos se expresan siempre en valores de tanto por uno.

En el caso de este estudio, se utilizará un rendimiento del sistema de calefacción del 55%.

Del mismo modo que ocurría con **Q**, el consumo teórico se ha calculado en base al 85% del total de las viviendas de Osorno, que corresponden a las 11 tipologías definidas anteriormente.

Tabla 31. Estimación del consumo del parque de viviendas proyectado

	Consumo (GWh)		
	Escenario Base	Escenario Optimista	Escenario Pesimista
2012	552	552	552
2013	559	560	559
2014	567	568	566
2015	574	576	573
2016	582	584	580
2017	590	592	587
2018	597	601	594
2019	605	609	601
2020	612	617	608
2021	621	626	616
2022	630	636	624
2023	639	646	632
2024	649	656	641
2025	659	667	650

Fuente: Creara

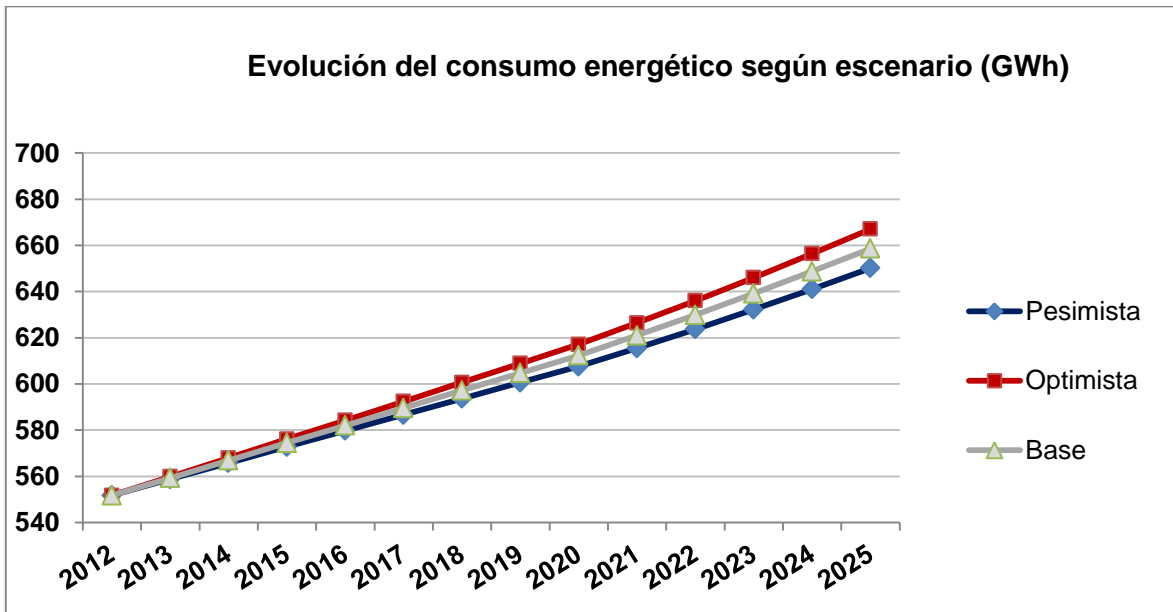


Gráfico 22. Evolución del consumo energético en Osorno según escenario

Fuente: Creara

Los cálculos ofrecen los siguientes resultados para el 85% de las viviendas de Osorno: en el caso de que el escenario real de 2025 sea similar al escenario base planteado, el consumo energético ascenderá a 659 GWh en 2025, si lo es al escenario optimista llegará a los 667 GWh, y en el caso de ser pesimista a los 650 GWh.

6.4 Comparación con consumos de energía de Osorno

En este punto, se ha visto coherente comparar los resultados obtenidos del consumo energético teórico calculados en los puntos anteriores mediante la transmitancia de la envolvente térmica, con los datos de consumo real de la ciudad de Osorno proporcionados por las encuestas realizadas por el Ministerio de Energía, para el estudio “Estudio de usos finales y curva de la oferta de conservación de la energía del sector residencial de Chile”.

Dicha encuesta recoge, para 130 viviendas de Osorno, los consumos reales promedio de calefacción obtenidos a partir de facturas. Se han extrapolado los datos ofrecidos por estas encuestas al total de las viviendas de Osorno en 2010 (45.918) y los resultados son los obtenidos en la siguiente tabla:

Tabla 32. Estimación del consumo del parque de viviendas proyectado en Osorno a partir de las encuestas del Ministerio de Energía (2010)

	Casa Aislada		Casa Pareada		Casa Fila	Departamento			Total
	1 piso	2 pisos	1 piso	2 pisos	1 piso	1 muro	2 muros	3 muros	
GWh/año	102	117	238	137	48	1	10	27	680

Fuente: Creara

El término “muro” hace referencia al número de muros en contacto con el exterior. Los departamentos de 1 muro corresponden al departamento N°3, los de 2 muros N° 1 y 4 y el de 3 muros al N° 2.

Se observa que, el consumo extrapolado a partir de las facturas en 2013 ascendió a 680 GWh. Hay que tener en cuenta que esta extrapolación tiene una incertidumbre asociada a que, como se comentó en capítulos anteriores, el tamaño muestral mínimo representativo para la ciudad de Osorno sería de 202 encuestas y sólo se dispone de 130.

Por otro lado, se ha determinado el consumo teórico de calefacción a partir de las transmitancias de los elementos de la envolvente de la vivienda. Tal y como se ha visto en el punto anterior, el sistema de calefacción que ofrece un rendimiento del 55%, según el cual el consumo teórico en el año previsto asciende a 659 GWh (en el escenario base).

Tabla 33. Estimación del consumo del parque de viviendas proyectado en Osorno a partir de la transmitancia (2013)

	Optimista	Base	Pesimista
GWh/año	559	560	559

Asumiendo como real el escenario base, estos datos conllevan una diferencia aproximada de 120 GWh entre el consumo extrapolado real a partir de facturas y el consumo estimado por transmitancia. Por ello que se concluye que en Osorno existe un sobreconsumo de energía. En cualquier modo, sería recomendable enfocar esfuerzos en la aplicación de medidas relacionadas con la educación de la población en eficiencia energética, para que el consumo real fuese más similar al necesario.

7. MEDIDAS DE MEJORA DE AISLACIÓN TÉRMICA

Tras el análisis de las encuestas enviadas por el Ministerio de Energía, se extrae que en Osorno el punto más crítico de consumo energético es la calefacción, por lo que se ha considerado que para mejorar en este punto, es necesario implementar medidas de eficiencia energética referidas a la mejora de la aislación térmica de la vivienda con el fin de disminuir el flujo de calor a través de la envolvente.

En este capítulo Creara determina y evalúa una serie de medidas de aislación térmica que serán evaluadas para cada una de las tipologías de vivienda establecidas. Se ha planteado una primera batería de medidas que consiste en llevar a las viviendas que no cumplen con la actual RT a cumplir los requisitos mínimos establecidos en ella. Estas medidas están basadas en la actuación sobre techos y suelos, ya que los muros de las viviendas tipo sí dan cumplimiento a la RT. La segunda tanda de medidas se implementará en aquellas viviendas posteriores a 2007, que sí dan cumplimiento a la RT de 2007.

La evaluación de estas medidas incluye la identificación del costo unitario de inversión, de mantención, y de mano de obra, la eficiencia de aislación y el periodo de retorno simple o periodo de recuperación de la inversión. En este punto es necesario remarcar que en Osorno un 84% del total de la energía consumida proviene de la leña. La especie más usada en Osorno, según las principales ventas de los comerciantes, es el Hualle, por lo que los ahorros tanto económicos como energéticos se harán en base a esta especie. Se ha utilizado como valor calorífico referencial el indicado para Roble a una humedad promedio del 40%, y el costo se ha extraído del estudio de costo y calidad de leña para Osorno, de O’Ryan.

Posteriormente se evalúa cada medida de aislación térmica en cada una de las tipologías de viviendas identificadas, evaluando la factibilidad de ser aplicadas.

Otro punto que se ha tenido en cuenta es la comparación de la RT de 2007 con la modificación de la misma. Además, ambas reglamentaciones se han comparado con el Código Técnico de la Edificación (CTE) español.

Por último se compararán los resultados del análisis con implementaciones reales de aislación térmica en Chile.

7.1 Medidas de aislación térmica

En la aplicación de medidas primero se evaluará la factibilidad de llevar a las viviendas de antes de 2007 a cumplir con las exigencias de la actual RT, y posteriormente se evaluarán una serie de medidas relacionadas con las ventanas y con el aislamiento de tuberías y conductos de agua caliente sanitaria (ACS) y calefacción, para aquellas viviendas que cumplimentan la RT.

A continuación se muestran las ocho medidas de eficiencia energética definidas, relativas a la aislación térmica de las viviendas.

Tabla 34. Medidas de aislación térmica de la envolvente

Medida 1	Cumplir las exigencias de la RT de 2007. Techumbre
Medida 2	Cumplir las exigencias de la RT de 2007. Piso
Medida 3	Cumplir las exigencias de la RT de 2007. Muro
Medida 4	Cambio de ventanas simples por termopanel (doble vidriado hermético)
Medida 5	Cambio de ventanas simples por termopanel Low-E* (doble vidriado hermético)
Medida 6	Instalación de ventanas de doble marco
Medida 7	Instalación de cortinas <i>blackout</i>
Medida 8	Aislamiento de tuberías y conductos
Medida 9	Sellado de infiltraciones

* Termopanel LOW-E: Doble vidriado hermético formado por vidrio exterior de baja emisividad térmica LOW-E.

La medida referida a los muros de las viviendas se evaluará únicamente en muros de albañilería. Esto es debido a que la madera ofrece una resistencia térmica muy elevada, por lo que el valor de la transmitancia es, en general, muy bajo. De hecho, las viviendas construidas antes de 2007 ya cumplían con los valores mínimos de R_T y U exigidos para muros en la RT de 2007 para la zona térmica 5. Sin embargo, en el caso de las viviendas de albañilería, no se cumplen los valores de la RT.

Tras las encuestas realizadas a arquitectos y consultoras, se determinó que los materiales más usados para el aislamiento son el poliestireno expandido y la lana de vidrio. Finalmente, en el caso del cielo se optó por la lana de vidrio, ya que la mayoría de casas de Osorno con aislamiento en techumbre tenían este material, por lo que sólo habría que añadir otra capa con el espesor necesario, que proporcionase el aislamiento deseado.

En cuanto al espesor del aislante, la RT establece dos maneras para determinarlo una es mediante el R_{100} del aislante y otra por la U total del elemento. En este caso se estudiará mediante la U de cada elemento, cuya variación tras aplicar las medidas, dará como resultado un nuevo consumo energético (C).

Los costos tanto de los materiales como de la mano de obra se han extraído de la herramienta “*Generador de costos*” creada por CYPE Ingenieros, que permite obtener costos para obra nueva y rehabilitación, con las previsiones de costos ajustadas al máximo a la realidad. Es un camino directo para llegar al costo real del proyecto, ya que permite la obtención de costos de construcción ajustados al mercado.

A continuación se muestra una tabla con las características económicas de cada una de las medidas.

Tabla 35. Características de las medidas de aislación térmica de la envolvente

	Costo Unitario (\$/m ²)	Costo de inversión ⁽¹⁾ (\$/m ²)	Costo de mantención 10 años (\$)	% eficiencia de aislación promedio	Vida útil (años)
Medida 1 Casas	29.181	29.863	-	6%	La vida del edificio
Medida 1 Departamentos	13.419	15.101	926	13%	La vida del edificio
Medida 2	45.251	50.484	1.010	9%	La vida del edificio
Medida 3	1.716	2.645	929	20%	La vida del edificio
Medida 4	103.881	125.253	24.095	4%	La vida del edificio
Medida 5	154.815	175.498	38.610	7%	La vida del edificio
Medida 6	66.785	76.792	16.894	6%	La vida del edificio
Medida 7	36.577	51.577	-	8%	20 años
Medida 8	2.252	3.045	149	40% ⁽²⁾	5 años
Medida 9	448	448	-	10%	2 años

⁽¹⁾ El costo de inversión representa la suma del costo unitario del elemento o equipo a instalar, la mano de obra y el costo de retiro derivado de la retirada del equipo o elemento a sustituir, en caso de ser necesaria

⁽²⁾ 40% de las pérdidas de calor producidas a través de tuberías y conductos de ACS y calefacción.

Fuente: Creara

Como se puede observar, a simple vista parece que la medida más eficiente es la instalación de aislante en los muros de las viviendas de albañilería, con un costo de 2.645 \$/m² y una mantención decenal de 929 \$/m². Más adelante se evaluarán las medidas para cada tipo de vivienda.

A continuación se expondrá una tabla en la que se puede ver la compatibilidad de las medidas propuestas:

Tabla 36. Compatibilidad de las medidas propuestas

	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Medida 4	Medida 5	Medida 6	Medida 7	Medida 8	Medida 9
Medida 1		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Medida 2	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Medida 3	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓
Medida 4	✓	✓	✓		✗	✗	✓	✓	✗
Medida 5	✓	✓	✓	✗		✗	✓	✓	✗
Medida 6	✓	✓	✓	✗	✗		✓	✓	✗
Medida 7	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓
Medida 8	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓
Medida 9	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✓	✓	

Fuente: Creara

Tabla 37. Compatibilidad de las medidas propuestas con la tipología de vivienda

	Casa aislada			Casa pareada			Casa fila	Departamento			
	1 piso madera	2 pisos madera	2 pisos alb	1 piso madera	2 pisos madera	2 pisos alb	1 piso madera	nº 1	nº 2	nº 3	nº 4
Medida 1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗
Medida 2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗
Medida 3	✗	✗	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗
Medida 4	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Medida 5	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Medida 6	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Medida 7	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Medida 8	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗
Medida 9	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Fuente: Creara

Como se puede observar, las medidas propuestas son aplicables a todas las tipologías de viviendas, excepto aquellas que hacen referencia al aislamiento de techumbre, que en departamentos 3 y 4 no tiene consistencia ya que las pérdidas térmicas de este elemento no se han tenido en cuenta porque no están en contacto con el ambiente exterior sino con otros pisos, y aquellas relacionadas con el cambio del piso en departamentos, ya que en la clasificación propuesta no se han tenido en cuenta departamentos cuyo suelo esté en contacto con el terreno. Asimismo, la medida 8 sólo es aplicable en aquellas viviendas cuyas tuberías y conductos de ACS (agua caliente sanitaria) y calefacción, estén en contacto con el ambiente exterior.

7.2 Medidas para cumplir las exigencias de la RT de 2007

Con esta primera medida lo que se pretende es que aquellas viviendas construidas antes de 2007, mejoren sus características de la envolvente térmica para cumplir con las exigencias mínimas de la normativa actual.

Tabla 38. Exigencias mínimas de U y R_T según la RT de 2007, para la zona térmica 5

	Techos		Muros		Pisos	
	U	R_T	U	R_T	U	R_T
Zona 5	0,33	3,03	1,60	0,63	0,50	2,00

Fuente: Manual de aplicación de la reglamentación técnica

Como se comentaba en puntos anteriores, esta RT afecta a muros, techos y pisos. En el caso de los muros no será necesario hacer ningún cambio ya que la madera es un material muy aislante y las casas construidas antes de la RT ya cumplían con las exigencias mínimas. Incluso en el caso de las viviendas pareadas y aisladas de 1 piso, en las que los muros sólo estaban conformados únicamente por listones de madera y por planchas de yeso cartón, la U ($0,85\text{W/m}^2\text{K}$), ya daba cumplimiento a las exigencias mostradas en la tabla 38.

El estudio “Evaluación Independiente del Programa de Reacondicionamiento Térmico. Informe Final”, elaborado para el Ministerio de Energía y el MINVU, determina la importancia de aislar el cielo en mayor medida que los muros, ya que el flujo térmico a partir del primero es mayor. En este caso existe una gran variación en el flujo térmico durante los primeros 50mm, tendiendo a mantenerse constante a partir de este valor. La RT de 2007 exige un valor de aislación de techumbre que asegure que el flujo térmico de este complejo sea menor de $0,33$ (W/Km^2). (Los cálculos relacionados con las medidas propuestas para cumplir con la RT se encuentran en el Anexo 5)

7.2.1 Aislación de techumbres

En este punto se analizará por un lado cómo afecta la aislación en casas y por otro en departamentos, ya que los aislantes empleados no son los mismos.

El complejo de techumbre está compuesto en el caso de casas por yeso de cartón (10mm), lana de vidrio (40mm), y listones de madera de pino (30mm). Los espesores de los materiales provienen de las encuestas recibidas por arquitectos y constructoras de la ciudad de Osorno y estudios como “Aprovechamiento energético en viviendas habitacionales para tres zonas climáticas de Chile”, o el “Programa de Inversión Pública para fomentar el reacondicionamiento térmico del parque construido de viviendas de Chile”. En estos dos últimos casos se han cogido los espesores de aquellas zonas térmicas nº 5, correspondiente a la de Osorno. La U de este complejo es de 0,65, y como se puede observar en la tabla 38, no cumple con las exigencias mínimas de 0,33 W/Km². Por ello, se plantea que a la capa de lana de vidrio actual se añada otra con un espesor suficiente que permita que la transmitancia del techo entre dentro de los valores mínimos exigidos por la RT de 2007.

Como se comentaba anteriormente, existen dos maneras de determinar el espesor mínimo que debe tener la capa de aislante para cumplir los valores determinados por la RT de 2007:

- Por medio del R_{100} del material aislante, cuya fórmula es la que se expone a continuación:

$$e_{aisl} = \left(\frac{R_{100} * \lambda}{100} \right)$$

Donde

R_{100} : Sus valores vienen determinados en el Manual de aplicación de la RT. O.G.U.C. Art. 4.1.10

- Por medio de los valores de U a los que se desea llegar: basta con aplicar la siguiente expresión:

$$e_{aisl} = \lambda_{aisl} * \left(\frac{1}{U} - R_{si} - R_{se} - \frac{e_{mat}}{\lambda_{mat}} \right)$$

En este caso los cálculos se realizarán por medio de los valores de la transmitancia (U). De la fórmula anteriormente mostrada, se obtiene que en el caso de una vivienda en

Osorno con las características de techumbre mencionadas anteriormente, el espesor del aislante debe ser:

Tabla 39. Espesor mínimo de aislante de techumbre de casas para cumplir la RT de 2007

Elemento	e (m)	Λ (W/m ² *K)	R (K ² *m ² /W)	R _{si} (K ² *m ² /W)	R _{se} (K ² *m ² /W)	R _T (K ² *m ² /W)	U _{TECHO} (W/K ² *m ²)
Yeso de cartón	0,01	0,24	0,05	0,09	0,06	3,51	0,28
Lana de vidrio	0,115	0,038	3,03				
Madera de pino	0,03	0,10	0,29				

Fuente: Creara

Considerando que, según las encuestas recibidas por los arquitectos y las constructoras de Osorno el espesor habitual de la lana de vidrio colocada en el cielo de las viviendas de madera es de 40mm, deberán adicionarse 75mm extra de lana de vidrio (sus características técnicas pueden verse en el anexo 4) para alcanzar los 115mm necesarios para conseguir una transmitancia final del acorde con la reglamentación térmica. El ahorro en el consumo energético (**C**) que se derivaría de la implementación de esta medida en casas, es el siguiente:

Tabla 40. Ahorro de C. Medida 1 para casas

	Casa aislada			Casa pareada			Casa fila
	1 piso madera	2 pisos madera	2 pisos albañilería	1 piso madera	2 pisos madera	2 pisos albañilería	1 piso madera
C (kWh/año) sin RT	17.634	16.103	29.590	12.040	10.817	14.318	11.047
C (kWh/año) con RT	16.190	15.278	28.765	11.051	10.404	14.008	9.913
Ahorro %	8%	5%	3%	8%	4%	2%	10%

Fuente: Creara

Los costos que conlleva la implementación de esta medida se presentan a continuación:

Tabla 41. Costos. Medida 1 para casas

	Situación actual	Medida 1
	Lana de vidrio de 40 mm	Lana de vidrio de 75 mm
U_{TECHUMBRE} (W/K*m²)	0,79	0,28
Valor unitario (\$)	-	29.181
Costo de retiro (\$/m²)	-	-
Mano de obra (\$/m²)	-	682
Total (\$/m²)	-	29.863
Costo mantenimiento 10 años (\$)	-	-

Fuente: Creara

Los costos derivados del retiro del material no se tendrán en cuenta ya que únicamente será necesaria la adición de una capa más de lana de vidrio. Para dicho material no se han obtenido costos de mantenimiento a 10 años.

A continuación se muestra cuál es el costo final de la aplicación de la medida 1 en las casas. Cabe mencionar que en Osorno, un 97% de la energía usada en calefacción proviene de la quema de leña de Hualle. Por ello, los ahorros económicos se han visto referidos a este combustible.

Tabla 42. Evaluación. Medida 1 para casas

	Casa aislada			Casa pareada			Casa fila
	1 piso madera	2 pisos madera	2 pisos albañilería	1 piso madera	2 pisos madera	2 pisos albañilería	1 piso madera
Costo Total (\$)	2.090.411	1.194.521	1.194.521	1.433.425	597.260	447.945	1.642.466
Ahorro (kWh/año)	1.444	825	825	990	412	309	1.134
PCI Hualle (Kcal/kg)	2.190	2.190	2.190	2.190	2.190	2.190	2.190
PCI Hualle (kWh/kg)	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55
Ahorro Hualle (kg/año)	566	323	323	388	162	121	445
Costo Hualle (\$/kg)	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00
Ahorro Hualle (\$/año)	36.231	20.703	20.703	24.844	10.352	7.764	28.467
PRS (años)	58	58	58	58	58	58	58

Fuente: Creara

Como se puede observar, en todos los casos presentados el periodo de retorno simple (PRS) es de 58 años, debido a que el ahorro derivado del aislante en el techo es proporcional al costo total de la implementación. Para el cálculo del PRS no se ha tenido en cuenta el mantenimiento decenal.

En el caso de los departamentos n° 1 y n° 2, se observa que antes de la entrada de 2007 estaban aislados con una capa de 40mm de lana mineral. Se plantea su cambio por poliestireno expandido (sus características técnicas pueden verse en el anexo 5), ya que su capacidad aislante es mayor. Según la ecuación planteada anteriormente, el espesor que debería tener el aislante, se presenta a continuación:

Tabla 43. Espesor mínimo de aislante de techumbre de departamentos para cumplir la RT de 2007

Elemento	e (m)	Λ (W/m ² *K)	R (K ² *m ² /W)	Rsi (K ² *m ² /W)	Rse (K ² *m ² /W)	R _T (K ² *m ² /W)	U _{TECHO} (W/K ² *m ²)
Hormigón armado normal	0,12	1,63	0,07	0,09	0,06	2,90	0,34
Poliestireno extruido	0,09	0,03	2,65				
Plancha yeso-cartón	0,01	0,31	0,03				

Fuente: Creara

En éste caso será necesario adicionar 90mm de poliestireno extruido para conseguir una transmitancia final de la techumbre acorde con la RT de 2007. Cabe mencionar que los únicos departamentos en los que propone esta implementación son los número 1 y 2 ya que son las únicas techumbres que están en contacto con el exterior. A continuación se presenta el ahorro en la demanda energética derivado de la implementación de esta medida:

Tabla 44. Ahorro de C. Medida 1 para departamentos

	Departamento	
	N° 1	N° 2
C (kWh/año) sin RT	13.683	15.811
C (kWh/año) con RT	11.987	14.115
Ahorro %	12%	11%

Fuente: Creara

Como se observa en la tabla anterior, el ahorro que se generaría del aislamiento de la techumbre en los departamentos, está en torno al 11%. Si a priori puede parecer un ahorro considerablemente alto, se considera necesario evaluar el costo de su implementación y su PRS para determinar si es una medida recomendable.

Tabla 45. Costos. Medida 1 para departamentos

	Situación actual	Medida 1
	Lana mineral de 40 mm	Poliestireno expandido de 90 mm
U_{TECHUMBRE} (W/K*m²)	0,83	0,34
Valor unitario (\$/m²)	-	13.419
Costo de retiro (\$/m²)	1.000	-
Mano de obra (\$/m²)	-	682
Total (\$/m²)	-	15.101
Costo mantenimiento 10 años (\$)	-	926

Fuente: Creara

A continuación se evalúa la medida 1 para cada tipología de departamento.

Tabla 46. Evaluación. Medida 1 para departamentos

	Departamento	
	Nº 1	Nº 2
Costo Total (\$)	874.267	874.267
Ahorro (kWh/año)	1.695	1.695
PCI Hualle (Kcal/kg)	2.190	2.190
PCI Hualle (kWh/kg)	2,55	2,55
Ahorro Hualle (kg/año)	665	665
Costo Hualle (\$/kg)	64,00	64,00
Ahorro Hualle (\$/año)	42.551	42.551
PRS (años)	21	21

Fuente: Creara

En ambos casos el PRS es de 21 años. El ahorro generado es el mismo en ambos casos ya que la superficie de contacto exterior no varía de un departamento a otro.

A continuación se muestra un gráfico en la que se puede evidenciar la evolución de la transmitancia del cielo en función del espesor del aislante.

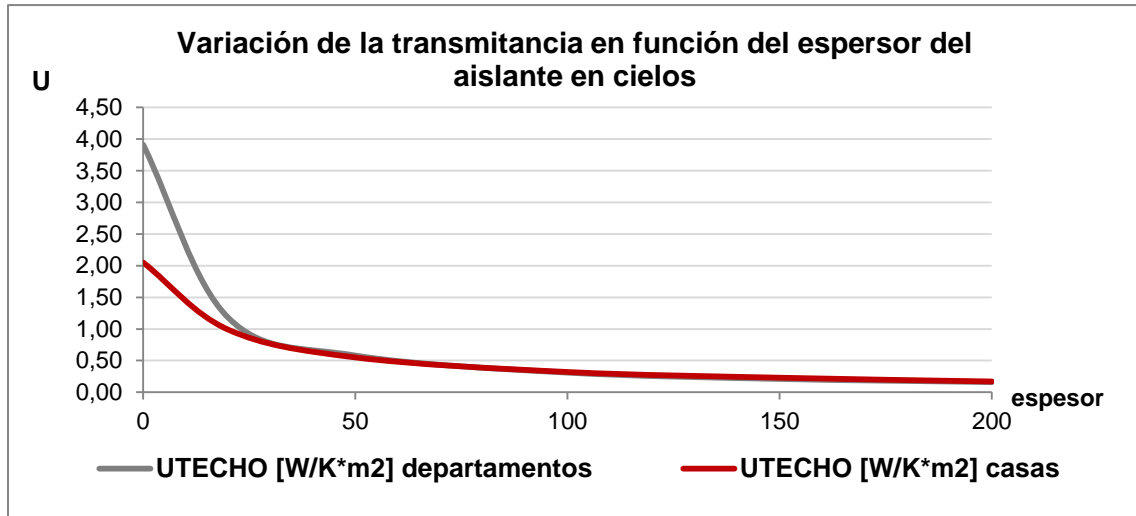


Gráfico 23. Evolución de la transmitancia en función del espesor del aislante del cielo

Fuente: Creara

Como se observa, el máximo decrecimiento de la transmitancia se encuentra al añadir los primeros milímetros de espesor, llegando un punto en el que la disminución de U se ve poco influenciada por el factor espesor.

7.2.2 Aislación de pisos

Otro punto importante a cumplir en la RT de 2007 es la aislación del piso de las viviendas ya que es una zona donde se produce gran cantidad de flujo térmico.

En este caso, y debido al costo elevado y la complejidad que tendría la instalación de un aislante, lo que se ha planteado es una rehabilitación energética de la solera en contacto con el terreno, sustituyendo el hormigón armado por un sistema de aislamiento térmico por la cara superior del piso existente. Dicho sistema está formado por un panel rígido de poliestireno extruido, por una barrera de vapor de film de polietileno de baja densidad, por una capa de nivelación de 40mm de espesor, por mortero autonivelante de cemento, y por un piso de baldosas cerámicas de gres.

Tabla 47. Sistema de aislamiento térmico del piso para cumplir la RT de 2007

Elemento	λ (W/m*K)	R_T (K*m ² /W)	U_{PISO} (W/K*m ²)
Poliestireno extruido	0,03	2,75	0,36
Barrera de vapor de film de polietileno de baja densidad			
Mortero de cemento			
Baldosa de cerámica			

Fuente: Creara

En cuanto al ahorro de la demanda energética:

Tabla 48. Ahorro de C. Medida 2 para casas

	Casa aislada			Casa pareada			Casa fila
	1 piso madera	2 pisos madera	2 pisos albañilería	1 piso madera	2 pisos madera	2 pisos albañilería	1 piso madera
C (kWh/año) sin RT	17.634	16.103	29.590	12.040	10.817	14.318	11.047
C (kWh/año) con RT	16.380	14.755	28.242	10.810	9.374	13.247	9.723
Ahorro %	7%	8%	5%	10%	13%	7%	12%

Fuente: Creara

Se puede observar que la casa pareada de 2 pisos de madera muestra el mayor ahorro derivado de la implementación de esta medida con un 13%. Este mayor ahorro porcentual en el consumo energético de las casas pareadas es debido a que se está mejorando más porcentaje de la envolvente por la que se pierde energía.

La siguiente tabla muestra cuáles son los costos derivados de la implementación de dicha medida por m² de piso:

Tabla 49. Costos. Medida 2 para casas

	Situación actual	Medida 2
	Piso $K_L=1,4 \text{ W/K}\cdot\text{m}$	Sistema de aislamiento de piso
$K_L \text{ PISO (W/K}\cdot\text{m)}$ o $U_{\text{PISO (W/K}\cdot\text{m}^2)$	1,4	0,28
Valor unitario (\$/m²)	-	45.251
Costo de retiro (\$/m²)	Incluido en el costo total	-
Mano de obra (\$/m²)	-	5.233
Total (\$/m²)	-	50.484
Costo mantenimiento 10 años (\$)	-	1.010

Fuente: Creara

A continuación se muestra tanto el costo como el PRS de cada una de las viviendas. Nótese que este sistema no se ha aplicado a departamentos, ya que ninguno de los seleccionados está en contacto directo con el terreno.

Tabla 50. Evaluación. Medida 2 para casas

	Casa aislada			Casa pareada			Casa fila
	1 piso madera	2 pisos madera	2 pisos albañilería	1 piso madera	2 pisos madera	2 pisos albañilería	1 piso madera
Costo total (\$)	3.533.861	2.524.187	2.524.187	2.423.219	1.514.512	1.262.093	2.776.605
Ahorro (kWh/año)	1.253	1.348	1.348	1.231	1.443	1.070	1.324
PCI Hualle (Kcal/kg)	2.190	2.190	2.190	2.190	2.190	2.190	2.190
PCI Hualle (kWh/kg)	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55
Ahorro Hualle (kg/año)	492	529	529	483	566	420	519
Costo Hualle (\$/kg)	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00
Ahorro Hualle (\$/año)	31.457	33.833	33.833	30.888	36.209	26.860	33.239
PRS (años)	112	75	75	78	42	47	84

Fuente: Creara

En este caso es necesario hacer un inciso en la diferencia de los PRS obtenidos para cada tipo de vivienda. El PRS se calcula en función del ahorro económico y del costo de la inversión. Si bien pudiera parecer que la casa pareada de dos pisos de albañilería, al tener una superficie de suelo menor, debería tener un PRS inferior que el resto de viviendas, el ahorro generado por la instalación del piso nuevo en la casa pareada de dos pisos de madera, genera un ahorro energético mayor. Por ello el PRS de las dos viviendas, aunque similar, es menor en la casa pareada de dos pisos de madera.

7.2.3 Aislación de muros

Como se mencionaba en capítulos anteriores, la madera se un material con poca transmitancia térmica, por lo que aunque no se utilice aislante, en el caso de Osorno se cumple con las exigencias impuestas en la RT de 2007. El gráfico que se presenta a continuación demuestra esta afirmación. Por ello, para las viviendas cuyos muros están hechos de este material, no se han calculado medidas relacionadas con la aislación.

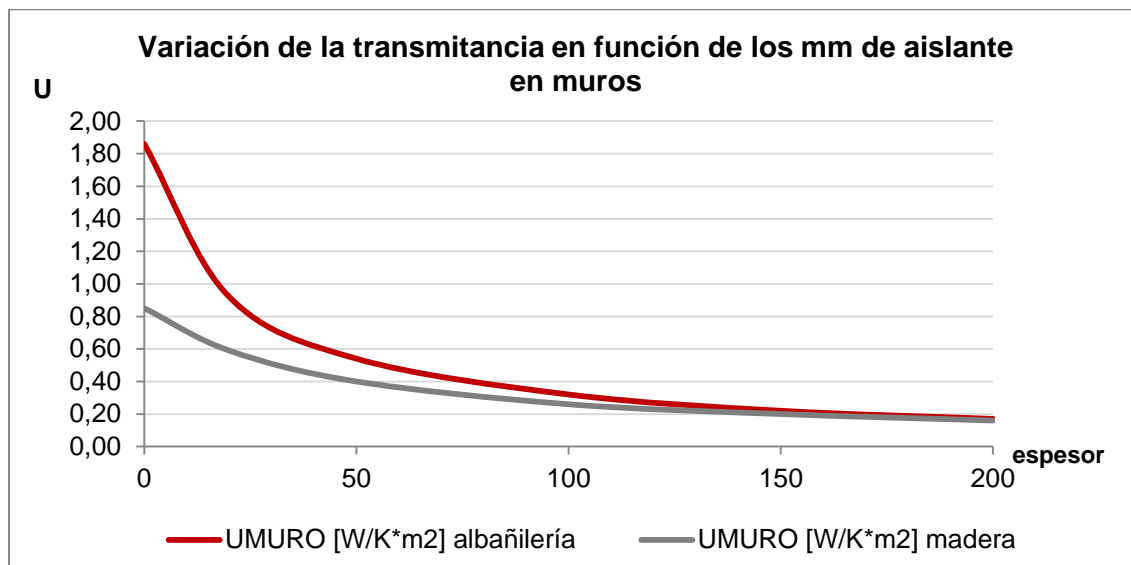


Gráfico 24. Evolución de la transmitancia en función del espesor del muro

Fuente: Creara

En el caso de las casas de albañilería, esto no es así. La U inicial es de $1,86 \text{ W/K}\cdot\text{m}^2$, superior al $1,6 \text{ W/K}\cdot\text{m}^2$ establecido en la RT. Por ello, se plantea añadir poliestireno expandido a los muros, para dotarles del aislante necesario para cumplimentar este baremo. Tras los cálculos, se ha determinado que un espesor de 15mm es suficiente para conseguir una transmitancia aceptable, sin embargo, no se han encontrado empresas que comercialicen dicho espesor, por lo que se propone añadir poliestireno expandido de 20mm.

Tabla 51. Espesor mínimo de aislante de muros en viviendas de albañilería. RT de 2007

Elemento	e (m)	λ (W/m*K)	R (K*m ² /W)	R _{si} (K*m ² /W)	R _{se} (K*m ² /W)	R _T (K*m ² /W)	U _{TECHO} (W/K*m ²)
Ladrillo	0,14	0,46	0,30	0,09	0,06	0,81	1,23
Poliestireno	0,01	0,04	0,28				
Estuco exterior	0,02	1,40	0,01				
Planchas de yeso-cartón	0,01	0,26	0,04				

Fuente: Creara

Como pasaba en el caso de la aislación de cielos, al añadir el aislante, la transmitancia disminuye rápidamente en los primeros milímetros, mientras que llegados a un espesor determinado, la **U** decrece de una manera mucho más constante.

El ahorro de demanda energética es el siguiente:

Tabla 52. Ahorro de C. Medida 3 para casas de albañilería

	Casa aislada	Casa pareada
	2 pisos albañilería	2 pisos albañilería
C (kWh/año) sin RT	29.590	14.318
C (kWh/año) con RT	23.556	11.516
Ahorro %	20%	20%

Fuente: Creara

Esta medida genera unos ahorros muy notables, de hasta el 20%. Por ello es una de las principales medidas a tener en cuenta a la hora de reacondicionar térmicamente una casa.

La siguiente tabla muestra cuáles son los costos derivados de la implementación de dicha medida por m² de piso:

Tabla 53. Costos. Medida 3 para casas de albañilería

	Situación actual	Medida 3
	Muro U (W/K*m ²)	Sistema de aislamiento de muros
U _{MURO} (W/K*m ²)	1,86	1,23
Valor unitario (\$/m ²)		1.716
Costo de retiro (\$/m ²)	-	-
Mano de obra (\$/m ²)	-	929
Total (\$/m ²)	-	2.645
Costo mantenimiento 10 años (\$)	-	-

Fuente: Creara

A continuación se muestra tanto el costo como el PRS de cada una de las viviendas.

Tabla 54. Evaluación. Medida 3 para casas de albañilería

	Casa aislada	Casa pareada
	2 pisos albañilería	2 pisos albañilería
Costo Total (\$)	444.357	206.308
Ahorro (kWh/año)	6.035	2.802
PCI Hualle (Kcal/kg)	2.190	2.190
PCI Hualle (kWh/kg)	2,55	2,55
Ahorro Hualle (kg/año)	2.367	1.099
Costo Hualle (\$/kg)	64,00	64,00
Ahorro Hualle (\$/año)	151.459	70.320
PRS (años)	3	3

Fuente: Creara

Como se puede observar en la tabla, es una medida con unos ahorros energéticos elevados respecto al costo que conlleva su implementación.

7.2.4 Sinergia de las medidas 1, 2 y 3

Los ahorros resultados de implementar las medidas 1, 2 y 3 en los distintos tipos de viviendas se muestran a continuación. Como se especificaba anteriormente, los departamentos n°3 y n°4 no muestran diferencias en su consumo energético anterior y posterior a 2007 ya que los primeros cumplían con las exigencias mínimas del RT.

Primeramente se va a proceder a sumar los ahorros individuales producidos por cada una de las medidas para cada una de las tipologías de vivienda. El resultado se muestra a continuación:

Tabla 55. Ahorro de C. Suma de ahorros individuales de medidas 1, 2 y 3

	Casa aislada			Casa pareada			Casa fila	Departamento	
	1 piso madera	2 pisos madera	2 pisos albañilería	1 piso madera	2 pisos madera	2 pisos albañilería	1 piso madera	Nº 1	Nº 2
MEDIDA 1 Ahorro (kWh/año)	1.444	825	825	990	412	309	1.134	1.695	1.695
MEDIDA 2 Ahorro (kWh/año)	1.253	1.348	1.348	1.231	1.443	1.070	1.324	-	-
MEDIDA 3 Ahorro (kWh/año)	-	-	6.035	-	-	2.802	-	-	-
Total	2.697	2.173	8.208	2.221	1.855	4.181	2.458	1.695	1.695

Fuente: Creara

Luego de este cálculo, se procederá a determinar el ahorro de consumo global en el caso de implementar las tres medidas:

Tabla 56. Ahorro de C. Ahorro conjunto de medidas 1, 2 y 3

	Casa aislada			Casa pareada			Casa fila	Departamento	
	1 piso madera	2 pisos madera	2 pisos alb.	1 piso madera	2 pisos madera	2 pisos alb.	1 piso madera	Nº1	Nº2
C (kWh/año) sin RT	17.634	16.103	29.590	12.040	10.817	14.318	11.047	13.683	15.811
C (kWh/año) con RT	14.937	13.930	21.383	9.820	8.962	10.136	8.589	11.987	14.115
Diferencia (kWh/año)	2.697	2.173	8.208	2.221	1.855	4.181	2.459	1.695	1.695
Ahorro %	15%	13%	28%	18%	17%	29%	22%	12%	11%

Fuente: Creara

Como se puede observar, el ahorro derivado de la suma individual del ahorro de las medidas 1, 2 y 3, es el mismo que el estimado en el caso del cálculo conjunto de las tres medidas. En el caso que el ahorro derivado de la suma individual fuese ligeramente superior al del cálculo de la sinergia, este efecto se entiende como efecto cruzado y se debe a que cuando se implementan medidas de eficiencia energética sobre un sistema, siempre hay otros sistemas que se ven afectados.

7.3 Medidas adicionales para viviendas que cumplen con la RT

Una vez llevadas las viviendas con características constructivas anteriores a 2007 a cumplir las exigencias mínimas de transmitancia y resistencia térmica establecidas en la RT de 2007 para la zona térmica 5, se plantean una serie de medidas adicionales de aislamiento térmico relacionadas principalmente con la instalación de ventanas y con el aislamiento de tuberías y conductos de agua, con el fin de disminuir las pérdidas por flujo térmico entre el interior y el exterior de los conductos.

7.3.1 Sustitución de vidrio simple por termopanel

Esta medida consiste en la sustitución del vidrio simple actual por un doble vidriado. Es un conjunto formado por vidrio exterior incoloro de 4 mm, cámara de aire deshidratada con perfil separador de aluminio y doble sellado perimetral de 6 mm, y vidrio interior incoloro de 4 mm de espesor. La nueva carpintería será en madera de pino.

A continuación se muestran los ahorros de **C** derivados de la implementación de esta medida:

Tabla 57. Ahorro de C. Medida 4

	Casa aislada			Casa pareada			Casa fila	Departamento			
	1 piso madera	2 pisos madera	2 pisos alb	1 piso madera	2 pisos madera	2 pisos alb	1 piso madera	Nº1	Nº2	Nº3	Nº4
C (kWh/año) inicial	14.937	13.930	21.383	9.820	8.962	10.136	8.589	11.987	14.115	8.116	10.244
C (kWh/año) tras medida	14.463	13.339	20.893	9.619	8.455	9.741	8.275	11.465	13.208	7.780	9.573
Ahorro %	3%	4%	2%	2%	6%	4%	4%	4%	6%	4%	7%

Fuente: Creara

Se observa como la sustitución del vidrio simple por termopanel, genera un ahorro máximo de un 7% en los departamentos cuya ubicación coincide con el número 4, que es el que más metros cuadrados de superficie de ventana tiene.

Tabla 58. Costos. Medida 4

	Situación actual	Medida 4
	Vidrio simple + marco antiguo	Termopanel + marco pino
U_{VENTANA} (W/K*m²)	4,86	3,30
Valor unitario (\$)	-	103.881
Costo de retiro (\$/m²)	10.000	-
Mano de obra (\$/m²)	-	11.369
Total (\$/m²)	-	125.253
Costo mantenimiento 10 años (\$)	-	24.095

Fuente: Creara

Como se observa en la tabla, la transmitancia del termopanel es menor que la del vidrio simple. En función del número de ventanas que tenga la casa y las que se deseen cambiar, el aislamiento térmico y el costo serán mayores. Ahora se muestra el ahorro esperado tras la implementación de esta medida en cada una de las viviendas tipo

Tabla 59. Evaluación. Medida 4

	Casa aislada			Casa pareada			Casa fila	Departamento			
	1 piso madera	2 pisos madera	2 pisos albañilería	1 piso madera	2 pisos madera	2 pisos albañilería	1 piso madera	Nº1	Nº2	Nº3	Nº4
Costo Total (\$)	593.081	623.742	511.018	285.569	511.018	398.293	285.569	338.174	676.347	338.174	676.347
Ahorro (kWh/año)	474	591	489	201	507	395	314	522	907	335	671
PCI Hualle (Kcal/kg)	2.190	2.190	2.190	2.190	2.190	2.190	2.190	2.190	2.190	2.190	2.190
PCI Hualle (kWh/kg)	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55
Ahorro Hualle (kg/año)	186	232	192	79	199	155	123	205	356	132	263
Costo Hualle (\$/kg)	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64
Ahorro Hualle (\$/año)	11.892	14.837	12.285	5.050	12.718	9.913	7.879	13.096	22.767	8.417	16.833
PRS (años)	50	42	42	57	40	40	36	26	30	40	40

Fuente: Creara

Se observa que en las casas aisladas y pareadas de 1 piso, la implementación de la medida 4 conlleva un PRS ligeramente superior al resto de viviendas. Si bien es cierto, en la realidad, el ahorro energético derivado de esta medida puede ser mayor ya que en el caso de las ventanas, hay que tener en cuenta que no se puede establecer un valor tipo del flujo de aire como consecuencia de los puentes térmicos de las ventanas antiguas. Este flujo de aire se vería reducido por la implementación de la medida 4 por lo que el ahorro térmico sería mayor.

7.3.2 Sustitución de vidrio simple por termopanel LOW - E

Esta medida consiste en la sustitución del vidrio simple actual por un doble vidriado LOW-E, conjunto formado por vidrio exterior de baja emisividad térmica *LOW-E* de 6 mm, cámara de aire deshidratada con perfil separador de aluminio y doble sellado perimetral, de 10 mm, y vidrio interior de 6 mm de espesor. La nueva carpintería será en madera de pino.

A continuación se muestran los ahorros de **C** derivados de la implementación de esta medida:

Tabla 60. Ahorro de C. Medida 5

	Casa aislada			Casa pareada			Casa fila	Departamento			
	1 piso madera	2 pisos madera	2 pisos alb	1 piso madera	2 pisos madera	2 pisos alb	1 piso madera	Nº1	Nº2	Nº3	Nº4
C (kWh/año) inicial	14.937	13.930	21.383	9.820	8.962	10.136	8.589	11.987	14.115	8.116	10.244
C (kWh/año) tras medida	14.061	12.916	20.547	9.425	8.108	9.476	8.081	11.202	12.743	7.551	9.115
Ahorro %	6%	7%	4%	4%	7%	8%	6%	7%	10%	7%	11%

Fuente: Creara

Del mismo modo que en la medida anterior, se observa como la sustitución del vidrio simple por termopanel *LOW-E*, genera un ahorro máximo de un 11% en los departamentos cuya ubicación coincide con el número 4, ya que porcentualmente son los que mayor número de ventanas tienen, por lo que, aunque el costo sea elevado, el ahorro energético es mayor.

Tabla 61. Costos. Medida 5

	Situación actual	Medida 5
	Vidrio simple + marco antiguo	Termopanel LOW-E + marco pino
U_{VENTANA} (W/K*m²)	4,86	1,80
Valor unitario (\$)	-	154.815
Costo de retiro (\$/m²)	10.000	-
Mano de obra (\$/m²)	-	10.683
Total (\$/m²)	-	175.498
Costo mantenimiento 10 años (\$)	-	38.610

Fuente: Creara

En función de los metros cuadrados de ventanas que tenga la casa y los que se deseen cambiar, el aislamiento térmico y el costo serán mayores. Se muestra en la siguiente tabla el ahorro esperado tras la implementación de esta medida en cada una de las viviendas tipo.

Tabla 62. Evaluación. Medida 5

	Casa aislada			Casa pareada			Casa fila	Departamento			
	1 piso madera	2 pisos madera	2 pisos albañilería	1 piso madera	2 pisos madera	2 pisos albañilería	1 piso madera	Nº1	Nº2	Nº3	Nº4
Costo Total (\$)	831.019	873.981	716.033	400.136	716.033	558.084	400.136	473.845	947.690	473.845	947.690
Ahorro (kWh/año)	876	1.014	836	395	853	660	507	785	1.373	565	1.129
PCI Hualle (Kcal/kg)	2.190	2.190	2.190	2.190	2.190	2.190	2.190	2.190	2.190	2.190	2.190
PCI Hualle (kWh/kg)	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55
Ahorro Hualle (kg/año)	343	398	328	155	335	259	199	308	538	221	443
Costo Hualle (\$/kg)	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64
Ahorro Hualle (\$/año)	21.981	25.448	20.979	9.908	21.412	16.564	12.737	19.699	34.451	14.169	28.339
PRS (años)	38	34	34	40	33	34	31	24	28	33	33

Fuente: Creara

Se puede observar que en esta medida, el PRS es inferior al de la medida 4. Esto se debe a que los ahorros energéticos son superiores, y por lo tanto, el gasto en madera de Hualle tenderá a disminuir. Cabe remarcar como se señaló en el punto anterior, que en la realidad el ahorro térmico sería mayor ya que no se han podido tener en cuenta los flujos de aire debidos a los puentes térmicos de la ventana.

7.3.3 Instalación de ventana de doble marco

La instalación de una ventana de doble marco, consiste en la colocación de una carpintería y un vidrio adicional de características similares a las ya existentes. Dicha medida crea una cámara de aire entre medias de ambos cristales que disminuye notablemente el flujo térmico hacia el exterior.

A continuación se muestran los ahorros de **C** derivados de la implementación de la Medida 6:

Tabla 63. Ahorro de C. Medida 6

	Casa aislada			Casa pareada			Casa fila	Departamento			
	1 piso madera	2 pisos madera	2 pisos alb	1 piso madera	2 pisos madera	2 pisos alb	1 piso madera	Nº1	Nº2	Nº3	Nº4
C (kWh/año) inicial	14.937	13.930	21.383	9.820	8.962	10.136	8.589	11.987	14.115	8.116	10.244
C (kWh/año) tras medida	14.230	13.093	20.569	9.506	8.254	9.590	8.162	11.299	12.935	7.647	9.307
Ahorro %	5%	6%	4%	3%	8%	5%	5%	6%	8%	6%	9%

Fuente: Creara

Se puede observar como la implementación de una ventana de doble marco, genera un ahorro medio del 6%, y que, como en las medidas anteriores, la vivienda que más beneficiada se verá de la implementación de esta medida, es el departamento número 4.

Tabla 64. Costos. Medida 6

	Situación actual	Medida 6
	Vidrio simple + marco antiguo	Instalación de ventana de doble marco
U_{VENTANA} (W/K*m²)	4,86	2,43
Valor unitario (\$)	-	66.785
Costo de retiro (\$/m²)	-	-
Mano de obra (\$/m²)	-	10.000
Total (\$/m²)	-	76.792
Costo mantenimiento 10 años (\$)	-	16.894

Fuente: Creara

A medida que aumenten el número de ventanas que tenga la casa y las que se deseen cambiar, el aislamiento térmico y el costo aumentarán. El ahorro esperado tras la implementación de esta medida en cada una de las viviendas tipo es:

Tabla 65. Evaluación. Medida 6

	Casa aislada			Casa pareada			Casa fila	Departamento			
	1 piso madera	2 pisos madera	2 pisos albañilería	1 piso madera	2 pisos madera	2 pisos albañilería	1 piso madera	Nº1	Nº2	Nº3	Nº4
Costo Total (\$)	363.592	382.389	244.176	175.070	313.283	244.176	175.070	207.320	414.639	207.320	414.639
Ahorro (kWh/año)	707	836	814	314	708	547	426	689	1.180	468	937
PCI Hualle (Kcal/kg)	2.190	2.190	2.190	2.190	2.190	2.190	2.190	2.190	2.190	2.190	2.190
PCI Hualle (kWh/kg)	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55
Ahorro Hualle (kg/año)	277	328	319	123	278	214	167	270	463	184	367
Costo Hualle (\$/kg)	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64
Ahorro Hualle (\$/año)	17.746	20.994	20.435	7.869	17.763	13.720	10.698	17.284	29.621	11.755	23.509
Ahorro Hualle (kg/año)	20	18	12	22	18	18	16	12	14	18	18

Fuente: Creara

Se observa que de todas las medidas de aislación térmica por medio de ventanas, esta es probablemente la más recomendada en todas las tipologías de viviendas, ya que la relación ahorro energético – costo de implementación es la más rentable. Además recordar que en la realidad el ahorro térmico sería mayor ya que no se han podido tener en cuenta los flujos de aire debidos a los puentes térmicos de la ventana.

7.3.4 Instalación de cortinas *blackout*

Otra de las medidas estudiadas es la instalación de cortinas *blackout*, siendo una de sus ventajas principales el ahorro de eficiencia energética que proporcionan evitando que el aire caliente del interior de la vivienda se escape a través de ventanas.

A continuación se muestran los ahorros de **C** derivados de la implementación de esta medida:

Tabla 66. Ahorro de C. Medida 7

	Casa aislada			Casa pareada			Casa fila	Departamento			
	1 piso madera	2 pisos madera	2 pisos alb	1 piso madera	2 pisos madera	2 pisos alb	1 piso madera	Nº1	Nº2	Nº3	Nº4
C (kWh/año) inicial	14.937	13.930	21.383	9.820	8.962	10.136	8.589	11.987	14.115	8.116	10.244
C (kWh/año) tras medida	13.742	12.816	19.672	9.034	8.245	9.325	7.902	11.028	12.986	7.466	9.424
Ahorro %	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%

Fuente: Creara

Como se puede observar, en todos los casos el ahorro obtenido por la instalación de esta medida es de un 8%. Si bien no se ha encontrado ningún estudio que certifique este dato, los expertos en aislación de Creara, han determinado que las cortinas *blackout* pueden generar un ahorro de entre un 8 y un 10% de calefacción.

Tabla 67. Costos. Medida 7

	Situación actual	Medida 7
	Vidrio + marco	Cortina <i>blackout</i>
Valor unitario (\$/m²)	-	36.577
Costo de retiro (\$/m²)	-	-
Mano de obra (\$/m²)	-	15.000
Total (\$/m²)	-	51.577
Costo mantenimiento 10 años (\$)	-	-

Fuente: Creara

El costo de las cortinas *blackout*, estará en función de los metros cuadrados de ventanas de la vivienda. La siguiente tabla muestra el ahorro esperado tras la implementación de esta medida en cada una de las viviendas tipo.

Tabla 68. Evaluación. Medida 7

	Casa aislada			Casa pareada			Casa fila	Departamento			
	1 piso madera	2 pisos madera	2 pisos albañilería	1 piso madera	2 pisos madera	2 pisos albañilería	1 piso madera	Nº1	Nº2	Nº3	Nº4
Ventanas (m²)	4,74	4,98	4,08	2,28	4,08	3,18	2,28	2,70	5,40	2,70	5,40
Costo Total (\$/m²)	244.226	256.605	210.433	117.595	210.433	164.014	117.595	139.257	278.514	139.257	278.514
Gasto anual (kWh/año)	14.937	13.930	21.383	9.820	8.962	10.136	8.589	11.987	14.115	8.116	10.244
Ahorro (kWh/año m²)	1.195	1.114	1.711	786	717	811	687	959	1.129	649	819
PCI Hualle (Kcal/kg)	2.190	2.190	2.190	2.190	2.190	2.190	2.190	2.190	2.190	2.190	2.190
PCI Hualle (kWh/kg)	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55
Ahorro Hualle (kg/año)	468,61	437,02	670,83	308,07	281,15	318,00	269,45	376,07	442,83	254,61	321,37
Costo Hualle (\$/kg)	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00
Ahorro Hualle (\$/año)	29.991	27.969	42.933	19.717	17.994	20.352	17.245	24.068	28.341	16.295	20.568
Ahorro Hualle (kg/año)	8	9	5	6	12	8	7	6	10	9	14

Fuente: Creara

Tal y como muestra la tabla, el PRS en el mayor de los casos es de 14 años. Es por ello que esta medida es una buena opción para ahorrar energía en calefacción, y además no conlleva la acometida de obras en la vivienda.

7.3.5 Aislamiento de tuberías y conductos

Por las tuberías y conductos por los que discurre el agua de calefacción se pierde calor por la diferencia térmica con el ambiente exterior. El aislamiento de tuberías para agua de calefacción ayuda a ahorrar dinero, no sólo por evitar la pérdida de calor sino también por proteger las tuberías contra el agua de condensación, la corrosión y daños mecánicos.

Esta medida consiste en la instalación de un aislamiento térmico de tuberías en la instalación interior de agua caliente sanitaria (ACS) y calefacción para la distribución de fluidos calientes (de +60°C a +100°C), formado por una coquilla cilíndrica moldeada de lana de vidrio de 20 mm de diámetro interior y 30 mm de espesor.

Se considera que esta medida es aplicable a departamentos, en los que la caldera es comunitaria y tiene tuberías y conductos en contacto con el ambiente exterior.

Para estos cálculos se ha utilizado el programa Aislam patrocinado por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio Español, y por el IDAE (Instituto de Diversificación y Ahorro de Energía). Este programa facilita los métodos de cálculo y los criterios normales de dimensionamiento para la estimación del espesor de aislamiento en tuberías a utilizar en equipos y elementos tanto de viviendas como de instalaciones industriales.

A partir del programa Aislam se han calculado las pérdidas derivadas de una tubería de 20 mm de diámetro, un espesor de 25 mm y una temperatura externa de 15°C e interna de 60°C. La instalación de este aislante conlleva una reducción de pérdidas por "calor" del 40%, respecto a un conducto sin aislar.

Tabla 69. Costos. Medida 8

	Situación actual	Medida 8
	Conductos sin aislar	Lana de vidrio de 30mm
Pérdidas (W/m)	15,98	6,39
Valor unitario (\$)	-	2.252
Costo de retiro (\$/lineal)	-	-
Mano de obra (\$/lineal)	-	793
Total (\$/m lineal)	-	3.045
Costo mantenimiento 10 años (\$)	-	149

Fuente: Creara

El ahorro esperado tras la implementación de esta medida es:

Tabla 70. Evaluación. Medida 8

	Vivienda
Costo Total (\$)/m lineal	3.045
Ahorro (kWh/año)/m lineal	63
PCI Hualle (Kcal/kg)	2.190
PCI Hualle (kWh/kg)	2,55
Ahorro Hualle (kg/año)	24,70
Costo Hualle (\$/kg)	64,00
Ahorro Hualle (\$/año)	1.581
PRS (años)	2

Fuente: Creara

Para el cálculo de esta medida se han tenido en cuenta las horas al año de uso de tuberías, suponiendo que el ACS (agua caliente sanitaria) se usa durante 12 meses al año, y que la calefacción durante los 6 meses de invierno.

7.3.6 Sellado de infiltraciones

Las carpinterías mal ajustadas, defectos en los sellados y orificios o grietas en la envolvente, producen, como se comentaba anteriormente, entradas de aire exterior no deseado. Dichas infiltraciones pueden solventarse mediante la aplicación de burletes o cintas selladoras, que son tiras de un textil u otro material flexible que se coloca en el canto de las hojas de puertas o ventanas para que cierren herméticamente. Es una solución barata y efectiva para el problema de las filtraciones.

Según estudios como la guía “Ahorro de energía. Consejos para ahorrar energía y dinero en el hogar” del *U.S Department Of Energy*, o “Ahorro de energía en climatización” de la *Junta de Andalucía, España*, las pérdidas por filtraciones de ventanas y puertas suponen hasta un 10%. En base a este dato, se realizarán los cálculos.

Tabla 71. Costos. Medida 9

	Situación actual	Medida 9
	Ventanas y puertas con filtraciones	Colocación de burletes
Ahorro (kWh/m ² casa)	-	0,2
Valor unitario (\$)	-	448
Costo de retiro (\$/m ²)	-	-
Mano de obra (\$/m ²)	-	-
Total (\$/m ²)	-	448
Costo reemplazo bianual (\$)	-	448

Fuente: Creara

Tras implementar esta medida se supone un ahorro de:

Tabla 72. Evaluación. Medida 9

	Casa aislada			Casa pareada			Casa fila	Departamento			
	1 piso madera	2 pisos madera	2 pisos alb.	1 piso madera	2 pisos madera	2 pisos alb.	1 piso madera	nº1	nº2	nº3	nº4
Puertas y ventanas (m²)	6,41	8,33	7,43	3,96	5,73	4,86	3,96	4,38	7,08	4,38	7,08
Costo Total (\$/m²)	2.874	3.735	3.331	1.775	2.569	2.179	1.775	1.964	3.174	1.964	3.174
Gasto anual kWh/año	14.937	13.930	21.383	9.820	8.962	10.136	8.589	11.987	14.115	8.116	10.244
Ahorro (kWh/año)	1.494	1.393	2.138	982	896	1.014	859	1.199	1.412	812	1.024
PCI Hualle (Kcal/kg)	2.190	2.190	2.190	2.190	2.190	2.190	2.190	2.190	2.190	2.190	2.190
PCI Hualle (kWh/kg)	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55
Ahorro Hualle (kg/año)	586	546	839	385	351	398	337	470	554	318	402
Costo Hualle (\$/kg)	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00
Ahorro Hualle (\$/año)	37.488	34.961	53.666	24.646	22.492	25.440	21.556	30.086	35.427	20.369	25.710
Ahorro Hualle (kg/año)	0,08	0,11	0,06	0,07	0,11	0,09	0,08	0,07	0,09	0,10	0,12

Fuente: Creara

Se puede evidenciar que es la medida más económica de todas las planteadas hasta ahora. Sin embargo, mientras que la vida útil del resto de las medidas es de aproximadamente la vida del edificio, en el caso de los burletes, habrá que reemplazarlos cada 2 años para que su eficiencia se mantenga.

7.4 Conclusiones

El estudio “Evaluación Independiente del Programa de Reacondicionamiento Térmico. Informe Final” determina que la recomendación general es acondicionar los elementos exteriores de la envolvente en el siguiente orden:

1. Techumbre
2. Pisos
3. Muros
4. Ventanas
5. Puertas

Por lo tanto, debería aislarse el 100% de la techumbre antes de aislar los pisos, aislar los pisos en un 100% antes de aislar los muros, etc. No obstante, se entiende que en casos donde las ventanas estén en un estado crítico y tengan altas tasa de infiltraciones, el cambio de estas puede ser prioritario.

Sin embargo, si bien este orden sería el considerado ideal, la realidad está principalmente influida por el costo final de la medida. Por ello, en este punto se va a determinar un orden para su implementación en función del PRS y de su factibilidad.

Previo a ello se muestra una tabla en la que se recoge, para cada una de las medidas la transmitancia inicial y final, el costo total, el ahorro y el potencial de reducción energético global:

Tabla 73. Tabla resumen de las medidas propuestas

	Descripción	U inicial (W/Km ²)	U final (W/Km ²)	Costo inversión (\$/m ²)	Costos mantenimiento 10 años (\$)	%medio eficiencia aislación	% de viviendas afectadas	Potencial de reducción energético en el parque de viviendas (GWh/año)
Medida 1	Adición de aislante en los techos	0,79	0,28	29.863 15.101	-	6%	100%	32,8
Medida 2	Cambio de piso simple por uno aislado	$K_L=1,4$ W/K*m	0,36	50.484	1.010	9%	50%	23,4
Medida 3	Adición de poliestireno de 20 mm en viviendas de albañilería	1,86	0,92	2.679	-	20%	6%	0,8
Medida 4	Sustitución de ventanas por termopanel	4,86	3,30	125.253	24.095	4%	97%	11,8
Medida 5	Sustitución de ventanas por termopanel LOW-E	4,86	1,80	175.498	38.610	7%	97%	21,0
Medida 6	Instalación de doble marco y cristalería	4,86	2,43	76.790	16.894	6%	97%	17,4
Medida 7	Instalación de cortinas <i>blackout</i>	-	-	51.577	-	8%	100%	27,8
Medida 8	Aislamiento de tuberías y conductos de ACS y calefacción	-	-	3.045	149	40%	75%	1,7
Medida 9	Sellado de infiltraciones	-	-	448	448 (bianual)	10%	100%	34,8

Fuente: Creara

Respecto a los porcentajes de viviendas afectadas, estos se extraen de la caracterización del parque de viviendas de Osorno. De este modo, la adición de aislante en cielos afecta al 100% de las viviendas, ya que todas pueden mejorar sus características de transmitancia para el cumplimiento de la RT de 2007, mediante la adición de aislante. En el caso de los muros, de esta medida sólo se podrán ver beneficiadas el 6% de las viviendas de Osorno, ya que según las encuestas proporcionadas por el Ministerio de Energía de 2010, las viviendas de albañilería de antes de 2007 son las que no cumplimentan los valores exigidos por la RT de 2007. Según estas encuestas, sólo el 3% de las viviendas construidas antes de 2007 presentaban termopaneles, por lo que el porcentaje de viviendas susceptible de implementar medidas asociadas al cambio de ventanas ascienden al 97%.

De dicha tabla se extrae que la medida que más ahorro energético podría generar en Osorno es la que conlleva el sellado de filtraciones de aire en puertas y ventanas. Debido a que es una medida aplicable al 100% de la población de Osorno, conllevaría una reducción de 34,8 GWh/año. Sin embargo, se estima que el tiempo de vida útil de la cinta aislante es 2 años, por lo que sería necesario renovarla una vez cumplido ese periodo, para mantener la eficiencia de la medida. (En este caso en particular, se ha partido de los metros cuadrados de ventanas y de puertas, determinados para cada tipología de vivienda). La siguiente medida más eficiente para el parque de viviendas de Osorno es la instalación de cortinas *blackout* que supone unos ahorros de casi 28 GWh.

A continuación se muestra la tabla 74, donde se pueden observar los PRS de todas las medidas, particularizados para cada tipo de vivienda:

Tabla 74. Priorización de medidas en función del PRS

	Casa aislada			Casa pareada			Casa fila	Departamento			
	1 piso madera	2 pisos madera	2 pisos alb	1 piso madera	2 pisos madera	2 pisos alb	1 piso madera	nº1	nº2	nº3	nº4
Medida 1	58	58	58	58	58	58	58	21	21	-	-
Medida 2	112	75	75	78	42	47	84	-	-	-	-
Medida 3	-	-	3	-	-	3	-	-	-	-	-
Medida 4	50	42	42	57	40	40	36	26	30	40	40
Medida 5	38	34	34	40	33	34	31	24	28	33	33
Medida 6	20	18	12	22	18	18	16	12	14	18	18
Medida 7	8	9	5	6	12	8	7	6	10	9	14
Medida 8	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Medida 9	0,08	0,1	0,06	0,07	0,1	0,09	0,08	0,07	0,09	0,1	0,1

Fuente: Creara

De los datos obtenidos en la tabla anterior, se observa que en los departamentos, la medida más eficiente es la referida al sellado de filtraciones, seguido por el aislamiento de conductos y tuberías de ACS y calefacción.

Las viviendas de albañilería deberían tener en cuenta el aislamiento de muros, ya que es una medida con cuya relación inversión-tiempo es muy baja.

Para el resto de viviendas, las medidas más rentables además del sellado de infiltraciones de aire, es la instalación de cortinas *blackout*, seguido de la ventana de doble marco. Ambas son medidas que generan unos ahorros considerables, permitiendo recuperar la inversión en menos tiempo que el resto de medidas.

Como se comentaba anteriormente, a la hora de llevar a cabo medidas de mejora en la envolvente térmica, se considera de suma importancia el nivel socio-económico de la población. Por ello, se propone otra priorización de las medidas en función costo de la tecnología por metro cuadrado y del grupo socioeconómico. Se determina que una medida es:

- **** Muy factible
- *** Factible
- ** Poco factible
- * Nada factible

Para llevar a cabo dicha clasificación se ha planteado distintos baremos en función del costo/m² de la implementación de la medida:

Tabla 75. Baremos en función del costo/m²

	ABC1	C2	C3	D+E
****	0 - 60.000\$/m ²	0 - 30.000\$/m ²	0 - 20.000\$/m ²	0 - 10.000\$/m ²
***	60.000 - 100.000\$/m ²	30.000 - 60.000\$/m ²	20.000 - 50.000\$/m ²	10.000 - 20.000\$/m ²
**	100.000 - 150.000\$/m ²	60.000 - 90.000\$/m ²	50.000 - 75.000\$/m ²	20.000 - 30.000\$/m ²
*	> 150.000\$/m ²	> 90.000\$/m ²	> 70.000\$/m ²	>30.000\$/m ²

Fuente: Creara

En el caso de que ofreciesen subsidios para la aislación térmica de los edificios, estos baremos definidos anteriormente no serían válidos, por lo que en función del monto de la subvención habría que evaluar nuevamente la factibilidad.

Tabla 76. Priorización de medidas en función de la factibilidad

	ABC1	C2	C3	D+E
Medida 1	****	****	***	**
Medida 2	****	***	**	*
Medida 3	****	****	****	****
Medida 4	**	*	*	*
Medida 5	*	*	*	*
Medida 6	***	**	*	*
Medida 7	****	***	**	*
Medida 8	****	****	****	****
Medida 9	****	****	****	****

Fuente: Creara

Se observa como el grupo ABC1, la única medida que no puede permitirse acometer es la instalación de un vidrio doble hermético de baja transmisividad, siendo factible la implementación de todas las demás.

En el caso del grupo C2, las medidas que no se podrán plantear a nivel económico son la instalación de una ventana de doble vidrio aislado como de doble vidrio aislado de baja transmisividad.

El grupo C3 puede afrontar económicamente la aislación de techumbres, el aislamiento de muros de albañilería y el de conductos de ACS y calefacción.

Por último, el grupo D+E puede afrontar con facilidad el aislamiento de conductos y tuberías de ACS y calefacción, el sellado de filtraciones mediante burletes y el aislamiento de los muros de las viviendas que sean de albañilería.

7.5 Comparación con implementaciones reales de aislación térmica

Para este punto se han tenido en cuenta dos estudios. El primero “Evaluación Independiente del Programa de Reacondicionamiento Térmico. Informe Final” elaborado en enero de 2013 para el Ministerio de Energía y el MINVU, y el segundo el estudio 608897-46-LP12 “Desarrollo de Modelo Genérico para Evaluación de Planes de Prevención y de Descontaminación Ambiental para Aire”, desarrollado por GreenLabUC, en base al estudio MINVU “Programa de Inversión Pública para Fomentar el Reacondicionamiento Térmico del Parque Construido de Viviendas”, 587-368-LE06.

7.5.1 Evaluación Independiente del Programa de Reacondicionamiento Térmico. Informe Final

Este estudio está referido a todo Chile, por lo que las comparaciones se harán con la región de los Lagos, a la que pertenece la ciudad de Osorno.

En Los Lagos, en el año 2009-2010, se otorgaron 595 subsidios para rehabilitación térmica de la envolvente del edificio que se repartieron de la siguiente manera: el 32% para casas aisladas, el 49% para casas pareadas, el 17% para departamentos y el 2% restante para casas fila. Del total de los subsidios entregados, dicho estudio analizó 20 en profundidad para observar si la implementación de las medidas de mejora había sido satisfactoria y si se había producido alguna disminución del consumo energético teórico.

Con los subsidios entregados, las medidas más implementadas en la región de Los Lagos fueron:

- Incorporación de 120mm de lana mineral en cielo y revestimiento de cielo
- Incorporación de 40mm de lana mineral y cambio de revestimiento exterior en muros.
- Cambio de ventanas a DVH y marco PVC
- Cambio de puerta exterior a puerta de pino Oregón.

Como se puede observar en el estudio “Evaluación Independiente del Programa de Reacondicionamiento Térmico. Informe Final”, y tal y como se determinó en el punto anterior del presente informe, la mejora de la techumbre mediante la adición de una capa de material aislante es una de las medidas más eficientes. Su costo no es excesivamente elevado y el porcentaje de ahorro energético derivado de su implementación, es alto.

En el caso de la región de Los Lagos, también se solicitaba incorporar aislante a los muros y revestirlos exteriormente. Como ya se ha expuesto en anteriores ocasiones, en el caso de Osorno no es necesario ya que los muros de madera utilizados cumplen las exigencias mínimas establecidas en la RT de 2007.

El cambio de las ventanas es otra medida importante a la hora de realizar rehabilitaciones térmicas en viviendas. Si bien esta medida resulta poco costosa si se instala una ventana de doble marco, a medida que disminuya la transmisividad del vidrio y de la carpintería aumentará su costo.

Las puertas son elementos que pueden generar un elevado flujo de calor hacia el exterior. Sin embargo, en este informe no se han planteado cambios en ese sentido ya que se ha considerado que las viviendas de Osorno disponen de puerta de pino.

En ninguno de los casos estudiados se han utilizado los subsidios recibidos para el aislamiento de la solera. Esto puede deberse a que, aunque por el piso se pierda mucho calor, es una medida que requiere un desembolso económico elevado.

7.5.2 Programa de inversión pública para fomentar el reacondicionamiento térmico del parque construido de viviendas

En este punto se compararán los resultados obtenidos con el estudio 608897-46-LP12 “Desarrollo de Modelo Genérico para Evaluación de Planes de Prevención y de Descontaminación Ambiental para Aire”, desarrollado por GreenLabUC, en base al estudio MINVU Programa de Inversión Pública para Fomentar el Reacondicionamiento Térmico del Parque Construido de Viviendas, 587-368-LE06.

Dicho estudio elaborado para todas las zonas térmicas del territorio nacional, ofrece los valores de transmitancia (**U**) de las distintas tipologías de vivienda definidas, antes y después de la aplicación de distintas medidas de aislación térmica, así como el costo de su implementación.

Para llevar a cabo la comparativa, se han seleccionado únicamente las viviendas de la zona térmica 5 que correspondiesen con las determinadas en el presente estudio, tal y como se ve en la tabla 22.

La correspondencia es la siguiente:

Tabla 77. Compatibilidad de tipologías con estudio del MINVU

Tipologías compatibles	
MINVU	CREARA
Tipología 2	Pareada 2 pisos albañilería
Tipología 3	Aislada 1 piso madera
Tipología 7	Pareada 2 pisos madera
Tipología 9	Departamento
Tipología 10	Departamento

Fuente: Creara

A continuación se mostrarán los resultados obtenidos en el estudio elaborado para el MINVU, y se hará una comparativa con los derivados del presente informe. Para el cálculo de los costos Creara ha partido del Generador de Costos, herramienta elaborada por CYPE a partir de datos ofrecidos por distintas empresas comercializadoras para cada uno de los materiales propuestos en la aislación térmica de las viviendas.

Cielo

Tabla 78. Comparativa de las transmitancias y costos – cielo

DATOS MINVU						DATOS CREARA					
Tipología de vivienda	Medida	Inversión (\$/m ²)	MO + Flete (\$/m ²)	U inicial (W/Km ²)	U final (W/Km ²)	Tipología de vivienda	Medida	Inversión (\$/m ²)	MO + Flete (\$/m ²)	U inicial (W/Km ²)	U final (W/Km ²)
Tipología 2	Poliestireno granulado	0,00	233,86	0,72	0,33	Pareada 2 pisos albañilería	Lana de vidrio	29.181	682	0,65	0,28
Tipología 3	Poliestireno granulado	0,00	442,41	3,38	0,33	Aislada 1 piso madera	Lana de vidrio	29.181	682	0,65	0,28
Tipología 7	Poliestireno granulado	0,00	235,92	0,55	0,33	Pareada 2 pisos madera	Lana de vidrio	29.181	682	0,65	0,28
Tipología 9	Poliestireno granulado	0,00	42,00	3,81	0,33	Dpto.	Lana de vidrio	13.419	682	0,83	0,28
Tipología 10	Poliestireno granulado	0,00	70,86	0,60	0,33	Dpto.	Lana de vidrio	13.419	682	0,83	0,28

Fuente: Creara

Los materiales propuestos para el aislamiento del cielo son el poliestireno granulado y la lana de vidrio. Se puede evidenciar una elevada diferencia en los costos de implementación de la medida. Mientras que el aislamiento del cielo con lana de vidrio, asciende a 29.181\$/m² según los datos obtenidos por Creara, en el caso del estudio elaborado para el MINVU, asciende como máximo a 442\$/m².

Muros

Tabla 79. Comparativa de las transmitancias y costos – muros

DATOS MINVU						DATOS CREARA					
Tipología de vivienda	Medida	Inversión (\$/m ²)	MO + Flete (\$/m ²)	U inicial (W/Km ²)	U final (W/Km ²)	Tipología de vivienda	Medida	Inversión (\$/m ²)	MO + Flete (\$/m ²)	U inicial (W/Km ²)	U final (W/Km ²)
Tipología 2	Aislante Fisiterm + Revestim SidingAcero	0,00	2.383	2,28	0,84	Pareada 2 pisos albañilería	Poliestireno	1.716	929	1,86	1,23

Fuente: Creara

En el caso de los muros, como se ha comentado en ocasiones anteriores, sólo se han elaborado medidas de aislación para viviendas de albañilería. En ambos casos se cumplimentan los valores mínimos establecidos por la RT de 2007, y los costos de implementación de la medida son muy similares. Entre 2.385 \$/m² y 2.645\$/m².

Piso

Tabla 80. Comparativa de las transmitancias y costos – pisos

DATOS MINVU						DATOS CREARA					
Tipología de vivienda	Medida	Inversión (\$/m ²)	MO + Flete (\$/m ²)	U inicial (W/Km ²)	U final (W/Km ²)	Tipología de vivienda	Medida	Inversión (\$/m ²)	MO + Flete (\$/m ²)	U inicial (W/Km ²)	U final (W/Km ²)
Tipología 3	Aislante Fisiterm	0,00	211	1,40	0,33	Aislada 1 piso madera	Poliestireno extruido + barrera de vapor de film de polietileno de baja densidad + mortero de cemento+ baldosa de cerámica	45.251	5.233	1,40	0,36

Fuente: Creara

En ambos casos, la aislación de los pisos hace que se cumpla la RT. Sin embargo, como se puede observar, los costos distan mucho de ser similares.

Ventanas

Tabla 81. Comparativa de las transmitancias y costos – ventanas

DATOS MINVU						DATOS CREARA					
Tipología de vivienda	Medida	Inversión (\$/m ²)	MO + Flete (\$/m ²)	U inicial (W/Km ²)	U final (W/Km ²)	Tipología de vivienda	Medida	Inversión (\$/m ²)	MO + Flete (\$/m ²)	U inicial (W/Km ²)	U final (W/Km ²)
Tipología 2	VDT*	15.660	0,00	5,80	3,60	Pareada 2 pisos albañilería	VDT*	103.881	11.369	4,86	3,30
Tipología 2	VDT*	20.681	0,00	5,80	2,40	Pareada 2 pisos albañilería	VDT*	154.815	10.683	4,86	1,80
Tipología 3	VDT*	34.795	0,00	5,60	3,60	Aislada 1 piso madera	VDT*	103.881	11.369	4,86	3,30
Tipología 3	VDT*	46.193	0,00	5,60	2,40	Aislada 1 piso madera	VDT*	154.815	10.683	4,86	1,80
Tipología 7	VDT*	19.474	0,00	5,60	3,60	Pareada 2 pisos madera	VDT*	103.881	11.369	4,86	3,30
Tipología 7	VDT*	25.766	0,00	5,60	2,40	Pareada 2 pisos madera	VDT*	154.815	10.683	4,86	1,80
Tipología 9	VDT*	28.116	0,00	5,80	3,60	Dpto.	VDT*	103.881	11.369	4,86	3,30
Tipología 9	VDT*	37.370	0,00	5,80	2,40	Dpto.	VDT*	154.815	10.683	4,86	1,80

DATOS MINVU						DATOS CREARA					
Tipología de vivienda	Medida	Inversión (\$/m ²)	MO + Flete (\$/m ²)	U inicial (W/Km ²)	U final (W/Km ²)	Tipología de vivienda	Medida	Inversión (\$/m ²)	MO + Flete (\$/m ²)	U inicial (W/Km ²)	U final (W/Km ²)
Tipología 10	VDT*	29.576	0,00	5,80	3,60	Dpto.	VDT*	103.881	11.369	4,86	3,30
Tipología 10	VDT*	39.318	0,00	5,80	2,40	Dpto.	VDT*	154.815	10.683	4,86	1,80

* VDT: Doble vidriado Termopanel Fuente: Creara

En ambos casos se evalúa la instalación de dos modelos de ventanas con transmitancias distintas. El ahorro energético se presupone será similar, sin embargo, el costo determinado por Creara, como ocurre en anteriores ocasiones, es mucho superior al establecido por en el estudio del MINVU.

7.5.3 Comparación con el estudio “Consumo y caracterización del uso de la leña en la ciudad de Osorno”

En este punto se compararán datos reflejados en el estudio “Consumo y caracterización del uso de la leña en la ciudad de Osorno”, elaborado por la unidad de calidad del aire de la facultad de ingeniería de Temuco, con los obtenidos en el presente informe.

Tras realizar diversas encuestas en Osorno, se obtuvo que, un 95,5% de la muestra declara consumir leña como combustible, mientras que el 5,3% afirma no usarla (lo que engloba tanto a los que nunca la ha usado como a lo que dejaron usarla). Dicho dato se corresponde con lo recogido por las encuestas elaboradas en 2010 por el Ministerio de Energía que reflejan unos porcentajes del 95% que usan leña, frente al 5% que no.

La misma conclusión se puede sacar de la aislación de las viviendas. Según el estudio de la facultad de Ingeniería de Temuco, un 43% de las personas encuestadas afirman que su vivienda posee algún tipo de aislación, mientras que las encuestas realizadas por el Ministerio de Energía 2010, hablan de un 42% del total de viviendas de Osorno.

Respecto a los tipos de leña consumidos, en orden, son los siguientes:

- Hualle (51,5%)
- Ulmo (24%)
- Eucalipto (20,2%)
- Canelo (0,9%)
- Tepú (0,5%)
- Pino (2,8%)

Para determinar qué especie es la que más se vende en Osorno, en este estudio Creara ha comprobado en la página web del Sistema de Certificación de la Leña que los comerciantes certificados en la ciudad de Osorno venden principalmente Eucalipto. Por ello, los cálculos de ahorro económico se han elaborado en función de dicha especie.

Según el estudio de “Consumo y caracterización del uso de la leña en la ciudad de Osorno”, el consumo de leña obtenido en base a la proyección de los datos de la ejecución de la campaña de encuestas asociado a cada equipo de combustión de leña, junto a los aportes porcentuales de cada uno de ellos fue de 459.200 m³ en el año 2007, de los cuales, un 49,7% se destinó a calefacción y un 50,3% para cocción.

A partir de estos datos, y conociendo la densidad y el poder calorífico de cada una de las especies señaladas anteriormente, se obtiene que el consumo de calefacción ascendió a unos 750 GWh.

El dato obtenido en este estudio para el 85% de las viviendas de Osorno es de 552 GWh en el año 2012. De ello se obtiene que puede haber un sobreconsumo energético en la ciudad de Osorno, tal y como se determinó en el punto 6.4.

Tabla 82. Comparativa con estudio “estudio “Consumo y caracterización del uso de la leña en la ciudad de Osorno”

	Consumo y caracterización del uso de la leña en la ciudad de Osorno		CREARA	
	Sí	No	Sí	No
Consumo de leña	94,7%	5,3%	95%	5%
Aislación de viviendas	43%	57%	42%	58%
Especie más consumida	Hualle		Hualle	
Consumo en calefacción	750 GWh		552 GWh	

Fuente: Creara en base a datos del Ministerio de Energía 2010 y del Sistema de Certificación de la Leña

7.6 Comparación entre la RT actual chilena, la propuesta de modificación de agosto de 2013 y la normativa española actual (CTE)”

Con el fin de analizar el margen de mejora que presentan las edificaciones residenciales en materia de envolvente térmica, se realizará una comparativa de las exigencias mínimas de aislamiento térmico de la normativa vigente actual (RT 2007), con la propuesta de modificación cuya publicación está prevista, y con la normativa actual española C.T.E. (D.B. HE1).

Para ello se evaluarán los valores máximos permitidos por las diferentes normativas en cuanto a la transmitancia en muros, techos, pisos ventilados y pisos en contacto con el terreno.

Para realizar la comparativa se ha seleccionado una ciudad española que presente características similares a las de Osorno, en función de sus temperaturas máximas, mínimas y grados día. La similitud sería la siguiente:

Tabla 83. Zonificación climática.

Ciudad Chilena	Osorno
Oscilación térmica en verano	14,5
Oscilación térmica en invierno	7,2
Tª Media Verano	15,2
Tª Media Invierno	6,5
Grados día 15º	1.644
Zona climática R.T. (Actual)	5
Zona climática R.T. (Modificación)	F
Zona Climática (C.T.E.)	D
Ciudad Española "Similar"	Zaragoza

Fuente: Creara

En base a esta similitud, se pueden comparar las transmitancias máximas permitidas para Osorno según la actual RT, y cómo se verían afectadas si se aplicara tanto la propuesta de modificación, como la normativa española (CTE)

En el caso de Osorno, clasificado actualmente como zona climática 5, la zona climática que más se puede asimilar en cuanto a sus características climatológicas es la zona "D" según la normativa española, y la zona "F" según la propuesta de modificación del R.T. teniendo las siguientes transmitancias límite.

Tabla 84. Comparación de transmitancias térmicas

Envolvente	R.T. (Actual)	R.T. (Modificación)	C.T.E. (HE1)
Muros (W/m ² K)	1,60	0,60	0,60
Pisos ventilados (W/m ² K)	0,50	0,50	0,40
Pisos en contacto con el terreno (W/m ² K)	-	0,80 ¹	0,60
Cielos (W/m ² K)	0,33	0,28	0,40

Fuente: Creara

La siguiente gráfica representa una comparativa entre las exigencias mínimas de transmitancia térmica en las diferentes partes del edificio para la ciudad de Osorno:

¹Corresponde a la transmitancia resultado de aplicar 40mm de aislación con un $\lambda=0,040\text{W/m}^2\text{K}$, a un suelo tradicional, como indica la normativa.

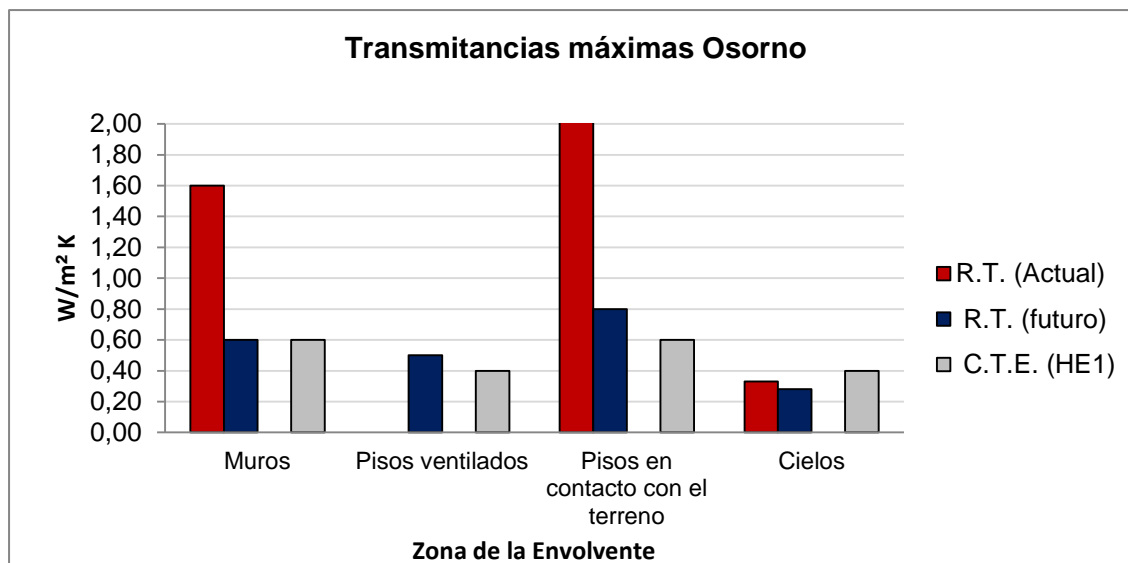


Gráfico 25. Comparativa de transmitancias térmicas según RT

Fuente: Creara

En esta grafica se puede observar como la transmitancia mínima exigida en la actual RT puede ser más restrictiva, como lo son la propuesta en la modificación y en el CTE español.

Particularizando para cada uno de los elementos, actualmente los muros presentan un gran margen de mejora. La propuesta de modificación es mucho más exigente con la transmisividad de los muros.

Por otro lado, respecto a los pisos en contacto con el terreno, no existen en la actualidad limitaciones de transmitancia térmica, por lo que la pérdida de energía por este elemento no está controlada de ninguna manera. La nueva propuesta de modificación exige unos niveles de aislación mínimos dependiendo de la zona climática. Si estos niveles de aislación se transforman a transmitancia térmica, se observa que, aunque no tan exigentes como la normativa española, por lo menos limitan de alguna forma estas pérdidas.

El caso de los techos es en el que la normativa actual se centra más, siendo más exigente que la normativa española, e incluso llegándose a mejorar con la propuesta de modificación.

Tras este análisis, se concluye que la propuesta de modificación de la RT actual, se adecúa correctamente a las características climáticas presentes en Chile.

A continuación se replantearán las medidas de aislación térmica estudiadas en el punto anterior, con los nuevos límites exigidos en la propuesta de modificación de la normativa.

En el caso de los pisos y los techos las propuestas realizadas anteriormente ya cumplían con la nueva modificación. Únicamente los muros quedarían fuera de esta modificación, a los que debería adicionársele el siguiente espesor de aislante:

Muros

Tabla 85. Espesor mínimo de aislante en muros de albañilería. RT (modificación)

Elemento	e (m)	λ (W/m*K)	R (K*m ² /W)	R _{si} (K*m ² /W)	R _{se} (K*m ² /W)	R _T (K*m ² /W)	U _{MUROS} (W/K*m ²)
Ladrillo	0,14	0,46	0,30	0,09	0,06	1,93	0,52
Poliestireno	0,05	0,04	1,39				
Estuco exterior	0,02	1,40	0,01				
Planchas de yeso-cartón	0,01	0,26	0,04				

Fuente: Creara

Tabla 86. Espesor mínimo de aislante en muros de madera. RT (modificación)

Elemento	e (m)	λ (W/m*K)	R (K*m ² /W)	R _{si} (K*m ² /W)	R _{se} (K*m ² /W)	R _T (K*m ² /W)	U _{MUROS} (W/K*m ²)
Madera / tabiquería	0,10	0,10	0,96	0,09	0,06	1,74	0,58
Poliestireno	0,02	0,04	0,56				
Planchas de yeso-cartón	0,01	0,26	0,04				

Fuente: Creara.

En el caso de aplicar estas medidas nuevas de aislación cumpliendo con los requerimientos de la propuesta de modificación, se conseguirían los siguientes ahorros.

Tabla 87. Ahorro de C. Medida 3 para casas. RT (modificación)

	Casa aislada			Casa pareada			Casa fila
	1 piso madera	2 pisos madera	2 pisos albañilería	1 piso madera	2 pisos madera	2 pisos albañilería	1 piso madera
C (kWh/año) sin RT	17.634	16.103	29.590	12.040	10.817	14.318	11.047
C (kWh/año) con RT	14.937	13.930	21.383	9.820	8.962	10.136	8.589
C (kWh/año) modificación R.T.	13.596	13.930	16.824	9.331	8.962	8.391	8.589
Ahorro %	9%	0%	29%	5%	0%	27%	0%

Fuente: Creara.

Nótese que en las casas aisladas de dos pisos de madera, las pareadas de dos pisos de madera y las casas fila de 1 piso de madera, no se observan ahorros. Esto es debido a que la caracterización de dichas viviendas cumple con los valores mínimos exigidos en la modificación de la RT.

En cuanto al resto de viviendas, los ahorros conseguidos son mayores con las exigencias de la modificación ya que mejoran los niveles de aislación, pero también aumenta la inversión a realizar ya que hay que colocar mayor espesor de aislamiento.

Tabla 88. Costos. Medida 3 para casas de albañilería y madera. RT (modificación)

	Situación actual		Medida 3	
	Muro Madera U (W/K*m ²)	Muro Albañilería U (W/K*m ²)	Sistema de aislamiento de muros de madera	Sistema de aislamiento de muros albañilería
U_{MURO} (W/K*m²)	1,86	1,23	0,58	0,52
Valor unitario (\$/m²)			1.750	2.852
Costo de retiro (\$/m²)	-	-	-	-
Mano de obra (\$/m²)	-	-	929	929
Total (\$/m²)	-	-	2.679	3.781
Costo mantenimiento 10 años (\$)	-	-	-	-

Fuente: Creara

En la tabla siguiente se muestran los ahorros generados junto al periodo de retorno de la inversión, en cuanto a los ahorros económicos. Según se puede observar los PRS, son elevados.

Tabla 89. Evaluación. Medida 3 para casas de albañilería y madera. RT (modificación)

	Casa aislada			Casa pareada			Casa fila
	1 piso madera	2 pisos madera	2 pisos albañilería	1 piso madera	2 pisos madera	2 pisos albañilería	1 piso madera
Costo Total (\$)	273.268	0	635.225	128.597	0	294.926	0
Ahorro (kWh/año)	1.566	0	12.766	1.012	0	5.927	0
PCI Hualle (Kcal/kg)	2.190	2.190	2.190	2.190	2.190	2.190	2.190
PCI Hualle (kWh/kg)	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55
Ahorro Hualle (kg/año)	614,12	0,00	5.006,27	396,86	0,00	2.324,31	0,00
Costo Hualle (\$/kg)	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00
Ahorro Hualle (\$/año)	39.304	0	320.402	25.399	0	148.756	0
PRS (años)	7	0,0	2	5	0,0	2	0,0

Fuente: Creara

Tabla 90. Potencial de Ahorro Energético. Medida 3 para casas de albañilería y madera. RT (modificación)

	Descripción	U inicial (W/Km ²)	U final (W/Km ²)	Costo inversión (\$/m ²)	Costos mantenimiento 10 años (\$)	% medio eficiencia de aislación	% de viviendas afectadas	Potencial de reducción energético en el parque de viviendas (GWh/año)
Medida 3 (Albañilería anterior a R.T. 2007)	Adición de poliestireno de 50 mm en viviendas de albañilería	1,86	0,52	3.781	-	43%	10%	26,64
Medida 3 (Albañilería posterior a R.T. 2007)	Adición de poliestireno de 30 mm en viviendas de albañilería	0,92	0,52	2.981	-	13%	1%	1,59
Medida 3 (Madera)	Adición de poliestireno de 20 mm en viviendas de madera	0,85	0,58	2.679	-	9%	44%	17,12

Fuente: Creara.

En esta tabla se observa cómo el potencial de reducción de consumo energético en el parque de viviendas de Osorno, es considerablemente elevado y bastante superior al obtenido al llevar las viviendas a la RT de 2007. Esto es debido a dos factores principales: el primero conlleva un mayor ahorro energético debido a la mejora de aislamiento térmico de las viviendas. El segundo es debido a que el número de viviendas que incumplen esta nueva reglamentación es mayor, por lo que el porcentaje de viviendas que se verá afectada será mayor.

8. CONSUMO ENERGÉTICO

Tras proponer diversas medidas de aislamiento térmico y estudiar la factibilidad de su implementación según diversos factores, se plantea ahora una caracterización del parque de calefactores y cocinas de leña de Osorno, así como un estudio de los nuevos equipos del mercado, con el fin de determinar una proyección para los años 2013 - 2025.

Luego de ello, se realizará un catastro de los puntos de venta de leña y mediante encuestas se determinará cuál es el volumen de ventas en Osorno. Con ello, se comparará el consumo de leña anual calculado mediante la información de los vendedores, con la información de la demanda obtenida en puntos anteriores. Esto permitirá analizar las diferencias obtenidas.

Por último se analizará la información de consumo base de energético residencial para cada combustible identificado, enfatizando en el consumo de la leña. En este sentido, se construirán distintos perfiles que relacionen el tipo de combustible con el consumo estacional y con el estrato socioeconómico.

8.1 Caracterización del parque de calefactores y cocinas de leña de Osorno

Para este punto se ha tenido en cuenta el resultado del “Registro de artefactos a leña” elaborado por el Ministerio de Medio Ambiente en 2012 para la ciudad de Osorno. La utilización de esta información implica ciertas salvedades, ya que este registro tenía la finalidad de aplicar al programa de recambio y los datos eran introducidos por los postulantes, por lo que podrían estar sesgados. Sin embargo, se corroboraron parte de estos datos en terreno, y se observó poca variabilidad entre lo declarado en el registro y lo visto en el terreno. Por ello, se utilizará el “Registro de artefactos a leña” para determinar la caracterización del parque de calefactores y cocinas de la ciudad de Osorno.

Los datos obtenidos se presentan a continuación:

La relación entre equipos de cocina y equipos de calefacción de leña en la ciudad de Osorno es del 42% y 58% respectivamente, tal y como muestra el gráfico siguiente.

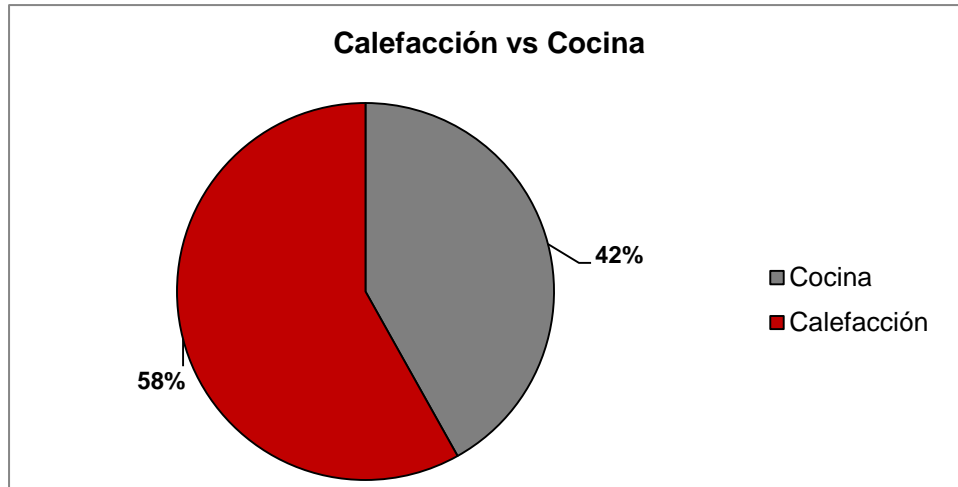


Gráfico 26. Relación de equipos de calefacción y cocción
Fuente: Registro de artefactos de leña. Ministerio de Medio Ambiente 2012

8.1.1 Cocinas

A continuación se muestra la antigüedad media de los equipos de cocina Osorno:

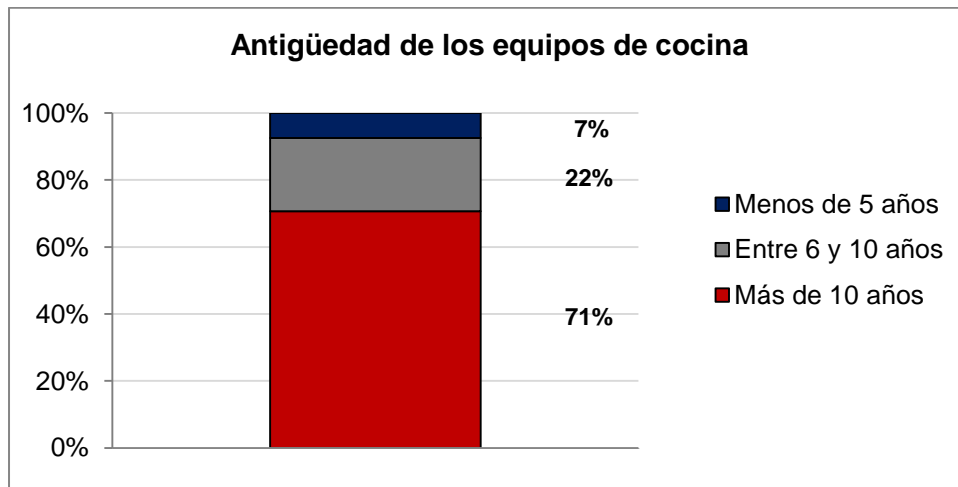


Gráfico 27. Antigüedad de los equipos de cocina
Fuente: Registro de artefactos de leña. Ministerio de Medio Ambiente 2012

Puede observarse que un gran porcentaje del total (76%) corresponde a equipos de más de 10 años, que se caracterizan por ser menos eficientes que las nuevas tecnologías. Tan sólo el 7% del total, hace referencia a equipos de menos de 5 años de antigüedad. En

este punto sería interesante enfatizar la renovación del parque de equipos de cocina, y ofrecer subvenciones que permitiesen el recambio por equipos más nuevos.

En cuanto a las marcas, las más utilizada, en el siguiente orden son Yunkhe (8,7%), Alcazar (3,3%) y las artesanales (3,2%).

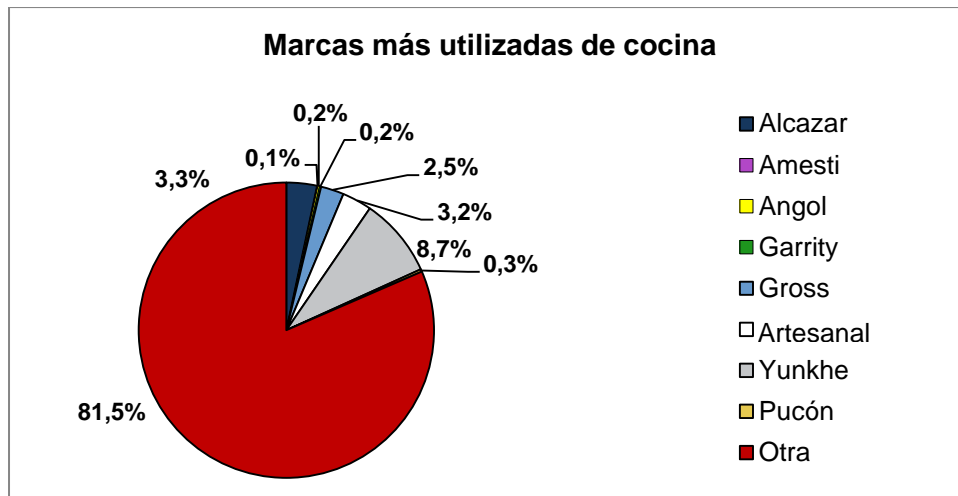


Gráfico 28. Marcas más utilizadas en las cocinas de Osorno

Fuente: Registro de artefactos de leña. Ministerio de Medio Ambiente 2012

A continuación se puede observar el estado de las cocinas de Osorno, según la antigüedad de las mismas. Obsérvese que en lógica, las cocinas de menos de 5 años se caracterizan por tener un estado de conservación bueno, mientras que las de más de 10 años se encuentran en malas condiciones.

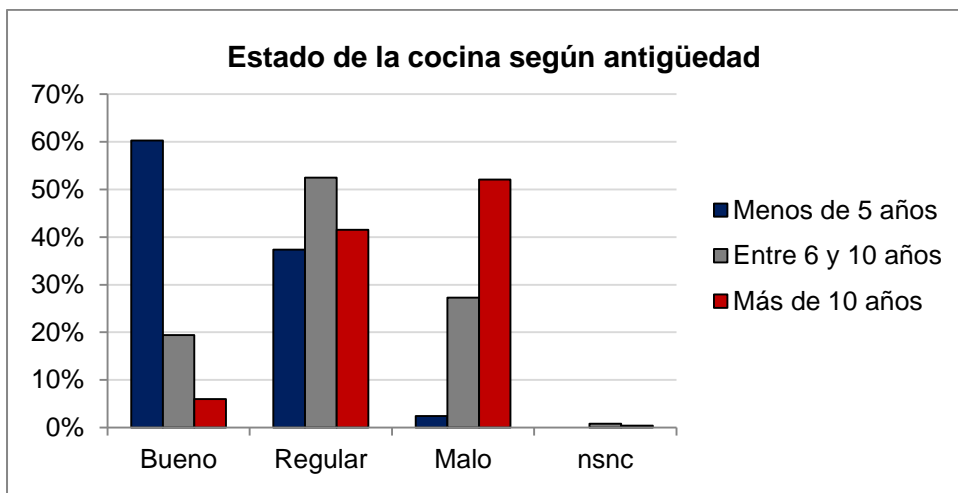


Gráfico 29. Estado de las cocinas de Osorno según antigüedad

Fuente: Registro de artefactos de leña. Ministerio de Medio Ambiente 2012

La siguiente gráfica relaciona la antigüedad de la cocina con el gasto de leña (en \$). No se observa una relación muy clara entre la edad de los equipos y el costo económico derivado del uso de la leña.

Por un lado, los equipos que conllevan menos gasto (<100.000\$) son los de menos de 5 años. En el otro sentido, los equipos que más gastan son los de más de 10 años, pero se observa una mínima diferencia con el resto de equipos.

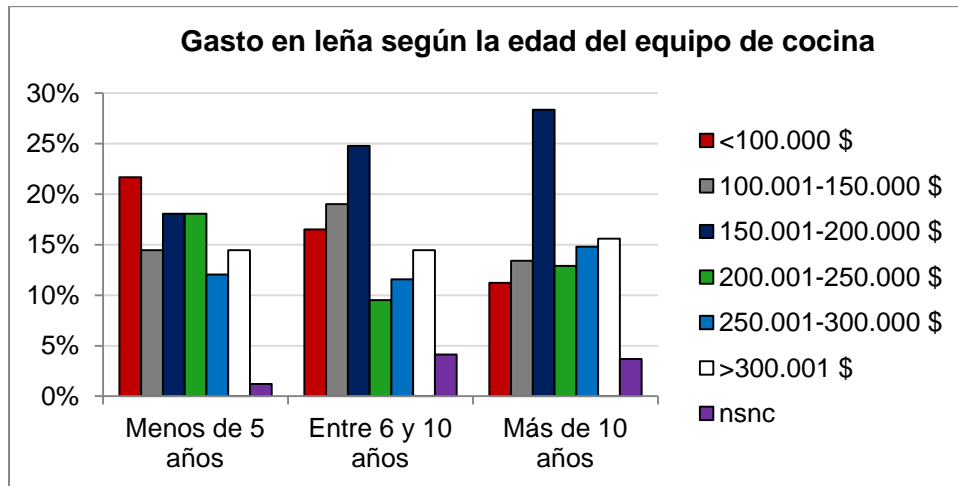


Gráfico 30. Gasto en leña según la edad de la cocina

Fuente: Registro de artefactos de leña. Ministerio de Medio Ambiente 2012

Otro punto importante a tener en cuenta, es la época en la que se compra la leña. Obsérvese que el verano es la época preferida por los consumidores, y según sus comentarios, un 42% de las personas que compran en esta época lo hacen para que la leña se seque durante el periodo estival, mientras que un 38% afirman que lo hacen porque los costos son más bajos.

Tabla 91. Estación de compra de leña

Época	Porcentaje
Primavera	3%
Verano	35%
Otoño	20%
Invierno	17%
nsnc	25%

Fuente: Creara

Respecto al abastecimiento, un 92% afirma comprar la leña.

8.1.2 Calefacción

Los equipos de calefacción se reparten de la siguiente manera en Osorno:

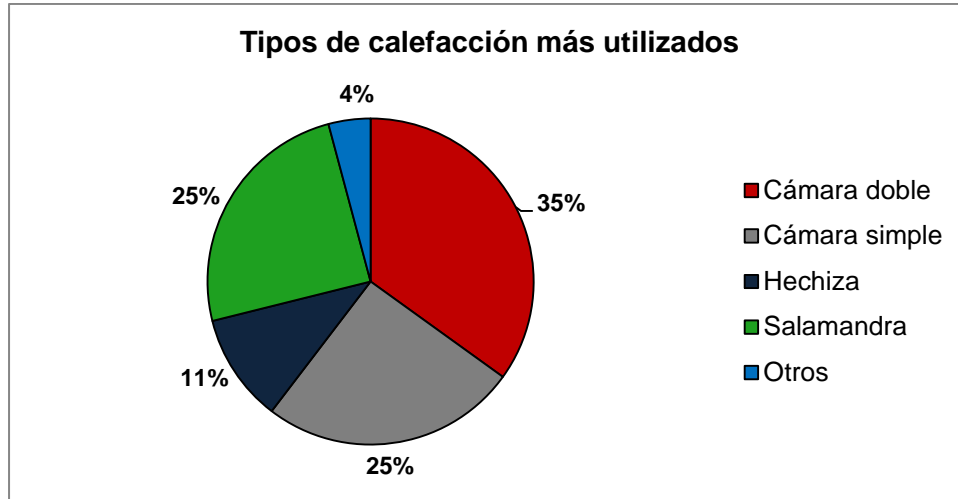


Gráfico 31. Tipos de calefacción más utilizados en Osorno

Fuente: Registro de artefactos de leña. Ministerio de Medio Ambiente 2012

El mayor porcentaje de las viviendas, un 35%, eligen equipos de cámara doble para calentar sus viviendas seguidos por las salamandras y las hechizas.

En este caso, los equipos de calefacción son por lo general más nuevos que las cocinas de Osorno. Puede observarse que los equipos de más de 10 años ascienden al 56%, mientras que los que están entre 6 y 10 años representan el 31% del total.

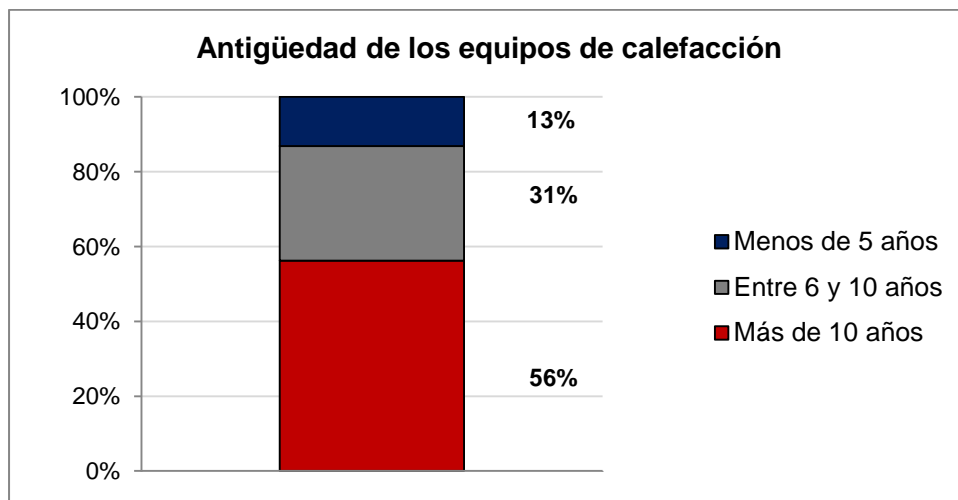


Gráfico 32. Antigüedad de los equipos de calefacción de Osorno

Fuente: Registro de artefactos de leña. Ministerio de Medio Ambiente 2012

A continuación se puede observar un gráfico con las marcas más habituales de equipos de calefacción en esta ciudad:

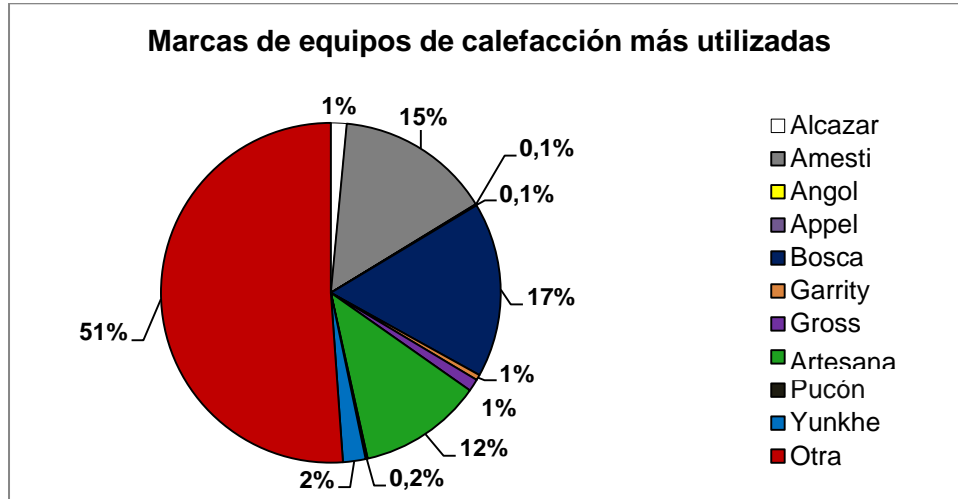


Gráfico 33. Marcas más utilizadas en las calefacciones de Osorno

Fuente: Registro de artefactos de leña. Ministerio de Medio Ambiente 2012

Un punto importante a la hora de caracterizar el parque de calefacciones de Osorno, es el estado de conservación frente a la antigüedad de los mismos. Como es lógico, aquellos equipos que han sido comprados hace menos de 5 años tienen un estado de conservación bueno, mientras que los que se compraron hace más de 6 años presentan una conservación mala.

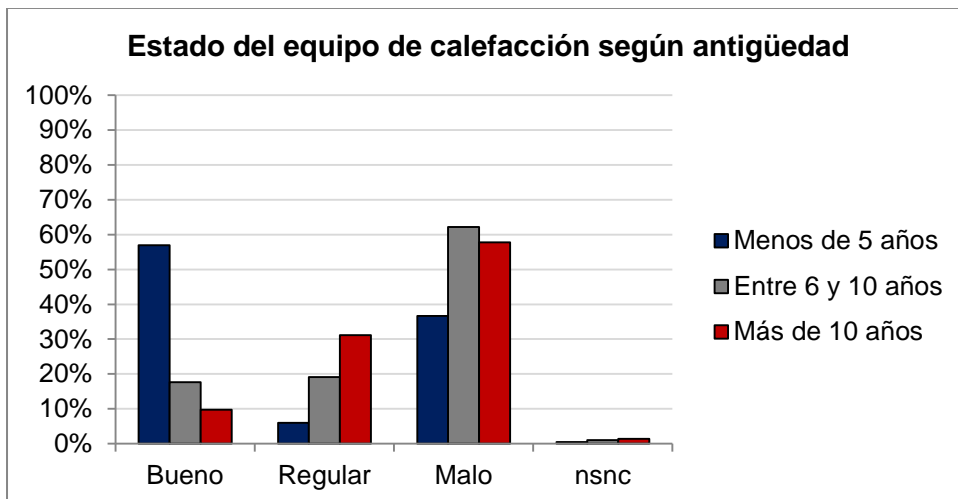


Gráfico 34. Estado de los equipos de calefacción según antigüedad en Osorno

Fuente: Registro de artefactos de leña. Ministerio de Medio Ambiente 2012

En lo relativo al gasto de leña según la edad del equipo de cocina, no se observa ninguna relación significativa entre este valor y la antigüedad del equipo.

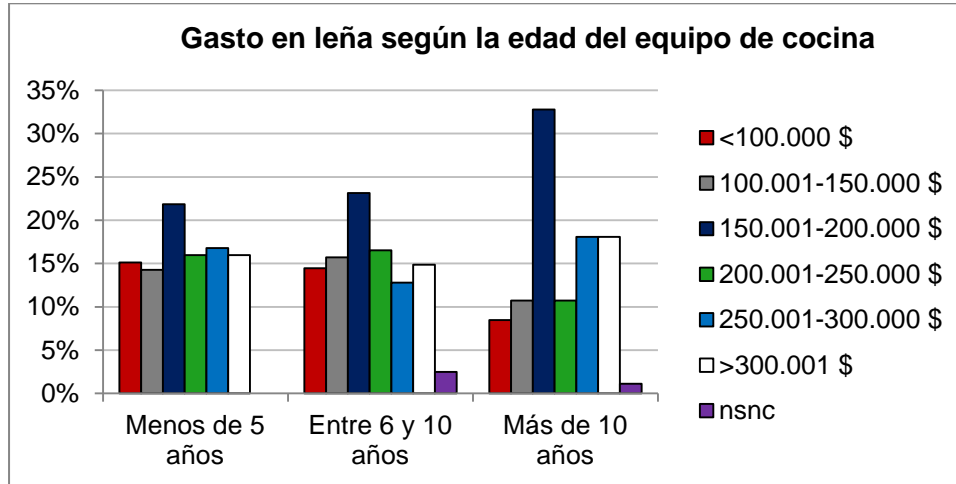


Gráfico 35. Gasto de leña según la edad del equipo de cocina en Osorno

Fuente: Registro de artefactos de leña. Ministerio de Medio Ambiente 2012

Del mismo modo que en el caso de las cocinas, la mayor parte de la población que compra leña lo hace en verano, para acumularla y secarla y porque su costo es más bajo.

Como punto aparte, del total de la población con equipos de calefacción y/o cocina, sólo han recibido subvención de aislamiento térmico de la casa un 4% según el “Registro de artefactos a leña” elaborado por el Ministerio de Medio Ambiente en 2012 para la ciudad de Coyhaique.

8.2 Características técnicas de los nuevos equipos de calefacción y cocina

Las características técnicas de los nuevos equipos de calefacción a la venta en el mercado se exponen a continuación. Para ello, se han consultado los catálogos de diversas empresas relacionadas con la venta de cocinas y equipos de calefacción.

Para llevar a cabo una valoración de la eficiencia energética de todos los equipos de calefacción y cocción, Creara ha asignado una clasificación en función del rendimiento:

Tabla 92. Baremos de eficiencia en función del rendimiento

	Rendimiento %
4	≥ 100
3	$90 \leq \eta < 100$
2	$80 \leq \eta < 90$
1	< 80

Fuente: Creara

Tabla 93. Características de los equipos de calefacción a la venta actualmente

	Marca	Tipo	Modelo	Área de calefacción máxima (m ²)	Potencia (Kcal/h)	Costo* (\$)	Mantenimiento decenal (\$)	Vida Útil	Eficiencia
LEÑA	Amesti	Doble Cámara	Scantek 350	100	6.000	99.000	66.900	16	1
			Scantek 360	120	7.300	110.000	66.900	16	1
			Scantek 380	150	9.000	145.000	66.900	16	1
			Scantek 400 plus	150	9.000	198.600	66.900	16	1
			Scantek 500	180	12.000	294.600	66.900	16	1
			Scantek 600	160	9.500	229.900	66.900	16	1
	Bosca	Doble Cámara	scan 340	80	5.000	119.900	66.900	16	1
			scan 360	100	7.000	149.900	66.900	16	1
			scan 380	120	8.500	169.900	66.900	16	1
			scan 450	140	12.000	199.900	66.900	16	1
			Gold 400	100	7.000	265.000	66.900	16	1
			Gold 800	140	10.600	385.000	66.900	16	1
			ecocalor 340	80	5.000	99.000	66.900	16	1
			ecocalor 380	120	8.500	126.000	66.900	16	1
			ecocalor 400	100	7.000	199.000	66.900	16	1
			ecocalor 500	140	12.600	299.900	66.900	16	1
			Prime 400	120	8.500	300.000	66.900	16	1
			Prime 450	150	12.000	340.000	66.900	16	1
			Prime Classic 400	120	8.500	314.800	66.900	16	1
			Prime Classic 450	150	12.000	370.000	66.900	16	1
	Neoflam	Doble Cámara	Omega I	90	-	206.800	66.900	16	1
			Omega II	160	-	257.300	66.900	16	1
			Sigma	90	-	147.000	66.900	16	1
			Activa	-	-	164.900	66.900	16	1

	Marca	Tipo	Modelo	Área de calefacción máxima (m ²)	Potencia (Kcal/h)	Costo* (\$)	Mantenimiento decenal (\$)	Vida Útil	Eficiencia
LEÑA	Colcalor	Cámara simple	Colcalor 80	80	5.600	170.000	66.900	16	1
			Colcalor 150	150	6.500	220.000	66.900	16	1
	Gerten	Cámara simple	Mini C-80	80	-	170.000	66.900	16	1
			Med. C-120	120	11.300	185.000	66.900	16	1
			Grande C-150	150	-	200.000	66.900	16	1
	Hogar	Cámara simple	A-1	70	-	135.000	66.900	16	1
			A-2	120	-	175.000	66.900	16	1
			Chica c/leñero	70	-	169.000	66.900	16	1
	Gross	Cámara simple	G-100	80	6.500	198.900	66.900	16	1
			G-200	140	8.900	260.000	66.900	16	1
	Klapp	Cámara simple	Art. CI 5	50	-	176.500	66.900	16	1
			Art. CI 10	80	-	Sin datos	66.900	16	1
			Art. CI 15	100	-	203.500	66.900	16	1
			Art. CI 20	120	-	Sin datos	66.900	16	1
			Art. CI 30	150	-	316.400	66.900	16	1
	Molykal	Cámara simple	Mini C-50	50	4.000	120.000	66.900	16	1
			Med. C-120	120	6.000	150.000	66.900	16	1
			Grande C-150	150	8.000	190.000	66.900	16	1
Cocinas 3B	Salamandra	-	-	-	60.000	66.900	16	1	
Calortec	Salamandra	-	-	-	50.000	66.900	16	1	
GN Y GLP	Solargas	Estufas	SG400	-	-	168.000	0	16	2
			SG350	-	-	154.000	0	16	2
			SG250	-	-	109.000	0	16	2
			SG180	-	-	98.000	0	16	2
			MK400	-	-	168.000	0	16	2

	Marca	Tipo	Modelo	Área de calefacción máxima (m ²)	Potencia (Kcal/h)	Costo* (\$)	Mantenimiento decenal (\$)	Vida Útil	Eficiencia
GN Y GLP	Longvie	Estufas	Tiro balanceado EB5S	44	-	178.000	0	16	2
			Tiro Balanceado EB3S	26	-	117.000	0	16	2
			Por Convección 15.000BTU	35	3.800	114.000	0	16	2
			Por Convección 25.000BTU	57	6.300	168.000	0	16	2
			Tiro Balanceado con Termostato 15.000BTU	26	3.800	220.000	0	16	2
			Tiro Balanceado con Termostato 25.000BTU	44	6.300	288.000	0	16	2
PELETS	Bosca	Estufa	Turbo Pellet	50-150	9.000	549.000	66.900	14	3
			Spirit Pellet	50-170	10.000	736.900	66.900	14	3
	Amesti	Estufa	Classic 450 Pellet	130-190	11.200	599.900	66.900	14	3
			Italy 6000	30-100	5.300	749.000	66.900	14	3
	Palazzetti	Estufa	Kilma 6	140	5.418	Sin datos	66.900	14	3
			Kilma 9	180	7.310	Sin datos	66.900	14	3
			Dalila Silent	180	7.050	Sin datos	66.900	14	3
			Denise	160	6.360	1.179.592	66.900	14	3
Aurora			200	9.450	Sin datos	66.900	14	3	

* El costo de instalación está incluido en el costo del equipo

Tabla 94. Características de los equipos de cocina a la venta actualmente

	Marca	Modelo	Potencia (Kcal/h)	Volumen (l)	Costo* (\$)	Mantenimiento (diez años) (\$)	Vida Útil	Eficiencia
LEÑA	Alcazar	72x56	6.000	15,1	114.000	66.900	15	1
		82x56	-	-	135.000	66.900	15	1
		92x63	-	-	Sin datos	66.900	15	1
		102x72	-	-	176.000	66.900	15	1
	Gross	72x56	-	-	147.000	66.900	15	1
		82x56	5.700	17,4	229.900	66.900	15	1
		92x63	-	-	155.900	66.900	15	1
		125x72	-	-	298.000	66.900	15	1
		140x82	-	-	500.000	66.900	15	1
		160x82	9.000	-	629.000	66.900	15	1
		con serpentín 125x72	-	-	372.000	66.900	15	1
	Klapp	71x52	-	-	166.700	66.900	15	1
		con serpentín 71x52	-	-	205.000	66.900	15	1
		200x100	-	-	Sin datos	66.900	15	1
	Yunque	70x46	-	-	Sin datos	66.900	15	1
		80x56	6.000	18,9	142.000	66.900	15	1
		90x60	-	-	165.200	66.900	15	1
		100x70	-	-	Sin datos	66.900	15	1
		150x100	-	-	Sin datos	66.900	15	1
		200x100	-	-	Sin datos	66.900	15	1
	Krisol	56x32	-	-	55.000	66.900	15	1
	Pucón	64x64	-	-	81.000	66.900	15	1
		con serpentín 82x56	-	-	117.000	66.900	15	1
Iberia	70x56	-	-	99.500	66.900	15	1	

	Marca	Modelo	Potencia (Kcal/h)	Volumen (l)	Costo* (\$)	Mantenimiento (diez años) (\$)	Vida Útil	Eficiencia
GLP	Mademsa	DIVA 820 (6 quemadores)**		-	117.000	0	16	2
		Vivace VC-130 (4 quemadores)	9.888	66	179.990	0	16	2
		DIVA 645		66	109.990	0	16	2
		Diva 613 (4 quemadores)	9.888	66	119.990	0	16	2
		DIVA 675 **		66	119.990	0	16	2
		Diva 655 B		66	169.990	0	16	2
		Diva 645 S		66	149.990	0	16	2
	Sindelen	CH-7350s BL (4 quemadores)	9.888	-	139.990	0	16	2
		AVANTI CH-9000 SI	11.200	-	129.990	0	16	2
		AVANTI CH-9350S (4 quemadores) **	9.888	-	99.990	0	16	2
		AVANTI CH-9400 SI **		-	129.900	0	16	2
		AVANTI CH-9600IN **		-	109.990	0	16	2
CH-9900 SV			-	159.900	0	16	2	
GN	FDV	Desing 65	9.458	-	154.990	0	16	2
		Tradicional 60	11.200	-	99.900	0	16	2

* El costo de instalación está incluido en el costo del equipo

** Cocinas que vienen preparadas también para GN

Fuente: Sodimac, Easy, Abcdin, Sindelen, Alcazar, Mademsa, Bosca, Gross, Yunque, Pucón, FDV, Iberia, Krisol, Klapp, Amesti y Creara

Se puede observar que los equipos que se venden en la actualidad no se caracterizan por una eficiencia elevada.

8.3 Características técnicas de alternativas de equipos de calefacción y cocción a la combustión de leña

Aunque las estufas de leña son las más elegidas por la población de Osorno, no son la única alternativa de la que disponen. A continuación se van a exponer distintas alternativas que utilizan otros combustibles:

8.3.1 Calefacción

Estufas

Estufas a gas: debido a la combustión del gas calientan por radiación o por convección. Usan el oxígeno del interior del recinto y emiten gases de efecto invernadero (GEI), o nocivos, al ambiente. Debido a ello, y para evitar intoxicaciones, se recomienda su uso en lugares donde la renovación de aire sea constante.

- **Estufas a gas de llama abierta:** calientan por convección. Produce niveles de CO₂ bajos. El aire caliente producido en el quemador desplaza el aire frío hacia abajo, el cual es absorbido hacia abajo y se calienta.
- **Estufas a gas de tiro balanceado:** su mecanismo es similar al anterior. Calientan por convección. El aire caliente asciende y desplaza hacia abajo el aire frío, el cual es absorbido por el calefactor e iniciando así una renovación del aire.
- **Estufas a gas catalíticas:** calientan por radiación, emitiendo humedad. Los niveles de CO₂ derivados de su uso son bajos.
- **Estufas a gas infrarrojas:** calientan por radiación. Posee placas cerámicas que radian calor y genera elevados niveles de CO₂. Se debe ubicar en lugares en los que la renovación de aire sea constante.

Estufas a parafina: son estufas que calientan el ambiente por radiación. Poseen un quemador y una pantalla reflectora que le rodea, la cual permite la radiación del calor. Produce niveles elevados de gases nocivos para la salud y para el medio ambiente.

Estufa de pellets: una estufa de leña normal solo puede regular el fuego ahogándolo. Lo que perjudica mucho el rendimiento. En las estufas de pellets es la propia estufa la que añade pellets según la demanda de energía. Producen mucho menos monóxido de carbono.

Estufas eléctricas: las hay de tres tipos. Unas que calientan por radiación, otras que lo hacen por convección y unas terceras por conducción. No producen gases nocivos para la salud ni GEI. A continuación se muestran los distintos modelos:

- **Placas radiantes:** calientan por radiación. La ventaja que tienen estos equipos es que cuentan con sistemas de seguridad que cortan el paso de electricidad al sobrecalentarse.
- **Estufas halógenas:** calientan por radiación a través de ampollas halógenas (con gas). Tienen una rejilla protectora que evita quemaduras.
- **Calefactores a cuarzo:** como las dos anteriores, calientan por radiación a través de ampollas halógenas. Se calientan muy rápidamente.
- **Termoventiladores:** calientan por convección. Posee unas resistencias helicoidales de alambre que generan calor y lo disipan a través de las rejillas mediante un ventilador. No contamina y al alcanzar la temperatura determinada se desconecta.
- **Calefactores oleoeléctricos:** calientan por convección. Poseen una resistencia eléctrica que calienta aceite y las placas que lo contienen.
- **Convectores eléctricos:** igual que los termoventiladores y los calefactores oleoeléctricos, calientan por convección. Dichos equipos tienen una resistencia ubicada en la parte inferior, por la que circula la corriente. El aire se calienta y asciende, desplazando el aire frío hacia abajo, el cual vuelve a ser absorbido por el convector.
- **Calefactores textiles:** estos calefactores calientan por conducción mediante resistencias. Hay distintos tipos, como calienta camas, calienta pies, almohadas, mantas, etc.
- **Fibra de carbono:** es el modelo más novedoso. Calientan hasta tres veces más que una estufa eléctrica tradicional. Con menos W consiguen mayor poder calorífico.

Calderas

Calderas de gasoil: las calderas de gasoil son aquellas que usan como combustible el gasoil o gasóleo, son baratas y tienen un mantenimiento relativamente sencillo. Por el contrario, contaminan más que aquellas que usan gas natural o biomasa. Este tipo de calderas son eficaces y rápidas, siendo capaces de calentar una habitación en menor tiempo que otros tipos. La caldera es el lugar donde se calienta el agua, usando el combustible. El agua caliente circula por un circuito de tuberías, que llega a los radiadores instalados en la casa, produciendo la energía para climatizar las zonas deseadas. Para esto la caldera utiliza un sistema de combustión, donde arde el gasoil. El calor que se

produce caliente una parte de la caldera, donde se calienta el agua. Además de para calefacción, esta agua se puede usar como agua caliente sanitaria, dependiendo si la caldera dispone de esta opción o no.

Caldera mixta a leña y pellets: el sistema puede garantizar por si solo el confort en calefacción y agua caliente gracias a la posibilidad de utilizar dos combustibles: madera y "pellets". Las emisiones de CO₂ son bajas

Calefacción distrital: consiste en una caldera centralizada que da soporte a varios consumidores que no se relacionan entre ellos. Cada usuario paga el costo de la energía que gasta. En el caso de este estudio, todos los cálculos estarán referidos a gas, pero también sería interesante el estudio de la calefacción distrital de biomasa.

Bombas de calor

Bomba de calor eléctrica: son equipos de climatización capaces de generar tanto calor como frío, mediante consumo eléctrico, generando aire caliente que se aporta al ambiente, por lo que se pueden utilizar tanto para calefacción como para refrigeración. Los rendimientos de estos equipos son los más altos, llegando casi al 400%, e incluso en los nuevos modelos que están apareciendo en el mercado pueden superar ese porcentaje. Son recomendables sobre todo en zonas donde las temperaturas en invierno no bajan de los 0° C, ya que por debajo de esas temperaturas, sus rendimientos bajan.

8.3.2 Cocción

Cocinas

Cocinas a gas: estas cocinas funcionan mediante fuegos a gas existiendo diferentes tipologías. Su eficiencia es más alta que las cocinas de leña además de no generar residuos sólidos tras su utilización, por lo que son mucho más limpias.

- **Cocina a gas licuado:** estas cocinas utilizan como combustible gases licuados del petróleo, los cuales tienen un poder calorífico mayor al del gas natural, por lo que son necesarias menores cantidades de combustible.
- **Cocina a gas natural:** Su funcionamiento es idéntico al de las cocinas de gas licuado, con la ventaja de que su combustible se distribuye canalizado, por lo que su utilización es más cómoda.

Vitrocerámicas: calientan por radiación. Poseen placas cerámicas que radian calor y genera elevados niveles de temperatura. Este tipo de cocina es mucho más limpia en cuanto a emisiones de gases, pero su combustible al ser electricidad, es más caro.

Tabla 95. Alternativas a equipos actuales de calefacción y cocción

Equipo		Costo (\$)	Costo de la energía (\$/kWh)	Eficiencia	Potencia (W)	Factibilidad de aplicación en la zona térmica 5	
Estufas	Gas	Tiro balanceado	96.200	38,4	1	4.000	Muy alta
		Catalíticas	51.300	38,4	1	4.200	Muy alta
		Infrarrojas	79.900	38,4	1	4.400	Muy alta
	Parafina		200.000	50,6	2	3.000	Muy alta
	Pellets		600.000	27,8	1	13.000	Alta
	Eléctricas	Placas radiantes	86.800	138,0	3	1.000	Muy alta
		Halógenas	17.000	138,0	3	1.200	Muy alta
		Calefacción a cuarzo	40.000	138,0	3	1.800	Muy alta
		Termoventiladores	15.500	138,0	3	1.650	Muy alta
		Calefacción oleoeléctrica	59.900	138,0	3	1.500	Muy alta
		Convector eléctrico	61.000	138,0	3	1.000	Muy alta
		Calefactor textil	Según tipología	138,0	3	Según tipología	Según tipología
	Fibra de carbono	43.000	138,0	3	1.000	Muy alta	
Calderas	Mixta	5.400.000	Leña: 28,2 Pellets: 27,8	Leña: 2 Pellets: 3	Leña: 18.000 Pellets: 24.000	Media	
	Gasoil	1.181.000	53,0	2	24.000	Media	
	Distrital	11.418.491*	Según tipología	3	Según tipología	Según tipología	
Bomba de calor eléctrica		1.800.000	138	4	6.900	Muy alta	

Equipo		Costo (\$)	Costo de la energía (\$/kWh.)	Eficiencia	Potencia (W)	Factibilidad de aplicación en la zona térmica 5	
Cocinas	Gas	Cocina Gas licuado	96.200	122,6	2	4.000	Muy alta
		Cocina Gas natural	51.300	62,8	2	4.200	Muy alta
		Vitrocerámica (eléctrica)	200.000	138,0	3	3.000	Muy alta

* Inversión total para clientes residenciales de red de distribución de calor. Fuente: "EVALUACIÓN TÉCNICO-ECONÓMICA DE CALEFACCIÓN DISTRITAL EN PUNTA ARENAS"

Fuente: Creara

Los costos de la energía se han obtenido de las siguientes fuentes:

- Kerosene y Gas Licuado: Lista de costos de combustibles. Comisión Nacional de Energía, Kerosene: septiembre de 2013. GLP: Noviembre 2012
- Gas Natural: Factura de Gas Natural
- Electricidad: Costo calculado a partir de las tarifas eléctricas de la compañía Luz Osorno, del grupo Sadesa
- Leña (Hualle): Costo obtenido del estudio de costo y calidad de leña de Osorno
- Pellets: Costo obtenido de encuestas a puntos de venta

A continuación, se evaluará la viabilidad de instalar cada uno de los equipos mencionados en la tabla anterior, en cada una de las tipologías de vivienda determinadas en los puntos anteriores. Tal y como se puede observar, dicha tabla muestra que la instalación de todos los equipos es factible en todas las tipologías de viviendas.

Tabla 96. Factibilidad de equipos según tipo de vivienda

Equipo			Casa aislada			Casa pareada			Casa fila	Departamento			
			1 piso madera	2 pisos madera	2 pisos alb	1 piso madera	2 pisos madera	2 pisos alb	1 piso madera	Nº1	Nº2	Nº3	Nº4
Estufas	Gas	Tiro balanceado	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		Catalíticas	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		Infrarrojas	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Parafina		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Pellets		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Eléctricas	Placas radiantes		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		Halógenas		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		Calefacción a cuarzo		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		Termoventiladores		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		Calefacción oleoeléctrica		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		Convector eléctrico		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		Calefactor textil		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Fibra de carbono		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Calderas	Mixta		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	Gasoil		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	Distrital		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Bomba de calor eléctrica			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	

8.4 Proyección del parque de calefactores y cocinas entre los años 2013-2025

A continuación se va a realizar la descripción del parque de equipos cocina y de calefactores, según sus características de uso, su vida útil y ciertos supuestos que se han tenido en cuenta después de analizar las tendencias en el consumo de combustible de Osorno.

8.4.1 Parque de equipos de cocción y calefacción

Dicha proyección se ha realizado a partir de un número de equipos variable en función de los metros cuadrados de las viviendas de Osorno.

Tabla 97. Número de equipos de calefacción según m² de viviendas

m ²	% viviendas de Osorno	Nº Calefactores
0-30	7%	1
30-100	69%	1
>100	24%	2

Fuente: Ministerio de Energía 2010 / Creara

La relación de equipos por vivienda asciende a 1,30 equipos/vivienda.

También se ha tenido en cuenta el supuesto de que, aproximadamente el 5% de las viviendas de Osorno no utilizan leña como combustible para cocinar ni calefactar el hogar.

En función de los datos de la tabla anterior, se obtiene que el número de equipos entre 2013 y 2025 es el siguiente:

Tabla 98. Número de equipos de calefacción 2013-2025

Año	Número de equipos
2013	56.590
2014	57.529
2015	58.468
2016	59.405
2017	60.337
2018	61.282
2019	62.222
2020	63.168
2021	64.233
2022	65.338
2023	66.483
2024	67.670
2025	68.900

Fuente: Creara

Para estimar cuál va a ser la proyección del parque de equipos de calefacción entre 2013 y 2025 se ha obtenido la composición actual del mismo a 2012, a partir de los datos del “Registro de Artefactos a Leña de Osorno” del Ministerio de Medio Ambiente.

Tabla 99. Porcentaje de artefactos de leña

	MMA 2012
Cámara simple	15%
Cámara doble	20%
Salamandra	14%
Hechiza	6%
Cocina	42%
Otro	3%

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente 2012

Con el fin de conocer cuál cómo van a variar estos porcentajes entre los años proyectados, se han planteado dos escenarios.

Escenario optimista

El escenario optimista tiene en cuenta los siguientes supuestos:

- En cuanto al uso de leña como combustible, se presupone una disminución en su uso, a favor de los equipos a pellets y parafina, debido a que la sustitución de un equipo antiguo por otro más eficiente de pellets y parafina, además de generar unos ahorros económicos importantes, tiene un PRS inferior a 3 años. Además, la población está cada vez más concienciada con el problema de contaminación.
- Por el contrario en el caso de estufas eléctricas, no se produce ningún ahorro respecto a las estufas de leña, por lo que el parque de este artefacto será muy bajo.
- El uso de calefacción distrital a gas experimenta un aumento elevado entre los años 2013 y 2025.

Con los supuestos planteados anteriormente, se considera que, en 2025, las proporciones de los combustibles utilizados será la que se presenta a continuación:

Tabla 100. Porcentaje de equipos según combustible en escenario optimista

	Estimado a 2025
Equipos que cumplen con la norma	71%
Pellets	13%
Calefacción distrital	6%
Estufas a parafina	8%
Estufas eléctricas	2%

Fuente: Creara

El cálculo del parque de calefactores se hará en base a los supuestos mencionados anteriormente y a la vida útil de los equipos. Para ello, se ha tenido en cuenta la antigüedad de los equipos del parque actual de Osorno, (gráfica 32), en el que un 13% del total de cocinas es menor de 5 años, el 31% tiene entre 6 y 10 años y el 56% más de 10 años.

Cuando menor sea la vida útil asumida de los artefactos, más optimista será la proyección del parque a favor de mejores tecnologías. La vida útil media de estos equipos se estima de 15 años, por lo que aquellos que lleguen a esta edad serán sustituidos por nuevos

equipos muchos más eficientes que los actuales, y en el caso de artefactos a leña, por otros que cumplan con la limitación de emisiones establecida en la normativa actual.

Como resultado se obtiene la siguiente proyección de equipos de calefacción y cocción en Osorno, entre los años 2013 y 2025 para el escenario optimista es la que se ofrece a continuación:

Tabla 101. Proyección del parque de calefactores y cocinas en el escenario optimista

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Cámara simple	7.363	6.404	5.312	3.981	2.573	1.335	0	0	0	0	0	0	0
Cámara doble	10.192	9.233	8.142	6.810	5.402	4.165	3.225	1.593	-66	-1.754	-3.471	-5.220	0
Salamandra	6.797	5.838	4.746	3.415	2.007	0	0	0	0	0	0	0	0
Hechiza	2.270	1.310	219	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cocina de leña	22.642	21.683	20.591	19.260	17.852	16.615	15.675	14.043	12.384	10.696	8.978	7.230	219
Otro	572	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Equipos de leña que cumplen la norma	4.795	9.274	13.815	18.417	23.076	27.809	30.759	33.747	36.860	40.041	43.293	46.618	48.763
Estufas a pellets	878	1.698	2.529	3.372	4.225	5.092	5.632	6.179	6.749	7.332	7.927	8.536	8.929
Calefacción distrital	405	784	1.167	1.556	1.950	2.350	2.599	2.852	3.115	3.384	3.659	3.940	4.121
Estufas a parafina	540	1.045	1.557	2.075	2.600	3.133	3.466	3.802	4.153	4.512	4.878	5.253	5.494
Estufas eléctricas	135	261	389	519	650	783	866	951	1.038	1.128	1.220	1.313	1.374
	56.590	57.529	58.468	59.405	60.337	61.282	62.222	63.168	64.233	65.338	66.483	67.670	68.900

Fuente: Creara

Nótese cómo los calefactores de cámara simple y doble, así como las salamandras, las hechizas y las cocinas de leña, van desapareciendo progresivamente del parque proyectado a medida que pasan los años y son sustituidos por otras tecnologías o por otros artefactos más eficientes y que cumplen con la normativa de emisiones para equipos de leña.

Por otro lado, se observa un aumento sostenido en el uso de estufas a parafina, eléctricas y a pellets. En el caso de la calefacción distrital, no se hace referencia al número de equipos existentes, sino al número de viviendas que se calientan de esta manera.

Escenario pesimista

El escenario pesimista tiene en cuenta los siguientes supuestos:

- Todos los artefactos de leña se van a sustituir al final de su vida útil por otros que cumplan la nueva norma de emisiones en las mismas proporciones que las actuales.
- En cuanto al uso de leña como combustible se presupone que no va a disminuir apenas, mientras que los equipos a pellets y parafina van a experimentar una subida muy ligera.
- La calefacción distrital a gas experimenta un ligero aumento respecto a años anteriores.

Con los supuestos planteados anteriormente, se considera que, en 2025, el de uso de los diferentes combustibles es el siguiente:

Tabla 102. Porcentaje de equipos según combustible en escenario pesimista

	Estimado a 2025
Equipos que cumplen con la norma	90%
Pellets	4%
Calefacción distrital	2%
Estufas a parafina	3%
Estufas eléctricas	1%

Fuente: Creara

El cálculo del parque de calefacciones se hará en base a los supuestos mencionados anteriormente, la vida útil de los equipos, y teniendo en cuenta el porcentaje de viviendas que no utiliza la leña como combustible, del mismo modo que se comentó en el escenario anterior.

Como resultado se obtiene la siguiente proyección de artefactos de calefacción en Osorno, entre los años 2013 y 2025 para el escenario pesimista es la siguiente:

Tabla 103. Proyección del parque de calefactores y cocinas en el escenario pesimista

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Cámara simple	7.363	6.404	5.312	3.981	2.573	1.335	0	0	0	0	0	0	0
Cámara doble	10.192	9.233	8.142	6.810	5.402	4.165	3.225	1.593	0	0	0	0	0
Salamandra	6.797	5.838	4.746	3.415	2.007	0	0	0	0	0	0	0	0
Hechiza	2.270	1.310	219	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cocina de leña	22.642	21.683	20.591	19.260	17.852	16.615	15.675	14.043	12.318	8.942	5.507	2.011	219
Otro	572	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Equipos de leña que cumplen la norma	6.078	11.755	17.511	23.345	29.252	35.250	38.990	42.778	46.724	50.757	54.879	59.093	61.813
Estufas a pellets	270	522	778	1.038	1.300	1.567	1.733	1.901	2.077	2.256	2.439	2.626	2.747
Calefacción distrital	135	261	389	519	650	783	866	951	1.038	1.128	1.220	1.313	1.374
Estufas a parafina	203	392	584	778	975	1.175	1.300	1.426	1.557	1.692	1.829	1.970	2.060
Estufas eléctricas	68	131	195	259	325	392	433	475	519	564	610	657	687
	56.590	57.529	58.468	59.405	60.337	61.282	62.222	63.168	64.233	65.338	66.483	67.670	68.900

Fuente: Creara

En este escenario, los artefactos actuales de leña, también disminuyen en número a medida que pasan los años, pero en este caso dan paso a nuevas tecnologías, en una proporción mucho menor que en el escenario optimista.

Nótese como los equipos de leña que cumplen con la normativa actual de emisiones, crece de una manera más rápida en este escenario, de lo que lo hace en el escenario optimista.

9. SISTEMATIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN DE LA LEÑA

Tras la lectura de este punto se podrá tener una visión más amplia del consumo de la leña en Osorno. Se conocerá desde cuál es la especie más vendida hasta el porcentaje de humedad que presentan en su mayoría.

Para obtener la información de una manera fidedigna, se ha realizado una encuesta a las leñeras certificadas por el Sistema Nacional de Certificación de la Leña, que cumplen con los estándares de la leña certificada.

A priori, se estima que en Osorno tan un pequeño porcentaje de las leñeras son certificadas, por lo que en el punto final de este apartado se enfrentarán datos reales de consumo de leña en Osorno, frente a las ventas confirmadas por las leñeras certificadas. Con ello se pretende conocer cuál es el porcentaje real de venta de leña no certificada.

9.1 Catastro de los puntos de venta de leña en Osorno

A continuación se muestra el catastro que se ha realizado de los puntos de venta certificados en la ciudad de Osorno. Como se comentaba anteriormente, el nombre de estas leñeras ha sido proporcionado por el Sistema Nacional de Certificación de la Leña.

Tabla 104. Parque total de equipos de calefacción en el periodo de estudio

Nombre	Comuna	Domicilio Comercial	HUSO	C. X	C. Y
Leñería Kutralwe	Osorno	Ovejería Alto, santa emilia 321	18G	657205,78 m E	5505494,62 m S
El Melí	Osorno	Valparaíso 155	18G	656751,15 m E	5506553,71 m S
Rigoberto Maragaño	Osorno	Pedro Aguirre Cerda 1395 rio Negro X región	18G	659574,02 m E	5506585,01 m S
Mauricio Arismendi	Osorno	Rio Negro, Avenida Padre Alberto Hurtado Km 3,5	18G	649856,75 m E	5480876,29 m S
Instituto Adolfo Matthei	Osorno	Av. René Soriano 2615	18G	660810,35 m E	5504901,06 m S
Rodrigo Saldivia	Osorno	Huillinco, Km 18, RUTA U40	18G	652436,94 m E	5508423,15 m S
Rosa Imilán	Osorno	-	-	-	-
Asociación Mapu Mawidan Ko	Osorno	Sector Punotro, San Juan de la Costa	18G	654798,16 m E	5505086,38 m S
Leñas Forrahue	Osorno	Forrahue, RUTA U40, Km 15	18G	641255,70 m E	5504278,26 m S
Leñas Huellelhue	Osorno	Huellelhue, comuna Rio Negro	18G	649057,42 m E	5484057,06 m S
Maderas Castilla Ltda.	Osorno	-	-	-	-
Calor Sur Ltda	Osorno	-	-	-	-
SAFFCO Service S.A.	Osorno	Amador Barrientos 2428	18G	660039,04 m E	5506013,65 m S

Fuente: Creara

9.2 Costo de los combustibles utilizados en Osorno

Según el estudio “Mercado de gas natural entre las regiones del Maule y los Lagos”, elaborado para el Ministerio de Energía en diciembre del año 2010, la experiencia ha indicado que la relación de costos entre combustibles utilizados en el sector residencial se ha mantenido y se mantendrán en el tiempo. Dicho estudio también concluye que los costos de los combustibles son similares a lo largo del país, debido a la estructuración del mercado. En la tabla que se muestra a continuación se han determinado los costos de todos los combustibles utilizados en la ciudad de Osorno:

Tabla 105. Costos de los combustibles para la zona térmica 5

Combustible	Unidad	Costo \$/unidad	Poder Calorífico Inferior (Kcal/kg)
Gas Natural	m ³	590	8.100
Kerosene	kg	651	11.100
Gas licuado	kg	1.327	11.010
Leña	kg	64,00	2.190
Electricidad	kWh	138,0	860
Gasóleo	l	670	10.900
Pellets	kg	145	4.500

Los costos de la energía se han obtenido de las siguientes fuentes:

- Kerosene y Gas Licuado: Lista de costos de combustibles. Comisión Nacional de Energía. Kerosene: septiembre de 2013; GLP: Noviembre 2012
- Gas Natural: Factura de Gas Natural
- Electricidad: Costo calculado a partir de las tarifas eléctricas de la compañía Luz de Osorno, del grupo Sadesa
- Leña (Hualle): Costo obtenido de estudio Costo y Calidad de la leña de Osorno
- Pellets: Costo obtenido de encuestas a puntos de venta

Si bien los costos y el poder calorífico inferior que se muestran en la tabla son los que se usarán para realizar los cálculos de este estudio, dichos valores dependen de distintos factores:

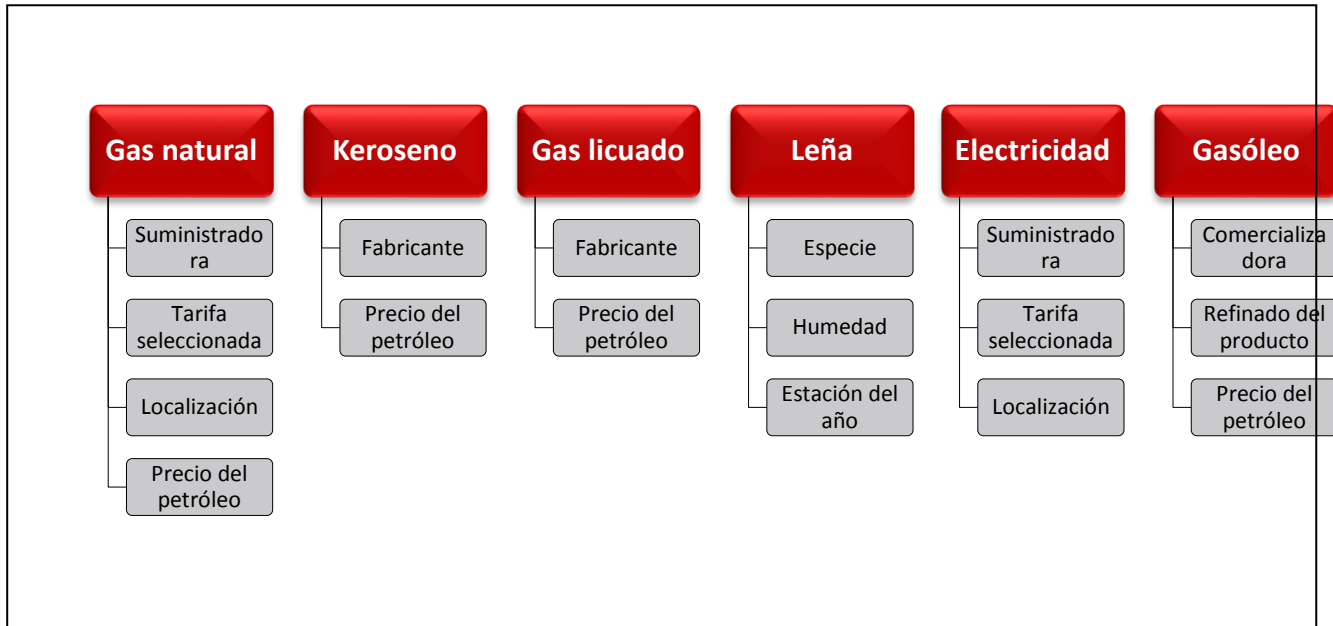


Gráfico 36: Factores que afectan al costo de los combustibles

Fuente: Creara

9.3 Caracterización de la información de la leña de Osorno

Para llevar a cabo este punto, se ha elaborado una encuesta enfocada a leñeras con el fin de obtener información relativa a la especie de leña que venden, el tiempo de almacenamiento, la humedad con la que se vende, el volumen de ventas anuales, etc. La encuesta se ha aplicado a todas las leñeras certificadas de Osorno que están registradas en el Sistema Nacional de Certificación de la Leña. En la tabla que se muestra a continuación, se detallan dichas contestaciones.

Tabla 106. Respuestas a las encuestas a leñeras en Osorno

Nombre	Comuna	Leña certificada	Boleta	Tamaño de leñería (metro estéreo)	Unidad de comercialización	Especies	Tiempo almacenaje medio	Costo (\$/m ³)	Volumen ventas anuales (kg/año)	Beneficiario del fondo de comercialización de la leña seca
Leñería Kutralwe	Osorno	Sí	Sí	200 m ²	m ³	Eucalipto	4 meses	28.000	1500 m ³	no
El Melí	Osorno	Sí	Sí	1000 m ²	m ³	Eucalipto	5 meses	25.000	1500 - 2000 m ³	no
Rigoberto Maragaño	Osorno	Sí	Sí	600 m ²	m ³	Ulmo, Eucalipto	8 -10 meses	35.000	1200 - 1500 m ³	no
Mauricio Arismendi	Osorno	Sí	Sí	180 m ²	m ³	Eucalipto, Ulmo, Tineo, Coigue	6 meses	35.000	1200 m ³	Secotec (maquinarias)
Adolfo Matthei	Osorno	Sí	Sí	150 m ²	m ³	Eucalipto	12 mese	15.000*	400 m ³	no
Rodrigo Saldivia	Osorno	Sí	Sí	100 m ²	m ³	Eucalipto	4 meses	20.000*	4.000 m ³	no
Rosa Imilán	Osorno	Sí	Sí	-	-	-	-	-	-	-
Asociación Mapu Mawidan Ko	Osorno	Sí	Sí	400 m ²	m ³	Eucalipto, Tapa	3 meses	25000 30000	400 m ³	FPA (Secadora) sercotec (maquinarias)
Leñas Forrahue	Osorno	Sí	Sí	330 m ²	m ³	Eucalipto	7 meses	26.000*	5.000 m ³	Sercotec-(galpón)
Leñas Huellehue	Osorno	Sí	Sí	100 m ²	m ³	Tineo, Cihue, Canelo, Avellano	4 meses	25.000*	400 m ³	no
Maderas Castilla Ltda.	Osorno	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Calor Sur Ltda	Osorno	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SAFFCO Service S.A.	Osorno	Sí	Sí	1000 m ²	m ³	Eucalipto	18 meses	25.000	5.000 m ³	no

* Más IVA Fuente: Creara a partir de la encuesta realizada a leñeras

Uno de los puntos recalcados por la mayoría de los dueños de las leñeras certificadas consultadas, es la existencia de un mercado no certificado que no es tomada en cuenta y que no cumplen con los estándares de certificación de leña. Con el fin de determinar el porcentaje de leña vendida de manera informal, se compararán las ventas anuales declaradas por los vendedores certificados de leña, con el consumo real de Osorno obtenido a partir del estudio *“Consumos Para Emisiones Con Tiraje Datos Más Reales de Humedad y por Consumo de leña por hogar y por distrito”*.

En la municipalidad de Osorno se ha determinado que el consumo de leña para los distintos tipos de cocina y equipos de calefacción se reparte de la siguiente manera:

- 12.188 toneladas de leña seca
- 217.772 toneladas de leña húmeda

En ese sentido, el total de la leña consumida en Osorno, asciende aproximadamente hasta las 229.960 toneladas de leña anuales. Dichos datos comparados con las encuestas realizadas a los leñeros de Osorno, que estiman que el total de sus ventas anuales asciende a 16.692 toneladas, dan como resultado una diferencia de 213.268 Toneladas. De ello se deduce que casi un 93% de la leña que se vende en Osorno, procede de leñeras que no están certificadas.

10. SISTEMATIZACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO

El apartado 10 conllevará una recopilación de la información de consumo base de energético residencial para cada combustible, enfatizado en el consumo de leña. Con ello se construirán varios perfiles de consumos anuales que se relacionarán con el uso (calefacción, cocción u otros) y con el nivel socioeconómico de la población (ABC1, C2, C3, y D, correspondiendo este último nivel socioeconómico a la suma de los niveles D y E).

Luego de realizar este análisis, se determinarán los costos de combustibles alternativos de calefacción como pellets, o gas natural entre otros. Con ello se determinará el consumo del hogar con este nuevo combustible, ante la misma demanda energética. Para ello se tendrán en cuenta no sólo los PC (poder calorífico) de estos combustibles si no que también la eficiencia de los equipos.

10.1 Consumo base de energético residencial para cada combustible

A partir de los datos obtenidos en las 130 encuestas elaboradas en 2010 para el estudio del Ministerio de Energía “Usos finales y curva de oferta de la conservación de la energía en el sector residencial”, se obtiene que extrapolando los valores de consumo energético al total de la ciudad de Osorno, los consumos bases de energético residencial para cada combustible son los siguientes:

Tabla 107. Consumo base de energéticos en Osorno

Combustible	Consumo	Unidad
Electricidad	75	GW
Leña	727	GW
Gas licuado	118	GW
Gas Natural	0	GW
Gas Ciudad	0	GW
Parafina	0,1	GW
Carbón	2	GW
Pellet	0	GW
Otros	0	GW

* El punto 6.4 del presente estudio, calcula la estimación de la demanda energética para calefacción.

A continuación se va a construir un perfil de consumo de cada uno de los combustibles, por uso y nivel socioeconómico. En el caso de la leña también se tendrá en cuenta la estación del año.

10.1.1 Gas licuado del petróleo

El GLP es uno de los combustibles más utilizados en Osorno, con un 13% del total. Su distribución según estrato socioeconómico es la que sigue:

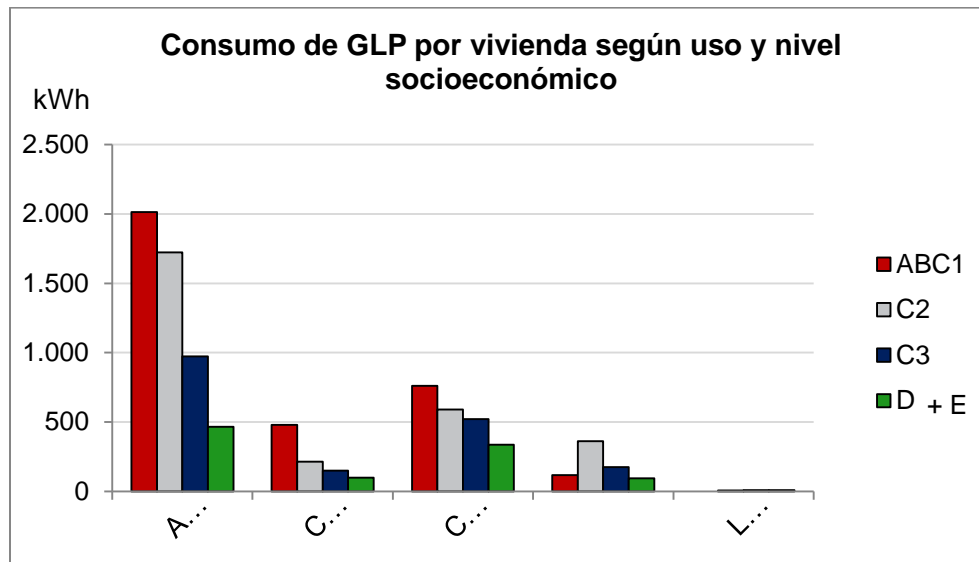


Gráfico 37. Consumo de GLP anual según uso y nivel socioeconómico

Fuente: Ministerio de Energía 2010

Se puede observar cómo el GLP es utilizado principalmente para el ACS (agua caliente sanitaria) y en su consumo tiene una marcada influencia el nivel económico del usuario. En la cocina también se observa un elevado consumo de este combustible.

10.1.2 Electricidad

A continuación se muestra cuál es el consumo eléctrico por vivienda tipo y nivel socioeconómico en la ciudad de Osorno.

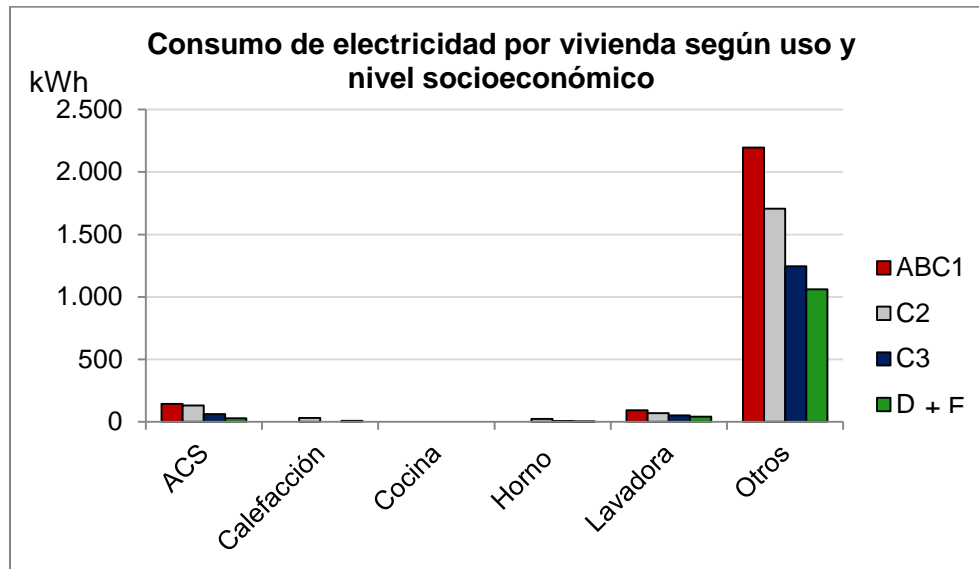


Gráfico 38. Consumo de electricidad anual según uso y nivel socioeconómico

Fuente: Ministerio de Energía 2010

El gráfico anterior muestra que la mayoría de los usos contemplados no utilizan electricidad. El apartado "Otros" incluye los electrodomésticos, la iluminación, las piscinas y el riego. En este caso se observa que el nivel socioeconómico está directamente relacionado con el consumo eléctrico, siendo el grupo ABC1 el más consumidor, y el D+E el menos.

10.1.3 Leña

Obsérvese cómo la leña está destinada principalmente para la calefacción. En este caso el nivel socioeconómico que más leña consume es el C3, seguido muy de cerca por el C2 y el D+E. El nivel ABC1 es, sin embargo, el que menor consumo de leña presenta.

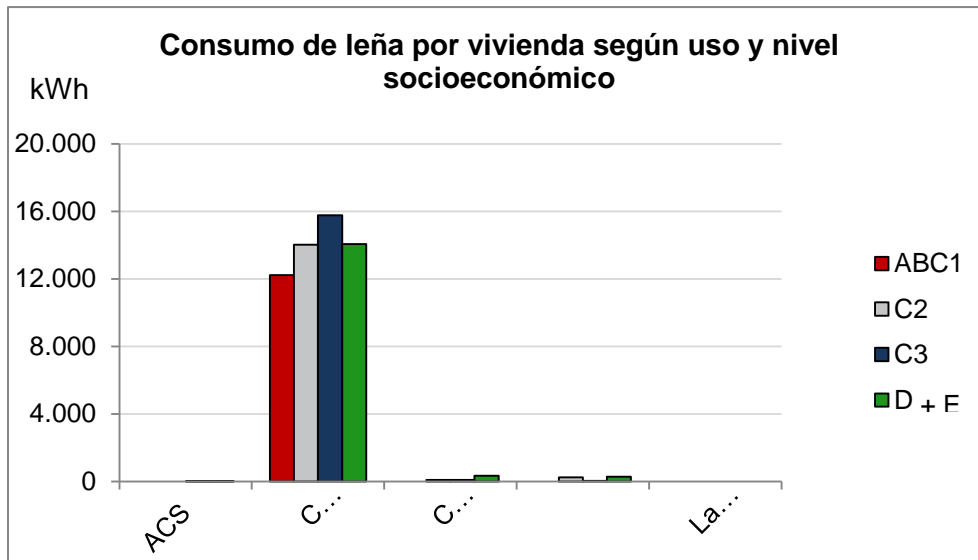


Gráfico 39. Consumo de leña anual según uso y nivel socioeconómico

Fuente: Ministerio de Energía 2010

Este mayor consumo en leña es debido a que su costo es menor que el del gas licuado del petróleo y el de la electricidad, por lo que es más sencillo que los grupos con menos nivel adquisitivo puedan acceder a ella.

Para este combustible se considera importante tener en cuenta cuál es la época del año en la que se da mayor uso. Cabe pensar que, al ser el uso más extendido para este combustible la calefacción, el mayor uso se dará en invierno, seguido del otoño, la primavera y el verano. Asimismo, se ha analizado el “registro de artefactos a leña” de 2012 elaborado por el Ministerio de Medio Ambiente para la ciudad de Osorno y se ha concluido que un 95% de la población de esta municipalidad compra la leña durante el verano porque, además de ser más barata, se deja secar durante todo el periodo cálido.

10.1.4 Parafina

En cuanto al uso de la parafina:

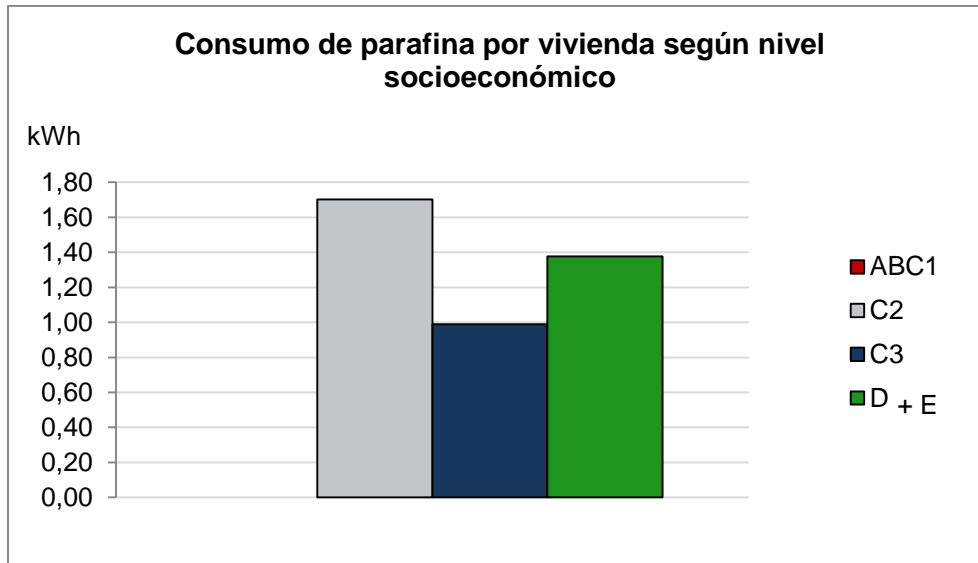


Gráfico 40. Consumo de parafina anual según nivel socioeconómico
Fuente: Ministerio de Energía 2010

Se observa que en Osorno el uso de parafina no guarda relación con el nivel adquisitivo. El mayor consumidor de dicho combustible es el grupo C2, mientras que el ABC1 no presenta ningún consumo.

10.1.5 Carbón

Respecto al uso de carbón, en la gráfica que sigue, se observa que ocurre lo contrario que con la parafina. El nivel adquisitivo está directamente relacionado con el consumo de este combustible.

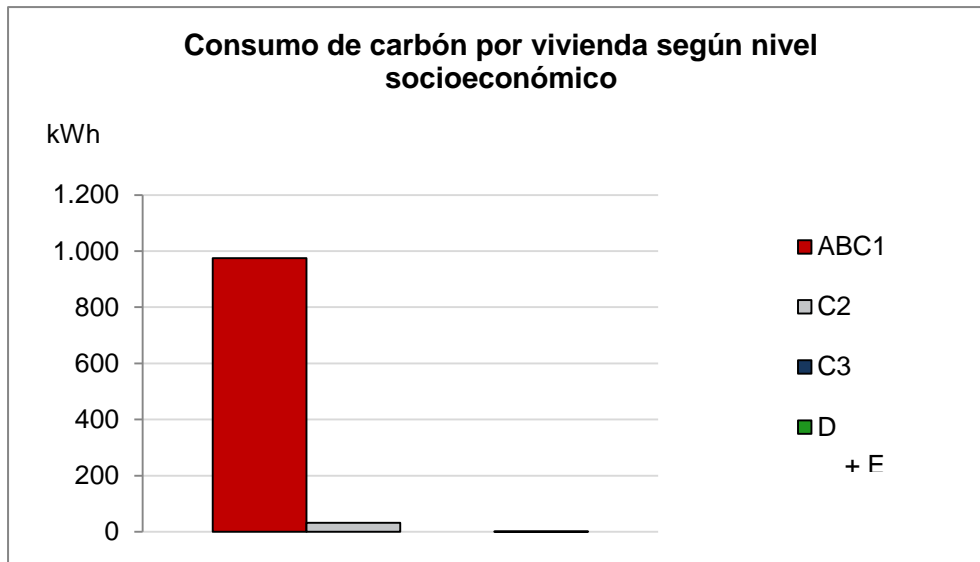


Gráfico 41. Consumo de carbón anual según nivel socioeconómico

Fuente: Ministerio de Energía 2010

10.2 Determinación de costos de combustibles alternativos

En este punto se determinará el costo de combustibles alternativos de calefacción, como podrían ser pellets, gas natural, parafina, etc. Para ello, se evaluarán los costos y los ahorros generados de un cambio de equipo y tecnología, con el fin de analizar la conveniencia de la sustitución.

A partir de los datos obtenidos en el apartado anterior, se ha determinado el costo que tendría para cada uno de los grupos socioeconómicos el uso de los diversos combustibles. Debido a que en Osorno los tres combustibles más usados son la leña, el gas licuado y la electricidad, se determinará el costo de los combustibles alternativos en estos casos. El rendimiento de los equipos se ha extraído del estudio “Análisis técnico-económico de la aplicación de una norma de emisión para artefactos de uso residencial que combustionan con leña y otros combustibles de biomasa”.

CALEFACCIÓN

En este punto se va a suponer las estufas que se encuentran en las viviendas son de combustión simple, con un rendimiento de 0,55.

Cambio a estufa que cumple la norma de emisiones DS N°39

Primeramente se sustituirán las estufas simples por estufas de combustión que cumplan con la norma de emisión (DS N°39 del Ministerio de Medio Ambiente, publicada en 2012 y promulgada en 2011). Los rendimientos de dichos equipos son de 0,55 y 0,78 respectivamente.

Tabla 108. Ahorros por vivienda derivados de sustitución de estufa simple por estufa que cumple la norma DS N°39

	Consumo energético estufa simple (kWh/año)	Gasto en leña (\$/año)	Demanda energética (kWh/año)	Consumo energético estufa que cumple la norma (kWh/año)	Gasto en leña (\$/año)	Ahorro (\$/año)	PRS (años)
ABC1	12.230	306.941	6.726	8.623	216.433	90.508	2,4
C2	14.021	360.318	7.712	9.887	248.137	112.181	1,9
C3	15.773	399.295	8.675	11.122	279.139	120.156	1,8
D+E	14.074	368.743	7.741	9.924	249.073	119.670	1,8

Fuente: Creara

Como se puede observar, en la tabla anterior se muestra el ahorro medio anual por vivienda y por nivel socioeconómico. Las viviendas del grupo C3 son las que presentarán un mayor ahorro derivado de esta sustitución. Teniendo en cuenta el costo que conlleva el cambio del equipo, se ha calculado el PRS en base al costo medio obtenido en la tabla 94 para las estufas que cumplen la norma (216.308\$). En cualquiera de los casos planteados, la inversión se recuperará en un periodo no superior a los 2,5 años.

Cambio a estufa de pellets

En esta ocasión se plantea un cambio de combustible a pellets, que, aunque ligeramente más caro que la leña, tiene un poder calorífico superior. Esto unido a que el rendimiento de la estufa de pellets (0,85) es bastante superior al de la de simple combustión (0,55), genera los ahorros que se muestran a continuación:

Tabla 109. Ahorros por vivienda derivados de sustitución de estufa simple por pellets

	Consumo energético estufa simple (kWh/año)	Gasto en leña (\$/año)	Demanda energética (kWh/año)	Consumo energético estufa de pellets (kWh/año)	Gasto en pellets (\$/año)	Ahorro (\$/año)	PRS (años)
ABC1	12.230	306.941	6.726	7.913	219.814	87.126	8
C2	14.021	360.318	7.712	9.073	252.014	108.304	7
C3	15.773	399.295	8.675	10.206	283.501	115.794	6
D+E	14.074	368.743	7.741	9.107	252.965	115.778	6

Fuente: Creara

Se observan unos ahorros anuales significativos por el cambio de combustible. Además, el periodo de retorno simple de este cambio, no conlleva en ninguno de los casos, un periodo superior a los ocho años. Es por ello que se considera un cambio recomendable.

Cambio a estufa de parafina

Otra de las opciones planteadas es el cambio de la estufa de combustión simple por una estufa de parafina, con un elevado poder calorífico y con un rendimiento de 0,8. Los ahorros derivados del cambio de combustible son los que siguen:

Tabla 110. Ahorros por vivienda derivados de sustitución de estufa simple por estufa de parafina

	Consumo energético estufa simple (kWh/año)	Gasto en leña (\$/año)	Demanda energética (kWh/año)	Consumo energético estufa a parafina (kWh/año)	Gasto en parafina (\$/año)	Ahorro (\$/año)
ABC1	12.230	306.941	6.726	8.408	425.096	-118.156
C2	14.021	360.318	7.712	9.640	487.367	-127.049
C3	15.773	399.295	8.675	10.844	548.259	-148.964
D+E	14.074	368.743	7.741	9.676	489.207	-120.463

Fuente: Creara

En este caso se observa que no se dan ahorros por cambio de combustible

Cambio a estufa eléctrica

La última opción propuesta consiste en el cambio de la estufa simple por una estufa eléctrica, que presenta un rendimiento de 1.

Tabla 111. Ahorros derivados de sustitución de estufa simple por estufa eléctrica

	Consumo energético estufa simple (kWh/año)	Gasto en leña (\$/año)	Demanda energética (kWh/año)	Consumo energético estufa eléctrica (kWh/año)	Gasto en electricidad (\$/año)	Ahorro (\$)
ABC1	12.230	306.941	6.726	6.726	928.232	-621.291
C2	14.021	360.318	7.712	7.712	1.064.206	-703.888
C3	15.773	399.295	8.675	8.675	1.197.167	-797.872
D+E	14.074	368.743	7.741	7.741	1.068.222	-699.478

Fuente: Creara

En este caso no se producen ahorros derivados del cambio de combustible, ya que aunque el rendimiento sea mayor, el costo de la electricidad es más elevado que el de la leña.

COCINA

En Osorno el mayor consumo de combustibles para cocinas es el derivado del gas licuado del petróleo. Una cocina de estas características tiene un rendimiento del 0,78.

Cambio a cocina de gas natural

Tabla 112. Ahorros derivados de sustitución de cocina de GLP por cocina de GN

	Consumo energético de cocina de GLP (kWh/año)	Gasto en GLP (\$/año)	Demanda energética (kWh/año)	Consumo energético cocina GN (kWh/año)	Gasto en GN (\$/año)	Ahorro (\$)	PRS (años)
ABC1	761	29.210	594	761	61.290	17.814	6,7
C2	591	22.667	461	591	47.562	13.824	8,6
C3	521	19.982	406	521	41.927	12.187	9,8
D+E	335	12.857	261	335	26.977	7.841	15,2

Fuente: Creara

En este caso se producen unos ahorros considerables derivados del cambio de combustible, debido a que el costo del GLP es muy superior al del Gas Natural.

Cambio a cocina de leña A++

Según la encuesta del Ministerio de Energía de 2010, existe también un pequeño porcentaje de gente de Osorno que utilizan leña en la cocina. Se han calculado también los ahorros derivados del cambio de cocina de leña estándar, a una A++. Los resultados son los siguientes:

Tabla 113. Ahorros derivados de sustitución de cocina de leña por cocina de A++

	Consumo energético cocina de leña (kWh/año)	Gasto en leña (\$/año)	Demanda energética (kWh/año)	Consumo energético cocina leña A++ (kWh/año)	Gasto en leña (\$/año)	Ahorro (\$/año)	PRS (años)
ABC1	0	0	0	0	0	0	0
C2	98	2.465	39	56	1.409	1.057	2.699
C3	98	2.470	39	56	1.411	1.058	2.694
D+E	340	8.545	136	195	4.883	3.662	778

Fuente: Creara

Tal y como se puede observar en este último caso, los ahorros producidos son bajos en relación al costo de una cocina de leña altamente eficiente de calificación A++. El costo estimado de una cocina de estas características, asciende aproximadamente a 2.852.000\$*. Por ello, los PRS son tan elevados.

*Costo basado en cocina de leña América de La Nórdica Extraflame

10.3 Conclusiones

Tras evaluar todas las alternativas posibles a equipos de leña antiguos que no cumplen con la normativa de emisiones actual, se han obtenido los siguientes resultados:

Tabla 114. Ahorros derivados de la sustitución de equipos

Medida	Ahorro promedio (\$/año)	PRS promedio (años)
Cambio estufa de combustión simple por cumple la norma de emisiones DS N°39	110.629	1,98
Cambio estufa de combustión simple por pellets	106.751	7,24
Cambio estufa de combustión simple por parafina	-128.658	-
Cambio estufa de combustión simple por eléctrica	-705.632	-
Cambio cocina de GLP por GN	12.917	10
Cambio cocina de leña por leña A++	1.444	2.058

Fuente: Creara

Claramente se observa como todas las sustituciones propuestas, excepto la que hace referencia al cambio de estufa de combustión simple por eléctrica y por parafina, son rentables y su implementación es altamente recomendable. En los casos, en los que la sustitución de los equipos no sea eficiente, es debido al costo del combustible alternativo, bastante mayor que el de la leña.

Durante los años de duración del PRS el ahorro experimentado por el cambio de combustible, se verá invertido en el costo del equipo nuevo. Sin embargo, una vez cumplido este periodo, el total del ahorro revertirá en el bolsillo del ciudadano.

11. BIBLIOGRAFÍA

11.1 Comunicaciones personales

- Arquitectos y constructoras reflejadas en el Anexo 2.
- Leñeras certificadas de Osorno.
- Instituto Nacional de Estadísticas (INE). Permisos de edificación años 2011 y 2012.
- Municipalidad de Osorno. Planes de Desarrollo Comunal (PLADECO).

11.2 Datos técnicos

- <http://www.degreedays.net/>. *Grados día*.
- Chilectra S.A. (2013). *Tarifas de suministro eléctrico para clientes sujetos a regulación de costos*.
- Comisión Nacional de Energía (CNE). (2013). *Costo de combustibles en estaciones de servicio para el septiembre de 2013*.
- Encuesta Casen (1985, 1987, 1990, 1992, 1994, 1996, 1998, 2000, 2003, 2006, 2009 y 2011). Ministerio de Desarrollo Social. *Resultados generales 1985, 1987, 1990, 1992, 1994, 1996, 1998, 2000, 2003, 2006, 2009 y 2011*.
- Generador de costos CYPE.
- Grupo Sadesa (2013). *Tarifas de suministro eléctrico para clientes sujetos a regulación de costos*.
- Instituto Nacional de Estadísticas (INE). (1992). *Resultados generales Censo 1992*.
- Instituto Nacional de Estadísticas (INE). (2002). *Resultados generales Censo 2002*.
- Metrogas S.A. (2010). *Listado de tipos de gas y servicios afines prestados por Metrogas*.

- Reglamentación Térmica 2000.
- Reglamentación Térmica 2007.
- Reglamentación Térmica 2013. Documento provisional.
- Sistema de Información Nacional de la Calidad del Aire (SINCA). *Temperatura*.

11.3 Datos teóricos

- Ambiente Consultora Ltda. (2007) Análisis técnico-económico de la aplicación de una norma de emisión para artefactos de uso residencial que combustionan con leña y otros combustibles de biomasa.
- Ábalos, M. (1997). Estimación del consumo de leña en las regiones V, IX y X. Memoria, Universidad de Chile, Departamento Manejo de Recursos Naturales, Santiago.
- Asociación Chilena de Empresas de Investigación de Mercado (AIM). (2010). Metodología de clasificación de niveles socio-económico.
- Adimark. Estudios de Mercado. Metodología de clasificación de niveles socio-económicos.
- Cámara Chilena de la Construcción (CChC). Revista BIT N°61. (2008). Estudio técnico. Confort térmico en las viviendas.
- Comité Centro de Energías Renovables (2012). Estudio de prefactibilidad de un Sistema de Calefacción Distrital y Agua Caliente Sanitaria en base a ERNC en Coyhaique.
- Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT) de la Cámara Chilena de la Construcción (CChC). (2008). Aislación térmica exterior - Manual de diseño para soluciones en edificaciones.
- Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT) de la Cámara Chilena de la Construcción (CChC). (2010). Manual técnico - Reacondicionamiento térmico de viviendas en uso.

- Donoso, N. (2009). Análisis técnico-económico en mejoras de eficiencia energética para viviendas de costo entre 1000-3000 UF. Universidad de Chile. Santiago.
- EnviroModeling Ltda (2009). Análisis De Emisiones Atmosféricas en Coyhaique.
- GreenLabUC. Desarrollo de Modelo Genérico para Evaluación de Planes de Prevención y de Descontaminación Ambiental para Aire.
- GreenLabUC. Programa de Inversión Pública para Fomentar el Reacondicionamiento Térmico del Parque Construido de Viviendas.
- Instituto Forestal (2012). Estudio De Consumo Domiciliario Urbano De Material Leñoso En Valdivia
- Instituto Nacional de Normalización de Chile (INN). (2008). NCh 1079 Of.2008. Arquitectura y construcción - Zonificación climático habitacional para Chile y recomendaciones para el diseño arquitectónico.
- Instituto Nacional de Normalización de Chile (INN). (1989). NCh 1960 Of.1989. Aislación térmica - Cálculo de coeficientes volumétricos globales de pérdidas térmicas.
- Instituto Nacional de Normalización de Chile (INN). (1987). NCh 1973 Of.1987. Aislación térmica - Cálculo del aislamiento térmico para disminuir o eliminar el riesgo de condensación superficial.
- Instituto Nacional de Normalización de Chile (INN). (1994). NCh 2251 Of.1994. Aislación térmica - Resistencia térmica de materiales y elementos de construcción.
- Instituto Nacional de Normalización de Chile (INN). (2007). NCh 853 Of.2007. Acondicionamiento térmico - Envoltente térmica de edificios - Cálculo de resistencias y transmitancias térmicas.
- John O’Ryan Surveyors S.A. (2011). Estudio comparación de costos y calidad de la leña en época de invierno en Valdivia, Temuco y Gran Concepción.
- John O’Ryan Surveyors S.A. (2012). Estudio comparación de costos y calidad de la leña en época de invierno en Rancagua, Curicó, Talca y Osorno.
- Junta de Andalucía. España. (2012). “Guía de ahorro de energía en climatización”.

- Ministerio de Energía (2010). Mercado de gas natural entre las regiones del Maule y los Lagos. Santiago.
- Ministerio de Medio Ambiente (2012). Registro de artefactos a leña 2012. Santiago.
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) (2006). Manual de aplicación reglamentación térmica. Santiago.
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) (2006). Programa de Inversión Pública para Fomentar el Reacondicionamiento Térmico del Parque Construido de Viviendas. Santiago.
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) (2013). Evaluación Independiente del Programa de Reacondicionamiento Térmico. Santiago.
- Ministerio de Vivienda de España (2012). Hogares en España. Proyecciones 2001-2012.
- Naciones Unidas. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Alojamiento para el desarrollo: una tarea para los asentamientos humanos.
- Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (O.G.U.C) Art. 4.1.10. (2006). Reglamentación Térmica. Ministerio de Vivienda y Urbanismo.
- Programa País de Eficiencia Energética (PPEE). (2009). Acciones y proyecciones de eficiencia energética en edificación.
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios en Chile.
- Rodríguez, G. (2009). Física de la construcción. Conceptos térmicos.
- Romero Ramos, N. (2011). Consumo de energía a nivel de residencia en Chile y análisis de Eficiencia Energética en calefacción. Universidad de Chile. Santiago.
- Secretaría Regional Ministerial de Medio Ambiente de Chile (SEREMI) (2012). Informe Técnico De Antecedentes Para Declarar Las Comunas De Chillán Y Chillán Viejo Como Zona Saturada Por Norma Diaria De MP10 Y MP2,5 y Latente Por Norma Anual De MP10.
- Secretaría Regional Ministerial de Medio Ambiente de Chile (SEREMI) (2012). Informe Técnico De Calidad Del Aire Osorno Región De Los Lagos.

- Secretaría Regional Ministerial de Medio Ambiente de Chile (SEREMI) (2012). Declaración de Zona Saturada por Material Particulado Respirable (MP10) de la Ciudad de Coyhaique y su Zona Circundante, en Conformidad al Polígono que se indica.
- Servicio de Estudios Económicos del BBVA (2009). Situación inmobiliaria española.
- Universidad Austral de Chile. (2010). Evaluación de la Demanda de Calefacción y Propuestas de Mejoras en la Envolvente Térmica en Viviendas de la Ciudad de Valdivia.
- Universidad Austral de Chile (2012). Evaluación técnica y económica de viviendas más incidentes en demanda térmica en el radio urbano de la ciudad de Valdivia.
- Universidad Católica de Temuco. Unidad de calidad del aire facultad de ingeniería (2009). Inventario De Emisiones Atmosféricas Para Las Ciudades De Chillán Y Los Ángeles.
- Universidad Católica de Temuco. Unidad de calidad del aire facultad de ingeniería (2009). Determinación de la Zona Saturada por Material Particulado Respirable de Osorno.
- Universidad Católica de Temuco. Unidad de calidad del aire facultad de ingeniería (2013). Estudio de consumo y caracterización del uso de la leña en la ciudad de Osorno.
- Universidad de Concepción. (2002). 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 Santiago de Compostela. (2009). Evolución demográfica y demanda de viviendas en Galicia.
- U.S Department Of Energy (2012). Ahorro de energía. Consejos para ahorrar energía y dinero en el hogar.
- Villanueva Lagos, J (2009). Estudio de aprovechamiento energético en viviendas habitacionales DFL-2 para tres zonas climáticas de Chile. Universidad de Chile. Santiago.

- Waldo Bustamante, G. (2011). Guía de diseño para la eficiencia energética en la vivienda social.

12. ANEXOS

ANEXO 1

12.1 Encuesta enviada a arquitectos y constructores

ANÁLISIS ENERGÉTICO DE VIVIENDAS PARA CIUDADES DEL CENTRO Y SUR DE CHILE, Y SISTEMATIZACIÓN ASOCIADA DE LA LEÑA

Creara está desarrollando el proyecto “ANÁLISIS ENERGÉTICO DE VIVIENDAS PARA CIUDADES DEL CENTRO Y SUR DE CHILE, Y SISTEMATIZACIÓN ASOCIADA DE LA LEÑA” para el **Ministerio de Medio Ambiente de Chile** cuyo fin es determinar la demanda energética de las viviendas de Osorno y posteriormente identificar aquellos puntos sobre los que enfocar distintas medidas a implementar, para generar una menor demanda de calefacción y ayudar, de esta forma, a la recuperación del aire en los centros urbanos.

Consideramos que para desarrollar este estudio con la máxima fiabilidad, es de suma importancia conocer la opinión de los principales arquitectos de cada ciudad, ya que son los mayores entendidos de las características constructivas del sector residencial. Debido a su reputación como experto arquitecto de Osorno, le hacemos llegar la siguiente encuesta.

Se le expondrán una serie de datos obtenidos a partir de una encuesta elaborada por el Centro de Desarrollo Tecnológico de la Cámara Chilena de la Construcción para el Ministerio de Energía en 2010 en la ciudad de Osorno, “*Estudio de usos finales y curva de oferta de la conservación de la energía en el sector residencial*” y deberá concluir si está de acuerdo o no con los resultados.

Tras el análisis de los datos **Creara** ha identificado **7** tipos de vivienda como los más representativos de Osorno, que podrá encontrar al final de la encuesta. Sobre ellos se

realizarán los estudios necesarios para determinar su demanda energética. Agradeceríamos que nos dijese si cree que realmente son los más característicos de su ciudad.

Si tiene alguna duda respecto a la encuesta, puede ponerse en contacto con nosotros a través del teléfono: (56-2) 2 434 1853.

Una vez haya completado la encuesta, rogamos nos la haga llegar mediante el correo electrónico Analisislena@creara.es

Muchas gracias por su colaboración

1. ¿Desde qué año se encuentra desarrollando proyectos en Osorno?

2. ¿Cuáles son sus principales clientes?

- Constructoras: _____ %
- Inmobiliarias: _____ %
- Particulares: _____ %

3. ¿Podría indicar para qué constructora trabaja?

4. ¿Podría indicar, en porcentaje, el nivel socio-económico del cliente final al que van dirigidas las viviendas que diseña o vende?

- Mayor a 4000 UF: _____ %
- Entre 4000 y 2000 UF: _____ %
- Entre 2000 y 1000 UF: _____ %
- Entre 1000 y 600 UF: _____ %
- Menor a 600 UF: _____ %

5. ¿Podría indicar el número de viviendas que ha construido de cada uno de los siguientes tipos?

- Casa pareada: _____
- Casa aislada: _____
- Casa fila: _____
- Departamento: _____
- Otro: (indicar) _____, _____

6. ¿Considera que los m² dados a continuación son representativos de los tipos de casa considerados en Osorno?

	m ² según estudio	m ² según experto	Observaciones
Casa pareada	40 - 50		
Casa aislada	75-85		
Casa fila	50-60		
Departamento	57-67		
Otros: _____	-		

7. ¿Considera representativo el porcentaje de pisos por cada tipo de vivienda en Osorno?

	% según estudio		% según experto		Observaciones
	1 piso	2 pisos	1 piso	2 pisos	
Casa pareada	57%	43%			
Casa aislada	50%	50%			
Casa fila	83%	17%			
Departamento	100%	0%			
Otros _____	-	-			

8. Respecto a los muros de las casas, ¿considera representativo el porcentaje dado para los materiales de los que estaba compuesto el muro antes de 2007? ¿Y el espesor más frecuente, en centímetros, de los mismos?

Material	% Estudio	% Experto	Espesor Estudio	Espesor Experto	Observaciones
Hormigón Armado	8%		0,12 cm		
Hormigón celular	0%		Sin datos		
Bloques de hormigón	2%		Sin datos		
Albañilería / Ladrillos	16%		0,14 cm		
Madera / tabiquería	74%		Sin datos		
Adobe	0%		Sin datos		
Otro _____	-		-		

9. Respecto a las casas, ¿se utilizaba algún tipo de aislamiento en muros, antes del año 2007? En caso afirmativo, ¿qué porcentaje de casas cuenta con material de aislación?

No

Sí Dato de estudio: 47 %

Dato de experto: ___ %

10. ¿Podría indicar antes del año 2007, qué tipo de material se utilizaba como aislante para muros y en qué porcentaje?

Material	% Estudio	% Experto	Espesor Estudio	Espesor Experto	Observaciones
Lana de Vidrio	59%		Sin datos		
Lana mineral	21%		Sin datos		
Lana de celulosa	0%		Sin datos		
Lana de roca	0%		Sin datos		
Fibras de poliéster	0%		Sin datos		
Poliestireno expandido	5%		Sin datos		
Espuma rígida de poliuretano	15%		Sin datos		
Otro _____	-		-		

11. ¿Podría indicar las capas de las que estaban formados los muros más utilizados antes del año 2007?

12. Respecto a los muros de las casas, ¿considera representativo el porcentaje dado para los materiales de los que estaba compuesto el muro después de la entrada en 2007? ¿Y el espesor, en centímetros, de los mismos?

Material	% Estudio*	% Experto	Espesor Estudio	Espesor Experto	Observaciones
Hormigón Armado	0%		0,12 cm		
Hormigón celular	0%		Sin datos		
Bloques de hormigón	0%		Sin datos		
Albañilería / Ladrillos	100%		0,14 cm		
Madera / tabiquería	0%		Sin datos		
Adobe	0%		Sin datos		
Otro: _____	-		-		

* La muestra de viviendas recogidas en el estudio, construidas posteriormente a 2007 es muy pequeña, por lo que se considera que los datos no son representativos.

13. ¿Podría indicar desde el año 2007, qué tipo de material aislante es el más usado en muros y en qué porcentaje?

Material	% Estudio	% Experto	Espesor Estudio	Espesor Experto	Observaciones
Lana de Vidrio	100%		Sin datos		
Lana mineral	0%		Sin datos		
Lana de celulosa	0%		Sin datos		
Lana de roca	0%		Sin datos		
Fibras de poliéster	0%		Sin datos		
Poliestireno expandido	0%		Sin datos		
Espuma rígida de poliuretano	0%		Sin datos		
Otro _____			Sin datos		

* La muestra de viviendas recogidas en el estudio, construidas posteriormente a 2007 es muy pequeña, por lo que se considera que los datos no son representativos.

14. ¿Podría indicar las capas de las que estaban formados los muros más utilizados después del año 2007?

15. ¿Podría estimar el % de vanos con respecto a muros del total de la vivienda?

- Casa pareada: _____ % vano
- Casa aislada: _____ % vano
- Casa fila: _____ % vano
- Departamento: _____ % vano
- Otro: (indicar) _____ % vano

16. ¿Considera verídico el porcentaje obtenido en el estudio para los cerramientos?

Cerramiento	%Estudio	%Experto	Observaciones
Vidrio Simple	99,7%		
Termopanel	0,3%		

17. Respecto a las ventanas de las casas, ¿podría indicar si está de acuerdo con los porcentajes dados en el estudio acerca de los materiales que se han empleado mayoritariamente en los marcos de las ventanas?

	Acero	Aluminio	Madera	PVC
Pequeñas	2%	31%	66%	0%
Medianas	3%	44%	53%	0%
Grandes	41%	55%	4%	0%

En caso de no estar de acuerdo, ¿podría indicar, según su experiencia, cómo considera que se distribuye el porcentaje?

	Acero	Aluminio	Madera	PVC
Pequeñas				
Medianas				
Grandes				

18. ¿Está de acuerdo con el siguiente dato dado en el estudio sobre el tipo de techo más construido antes de 2007?

	% Estudio	% Experto	Observaciones
Entretecho	86%		
Techo plano	5%		
Vigas a la vista	9%		
Otro: _____	-		

19. Respecto a los techos de las casas, ¿podría indicar los principales materiales que se utilizaban antes del año 2007?

Material	% Estudio	% Experto	Espesor Experto	Observaciones
Losa Tralix	No se aportan datos	%		
Yeso Cartón		%		
Hormigón armado normal		%		
Otro: _____		%		

20. Respecto a los techos de las casas, de aquellas fabricadas antes del año 2007, ¿qué porcentaje cuenta con material de aislación?

Dato de estudio: 85 %

Dato de experto: __ %

Material	% Estudio	% Experto	Espesor Estudio	Espesor Experto	Observaciones
Lana de Vidrio	54%		Sin datos		
Lana mineral	30%		Sin datos		
Lana de roca	0%		Sin datos		
Fibras de poliéster	0%		Sin datos		
Poliestireno expandido	7%		Sin datos		
Espuma rígida de poliuretano	9%		Sin datos		
Otro: _____			Sin datos		

21. ¿Está de acuerdo con el siguiente dato dado en el estudio sobre el tipo de techo más construido después de 2007?

	% Estudio*	% Experto	Observaciones
Entretecho	100%		
Techo plano	0%		
Vigas a la vista	0%		
Otro: _____	-		

* La muestra de viviendas recogidas en el estudio, construidas posteriormente a 2007 es muy pequeña, por lo que se considera que los datos no son representativos.

22. Respecto a los techos de las casas, ¿podría indicar los principales materiales que se utilizaban después del año 2007?

Material	% Estudio	% Experto	Espesor Experto	Observaciones
Losa Tralix	No se aportan datos	%		
Yeso Cartón		%		
Hormigón armado normal		%		
Otro: _____		%		

23. ¿Podría indicar desde el año 2007, qué tipo de material aislante es el más usado en techos y en qué porcentaje?

Material	% Estudio	% Experto	Espesor Estudio	Espesor Experto	Observaciones
Lana de Vidrio	100%		Sin datos		
Lana mineral	0%		Sin datos		
Lana de celulosa	0%		Sin datos		
Lana de roca	0%		Sin datos		
Fibras de poliéster	0%		Sin datos		
Poliestireno expandido	0%		Sin datos		
Espuma rígida de poliuretano	0%		Sin datos		
Otro: _____			Sin datos		

* La muestra de viviendas recogidas en el estudio, construidas posteriormente a 2007 es muy pequeña, por lo que se considera que los datos no son representativos.

24. ¿Está de acuerdo con los porcentajes dados en el estudio de viviendas que poseen piso ventilado?

Material	% Estudio	% Experto	Observaciones
Casa pareada	25%		
Casa aislada	50%		
Casa fila	92%		
Departamento	20%		
Otros	-		

25. En la actualidad, ¿qué medidas de mejora térmica de edificios, considera que son las más eficientes en esta Comuna?

Relevancia (1 a 10) donde 1 significa poco eficiente y 10 muy eficiente

Medida Muros	Relevancia (1 a 10)	Observaciones
Aislación con lana de Vidrio		
Aislación con lana mineral		
Aislación con lana de celulosa		
Aislación con lana de roca		
Aislación con fibras de poliéster		
Aislación con poliestireno expandido		
Aislación con espuma rígida de poliuretano		
Otro1: (indicar) _____ _____		


Medida Techo	Relevancia (1 a 10)	Observaciones
Aislación con lana de vidrio		
Aislación con lana de roca		
Aislación con lana mineral		
Aislación con poliestireno expandido		
Aislación con fibras de poliéster		
Aislación con espuma rígida de poliuretano		
Otro 1: (indicar) _____		

Medida Pisos	Relevancia (1 a 10)	Observaciones
Aislación con lana de vidrio		
Aislación con lana de roca		
Aislación con lana mineral		
Aislación con poliestireno expandido		
Aislación con fibras de poliéster		
Aislación con espuma rígida de poliuretano		
Otro 1: (indicar) _____		
Otro 2: (indicar) _____		


28. Sobre ellos se realizará el cálculo de la demanda energética. ¿Podría indicar si a su parecer son los más representativos de Osorno?

1. VIVENDA AISLADA

Las características comunes para las viviendas aisladas de 1 piso son:

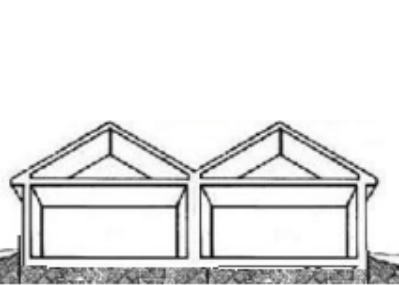
	Superficie	70 m ²
	Material de construcción	Madera/tabiquería
	Aislamiento en muros	No
	Aislamiento en techos	Sí (Lana de vidrio 50%, Lana mineral 50%)
	Techo	Entretecho
	Ventanas por casa	
	Pequeñas	3 de madera
	Medianas	4 de madera
	Grandes	1 de aluminio

Las características comunes para las viviendas aisladas de 2 pisos son:

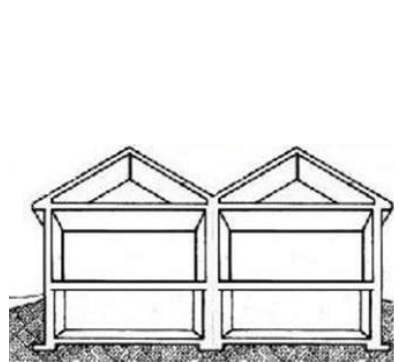
	Superficie	90 m ²
	Material de construcción	Madera/tabiquería
	Aislamiento en muros	Sí (Lana de vidrio 50%, Lana mineral 16%, Plumavit 33%)
	Aislamiento en techos	Sí Lana de vidrio 50%, Lana mineral 33%, Plumavit 17%)
	Techo	Entretecho
	Ventanas por casa	
	Pequeñas	3 de madera
	Medianas	3 de aluminio
	Grandes	1 de aluminio

2. VIVENDA PAREADA

Las características comunes para las viviendas pareadas de 1 piso son:

	Superficie	48 m ²
	Material de construcción	Madera/tabiquería
	Aislamiento en muros	No
	Aislamiento en techos	Sí (Lana de vidrio 47%, Poliuretano 23%, Lana mineral 30%)
	Techo	Entretecho
	Ventanas por casa	
	Pequeñas	2 de madera
	Medianas	3 de madera
Grandes	0	

Las características comunes para las viviendas pareadas de 2 pisos son:

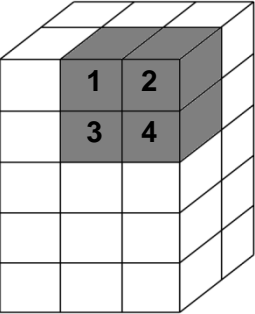
	Superficie	50 m ²
	Material de construcción	Madera/tabiquería
	Aislamiento en muros	Sí (Lana de vidrio 33%, Lana mineral 47%, Plumavit 7%, Poliuretano 13%)
	Aislamiento en techos	Sí (Lana de vidrio 25%, Lana mineral 58%, Plumavit 13%, Poliuretano 4%)
	Techo	Entretecho
	Ventanas por casa	
	Pequeñas	2 de aluminio
	Medianas	4 de aluminio
Grandes	0	

3. DEPARTAMENTO

Se van a estudiar 4 departamentos, que se corresponden con los números del dibujo:

- 1: Departamento situado en el último piso, entre otros dos. Posee 2 muros exteriores.
- 2: Departamento situado en la esquina del último piso. Posee 3 muros exteriores.
- 3: Departamento situado en el piso intermedio, entre otros dos. Posee 1 muro exterior.
- 4: Departamento situado en la esquina del piso intermedio. Posee 2 muros exteriores.

Sin tener en cuenta el lugar que ocupan dentro del edificio, las características comunes de los mismos son las que describen a continuación:

	Superficie	62 m ²
	Material de construcción	Hormigón armado
	Aislamiento en muros	No
	Aislamiento en techos	Sí (Lana de mineral 100%)
	Techo	Entretecho
	Ventanas por casa	
	Pequeñas	1 de aluminio
	Medianas	3 de aluminio
	Grandes	1 de aluminio

OPINIÓN:

12.2 Empresas constructoras y arquitectos contactados.

Tabla 115. Empresas constructoras y arquitectos consultados

NOMBRE	APELLIDO	DOMICILIO	FONO
Andrés	Angulo Cárdenas	Lord Cochrane N°949	064-232215
Paulo	Arce Moreno	B.O'higgins N 615 Of.2	8903188
Paola	Barria Ruiz	Torres del Paine N° 1999	262411-098276743
Carlos	Bolados	Psje. Pudahuel N° 1447	906006000
Fernando	Busto Donoso	Cervantes N°1850	232097 - 98684038
Graciela	Castro Carvallo	Psje. Federico Hott N° 839	219226-90450217
Hernán	Catalán Salgado	E. Ramirez N°719	246262-090514796
Bárbara	Espinoza Romero	Alcalde Alberto Fuschslocher N°1446	
Hugo	Fuentes Ubilla	Martines de Rosa N°429	201188-98697662
Carlos	Frohlich Albrecht	German Hube N°1184	66264019
Felipe	Guzman Betanzo	Los Robles de Pilauco Parcela N°31	93516889-62097345
Patricio	Horning Rosas	Matta N°520 Of.401	064-235869
Raul	Ilharreguy Gutierrez	B. O'higgins N°485 Of.903	236363-98720114
Osvaldo	Morales Chavez	Los Gladiolos N°1973	83416044
Guido	Morales Pereira	Barros Arana N° 1182	242255
Claudia	Muñoz	B.O'higgins N°485 Of.301	240953-096602257
Nerilda	Ramirez Gaete	L.Cocharanne N°586 Of.7	201926-99859791
Tomas	Rosmanich Bravo	B. Arana N°829	064-239162
Romero y Yañez Asoc.			R. Freire N°1235
Carmen	Reyes Saez	Lemans N°1672 Los Arrayanes	78947068
Andres	Salazar Rauque		271612-77791531
Herta	Sanchez Silva	Hazaña Indigena N°2095	423902-82033007
María	Solis Illanes	O'Higgins N°964	064-201407
Ronal	Scheel Bass	R. Freire N°575	064-243377
Marcelo	Stamparini	Guillermo Buhler N°1869	246200

NOMBRE	APELLIDO	DOMICILIO	FONO
Álvaro	Gatica Bachmann	Psje.J.A Escobar N°757	
Claudia	Carrasco Spormann	Cervantes N°2413	064-271033
Valeria	Gallardo Pison	J.Mackenna N°1291	064-260058
Freddy	Valderas Jilaberto	Anibal Pinto Esp.Varas N°2079	94720819
Mauricio	Alruiz Jara	Lyon N°3160 Los Arrayanes	
Miriam	Argomedo Cortes	R.Freire N°751 Of.N°2	245439-98523613
Lorena	Araya Raccourrier	M.A. Matta N°914 Of.C	217571-(09)8270854
Juan Carlos	Arena Molina	Plazuela Yungay N°1180 Depto 501	575745-83882385
Carolina	Baez Curuchet	Ramirez N°1024 2°Piso	249305-62382276
Pamela	Corral	Colon N°671 Interior	064-219263
Marcelo	Cea	A. Prat N°527 (Av. Francis 1180)	234596-85056153
Rodrigo	Lopez Shade	Errazuriz N°1348 2° Piso	236171-097003467
Patricio	Vergara Martínez	B.O'higgins N°485 Of.402	85554847
Roxana	Leal Carrasco	F.Bilbao N°1051 Depto N°303	96599739
Wilma	Muñoz Fernández	Isla Tenglo N°2525 Los Aromos	979786013
Rodrigo	Toledo Obando	R.Freire N°751 Of.N°2	77786620

12.3 Características constructivas de las viviendas de Osorno.

Tabla 116. Características constructivas de las viviendas de Osorno

		Casa aislada		Casa en fila		Casa pareada		Departamento				Osorno	Suma			
		1	2	1	2	1	2	1	2	3	4					
Número de viviendas (%)		26%		9%		53%		12%				100%	100%			
% de número de pisos en cada tipología		13%	13%	7%	2%	30%	23%	12%				100%	100%			
m ²		45-55	45-55	65-75	85-95	50-60	45,55	55-65								
Año de construcción	< 2000	11%	9%	7%	2%	29%	21%	11%				90%	100%			
	2001-2007	1%	2%	0%	0%	1%	1%	0%				5%				
	>2007	0,8%	2%	0%	0%	1%	1%	1%				6%				
Ventilación	Si	13%		8%		13%		2%				37%	100%			
	NO	13%		0,7%		40%		10%				63%				
Muros (Material)	Antes 2007	Madera/ tabiquería	9%	6%	7%	2%	28%	19%	0,7%				71%	94%		
		Hormigón armado	1%	0,6%	-	-	-	-	5%				7%			
		Albañilería/ ladrillería	2%	3%	-	-	2%	3%	4%				15%			
		Bloques de hormigón	-	0,6%	-	-	-	-	0,7%				1%			
		Hormigón celular	-	-	-	-	-	-	-				0%			
		Adobe	-	-	-	-	-	-	-				0%			
		Otros	-	-	-	-	-	-	-				0%			
	Después 2007	Madera/ tabiquería	4%						4%				4%	6%		
		Hormigón armado	0%						0%				0%			
		Albañilería/ ladrillería	1%						1%				1%			
		Bloques de hormigón	0%						0%				0%			
		Hormigón celular	0%						0%				0%			
		Adobe	0%						0%				0%			
		Otros	0,5%						0,5%				0,5%			
Muros (Aislamiento)	Antes 2007	No		6%	5%	1%	2%	20%	9%	7%			50%	94%		
		Si	Lana de vidrio		4%	3%	7%		7%	5%	1%				26%	
			Poliestireno expandido			1%				0,7%					2%	
			Fibra de poliéster												0%	
			Poliuretano		1%				3%	1%	1%				6%	
			Lana mineral		1%	1%				6%	1%				9%	
		Otros											0%			
	Después 2007	No		0%						0%				0%	6%	
		Si	Lana de vidrio		3%						3%					3%
			Poliestireno expandido		3%						3%					3%
			Fibra de poliéster		0%						0%					0%
			Poliuretano		0%						0%					0%
			Lana mineral		0%						0%					0%
		Otros		0%						0%				0%		
Techo/Cielo	Entretecho	10%	8%	7%	2%	29%	21%	9%				86%	100%			
	Techo plano	1%	1%	0%	0%	1%	2%	2%				7%				
	Vigas a la vista	2%	4%	0%	0%	0%	0%	1%				7%				
Cielos (Material)	Hormigon armado											1%	100%			
	Madera											21%				
	Yeso Cartón											78%				

Cielos (Aislamiento)	Antes 2000	No	2%	2%	0%	1%	5%	2%	1%	14%	90%	
		Si	Lana de vidrio	5%	3%	7%		12%	4%	1%		33%
			Poliestireno expandido		1%				3%			4%
			Fibra de poliester									0%
			Poliuretano					5%	1%			6%
			Lana mineral	4%	3%		1%	7%	11%	8%		33%
	Otros								0%			
	2000-2007	No	0%	0%			0%	0%		0%	5%	
		Si	Lana de vidrio		2%				1%			2%
			Poliestireno expandido									0%
			Fibra de poliester									0%
			Poliuretano									0%
			Lana mineral	1%				1%		0%		2%
	Otros								0%			
	Después 2007	No					0%			0%	5%	
Si		Lana de vidrio					4%			4%		
		Poliestireno expandido					2%			2%		
		Fibra de poliester					0%			0%		
		Poliuretano					0%			0%		
		Lana mineral					0%			0%		
Otros					0,3%			0,3%				
Cristal	Simples	13%	13%	7%	2%	30%	23%	12%	100%	100%		
	Temopanel	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%			
Marco (Material)	<2007	Acero	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	3%	94%	
		Aluminio	4%	8%	1%	1%	4%	9%	7%	34%		
		Madera	8%	3%	7%	1%	25%	13%	1%	57%		
		PVC	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%		
	>2007	Acero					0,4%			0%		
		Aluminio					2%			2%		
		Madera					2%			2%		
PVC					1%			1%				
Nivel socioeconómico	ABC1	2%	3%	0%	0%	0%	0%	0%	5%	100%		
	C2	3%	5%	0%	0%	3%	3%	6%	20%			
	C3	5%	2%	3%	0%	11%	5%	4%	29%			
	D + E	4%	3%	4%	2%	16%	14%	2%	46%			

* En el caso de los aislantes del cielo, el resultado no es el 100% exacto porque no se dispone de datos para las casas en fila entre 2000-2007

Las celdas en color gris, representan aquellos elementos de los que no se tienen datos suficientes, posteriores a 2007.

ANEXO 2

12.4 Proyecciones de población

Tabla 117. Proyección de la población 2013-2025

Proyección población residente en Osorno por edad y año 2013-2020 - Fuente: INE (Datos estimados basados en Censo 2002)

Proyección población residente en Osorno por edad y año 2021-2025 - Fuente: Cálculos Creara (Datos estimados basados en Censo 2002)

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Total	166.597	167.715	168.836	169.613	170.388	171.177	171.951	172.739	173.809	174.949	176.160	177.445	178.805
0- 14	35.324	35.023	34.729	34.557	34.394	34.228	34.060	33.901	33.718	33.535	33.354	33.173	32.994
15-19	13.916	13.604	13.295	13.032	12.769	12.508	12.244	11.980	11.729	11.483	11.242	11.007	10.776
20-24	13.759	13.877	13.995	13.680	13.366	13.050	12.735	12.421	12.195	11.972	11.754	11.540	11.329
25-29	12.864	12.938	13.010	13.100	13.191	13.280	13.372	13.464	13.554	13.644	13.735	13.827	13.919
30-34	12.083	12.349	12.614	12.664	12.711	12.761	12.810	12.860	12.947	13.036	13.124	13.213	13.303
35-39	11.685	11.489	11.296	11.555	11.808	12.067	12.324	12.580	12.773	12.969	13.168	13.370	13.575
40-44	12.051	12.105	12.160	11.970	11.770	11.578	11.385	11.184	11.038	10.894	10.751	10.611	10.472
45-49	11.725	11.692	11.655	11.701	11.753	11.803	11.850	11.898	11.933	11.968	12.002	12.038	12.073
50-54	10.890	11.159	11.428	11.393	11.357	11.321	11.283	11.250	11.266	11.282	11.297	11.313	11.329
55-59	8.873	9.289	9.708	9.961	10.215	10.469	10.722	10.977	11.287	11.606	11.934	12.271	12.617
60-64	6.949	7.170	7.390	7.790	8.190	8.588	8.988	9.389	9.821	10.272	10.745	11.239	11.756
65-69	5.572	5.763	5.950	6.163	6.374	6.588	6.800	7.009	7.241	7.482	7.730	7.986	8.251
70-74	4.285	4.422	4.559	4.735	4.910	5.088	5.265	5.445	5.637	5.836	6.042	6.255	6.476
75-79	3.190	3.261	3.329	3.449	3.572	3.695	3.815	3.938	4.064	4.194	4.328	4.466	4.609
80 o más	3.431	3.574	3.718	3.863	4.008	4.153	4.298	4.443	4.607	4.777	4.954	5.137	5.327
Tasa de variación	0,6714%	0,6711%	0,6684%	0,4602%	0,4569%	0,4631%	0,4522%	0,4583%	0,6194%	0,6557%	0,6924%	0,7294%	0,7667%

12.5 Proyecciones de viviendas

Tabla 118. Proyección de viviendas 2013-2025. Escenario Base

Concepto	Fuente	Unidad	Valor														
Escenarios	Input	-	Total Osorno														
Evolución de la tasa de jefes de hogar	Input	-	BASE														
Evolución del porcentaje de viviendas de	Input	-	BASE														
Variables seleccionadas																	
Evolución de la tasa de jefes de hogar				2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	
0-14	Feed	Hogares/Personas		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
15-19	Feed	Hogares/Personas		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
20-24	Feed	Hogares/Personas		0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	
25-29	Feed	Hogares/Personas		0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	
30-34	Feed	Hogares/Personas		0,25	0,25	0,25	0,25	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	
35-39	Feed	Hogares/Personas		0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,59	0,59	
40-44	Feed	Hogares/Personas		0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,50	
45-49	Feed	Hogares/Personas		0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	
50-54	Feed	Hogares/Personas		0,61	0,61	0,61	0,61	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	
55-59	Feed	Hogares/Personas		0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	
60-64	Feed	Hogares/Personas		0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,48	0,48	0,48	
65-69	Feed	Hogares/Personas		0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,58	0,58	
70-74	Feed	Hogares/Personas		0,68	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,70	0,70	
75-79	Feed	Hogares/Personas		0,33	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	
80 o más	Feed	Hogares/Personas		0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	
Evolución del porcentaje de viviendas de 2º residencia				11,68%	11,68%	11,68%	11,68%	11,68%	11,68%	11,68%	11,68%	11,68%	11,68%	11,68%	11,68%	11,68%	
Stock de viviendas																	
Stock de viviendas sin vender en 2012	Feed	Viviendas	650														
Stock técnico de equilibrio	Feed	Viviendas	200														
Porcentaje de sobreoferta si equilibrio	Feed	%	1%														
Total Osorno																	
Cálculo				2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	
Proyección de creación anual de hogares	Calc	Hogares			799	799	798	793	805	800	805	907	940	975	1.010	1.047	
Proyección de hogares a 2025	Calc	Hogares		48.169	48.969	49.768	50.566	51.359	52.163	52.964	53.768	54.676	55.616	56.591	57.601	58.648	
Proyección de demanda anual de viviend	Calc	Viviendas			893	892	891	886	899	894	899	1.013	1.050	1.089	1.128	1.169	
Viviendas de primera residencia	Feed	Viviendas			799	799	798	793	805	800	805	907	940	975	1.010	1.047	
Viviendas de segunda residencia	Calc	Viviendas			93	93	93	93	94	93	94	106	110	114	118	122	
Viviendas terminadas anuales	Calc	Viviendas	11.200		450	792	841	895	908	903	908	1.023	1.061	1.099	1.139	1.181	
Diferencia Demanda / Oferta	Input & Calc	Viviendas			-150	-100	-50	9	9	9	9	10	11	11	11	12	
Stock de viviendas	Feed & Calc	Viviendas			650	500	400	350	359	368	377	386	396	406	417	429	440
Stock de viviendas																	
Stock en 2011				600	600												
Porcentaje	Cálculo	%		100%	100%												
Correspondencia al stock 2013	Cálculo	Viviendas		650	0												
Absorción del stock 2013	Feed	Viviendas		-100	-150												

Tabla 119. Proyección de viviendas 2013-2025. Escenario optimista

Concepto	Fuente	Unidad	Valor													
Escenarios	<i>Input</i>	-	Total Osorno													
Evolución de la tasa de jefes de hogar	<i>Input</i>	-	OPTIMISTA													
Evolución del porcentaje de viviendas de	<i>Input</i>	-	OPTIMISTA													
Variables seleccionadas																
Evolución de la tasa de jefes de hogar				2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
0-14	<i>Feed</i>	Hogares/Personas		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15-19	<i>Feed</i>	Hogares/Personas		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20-24	<i>Feed</i>	Hogares/Personas		0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
25-29	<i>Feed</i>	Hogares/Personas		0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19
30-34	<i>Feed</i>	Hogares/Personas		0,25	0,25	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26
35-39	<i>Feed</i>	Hogares/Personas		0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,60
40-44	<i>Feed</i>	Hogares/Personas		0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
45-49	<i>Feed</i>	Hogares/Personas		0,54	0,54	0,54	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,56	0,56	0,56
50-54	<i>Feed</i>	Hogares/Personas		0,61	0,61	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63
55-59	<i>Feed</i>	Hogares/Personas		0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,39	0,39	0,39
60-64	<i>Feed</i>	Hogares/Personas		0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48
65-69	<i>Feed</i>	Hogares/Personas		0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,59
70-74	<i>Feed</i>	Hogares/Personas		0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,71	0,71
75-79	<i>Feed</i>	Hogares/Personas		0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,35
80 o más	<i>Feed</i>	Hogares/Personas		0,67	0,67	0,67	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69
Evolución del porcentaje de viviendas de 2ª residencia				11,90%	12,13%	12,36%	12,59%	12,83%	13,07%	13,32%	13,57%	13,83%	14,09%	14,36%	14,63%	14,91%
Stock de viviendas																
Stock de viviendas sin vender en 2012	<i>Feed</i>	Viviendas	650													
Stock técnico de equilibrio	<i>Feed</i>	Viviendas	200													
Porcentaje de sobreoferta si equilibrio	<i>Feed</i>	%	1%	Total Osorno												
Cálculo				2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Proyección de creación anual de hogares	<i>Calc</i>	Hogares			857	859	860	857	870	868	874	980	1.016	1.053	1.091	1.131
Proyección de hogares a 2025	<i>Calc</i>	Hogares		48.226	49.083	49.942	50.801	51.658	52.529	53.397	54.271	55.251	56.267	57.320	58.411	59.542
Proyección de demanda anual de vivienda	<i>Calc</i>	Viviendas		961	965	968	967	984	984	993	1.116	1.159	1.204	1.251	1.300	
Viviendas de primera residencia	<i>Feed</i>	Viviendas		857	859	860	857	870	868	874	980	1.016	1.053	1.091	1.131	
Viviendas de segunda residencia	<i>Calc</i>	Viviendas		104	106	108	110	114	116	119	136	143	151	160	169	
Viviendas terminadas anuales	<i>Calc</i>	Viviendas	12.289	450	865	918	977	994	994	1.003	1.127	1.170	1.216	1.263	1.313	
Diferencia Demanda / Oferta	<i>Input & Calc</i>	Viviendas		-150	-100	-50	10	10	10	10	11	12	12	13	13	
Stock de viviendas	<i>Feed & Calc</i>	Viviendas		650	500	400	350	360	370	379	389	400	412	424	437	450
Stock de viviendas																
Stock en 2011				600	600											
Porcentaje	<i>Cálculo</i>	%		100%	100%											
Correspondencia al stock 2013	<i>Cálculo</i>	Viviendas		650	0											
Absorción del stock 2013	<i>Feed</i>	Viviendas		-100	-150											

Tabla 120. Proyección de viviendas 2013-2025. Escenario Pesimista

Concepto	Fuente	Unidad	Valor													
Escenarios	Input	-	Total Osorno													
Evolución de la tasa de jefes de hogar	Input	-	PESIMISTA													
Evolución del porcentaje de viviendas de	Input	-	PESIMISTA													
Variables seleccionadas																
Evolución de la tasa de jefes de hogar				2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
0-14	Feed	Hogares/Personas		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15-19	Feed	Hogares/Personas		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20-24	Feed	Hogares/Personas		0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
25-29	Feed	Hogares/Personas		0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
30-34	Feed	Hogares/Personas		0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
35-39	Feed	Hogares/Personas		0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58
40-44	Feed	Hogares/Personas		0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49
45-49	Feed	Hogares/Personas		0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
50-54	Feed	Hogares/Personas		0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61
55-59	Feed	Hogares/Personas		0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38
60-64	Feed	Hogares/Personas		0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47
65-69	Feed	Hogares/Personas		0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57
70-74	Feed	Hogares/Personas		0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69
75-79	Feed	Hogares/Personas		0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34
80 o más	Feed	Hogares/Personas		0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67
Evolución del porcentaje de viviendas de 2º residencia				11,46%	11,25%	11,04%	10,83%	10,63%	10,44%	10,24%	10,05%	9,86%	9,68%	9,50%	9,32%	9,15%
Stock de viviendas																
Stock de viviendas sin vender en 2012	Feed	Viviendas	650													
Stock técnico de equilibrio	Feed	Viviendas	200													
Porcentaje de sobreoferta si equilibrio	Feed	%	1%													
				Total Osorno												
Cálculo				2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Proyección de creación anual de hogares	Calc	Hogares			741	738	735	729	739	733	735	835	865	897	930	964
Proyección de hogares a 2025	Calc	Hogares		48.113	48.853	49.592	50.327	51.056	51.795	52.528	53.262	54.097	54.963	55.860	56.790	57.754
Proyección de demanda anual de vivienda	Calc	Viviendas			824	820	815	807	816	808	809	917	949	982	1.017	1.052
Viviendas de primera residencia	Feed	Viviendas			741	738	735	729	739	733	735	835	865	897	930	964
Viviendas de segunda residencia	Calc	Viviendas			83	82	80	78	77	75	74	82	84	85	87	88
Viviendas terminadas anuales	Calc	Viviendas	10.173		450	720	765	815	824	816	817	926	959	992	1.027	1.063
Diferencia Demanda / Oferta	Input & Calc	Viviendas			-150	-100	-50	8	8	8	8	9	9	10	10	11
Stock de viviendas	Feed & Calc	Viviendas		650	500	400	350	358	366	374	382	392	401	411	421	432
Stock de viviendas																
Stock en 2011				600	600											
Porcentaje	Cálculo	%		100%	100%											
Correspondencia al stock 2013	Cálculo	Viviendas		650	0											
Absorción del stock 2013	Feed	Viviendas		-100	-150											

ANEXO 3

12.6 Cálculos de transmitancia, demanda energética y consumo de las viviendas antes de la RT de 2007

Tabla 121. Determinación de U, Q y C de una vivienda aislada de madera de 1 piso antes de RT

VIVIENDA AISLADA (ANTES DE RT. 2007)										
1 piso										
CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LA VIVIENDA										
	m2	Ventanas								
		Pequeñas	Medianas	Grandes						
1 piso	70	2	3	1						
					6					
Ventanas 1 piso	Pequeñas (m2)	Medianas (m2)	Grandes (m2)	Total						El tamaño de las ventanas se ha asumido
	0,24	0,90	1,44							
	0,48	2,70	1,56	4,74						
Puerta	Ancho (m)	Alto (m)	Marco (m)	Total						El tamaño de la puerta se ha asumido
	0,80	2,00	0,08	1,68						
DETERMINACIÓN DE LA TRANSMITANCIA										
Muros										
Elemento	e [m]	λ [W/m ² K]	R [K ² m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _T MATERIAL [K ² m ² /W]	R _T [K ² m ² /W]	U _{MURO} [W/K ² m ²]	
Madera / tabiquería	0,100	0,10	0,96	100%	0,12	0,06	-	1,18	0,85	
Planchas de yeso-cartón	0,010	0,26	0,038	100%						
Ventana										
Elemento	e [m]	λ [W/m ² K]	R [K ² m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _T [K ² m ² /W]	U _{MATERIAL} [W/K ² m ²]	U _{VENTANA} [W/K ² m ²]	
Marco: Aluminio	0,004	210,00	0,00	20%	0,12	0,06	0,18	5,55	5,49	
Vidrio	0,003	1,20	0,003	80%			0,18	5,48		
Elemento	e [m]	λ [W/m ² K]	R [K ² m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _T [K ² m ² /W]	U _{MATERIAL} [W/K ² m ²]	U _{VENTANA} [W/K ² m ²]	
Marco: Pino finger 25mm	0,03	0,10	0,24	20%	0,12	0,06	0,42	2,38	4,86	
Vidrio 3mm	0,003	1,20	0,003	80%			0,18	5,48		

Puerta									
Elemento	e [m]	λ [W/m ² *K]	R [K ² *m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K ² *m ² /W]	R _T [K ² *m ² /W]	U _{PUERTA} [W/K ² *m ²]
Marco: Pino	0,03	0,10	0,24	20%	0,12	0,06	0,42	2,38	2,38
Puerta: Pino	0,03	0,10	0,24	80%			0,42	2,38	

Techos									
Elemento	e [m]	λ [W/m ² *K]	R [K ² *m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K ² *m ² /W]	R _T [K ² *m ² /W]	U _{TECHO} [W/K ² *m ²]
Yeso de cartón	0,01	0,24	0,05	-	0,09	0,06	-	1,54	0,65
Lana de vidrio	0,04	0,04	1,05						
Listones de madera de pino	0,03	0,10	0,29						

Piso									
Elemento	e [m]	λ [W/m ² *K]					R _T [K ² *m ² /W]	K _L [W/K ² *m]	
Hormigón armado normal	0,01	1,63					-	1,40	

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE VOLUMÉTRICO GLOBAL DE PÉRDIDAS TÉRMICAS POR TRANSMISIÓN DE LA ENVOLVENTE

$$G_{v1} = (\sum U_i S_i + K_L L) / V$$

		Área [m ²]	Perímetro [m]	U [W/K ² *m ²]	K _L [W/K ² *m]	Total
Muros		102,00	-	0,85	-	86,44
Ventanas	Vidrio	3,79	-	4,86	-	24,00
	Marco	0,95	-		-	
Puertas		1,68	-	2,38	-	3,98
Techo		70,00	-	0,65	-	45,42
Piso		-	34	-	1,4	47,60
						207,45

Volumen (m ³)	297,5
---------------------------	-------

G _{v1}	0,70
-----------------	------

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE VOLUMÉTRICO GLOBAL DE PÉRDIDAS TÉRMICAS TOTALES

$$G_{v2} = (G_{v1} + 0,35 * n)$$

G _{v2}	1,05
-----------------	------

DEMANDA ENERGÉTICA ANUAL EN CALEFACCIÓN

$$Q = (G_{v2} * V * GD * 24) / 1000$$

Q [kWh/año]	9.699
-------------	-------

CONSUMO ENERGÉTICO ANUAL EN CALEFACCIÓN

C [kWh/año]	17.634
-------------	--------

Tabla 122. Determinación de U, Q y C de una vivienda aislada de madera de 2 pisos antes de RT

VIVIENDA AISLADA (ANTES DE RT. 2007)

2 pisos

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LA VIVIENDA

	m2	Ventanas		
		Pequeñas	Medianas	Grandes
2 pisos	90	3	3	1

7

Ventanas 2 pisos	Pequeñas (m2)	Medianas (m2)	Grandes (m2)	Total
	0,24	0,90	1,44	
	0,72	2,70	1,56	4,98

Puerta	Ancho (m)	Alto (m)	Marco (m)	Total
	0,80	2,00	0,08	3,35

DETERMINACIÓN DE LA TRANSMITANCIA

Muros Casa									
Elemento	e [m]	λ [W/m*K]	R [K*m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K*m ² /W]	R _T [K*m ² /W]	U _{MURO} [W/K*m ²]
Madera / tabiquería	0,10	0,10	0,96	100%	0,12	0,06	-	2,50	0,40
Aislamiento de lana de vidrio	0,05	0,04	1,32	100%					
Planchas de yeso-cartón	0,01	0,26	0,04	100%					

Ventana									
Elemento	e [m]	λ [W/m*K]	R [K*m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _T [K*m ² /W]	U _{MATERIAL} [W/K*m ²]	U _{VENTANA} [W/K*m ²]
Marco: Aluminio	0,004	210,00	0,00002	20%	0,12	0,06	0,18	5,55	5,49
Vidrio	0,003	1,20	0,003	80%			0,18	5,48	

Elemento	e [m]	λ [W/m*K]	R [K*m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _T [K*m ² /W]	U _{MATERIAL} [W/K*m ²]	U _{VENTANA} [W/K*m ²]
Marco: Pino finger 25mm	0,03	0,10	0,24	20%	0,12	0,06	0,42	2,38	4,86
Vidrio 3mm	0,003	1,20	0,003	80%			0,18	5,48	

Puerta									
Elemento	e [m]	λ [W/m*K]	R [K*m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K*m ² /W]	R _T [K*m ² /W]	U _{PUERTA} [W/K*m ²]
Marco: Pino	0,03	0,10	0,24	20%	0,12	0,06	0,42	2,38	2,38
Puerta: Pino	0,03	0,10	0,24	80%			0,42	2,38	

Techos Casa									
Elemento	e [m]	λ [W/m*K]	R [K*m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K*m ² /W]	R _T [K*m ² /W]	U _{TECHO} [W/K*m ²]
Yeso de cartón	0,01	0,24	0,05	-	0,09	0,06	-	1,54	0,65
Lana de vidrio	0,04	0,04	1,05						
Listones de madera de pino	0,03	0,10	0,29						

Piso									
Elemento	e [m]	λ [W/m*K]					R _T [K*m ² /W]	K _L [W/K*m]	
Hormigón armado normal	0,01	1,63						1,40	

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE VOLUMÉTRICO GLOBAL DE PÉRDIDAS TÉRMICAS POR TRANSMISIÓN DE LA ENVOLVENTE

$$G_{v1} = (\sum U_i S_i + K_L L) / V$$

		Área [m ²]	Perímetro [m]	U [W/K*m ²]	K _L [W/K*m]	Total
Muros	Vidrio Marco	174,00	-	0,40	-	69,72
Ventanas		3,98	-	5,49	-	26,88
Puertas		1,00	-	-	-	-
		3,35	-	2,38	-	7,97
Techo		40,00	-	0,65	-	25,96
Piso		-	30	-	1,4	42,00
						172,52

Volumen (m ³)	320
---------------------------	-----

G _{v1}	0,54
-----------------	------

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE VOLUMÉTRICO GLOBAL DE PÉRDIDAS TÉRMICAS TOTALES

$$G_{v2} = (G_{v1} + 0,35*n)$$

G _{v2}	0,89
-----------------	------

DEMANDA ENERGÉTICA ANUAL EN CALEFACCIÓN

$$Q = (G_{v2} * V * GD * 24) / 1000$$

Q [kWh/año]	8.857
-------------	-------

CONSUMO ENERGÉTICO ANUAL EN CALEFACCIÓN

C [kWh/año]	16.103
-------------	--------

Tabla 123. Determinación de U, Q y C de una vivienda aislada de albañilería de 2 pisos antes de RT

VIVIENDA AISLADA (ANTES DE RT. 2007)

2 pisos

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LA VIVIENDA

	m2	Ventanas		
		Pequeñas	Medianas	Grandes
2 pisos	90	2	4	0

6

Ventanas 2 pisos	Pequeñas (m2)	Medianas (m2)	Grandes (m2)	Total
	0,24	0,90	1,44	
	0,48	3,60	0,00	4,08

Puerta	Ancho (m)	Alto (m)	Marco (m)	Total
		0,80	2,00	0,08

DETERMINACIÓN DE LA TRANSMITANCIA

Muros Casa									
Elemento	e [m]	λ [W/m ² K]	R [K ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K ² /W]	R _T [K ² /W]	U _{MURO} [W/K ² m ²]
Ladrillo	0,14	0,46	0,30	100%	0,12	0,06	-	0,54	1,86
Estuco exterior	0,02	1,40	0,01	100%					
Planchas de yeso-cartón	0,01	0,26	0,04	100%					

Ventana									
Elemento	e [m]	λ [W/m ² K]	R [K ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _T [K ² /W]	U _{MATERIAL} [W/K ² m ²]	U _{VENTANA} [W/K ² m ²]
Marco: Aluminio	0,004	210,00	0,00002	20%	0,12	0,06	0,18	5,55	5,49
Vidrio	0,003	1,20	0,003	80%			0,18	5,48	

Elemento	e [m]	λ [W/m ² K]	R [K ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _T [K ² /W]	U _{MATERIAL} [W/K ² m ²]	U _{VENTANA} [W/K ² m ²]
Marco: Pino finger 25mm	0,03	0,10	0,24	20%	0,12	0,06	0,42	2,38	4,86
Vidrio 3mm	0,003	1,20	0,003	80%			0,18	5,48	

Puerta									
Elemento	e [m]	λ [W/m ² *K]	R [K ² *m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K ² *m ² /W]	R _r [K ² *m ² /W]	U _{PUERTA} [W/K ² *m ²]
Marco: Pino	0,03	0,10	0,24	20%	0,12	0,06	0,42	2,38	2,38
Puerta: Pino	0,03	0,10	0,24	80%			0,42	2,38	

Techos Casa									
Elemento	e [m]	λ [W/m ² *K]	R [K ² *m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K ² *m ² /W]	R _r [K ² *m ² /W]	U _{TECHO} [W/K ² *m ²]
Yeso de cartón	0,01	0,24	0,05	-	0,09	0,06	-	1,54	0,65
Lana de vidrio	0,04	0,04	1,05						
Listones de madera de pino	0,03	0,10	0,29						

Piso									
Elemento	e [m]	λ [W/m ² *K]					R _r [K ² *m ² /W]	K _L [W/K ² *m]	
Hormigón armado normal	0,01	1,63						1,40	

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE VOLUMÉTRICO GLOBAL DE PÉRDIDAS TÉRMICAS POR TRANSMISIÓN DE LA ENVOLVENTE

$$G_{v1} = (\sum U_i \cdot S_i + K_L \cdot L) / V$$

		Área [m ²]	Perímetro [m]	U [W/K ² *m ²]	K _L [W/K ² *m]	Total
Muros	Vidrio Marco	168,00	-	1,86	-	312,79
Ventanas		3,26	-	5,49	-	22,11
Puertas		0,82	-	-	-	7,97
Techo		3,35	-	2,38	-	25,96
Piso		40,00	-	0,65	-	42,00
		-	30	-	1,4	410,83

Volumen (m ³)	320
---------------------------	-----

G _{v1}	1,28
-----------------	------

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE VOLUMÉTRICO GLOBAL DE PÉRDIDAS TÉRMICAS TOTALES

$$G_{v2} = (G_{v1} + 0,35 \cdot n)$$

G _{v2}	1,63
-----------------	------

DEMANDA ENERGÉTICA ANUAL EN CALEFACCIÓN

$$Q = (G_{v2} \cdot V \cdot GD \cdot 24) / 1000$$

Q [kWh/año]	16.275
-------------	--------

CONSUMO ENERGÉTICO ANUAL EN CALEFACCIÓN

C [kWh/año]	29.590
-------------	--------

Tabla 124. Determinación de U, Q y C de una vivienda pareada de madera de 1 piso antes de RT

VIVIENDA PAREADA (ANTES DE RT. 2007)
1 piso

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LA VIVIENDA

	m2	Ventanas		
		Pequeñas	Medianas	Grandes
1 piso	48	2	2	0

4

Ventanas 1 piso	Pequeñas (m2)	Medianas (m2)	Grandes (m2)	Total
	0,24	0,90	1,44	
	0,48	1,80	0,00	2,28

Puerta	Ancho (m)	Alto (m)	Marco (m)	Total
	0,80	2,00	0,08	1,68

DETERMINACIÓN DE LA TRANSMITANCIA

Muros									
Elemento	e [m]	λ [W/m ² K]	R [K ² m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K ² m ² /W]	R _T [K ² m ² /W]	U _{MURO} [W/K ² m ²]
Madera / tabiquería	0,10	0,10	0,96	100%	0,12	0,06	-	1,18	0,85
Planchas de yeso-cartón	0,01	0,26	0,04	100%					

Ventana									
Elemento	e [m]	λ [W/m ² K]	R [K ² m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _T [K ² m ² /W]	U _{MATERIAL} [W/K ² m ²]	U _{VENTANA} [W/K ² m ²]
Marco: Aluminio	0,004	210,00	0,00002	20%	0,12	0,06	0,18	5,55	5,49
Vidrio	0,003	1,20	0,003	80%			0,18	5,48	

Elemento	e [m]	λ [W/m ² K]	R [K ² m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _T [K ² m ² /W]	U _{MATERIAL} [W/K ² m ²]	U _{VENTANA} [W/K ² m ²]
Marco: Pino finger 25mm	0,03	0,10	0,24	20%	0,12	0,06	0,42	2,38	4,86
Vidrio 3mm	0,003	1,20	0,003	80%	0,12	0,06	0,18	5,48	

Puerta									
Elemento	e [m]	λ [W/m*K]	R [K*m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K*m ² /W]	R _T [K*m ² /W]	U _{PUERTA} [W/K*m ²]
Marco: Pino	0,03	0,10	0,24	20%	0,12	0,06	0,42	2,38	2,38
Puerta: Pino	0,03	0,10	0,24	80%			0,42	2,38	

Techos									
Elemento	e [m]	λ [W/m*K]	R [K*m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K*m ² /W]	R _T [K*m ² /W]	U _{TECHO} [W/K*m ²]
Yeso de cartón	0,01	0,24	0,05	-	0,09	0,06	-	1,54	0,65
Lana de vidrio	0,04	0,04	1,05						
Listones de madera de pino	0,03	0,10	0,29						

Piso									
Elemento	e [m]	λ [W/m*K]					R _T [K*m ² /W]	K _L [W/K*m]	
Hormigón armado normal	0,01	1,63						1,40	

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE VOLUMÉTRICO GLOBAL DE PÉRDIDAS TÉRMICAS POR TRANSMISIÓN DE LA ENVOLVENTE

$$G_{v1} = (\sum_i U_i \cdot S_i + K_L \cdot L) / V$$

	Área [m ²]	Perímetro [m]	U [W/K*m ²]	K _L [W/K*m]	Total
Muros	66,00	-	0,85	-	55,93
Ventanas	1,82	-	4,86	-	11,08
	0,46	-		-	
Puertas	1,68	-	2,38	-	3,98
Techo	48,00	-	0,65	-	31,15
Piso	-	28	-	1,4	39,20
					141,34

Volumen (m ³)	204
---------------------------	-----

G _{v1}	0,69
-----------------	------

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE VOLUMÉTRICO GLOBAL DE PÉRDIDAS TÉRMICAS TOTALES

$$G_{v2} = (G_{v1} + 0,35 \cdot n)$$

G _{v2}	1,04
-----------------	------

DEMANDA ENERGÉTICA ANUAL EN CALEFACCIÓN

$$Q = (G_{v2} \cdot V \cdot GD \cdot 24) / 1000$$

Q [kWh/año]	6.622
-------------	-------

CONSUMO ENERGÉTICO ANUAL EN CALEFACCIÓN

C [kWh/año]	12.040
-------------	--------

Tabla 125. Determinación de U, Q y C de una vivienda pareada de madera de 2 pisos antes de RT

VIVIENDA PAREADA (ANTES DE RT. 2007)

2 pisos

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LA VIVIENDA

	m2	Ventanas		
		Pequeñas	Medianas	Grandes
2 pisos	50	2	4	0

6

Ventanas 2 pisos	Pequeñas (m2)	Medianas (m2)	Grandes (m2)	Total
	0,24	0,90	1,44	
	0,48	3,60	0,00	4,08

Puerta	Ancho (m)	Alto (m)	Marco (m)	Total
	0,80	2,00	0,08	1,68

DETERMINACIÓN DE LA TRANSMITANCIA

Muros Casa									
Elemento	e [m]	λ [W/m ² K]	R [K ² m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K ² m ² /W]	R _T [K ² m ² /W]	U _{MURO} [W/K ² m ²]
Madera / tabiquería	0,10	0,10	0,96	100%	0,12	0,06	-	2,50	0,40
Aislamiento de lana de vidrio	0,05	0,04	1,32	100%					
Planchas de yeso-cartón	0,01	0,26	0,04	100%					

Ventana									
Elemento	e [m]	λ [W/m ² K]	R [K ² m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _T [K ² m ² /W]	U _{MATERIAL} [W/K ² m ²]	U _{VENTANA} [W/K ² m ²]
Marco: Aluminio	0,004	210,00	0,00002	20%	0,12	0,06	0,18	5,55	5,49
Vidrio	0,003	1,20	0,003	80%			0,18	5,48	

Elemento	e [m]	λ [W/m ² K]	R [K ² m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _T [K ² m ² /W]	U _{MATERIAL} [W/K ² m ²]	U _{VENTANA} [W/K ² m ²]
Marco: Pino finger 25mm	0,03	0,10	0,24	20%	0,12	0,06	0,42	2,38	4,86
Vidrio 3mm	0,003	1,20	0,003	80%			0,18	5,48	

Puerta									
Elemento	e [m]	λ [W/m*K]	R [K*m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K*m ² /W]	R _T [K*m ² /W]	U _{PUERTA} [W/K*m ²]
Marco: Pino	0,03	0,10	0,24	20%	0,12	0,06	0,42	2,38	2,38
Puerta: Pino	0,03	0,10	0,24	80%			0,42	2,38	

Techos Casa									
Elemento	e [m]	λ [W/m*K]	R [K*m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K*m ² /W]	R _T [K*m ² /W]	U _{TECHO} [W/K*m ²]
Yeso de cartón	0,01	0,24	0,05	-	0,09	0,06	-	1,54	0,65
Aislamiento de lana de vidrio	0,04	0,04	1,05						
Listones de madera de pino	0,03	0,10	0,29						

Piso									
Elemento	e [m]	λ [W/m*K]	-				R _T [K*m ² /W]	K _L [W/K*m]	
Hormigón armado normal	0,01	1,63	-					1,40	

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE VOLUMÉTRICO GLOBAL DE PÉRDIDAS TÉRMICAS POR TRANSMISIÓN DE LA ENVOLVENTE

$$G_{v1} = (\sum_i U_i \cdot S_i + K_L \cdot L) / V$$

		Área [m ²]	Perímetro [m]	U [W/K*m ²]	K _L [W/K*m]	Total
Muros	Vidrio	135,00	-	0,40	-	54,09
Ventanas		3,26	-	5,49	-	22,42
	Marco	0,82	-	-	-	-
Puertas		1,68	-	2,38	-	3,98
Techo		20,00	-	0,65	-	12,98
Piso		-	26	-	1,4	36,40
						129,87

Volumen (m ³)	175
---------------------------	-----

G _{v1}	0,74
-----------------	------

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE VOLUMÉTRICO GLOBAL DE PÉRDIDAS TÉRMICAS TOTALES

$$G_{v2} = (G_{v1} + 0,35 \cdot n)$$

G _{v2}	1,09
-----------------	------

DEMANDA ENERGÉTICA ANUAL EN CALEFACCIÓN

$$Q = (G_{v2} \cdot V \cdot GD \cdot 24) / 1000$$

Q [kWh/año]	5.949
-------------	-------

CONSUMO ENERGÉTICO ANUAL EN CALEFACCIÓN

C [kWh/año]	10.817
-------------	--------

Tabla 126. Determinación de U, Q y C de una vivienda pareada de albañilería de 2 pisos antes de RT

VIVIENDA PAREADA (ANTES DE RT. 2007)

2 pisos

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LA VIVIENDA

	m2	Ventanas		
		Pequeñas	Medianas	Grandes
2 pisos	40	2	3	0

5

Ventanas 2 pisos	Pequeñas (m2)	Medianas (m2)	Grandes (m2)	Total
	0,24	0,90	1,44	
	0,48	2,70	0,00	3,18

Puerta	Ancho (m)	Alto (m)	Marco (m)	Total
	0,80	2,00	0,08	1,68

DETERMINACIÓN DE LA TRANSMITANCIA

Muros Casa									
Elemento	e [m]	λ [W/m ² K]	R [K ² m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K ² m ² /W]	R _T [K ² m ² /W]	U _{MURO} [W/K ² m ²]
Ladrillo	0,14	0,46	0,30	100%	0,12	0,06	-	0,54	1,86
Estuco	0,02	1,40	0,01	100%					
Planchas de yeso-cartón	0,01	0,26	0,04	100%					

Ventana									
Elemento	e [m]	λ [W/m ² K]	R [K ² m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _T [K ² m ² /W]	U _{MATERIAL} [W/K ² m ²]	U _{VENTANA} [W/K ² m ²]
Marco: Aluminio	0,004	210,00	0,00002	20%	0,12	0,06	0,18	5,55	5,49
Vidrio	0,003	1,20	0,003	80%			0,18	5,48	

Elemento	e [m]	λ [W/m ² K]	R [K ² m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _T [K ² m ² /W]	U _{MATERIAL} [W/K ² m ²]	U _{VENTANA} [W/K ² m ²]
Marco: Pino finger 25mm	0,03	0,10	0,24	20%	0,12	0,06	0,42	2,38	4,86
Vidrio 3mm	0,003	1,20	0,003	80%			0,18	5,48	

Puerta									
Elemento	e [m]	λ [W/m*K]	R [K*m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K*m ² /W]	R _T [K*m ² /W]	U _{PUERTA} [W/K*m ²]
Marco: Pino	0,03	0,10	0,24	20%	0,12	0,06	0,42	2,38	2,38
Puerta: Pino	0,03	0,10	0,24	80%			0,42	2,38	

Techos Casa									
Elemento	e [m]	λ [W/m*K]	R [K*m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K*m ² /W]	R _T [K*m ² /W]	U _{TECHO} [W/K*m ²]
Yeso de cartón	0,01	0,24	0,05	-	0,09	0,06	-	1,54	0,65
Aislamiento de lana de vidrio	0,04	0,04	1,05						
Listones de madera de pino	0,03	0,10	0,29						

Piso									
Elemento	e [m]	λ [W/m*K]					R _T [K*m ² /W]	K _L [W/K*m]	
Hormigón armado normal	0,01	1,63						1,40	

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE VOLUMÉTRICO GLOBAL DE PÉRDIDAS TÉRMICAS POR TRANSMISIÓN DE LA ENVOLVENTE

$$G_{v1} = (\sum_i U_i \cdot S_i + K_L \cdot L) / V$$

		Área [m ²]	Perímetro [m]	U [W/K*m ²]	K _L [W/K*m]	Total
Muros		78,00	-	1,86	-	145,23
Ventanas	Vidrio	2,54	-	5,49	-	17,47
	Marco	0,64	-		-	
Puertas		1,68	-	2,38	-	3,98
Techo		15,00	-	0,65	-	9,73
Piso		-	20	-	1,4	28,00
						204,42

Volumen (m ³)	138,75
---------------------------	--------

G _{v1}	1,47
-----------------	------

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE VOLUMÉTRICO GLOBAL DE PÉRDIDAS TÉRMICAS TOTALES

$$G_{v2} = (G_{v1} + 0,35 \cdot n)$$

G _{v2}	1,82
-----------------	------

DEMANDA ENERGÉTICA ANUAL EN CALEFACCIÓN

$$Q = (G_{v2} \cdot V \cdot GD \cdot 24) / 1000$$

Q [kWh/año]	7.875
-------------	-------

CONSUMO ENERGÉTICO ANUAL EN CALEFACCIÓN

C [kWh/año]	14.318
-------------	--------

Tabla 127. Determinación de U, Q y C de una vivienda fila de madera de 1 piso antes de RT

VIVIENDA PAREADA (ANTES DE RT. 2007)
1 piso

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LA VIVIENDA

	m2	Ventanas		
		Pequeñas	Medianas	Grandes
1 piso	55	2	2	0

4

Ventanas 1 piso	Pequeñas (m2)	Medianas (m2)	Grandes (m2)	Total
	0,24	0,90	1,44	
	0,48	1,80	0,00	2,28

Puerta	Ancho (m)	Alto (m)	Marco (m)	Total
	0,80	2,00	0,08	1,68

DETERMINACIÓN DE LA TRANSMITANCIA

Muros										
Elemento	e [m]	λ [W/m ² K]	R [K ² m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K ² m ² /W]	R _T [K ² m ² /W]	U _{MURO} [W/K ² m ²]	
Madera / tabiquería	0,10	0,10	0,96	100%	0,12	0,06	-	2,50	0,40	
Lana de vidrio	0,05	0,04	1,32	100%						
Planchas de yeso-cartón	0,01	0,26	0,04	100%						

Ventana										
Elemento	e [m]	λ [W/m ² K]	R [K ² m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _T [K ² m ² /W]	U _{MATERIAL} [W/K ² m ²]	U _{VENTANA} [W/K ² m ²]	
Marco: Aluminio	0,004	210,00	0,00002	20%	0,12	0,06	0,18	5,55	5,49	
Vidrio	0,003	1,20	0,003	80%			0,18	5,48		

Elemento	e [m]	λ [W/m ² K]	R [K ² m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _T [K ² m ² /W]	U _{MATERIAL} [W/K ² m ²]	U _{VENTANA} [W/K ² m ²]	
Marco: Pino finger 25mm	0,03	0,10	0,24	20%	0,12	0,06	0,42	2,38	4,86	
Vidrio 3mm	0,003	1,20	0,003	80%			0,18	5,48		

Puerta									
Elemento	e [m]	λ [W/m*K]	R [K*m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K*m ² /W]	R _T [K*m ² /W]	U _{PUERTA} [W/K*m ²]
Marco: Pino	0,03	0,10	0,24	20%	0,12	0,06	0,42	2,38	2,38
Puerta: Pino	0,03	0,10	0,24	80%			0,42	2,38	

Techos									
Elemento	e [m]	λ [W/m*K]	R [K*m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K*m ² /W]	R _T [K*m ² /W]	U _{TECHO} [W/K*m ²]
Yeso de cartón	0,01	0,24	0,05	-	0,09	0,06	-	1,54	0,65
Lana de vidrio	0,04	0,04	1,05						
Listones de madera de pino	0,03	0,10	0,29						

Piso									
Elemento	e [m]	λ [W/m*K]					R _T [K*m ² /W]	K _L [W/K*m]	
Hormigón armado normal	0,01	1,63						1,40	

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE VOLUMÉTRICO GLOBAL DE PÉRDIDAS TÉRMICAS POR TRANSMISIÓN DE LA ENVOLVENTE

$$G_{v1} = (\sum_i U_i \cdot S_i + K_L \cdot L) / V$$

		Área [m ²]	Perímetro [m]	U [W/K*m ²]	K _L [W/K*m]	Total
Muros		60,00	-	0,40	-	24,04
Ventanas	Vidrio	1,82	-	4,86	-	11,08
		0,46	-		-	
Puertas	Marco	1,68	-	2,38	-	3,98
Techo		55,00	-	0,65	-	35,69
Piso		-	31	-	1,4	43,40
						118,19

Volumen (m ³)	220
---------------------------	-----

G _{v1}	0,54
-----------------	------

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE VOLUMÉTRICO GLOBAL DE PÉRDIDAS TÉRMICAS TOTALES

$$G_{v2} = (G_{v1} + 0,35 \cdot n)$$

G _{v2}	0,89
-----------------	------

DEMANDA ENERGÉTICA ANUAL EN CALEFACCIÓN

$$Q = (G_{v2} \cdot V \cdot GD \cdot 24) / 1000$$

Q [kWh/año]	6.076
-------------	-------

CONSUMO ENERGÉTICO ANUAL EN CALEFACCIÓN

C [kWh/año]	11.047
-------------	--------

Tabla 128. Determinación de U, Q y C del departamento 1 antes de RT

DEPARTAMENTO 1 (ANTES DE RT. 2007)

1 piso

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LA VIVIENDA

	m2	Ventanas		
		Pequeñas	Medianas	Grandes
1 piso	62	0	3	0

3

Ventanas 1 piso	Pequeñas (m2)	Medianas (m2)	Grandes (m2)	Total
	0,24	0,90	1,44	

Puerta	Ancho (m)	Alto (m)	Marco (m)	Total
	0,80	2,00	0,08	1,68

DETERMINACIÓN DE LA TRANSMITANCIA

Muros Departamento									
Elemento	e [m]	λ [W/m ² K]	R [K ² m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K ² m ² /W]	R _T [K ² m ² /W]	U _{MURO} [W/K ² m ²]
Hormigón armado	0,20	1,63	0,12	100%	0,12	0,06	-	1,32	0,76
Poliuretano	0,04	0,04	0,97	100%					
Mortero de cemento	0,02	1,40	0,01	100%					
Plancha yeso-cartón	0,01	0,31	0,03	100%					

Ventana									
Elemento	e [m]	λ [W/m ² K]	R [K ² m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _T [K ² m ² /W]	U _{MATERIAL} [W/K ² m ²]	U _{VENTANA} [W/K ² m ²]
Marco: Aluminio	0,004	210,00	0,00002	20%	0,12	0,06	0,18	5,55	5,49
Vidrio	0,003	1,20	0,003	80%			0,18	5,48	

Puerta									
Elemento	e [m]	λ [W/m*K]	R [K*m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K*m ² /W]	R _T [K*m ² /W]	U _{PUERTA} [W/K*m ²]
Marco: Pino	0,03	0,10	0,24	20%	0,12	0,06	0,42	2,38	2,38
Puerta: Pino	0,03	0,10	0,24	80%			0,42	2,38	

Techos Departamento									
Elemento	e [m]	λ [W/m*K]	R [K*m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K*m ² /W]	R _T [K*m ² /W]	U _{TECHO} [W/K*m ²]
Hormigón armado normal	0,12	1,63	0,07	-	0,09	0,06	-	1,21	0,83
Lana Mineral	0,04	0,04	0,95						
Interior Plancha yeso-cartón	0,01	0,31	0,03						

Piso									
Elemento	e [m]	λ [W/m*K]	-				R _T [K*m ² /W]	K _L [W/K*m]	
Hormigón armado normal	0,01	1,63	-					1,40	

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE VOLUMÉTRICO GLOBAL DE PÉRDIDAS TÉRMICAS POR TRANSMISIÓN DE LA ENVOLVENTE

$$G_{v1} = (\sum U_i S_i + K_L L) / V$$

		Área [m ²]	Perímetro [m]	U [W/K*m ²]	K _L [W/K*m]	Total
Muros		80,60	-	0,76	-	61,16
Ventanas	Vidrio	2,16	-	5,49	-	14,84
		0,54	-		-	
Puertas	Marco	1,68	-	2,38	-	3,98
Techo		62,00	-	0,83	-	51,31
Piso		-	32,4	-	1,4	45,36
						176,66

Volumen (m ³)	186
---------------------------	-----

G _{v1}	0,95
-----------------	------

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE VOLUMÉTRICO GLOBAL DE PÉRDIDAS TÉRMICAS TOTALES

$$G_{v2} = (G_{v1} + 0,35 * n)$$

G _{v2}	1,30
-----------------	------

DEMANDA ENERGÉTICA ANUAL EN CALEFACCIÓN

$$Q = (G_{v2} * V * GD * 24) / 1000$$

Q [kWh/año]	7.525
-------------	-------

CONSUMO ENERGÉTICO ANUAL EN CALEFACCIÓN

C [kWh/año]	13.683
-------------	--------

Tabla 129. Determinación de U, Q y C del departamento 2 antes de RT

DEPARTAMENTO 2 (ANTES DE RT. 2007)

1 piso

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LA VIVIENDA

	m2	Ventanas		
		Pequeñas	Medianas	Grandes
1 piso	62	0	6	0

6

Ventanas 1 piso	Pequeñas (m2)	Medianas (m2)	Grandes (m2)	Total
	0,24	0,90	1,44	

Puerta	Ancho (m)	Alto (m)	Marco (m)	Total
	0,80	2,00	0,08	1,68

DETERMINACIÓN DE LA TRANSMITANCIA

Muros Departamento									
Elemento	e [m]	λ [W/m ² K]	R [K ² m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K ² m ² /W]	R _T [K ² m ² /W]	U _{MURO} [W/K ² m ²]
Hormigón armado	0,20	1,63	0,12	100%	0,12	0,06	-	1,32	0,76
Poliuretano	0,04	0,04	0,97	100%					
Mortero de cemento	0,02	1,40	0,01	100%					
Interior Plancha yeso-cartón	0,01	0,31	0,03	100%					

Ventana									
Elemento	e [m]	λ [W/m ² K]	R [K ² m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _T [K ² m ² /W]	U _{MATERIAL} [W/K ² m ²]	U _{VENTANA} [W/K ² m ²]
Marco: Aluminio	0,004	210,00	0,00002	20%	0,12	0,06	0,18	5,55	5,49
Vidrio	0,003	1,20	0,003	80%			0,18	5,48	

Puerta									
Elemento	e [m]	λ [W/m*K]	R [K*m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K*m ² /W]	R _T [K*m ² /W]	U _{PUERTA} [W/K*m ²]
Marco: Pino	0,03	0,10	0,24	20%	0,12	0,06	0,42	2,38	2,38
Puerta: Pino	0,03	0,10	0,24	80%			0,42	2,38	

Techos Departamento									
Elemento	e [m]	λ [W/m*K]	R [K*m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K*m ² /W]	R _T [K*m ² /W]	U _{TECHO} [W/K*m ²]
Hormigón armado normal	0,12	1,63	0,07	-	0,09	0,06	-	1,21	0,83
Lana Mineral	0,04	0,04	0,95						
Interior Plancha yeso-cartón	0,01	0,31	0,03						

Piso									
Elemento	e [m]	λ [W/m*K]					R _T [K*m ² /W]	K _L [W/K*m]	
Hormigón armado normal	0,01	1,63						1,40	

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE VOLUMÉTRICO GLOBAL DE PÉRDIDAS TÉRMICAS POR TRANSMISIÓN DE LA ENVOLVENTE

$$G_{v1} = (\sum U_i S_i + K_L L) / V$$

		Área [m ²]	Perímetro [m]	U [W/K*m ²]	K _L [W/K*m]	Total
Muros		110,60	-	0,76	-	83,93
Ventanas	Vidrio	4,32	-	5,49	-	29,67
		1,08	-		-	
Puertas	Marco	1,68	-	2,38	-	3,98
Techo		62,00	-	0,83	-	51,31
Piso		-	32,4	-	1,4	45,36
						214,26

Volumen (m ³)	186
---------------------------	-----

G _{v1}	1,15
-----------------	------

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE VOLUMÉTRICO GLOBAL DE PÉRDIDAS TÉRMICAS TOTALES

$$G_{v2} = (G_{v1} + 0,35*n)$$

G _{v2}	1,50
-----------------	------

DEMANDA ENERGÉTICA ANUAL EN CALEFACCIÓN

$$Q = (G_{v2} * V * GD * 24) / 1000$$

Q [kWh/año]	8.696
-------------	-------

CONSUMO ENERGÉTICO ANUAL EN CALEFACCIÓN

C [kWh/año]	15.811
-------------	--------

Tabla 130. Determinación de U, Q y C del departamento 3 antes de RT

DEPARTAMENTO 3 (ANTES DE RT. 2007)

1 piso

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LA VIVIENDA

	m2	Ventanas		
		Pequeñas	Medianas	Grandes
1 piso	62	0	3	0

3

Ventanas 1 piso	Pequeñas (m2)	Medianas (m2)	Grandes (m2)	Total
	0,24	0,90	1,44	
	0,00	2,70	0,00	2,70

Puerta	Ancho (m)	Alto (m)	Marco (m)	Total
	0,80	2,00	0,08	1,68

DETERMINACIÓN DE LA TRANSMITANCIA

Muros Departamento									
Elemento	e [m]	λ [W/m ² K]	R [K ² m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K ² m ² /W]	R _T [K ² m ² /W]	U _{MURO} [W/K ² m ²]
Hormigón armado	0,20	1,63	0,12	100%	0,12	0,06	-	1,32	0,76
Poliuretano	0,04	0,04	0,97	100%					
Mortero de cemento	0,02	1,40	0,01	100%					
Interior Plancha yeso-cartón	0,01	0,31	0,03	100%					

Ventana									
Elemento	e [m]	λ [W/m ² K]	R [K ² m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _T [K ² m ² /W]	U _{MATERIAL} [W/K ² m ²]	U _{VENTANA} [W/K ² m ²]
Marco: Aluminio	0,004	210,00	0,00002	20%	0,12	0,06	0,18	5,55	5,49
Vidrio	0,003	1,20	0,003	80%			0,18	5,48	

Puerta									
Elemento	e [m]	λ [W/m*K]	R [K*m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K*m ² /W]	R _T [K*m ² /W]	U _{PUERTA} [W/K*m ²]
Marco: Pino	0,03	0,10	0,24	20%	0,12	0,06	0,42	2,38	2,38
Puerta: Pino	0,03	0,10	0,24	80%			0,42	2,38	

Piso						
Elemento	e [m]	λ [W/m*K]			R _T [K*m ² /W]	K _L [W/K*m]
Hormigón armado normal	0,01	1,63				1,40

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE VOLUMÉTRICO GLOBAL DE PÉRDIDAS TÉRMICAS POR TRANSMISIÓN DE LA ENVOLVENTE

$$G_{v1} = (\sum U_i S_i + K_L L) / V$$

		Área [m ²]	Perímetro [m]	U [W/K*m ²]	K _L [W/K*m]	Total
Muros	Vidrio Marco	18,60	-	0,76	-	14,11
Ventanas		2,16	-	5,49	-	14,84
		0,54	-	-	-	-
Puertas		1,68	-	2,38	-	3,98
Techo		62,00	-	-	-	0,00
Piso		-	32,4	-	1,4	45,36
						78,29

Volumen (m ³)	186
---------------------------	-----

G _{v1}	0,42
-----------------	------

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE VOLUMÉTRICO GLOBAL DE PÉRDIDAS TÉRMICAS TOTALES

$$G_{v2} = (G_{v1} + 0,35 * n)$$

G _{v2}	0,77
-----------------	------

DEMANDA ENERGÉTICA ANUAL EN CALEFACCIÓN

$$Q = (G_{v2} * V * GD * 24) / 1000$$

Q [kWh/año]	4.464
-------------	-------

CONSUMO ENERGÉTICO ANUAL EN CALEFACCIÓN

C [kWh/año]	8.116
-------------	-------

Tabla 131. Determinación de U, Q y C del departamento 4 antes de RT

DEPARTAMENTO 4 (ANTES DE RT. 2007)

1 piso

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LA VIVIENDA

	m2	Ventanas		
		Pequeñas	Medianas	Grandes
1 piso	62	0	6	0

6

Ventanas 1 piso	Pequeñas (m2)	Medianas (m2)	Grandes (m2)	Total
	0,24	0,90	1,44	
0,00	5,40	0,00	5,40	

Puerta	Ancho (m)	Alto (m)	Marco (m)	Total
	0,80	2,00	0,08	1,68

DETERMINACIÓN DE LA TRANSMITANCIA

Muros Departamento									
Elemento	e [m]	λ [W/m ² K]	R [K ² m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K ² m ² /W]	R _T [K ² m ² /W]	U _{MURO} [W/K ² m ²]
Hormigón armado	0,20	1,63	0,12	100%	0,12	0,06	-	1,32	0,76
Poliuretano	0,04	0,04	0,97	100%					
Mortero de cemento	0,02	1,40	0,01	100%					
Interior Plancha yeso-cartón	0,01	0,31	0,03	100%					

Ventana									
Elemento	e [m]	λ [W/m ² K]	R [K ² m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _T [K ² m ² /W]	U _{MATERIAL} [W/K ² m ²]	U _{VENTANA} [W/K ² m ²]
Marco: Aluminio	0,004	210,00	0,00002	20%	0,12	0,06	0,180	5,55	5,49
Vidrio	0,003	1,20	0,003	80%			0,183	5,48	

Puerta									
Elemento	e [m]	λ [W/m ² *K]	R [K ² *m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K ² *m ² /W]	R _T [K ² *m ² /W]	U _{PUERTA} [W/K ² *m ²]
Marco: Pino	0,03	0,10	0,24	20%	0,12	0,06	0,420	2,38	2,38
Puerta: Pino	0,03	0,10	0,24	80%			0,420	2,38	

Piso					
Elemento	e [m]	λ [W/m ² *K]		R _T [K ² *m ² /W]	K _L [W/K ² *m]
Hormigón armado normal	0,01	1,63	-		1,40

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE VOLUMÉTRICO GLOBAL DE PÉRDIDAS TÉRMICAS POR TRANSMISIÓN DE LA ENVOLVENTE

$$G_{v1} = (\sum_i U_i \cdot S_i + K_L \cdot L) / V$$

		Área [m ²]	Perímetro [m]	U [W/K ² *m ²]	K _L [W/K ² *m]	Total
Muros	Vidrio Marco	48,60	-	0,76	-	36,88
Ventanas		4,32	-	5,49	-	29,67
Puertas		1,08	-	-	-	-
Techo		1,68	-	2,38	-	3,98
Piso		62,00	-	-	-	0,00
		-	32,4	-	1,4	45,36
						115,90

Volumen (m ³)	186
---------------------------	-----

G _{v1} [W/K ² *m ³]	0,62
---	------

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE VOLUMÉTRICO GLOBAL DE PÉRDIDAS TÉRMICAS TOTALES

$$G_{v2} = (G_{v1} + 0,35 \cdot n)$$

G _{v2} [W/K ² *m ³]	0,97
---	------

DEMANDA ENERGÉTICA ANUAL EN CALEFACCIÓN

$$Q = (G_{v2} \cdot V \cdot GD \cdot 24) / 1000$$

Q [kWh/año]	5.634
-------------	-------

CONSUMO ENERGÉTICO ANUAL EN CALEFACCIÓN

C [kWh/año]	10.244
-------------	--------

12.7 Cálculos de transmitancia, demanda energética y consumo de las viviendas tras aplicar medidas para cumplir la RT de 2007

Tabla 132. Determinación de U, Q y C de la vivienda aislada de madera 1 piso después de RT

VIVIENDA AISLADA (DESPUES DE RT. 2007)									
1 piso									
DETERMINACIÓN DE LA TRANSMITANCIA									
Muros									
Elemento	e [m]	λ [W/m*K]	R [K*m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K*m ² /W]	R _T [K*m ² /W]	U _{MURO} [W/K*m ²]
Madera / tabiquería	0,10	0,10	0,96	100%	0,12	0,06	-	1,18	0,85
Planchas de yeso-cartón	0,01	0,26	0,04	100%					
Ventana									
Elemento	e [m]	λ [W/m*K]	R [K*m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _T [K*m ² /W]	U _{MATERIAL} [W/K*m ²]	U _{VENTANA} [W/K*m ²]
Marco: Aluminio	0,004	210,00	0,00	20%	0,12	0,06	0,18	5,55	5,49
Vidrio	0,003	1,20	0,003	80%			0,18	5,48	
Elemento	e [m]	λ [W/m*K]	R [K*m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _T [K*m ² /W]	U _{MATERIAL} [W/K*m ²]	U _{VENTANA} [W/K*m ²]
Marco: Pino finger 25mm	0,03	0,10	0,24	20%	0,12	0,06	0,42	2,38	4,86
Vidrio 3mm	0,003	1,20	0,003	80%			0,18	5,48	
Puerta									
Elemento	e [m]	λ [W/m*K]	R [K*m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K*m ² /W]	R _T [K*m ² /W]	U _{PUERTA} [W/K*m ²]
Marco: Pino	0,03	0,10	0,24	20%	0,12	0,06	0,42	2,38	2,38
Puerta: Pino	0,03	0,10	0,24	80%			0,42	2,38	
Techos									
Elemento	e [m]	λ [W/m*K]	R [K*m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K*m ² /W]	R _T [K*m ² /W]	U _{TECHO} [W/K*m ²]
Yeso de cartón	0,01	0,24	0,05	-	0,09	0,06	-	3,51	0,28
Lana de vidrio	0,12	0,04	3,03						
Listones de madera de pino	0,03	0,10	0,29						
Piso									
Elemento	λ [W/m*K]						R _T [K*m ² /W]	U _{PISO} [W/K*m ²]	
Poliestireno extruido	0,03						-	2,75	0,36
Barrera de vapor de film de polietileno de baja densidad									
Mortero de cemento									
Baldosa de cerámica									

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE VOLUMÉTRICO GLOBAL DE PÉRDIDAS TÉRMICAS POR TRANSMISIÓN DE LA ENVOLVENTE

$$G_{v1} = (\sum U_i \cdot S_i + K_L \cdot L) / V$$

		Área [m ²]	Perímetro [m]	U [W/K·m ²]	K _L [W/K·m]	Total
Muros		102,00	-	0,85	-	86,44
Ventanas	Vidrio	3,79	-	4,86	-	24,00
	Marco	0,95	-			
Puertas		1,68	-	2,38	-	3,98
Techo		70,00	-	0,28	-	19,92
Piso		70	-	0,363636364	-	25,45
						159,79

Volumen (m ³)	297,5
---------------------------	-------

G _{v1}	0,54
-----------------	------

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE VOLUMÉTRICO GLOBAL DE PÉRDIDAS TÉRMICAS TOTALES

$$G_{v2} = (G_{v1} + 0,35 \cdot n)$$

G _{v2}	0,89
-----------------	------

DEMANDA ENERGÉTICA ANUAL EN CALEFACCIÓN

$$Q = (G_{v2} \cdot V \cdot GD \cdot 24) / 1000$$

Q [kWh/año]	8.215
-------------	-------

CONSUMO ENERGÉTICO ANUAL EN CALEFACCIÓN

C [kWh/año]	14.937
-------------	--------

Tabla 133. Determinación de U, Q y C de la vivienda aislada de madera de 2 pisos después de RT

VIVIENDA AISLADA (DESPUES DE RT. 2007)									
2 pisos									
DETERMINACIÓN DE LA TRANSMITANCIA									
Muros									
Elemento	e [m]	λ [W/m ² K]	R [K ² m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K ² m ² /W]	R _T [K ² m ² /W]	U _{MURO} [W/K ² m ²]
Madera / tabiquería	0,10	0,10	0,96	100%	0,12	0,06	-	2,50	0,40
Lana de vidrio	0,05	0,04	1,32	100%					
Planchas de yeso-cartón	0,01	0,26	0,04	100%					
Ventana									
Elemento	e [m]	λ [W/m ² K]	R [K ² m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _T [K ² m ² /W]	U _{MATERIAL} [W/K ² m ²]	U _{VENTANA} [W/K ² m ²]
Marco: Aluminio	0,004	210,00	0,00002	20%	0,12	0,06	0,18	5,55	5,49
Vidrio	0,003	1,20	0,003	80%			0,18	5,48	
Elemento	e [m]	λ [W/m ² K]	R [K ² m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _T [K ² m ² /W]	U _{MATERIAL} [W/K ² m ²]	U _{VENTANA} [W/K ² m ²]
Marco: Pino finger 25mm	0,03	0,10	0,24	20%	0,12	0,06	0,42	2,38	4,86
Vidrio 3mm	0,003	1,20	0,003	80%			0,18	5,48	
Puerta									
Elemento	e [m]	λ [W/m ² K]	R [K ² m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K ² m ² /W]	R _T [K ² m ² /W]	U _{PUERTA} [W/K ² m ²]
Marco: Pino	0,03	0,10	0,24	20%	0,12	0,06	0,42	2,38	2,38
Puerta: Pino	0,03	0,10	0,24	80%			0,42	2,38	
Techos									
Elemento	e [m]	λ [W/m ² K]	R [K ² m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K ² m ² /W]	R _T [K ² m ² /W]	U _{TECHO} [W/K ² m ²]
Yeso de cartón	0,01	0,24	0,05	-	0,09	0,06	-	3,51	0,28
Lana de vidrio	0,12	0,04	3,03						
Listones de madera de pino	0,03	0,10	0,29						
Piso									
Elemento	λ [W/m ² K]						R _T [K ² m ² /W]	U _{PISO} [W/K ² m ²]	
Poliestireno extruido	0,03						2,75	0,36	
Barrera de vapor de film de polietileno de baja densidad									
Mortero de cemento									
Baldosa de cerámica									

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE VOLUMÉTRICO GLOBAL DE PÉRDIDAS TÉRMICAS POR TRANSMISIÓN DE LA ENVOLVENTE

$$G_{v1} = (\sum U_i S_i + K_L L) / V$$

	Área [m ²]	Perímetro [m]	U [W/K*m ²]	K _L [W/K*m]	Total
Muros	174,00	-	0,40	-	69,72
Ventanas	3,98	-	5,49	-	26,88
	1,00	-		-	
Puertas	3,35	-	2,38	-	7,97
Techo	40,00	-	0,28	-	11,38
Piso	50	-	0,363636364	-	18,18
					134,13

Volumen (m ³)	320
---------------------------	-----

G _{v1}	0,42
-----------------	------

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE VOLUMÉTRICO GLOBAL DE PÉRDIDAS TÉRMICAS TOTALES

$$G_{v2} = (G_{v1} + 0,35 \cdot n)$$

G _{v2}	0,77
-----------------	------

GASTO ANUAL DE ENERGÍA EN CALEFACCIÓN

$$Q = (G_{v2} \cdot V \cdot GD \cdot 24) / 1000$$

Q [kWh/año]	7.661
-------------	-------

CONSUMO ENERGÉTICO ANUAL EN CALEFACCIÓN

C [kWh/año]	13.930
-------------	--------

Tabla 134. Determinación de U, Q y C de la vivienda aislada de albañilería de 2 pisos después de RT

VIVIENDA AISLADA (DESPUES DE RT: 2007)									
2 pisos									
DETERMINACIÓN DE LA TRANSMITANCIA									
Muros									
Elemento	e [m]	λ [W/m*K]	R [K*m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K*m ² /W]	R _T [K*m ² /W]	U _{MURO} [W/K*m ²]
Ladrillo	0,14	0,46	0,30	100%	0,12	0,06	-	0,81	1,23
Poliestireno	0,01	0,04	0,28	100%					
Estuco exterior	0,02	1,40	0,01	100%					
Planchas de yeso-cartón	0,01	0,26	0,04	100%					
Ventana									
Elemento	e [m]	λ [W/m*K]	R [K*m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _T [K*m ² /W]	U _{MATERIAL} [W/K*m ²]	U _{VENTANA} [W/K*m ²]
Marco: Aluminio	0,004	210,00	0,00002	20%	0,12	0,06	0,18	5,55	5,49
Vidrio	0,003	1,20	0,003	80%			0,18	5,48	
Elemento	e [m]	λ [W/m*K]	R [K*m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _T [K*m ² /W]	U _{MATERIAL} [W/K*m ²]	U _{VENTANA} [W/K*m ²]
Marco: Pino finger 25mm	0,03	0,10	0,24	20%	0,12	0,06	0,42	2,38	4,86
Vidrio 3mm	0,003	1,20	0,003	80%			0,18	5,48	
Puerta									
Elemento	e [m]	λ [W/m*K]	R [K*m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K*m ² /W]	R _T [K*m ² /W]	U _{PUERTA} [W/K*m ²]
Marco: Pino	0,03	0,10	0,24	20%	0,12	0,06	0,42	2,38	2,38
Puerta: Pino	0,03	0,10	0,24	80%			0,42	2,38	
Techos									
Elemento	e [m]	λ [W/m*K]	R [K*m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K*m ² /W]	R _T [K*m ² /W]	U _{TECHO} [W/K*m ²]
Yeso de cartón	0,01	0,24	0,05	-	0,09	0,06	-	3,51	0,28
Lana de vidrio	0,12	0,04	3,03						
Listones de madera de pino	0,03	0,10	0,29						
Piso									
Elemento	λ [W/m*K]						R _T [K*m ² /W]	U _{PISO} [W/K*m ²]	
Poliestireno extruido	0,03						2,75	0,36	
Barrera de vapor de film de polietileno de baja densidad									
Mortero de cemento									
Baldosa de cerámica									

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE VOLUMÉTRICO GLOBAL DE PÉRDIDAS TÉRMICAS POR TRANSMISIÓN DE LA ENVOLVENTE

$$G_{v1} = (\sum U_i \cdot S_i + K_L \cdot L) / V$$

		Área [m ²]	Perímetro [m]	U [W/K*m ²]	K _L [W/K*m]	Total
Muros		168,00	-	1,23	-	206,17
Ventanas	Vidrio	3,26	-	5,49	-	22,11
	Marco	0,82	-			
Puertas		3,35	-	2,38	-	7,97
Techo		40,00	-	0,28	-	11,38
Piso		50	-	0,363636364	-	18,18
						265,81

Volumen (m ³)	320
---------------------------	-----

G _{v1}	0,83
-----------------	------

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE VOLUMÉTRICO GLOBAL DE PÉRDIDAS TÉRMICAS TOTALES

$$G_{v2} = (G_{v1} + 0,35 \cdot n)$$

G _{v2}	1,18
-----------------	------

GASTO ANUAL DE ENERGÍA EN CALEFACCIÓN

$$Q = (G_{v2} \cdot V \cdot GD \cdot 24) / 1000$$

Q [kWh/año]	11.761
-------------	--------

CONSUMO ENERGÉTICO ANUAL EN CALEFACCIÓN

C [kWh/año]	21.383
-------------	--------

Tabla 135. Determinación de U, Q y C de la vivienda pareada de madera de 1 piso después de RT

1 piso									
VIVIENDA PAREADA (DESPUES DE RT. 2007)									
DETERMINACIÓN DE LA TRANSMITANCIA									
Muros									
Elemento	e [m]	λ [W/m*K]	R [K*m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K*m ² /W]	R _T [K*m ² /W]	U _{MURO} [W/K*m ²]
Madera / tabiquería	0,10	0,10	0,96	100%	0,12	0,06	-	1,18	0,85
Planchas de yeso-cartón	0,01	0,26	0,04	100%					
Ventana									
Elemento	e [m]	λ [W/m*K]	R [K*m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _T [K*m ² /W]	U _{MATERIAL} [W/K*m ²]	U _{VENTANA} [W/K*m ²]
Marco: Aluminio	0,004	210,00	0,00002	20%	0,12	0,06	0,18	5,55	5,49
Vidrio	0,003	1,20	0,003	80%			0,18	5,48	
Elemento	e [m]	λ [W/m*K]	R [K*m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _T [K*m ² /W]	U _{MATERIAL} [W/K*m ²]	U _{VENTANA} [W/K*m ²]
Marco: Pino finger 25mm	0,03	0,10	0,24	20%	0,12	0,06	0,42	2,38	4,86
Vidrio 3mm	0,003	1,20	0,003	80%			0,18	5,48	
Puerta									
Elemento	e [m]	λ [W/m*K]	R [K*m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K*m ² /W]	R _T [K*m ² /W]	U _{PUERTA} [W/K*m ²]
Marco: Pino	0,03	0,10	0,24	20%	0,12	0,06	0,42	2,38	2,38
Puerta: Pino	0,03	0,10	0,24	80%			0,42	2,38	
Techos									
Elemento	e [m]	λ [W/m*K]	R [K*m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K*m ² /W]	R _T [K*m ² /W]	U _{TECHO} [W/K*m ²]
Yeso de cartón	0,01	0,24	0,05	-	0,09	0,06	-	3,51	0,28
Lana de vidrio	0,12	0,04	3,03						
Listones de madera de pino	0,03	0,10	0,29						
Piso									
Elemento	λ [W/m*K]							R _T [K*m ² /W]	U _{PISO} [W/K*m ²]
Poliestireno extruido	0,03	-						2,75	0,36
Barrera de vapor de film de polietileno de baja densidad									
Mortero de cemento									
Baldosa de cerámica									

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE VOLUMÉTRICO GLOBAL DE PÉRDIDAS TÉRMICAS POR TRANSMISIÓN DE LA ENVOLVENTE

$$G_{v1} = (\sum U_i \cdot S_i + K_L \cdot L) / V$$

		Área [m ²]	Perímetro [m]	U [W/K·m ²]	K _L [W/K·m]	Total
Muros		66,00	-	0,85	-	55,93
Ventanas	Vidrio	1,82	-	4,86	-	11,08
	Marco	0,46	-		-	
Puertas		1,68	-	2,38	-	3,98
Techo		48,00	-	0,28	-	13,66
Piso		48	-	0,363636364	-	17,45
						102,11

Volumen (m ³)	204
---------------------------	-----

G _{v1}	0,50
-----------------	------

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE VOLUMÉTRICO GLOBAL DE PÉRDIDAS TÉRMICAS TOTALES

$$G_{v2} = (G_{v1} + 0,35 \cdot n)$$

G _{v2}	0,85
-----------------	------

GASTO ANUAL DE ENERGÍA EN CALEFACCIÓN

$$Q = (G_{v2} \cdot V \cdot GD \cdot 24) / 1000$$

Q [kWh/año]	5.401
-------------	-------

CONSUMO ENERGÉTICO ANUAL EN CALEFACCIÓN

C [kWh/año]	9.820
-------------	-------

Tabla 136. Determinación de U, Q y C de la pareda de madera de 2 pisos después de RT

VIVIENDA PAREADA (DESPUES DE RT. 2007)									
1 piso									
DETERMINACIÓN DE LA TRANSMITANCIA									
Muros									
Elemento	e [m]	λ [W/m ² K]	R [K ² m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K ² m ² /W]	R _T [K ² m ² /W]	U _{MURO} [W/K ² m ²]
Madera / tabiquería	0,10	0,10	0,96	100%	0,12	0,06	-	2,50	0,40
Lana de vidrio	0,05	0,04	1,32	100%					
Planchas de yeso-cartón	0,01	0,26	0,04	100%					
Ventana									
Elemento	e [m]	λ [W/m ² K]	R [K ² m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _T [K ² m ² /W]	U _{MATERIAL} [W/K ² m ²]	U _{VENTANA} [W/K ² m ²]
Marco: Aluminio	0,004	210,00	0,00002	20%	0,12	0,06	0,18	5,55	5,49
Vidrio	0,003	1,20	0,003	80%			0,18	5,48	
Elemento	e [m]	λ [W/m ² K]	R [K ² m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _T [K ² m ² /W]	U _{MATERIAL} [W/K ² m ²]	U _{VENTANA} [W/K ² m ²]
Marco: Pino finger 25mm	0,03	0,10	0,24	20%	0,12	0,06	0,42	2,38	4,86
Vidrio 3mm	0,003	1,20	0,003	80%			0,18	5,48	
Puerta									
Elemento	e [m]	λ [W/m ² K]	R [K ² m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K ² m ² /W]	R _T [K ² m ² /W]	U _{PUERTA} [W/K ² m ²]
Marco: Pino	0,03	0,10	0,24	20%	0,12	0,06	0,42	2,38	2,38
Puerta: Pino	0,03	0,10	0,24	80%			0,42	2,38	
Techos									
Elemento	e [m]	λ [W/m ² K]	R [K ² m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K ² m ² /W]	R _T [K ² m ² /W]	U _{TECHO} [W/K ² m ²]
Yeso de cartón	0,01	0,24	0,05	-	0,09	0,06	-	3,51	0,28
Lana de vidrio	0,12	0,04	3,03						
Listones de madera de pino	0,03	0,10	0,29						
Piso									
Elemento	e [m]	λ [W/m ² K]					R _T [K ² m ² /W]	U _{PISO} [W/K ² m ²]	
Poliestireno extruido	-	0,03	-				2,75	0,36	
Barrera de vapor de film de polietileno de baja densidad									
Mortero de cemento									
Baldosa de cerámica									

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE VOLUMÉTRICO GLOBAL DE PÉRDIDAS TÉRMICAS POR TRANSMISIÓN DE LA ENVOLVENTE

$$G_{v1} = (\sum U_i \cdot S_i + K_L \cdot L) / V$$

	Área [m ²]	Perímetro [m]	U [W/K·m ²]	K _L [W/K·m]	Total
Muros	135,00	-	0,40	-	54,09
Ventanas	3,26	-	5,49	-	22,42
	0,82	-		-	
Puertas	1,68	-	2,38	-	3,98
Techo	20,00	-	0,28	-	5,69
Piso	30	-	0,363636364	-	10,91
					97,09

Volumen (m ³)	175
---------------------------	-----

G _{v1}	0,55
-----------------	------

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE VOLUMÉTRICO GLOBAL DE PÉRDIDAS TÉRMICAS TOTALES

$$G_{v2} = (G_{v1} + 0,35 \cdot n)$$

G _{v2}	0,90
-----------------	------

GASTO ANUAL DE ENERGÍA EN CALEFACCIÓN

$$Q = (G_{v2} \cdot V \cdot GD \cdot 24) / 1000$$

Q [kWh/año]	4.929
-------------	-------

CONSUMO ENERGÉTICO ANUAL EN CALEFACCIÓN

C [kWh/año]	8.962
-------------	-------

Tabla 137. Determinación de U, Q y C de la pareda de albañilería de 2 pisos después de RT

VIVIENDA PAREADA (DESPUES DE RT. 2007)										
1 piso										
DETERMINACIÓN DE LA TRANSMITANCIA										
Muros										
Elemento	e [m]	λ [W/m*K]	R [K*m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K*m ² /W]	R _T [K*m ² /W]	U _{MURO} [W/K*m ²]	
Ladrillo	0,14	0,46	0,30	100%	0,12	0,06	-	0,81	1,23	
Poliestireno	0,01	0,04	0,28	100%						
Estuco exterior	0,02	1,40	0,01	100%						
Planchas de yeso-cartón	0,01	0,26	0,04	100%						
Ventana										
Elemento	e [m]	λ [W/m*K]	R [K*m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _T [K*m ² /W]	U _{MATERIAL} [W/K*m ²]	U _{VENTANA} [W/K*m ²]	
Marco: Aluminio	0,004	210,00	0,00002	20%	0,12	0,06	0,18	5,55	5,49	
Vidrio	0,003	1,20	0,003	80%			0,18	5,48		
Elemento	e [m]	λ [W/m*K]	R [K*m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _T [K*m ² /W]	U _{MATERIAL} [W/K*m ²]	U _{VENTANA} [W/K*m ²]	
Marco: Pino finger 25mm	0,03	0,10	0,24	20%	0,12	0,06	0,42	2,38	4,86	
Vidrio 3mm	0,003	1,20	0,003	80%			0,18	5,48		
Puerta										
Elemento	e [m]	λ [W/m*K]	R [K*m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K*m ² /W]	R _T [K*m ² /W]	U _{PUERTA} [W/K*m ²]	
Marco: Pino	0,03	0,10	0,24	20%	0,12	0,06	0,42	2,38	2,38	
Puerta: Pino	0,03	0,10	0,24	80%			0,42	2,38		
Techos										
Elemento	e [m]	λ [W/m*K]	R [K*m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K*m ² /W]	R _T [K*m ² /W]	U _{TECHO} [W/K*m ²]	
Yeso de cartón	0,01	0,24	0,05	-	0,09	0,06	-	3,51	0,28	
Lana de vidrio	0,12	0,04	3,03							
Listones de madera de pino	0,03	0,10	0,29							
Piso										
Elemento	λ [W/m*K]	R _T [K*m ² /W]	U _{DISCO} [W/K*m ²]							
Poliestireno extruido	0,03	-	0,36							
Barrera de vapor de film de polietileno de baja densidad										
Mortero de cemento										
Baldosa de cerámica										

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE VOLUMÉTRICO GLOBAL DE PÉRDIDAS TÉRMICAS POR TRANSMISIÓN DE LA ENVOLVENTE

$$G_{v1} = (\sum U_i \cdot S_i + K_L \cdot L) / V$$

		Área [m ²]	Perímetro [m]	U [W/K·m ²]	K _L [W/K·m]	Total
Muros	Vidrio	78,00	-	1,23	-	95,72
Ventanas	Marco	2,54	-	5,49	-	17,47
Puertas		0,64	-	2,38	-	3,98
Techo		15,00	-	0,28	-	4,27
Piso		25	-	0,363636364	-	9,09
						130,54

Volumen (m ³)	138,75
---------------------------	--------

G _{v1}	0,94
-----------------	------

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE VOLUMÉTRICO GLOBAL DE PÉRDIDAS TÉRMICAS TOTALES

$$G_{v2} = (G_{v1} + 0,35 \cdot n)$$

G _{v2}	1,29
-----------------	------

GASTO ANUAL DE ENERGÍA EN CALEFACCIÓN

$$Q = (G_{v2} \cdot V \cdot GD \cdot 24) / 1000$$

Q [kWh/año]	5.575
-------------	-------

CONSUMO ENERGÉTICO ANUAL EN CALEFACCIÓN

C [kWh/año]	10.136
-------------	--------

Tabla 138. Determinación de U, Q y C de la pareda fila de madera de 1 piso después de RT

1 piso										
VIVIENDA PAREADA (DESPUES DE RT. 2007)										
DETERMINACIÓN DE LA TRANSMITANCIA										
Muros										
Elemento	e [m]	λ [W/m ² K]	R [K ² m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K ² m ² /W]	R _T [K ² m ² /W]	U _{MURO} [W/K ² m ²]	
Madera / tabiquería	0,10	0,10	0,96	100%	0,12	0,06	-	2,50	0,40	
Lana de vidrio	0,05	0,04	1,32	100%						
Planchas de yeso-cartón	0,01	0,26	0,04	100%						
Ventana										
Elemento	e [m]	λ [W/m ² K]	R [K ² m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _T [K ² m ² /W]	U _{MATERIAL} [W/K ² m ²]	U _{VENTANA} [W/K ² m ²]	
Marco: Aluminio	0,004	210,00	0,00002	20%	0,12	0,06	0,18	5,55	5,49	
Vidrio	0,003	1,20	0,003	80%			0,18	5,48		
Elemento	e [m]	λ [W/m ² K]	R [K ² m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _T [K ² m ² /W]	U _{MATERIAL} [W/K ² m ²]	U _{VENTANA} [W/K ² m ²]	
Marco: Pino finger 25mm	0,03	0,10	0,24	20%	0,12	0,06	0,42	2,38	4,86	
Vidrio 3mm	0,003	1,20	0,003	80%			0,18	5,48		
Puerta										
Elemento	e [m]	λ [W/m ² K]	R [K ² m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K ² m ² /W]	R _T [K ² m ² /W]	U _{PUERTA} [W/K ² m ²]	
Marco: Pino	0,03	0,10	0,24	20%	0,12	0,06	0,42	2,38	2,38	
Puerta: Pino	0,03	0,10	0,24	80%			0,42	2,38		
Techos										
Elemento	e [m]	λ [W/m ² K]	R [K ² m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K ² m ² /W]	R _T [K ² m ² /W]	U _{TECHO} [W/K ² m ²]	
Yeso de cartón	0,01	0,24	0,05	-	0,09	0,06	-	3,51	0,28	
Lana de vidrio	0,12	0,04	3,03							
Listones de madera de pino	0,03	0,10	0,29							
Piso										
Elemento	e [m]	λ [W/m ² K]	R [K ² m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K ² m ² /W]	R _T [K ² m ² /W]	U _{PISO} [W/K ² m ²]	
Poliestireno extruido	-	0,03	-	-	-	-	-	2,75	0,36	
Barrera de vapor de film de polietileno de baja densidad										
Mortero de cemento										
Baldosa de cerámica										

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE VOLUMÉTRICO GLOBAL DE PÉRDIDAS TÉRMICAS POR TRANSMISIÓN DE LA ENVOLVENTE

$$G_{v1} = (\sum U_i \cdot S_i + K_L \cdot L) / V$$

		Área [m ²]	Perímetro [m]	U [W/K·m ²]	K _L [W/K·m]	Total
Muros		60,00	-	0,40	-	24,04
Ventanas	Vidrio	1,82	-	4,86	-	11,08
	Marco	0,46	-		-	
Puertas		1,68	-	2,38	-	3,98
Techo		55,00	-	0,28	-	15,65
Piso		55	-	0,363636364		20,00
						74,75

Volumen (m ³)	220
---------------------------	-----

G _{v1}	0,34
-----------------	------

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE VOLUMÉTRICO GLOBAL DE PÉRDIDAS TÉRMICAS TOTALES

$$G_{v2} = (G_{v1} + 0,35 \cdot n)$$

G _{v2}	0,69
-----------------	------

GASTO ANUAL DE ENERGÍA EN CALEFACCIÓN

$$Q = (G_{v2} \cdot V \cdot GD \cdot 24) / 1000$$

Q [kWh/año]	4.724
-------------	-------

CONSUMO ENERGÉTICO ANUAL EN CALEFACCIÓN

C [kWh/año]	8.589
-------------	-------

Tabla 139. Determinación de U, Q y C del departamento 1 después de RT

DEPARTAMENTO 1 (DESPUES DE RT. 2007)									
1 piso									
DETERMINACIÓN DE LA TRANSMITANCIA									
Muros									
Elemento	e [m]	λ [W/m ² K]	R [K ² m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K ² m ² /W]	R _T [K ² m ² /W]	U _{MURO} [W/K ² m ²]
Hormigón armado	0,20	1,63	0,12	100%	0,12	0,06	-	1,32	0,76
Poliestireno	0,04	0,04	0,97	100%					
Mortero de cemento	0,02	1,40	0,01	100%					
Plancha yeso-cartón	0,01	0,31	0,03	100%					
Ventana									
Elemento	e [m]	λ [W/m ² K]	R [K ² m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _T [K ² m ² /W]	U _{MATERIAL} [W/K ² m ²]	U _{VENTANA} [W/K ² m ²]
Marco: Aluminio	0,004	210,00	0,00002	20%	0,12	0,06	0,18	5,55	5,49
Vidrio	0,003	1,20	0,003	80%			0,18	5,48	
Puerta									
Elemento	e [m]	λ [W/m ² K]	R [K ² m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K ² m ² /W]	R _T [K ² m ² /W]	U _{PUERTA} [W/K ² m ²]
Marco: Pino	0,03	0,10	0,24	20%	0,12	0,06	0,42	2,38	2,38
Puerta: Pino	0,03	0,10	0,24	80%			0,42	2,38	
Techos									
Elemento	e [m]	λ [W/m ² K]	R [K ² m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K ² m ² /W]	R _T [K ² m ² /W]	U _{TECHO} [W/K ² m ²]
Hormigón armado normal	0,12	1,63	0,07	-	0,09	0,06	-	3,55	0,28
Poliestireno	0,11	0,03	3,29						
Plancha yeso-cartón	0,01	0,31	0,03						
Piso									
Elemento	e [m]	λ [W/m ² K]					R _T [K ² m ² /W]	K _L [W/K ² m]	
Hormigón armado normal	0,01	1,63					-	1,40	

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE VOLUMÉTRICO GLOBAL DE PÉRDIDAS TÉRMICAS POR TRANSMISIÓN DE LA ENVOLVENTE

$$G_{v1} = (\sum_i U_i * S_i + K_L * L) / V$$

	Área [m ²]	Perímetro [m]	U [W/K*m ²]	K _L [W/K*m]	Total
Muros	80,60	-	0,76	-	61,16
Ventanas	2,16	-	5,49	-	14,84
	0,54	-		-	
Puertas	1,68	-	2,38	-	3,98
Techo	62,00	-	0,34	-	21,36
Piso	-	32,4	-	1,4	45,36
					146,70

Volumen (m ³)	186
---------------------------	-----

G _{v1}	0,79
-----------------	------

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE VOLUMÉTRICO GLOBAL DE PÉRDIDAS TÉRMICAS TOTALES

$$G_{v2} = (G_{v1} + 0,35 * n)$$

G _{v2}	1,14
-----------------	------

GASTO ANUAL DE ENERGÍA EN CALEFACCIÓN

$$Q = (G_{v2} * V * GD * 24) / 1000$$

Q [kWh/año]	6.593
-------------	-------

CONSUMO ENERGÉTICO ANUAL EN CALEFACCIÓN

C [kWh/año]	11.987
-------------	--------

Tabla 140. Determinación de U, Q y C del departamento 2 después de RT

DEPARTAMENTO 2 (DESPUES DE RT. 2007)										
1 piso										
DETERMINACIÓN DE LA TRANSMITANCIA										
Muros										
Elemento	e [m]	λ [W/m*K]	R [K*m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K*m ² /W]	R _T [K*m ² /W]	U _{MURO} [W/K*m ²]	
Hormigón armado	0,20	1,63	0,12	100%	0,12	0,06	-	1,32	0,76	
Poliestireno	0,04	0,04	0,97	100%						
Mortero de cemento	0,02	1,40	0,01	100%						
Interior Plancha yeso-cartón	0,01	0,31	0,03	100%						
Ventana										
Elemento	e [m]	λ [W/m*K]	R [K*m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _T [K*m ² /W]	U _{MATERIAL} [W/K*m ²]	U _{VENTANA} [W/K*m ²]	
Marco: Aluminio	0,004	210,00	0,00002	20%	0,12	0,06	0,18	5,55	5,49	
Vidrio	0,003	1,20	0,003	80%			0,18	5,48		
Puerta										
Elemento	e [m]	λ [W/m*K]	R [K*m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K*m ² /W]	R _T [K*m ² /W]	U _{PUERTA} [W/K*m ²]	
Marco: Pino	0,03	0,10	0,24	20%	0,12	0,06	0,42	2,38	2,38	
Puerta: Pino	0,03	0,10	0,24	80%			0,42	2,38		
Techos										
Elemento	e [m]	λ [W/m*K]	R [K*m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K*m ² /W]	R _T [K*m ² /W]	U _{TECHO} [W/K*m ²]	
Hormigón armado normal	0,12	1,63	0,07	-	0,09	0,06	-	3,55	0,28	
Poliestireno	0,11	0,03	3,29							
Interior Plancha yeso-cartón	0,01	0,31	0,03							
Piso										
Elemento	e [m]	λ [W/m*K]	-					R _T [K*m ² /W]	K _L [W/K*m]	
Hormigón armado normal	0,01	1,63						-	1,40	

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE VOLUMÉTRICO GLOBAL DE PÉRDIDAS TÉRMICAS POR TRANSMISIÓN DE LA ENVOLVENTE

$$G_{v1} = (\sum U_i \cdot S_i + K_L \cdot L) / V$$

		Área [m ²]	Perímetro [m]	U [W/K*m ²]	K _L [W/K*m]	Total
Muros	Vidrio	110,60	-	0,76	-	83,93
Ventanas		4,32	-	5,49	-	29,67
	Marco	1,08	-	-	-	
Puertas		1,68	-	2,38	-	3,98
Techo		62,00	-	0,34	-	21,36
Piso		-	32,4	-	1,4	45,36
						184,30

Volumen (m ³)	186
---------------------------	-----

G _{v1}	0,99
-----------------	------

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE VOLUMÉTRICO GLOBAL DE PÉRDIDAS TÉRMICAS TOTALES

$$G_{v2} = (G_{v1} + 0,35 \cdot n)$$

G _{v2}	1,34
-----------------	------

GASTO ANUAL DE ENERGÍA EN CALEFACCIÓN

$$Q = (G_{v2} \cdot V \cdot GD \cdot 24) / 1000$$

Q [kWh/año]	7.763
-------------	-------

CONSUMO ENERGÉTICO ANUAL EN CALEFACCIÓN

C [kWh/año]	14.115
-------------	--------

Tabla 141. Determinación de U, Q y C del departamento 3 después de RT

DEPARTAMENTO 3 (DESPUES DE RT. 2007)										
1 piso										
DETERMINACIÓN DE LA TRANSMITANCIA										
Muros										
Elemento	e [m]	λ [W/m*K]	R [K*m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K*m ² /W]	R _T [K*m ² /W]	U _{MURO} [W/K*m ²]	
Hormigón armado	0,20	1,63	0,12	100%	0,12	0,06	-	1,32	0,76	
Poliestireno	0,04	0,04	0,97	100%						
Mortero de cemento	0,02	1,40	0,01	100%						
Interior Plancha yeso-cartón	0,01	0,31	0,03	100%						
Ventana										
Elemento	e [m]	λ [W/m*K]	R [K*m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _T [K*m ² /W]	U _{MATERIAL} [W/K*m ²]	U _{VENTANA} [W/K*m ²]	
Marco: Aluminio	0,004	210,00	0,00002	20%	0,12	0,06	0,180	5,55	5,49	
Vidrio	0,003	1,20	0,003	80%			0,183	5,48		
Puerta										
Elemento	e [m]	λ [W/m*K]	R [K*m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K*m ² /W]	R _T [K*m ² /W]	U _{PUERTA} [W/K*m ²]	
Marco: Pino	0,03	0,10	0,24	20%	0,12	0,06	0,420	2,38	2,38	
Puerta: Pino	0,03	0,10	0,24	80%			0,420	2,38		
Piso										
Elemento	e [m]	λ [W/m*K]					R _T [K*m ² /W]	K _L [W/K*m]		
Hormigón armado normal	0,01	1,63					-	1,40		

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE VOLUMÉTRICO GLOBAL DE PÉRDIDAS TÉRMICAS POR TRANSMISIÓN DE LA ENVOLVENTE

$$G_{v1} = (\sum U_i \cdot S_i + K_L \cdot L) / V$$

		Área [m ²]	Perímetro [m]	U [W/K*m ²]	K _L [W/K*m]	Total
Muros		18,60	-	0,76	-	14,11
Ventanas	Vidrio	2,16	-	5,49	-	14,84
	Marco	0,54	-		-	
Puertas		1,68	-	2,38	-	3,98
Techo		62,00	-	0,00	-	0,00
Piso		-	32,4	-	1,4	45,36
						78,29

Volumen (m³)	186
--------------------------------	-----

G_{v1}	0,42
-----------------------	-------------

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE VOLUMÉTRICO GLOBAL DE PÉRDIDAS TÉRMICAS TOTALES

$$G_{v2} = (G_{v1} + 0,35 \cdot n)$$

G_{v2}	0,77
-----------------------	-------------

GASTO ANUAL DE ENERGÍA EN CALEFACCIÓN

$$Q = (G_{v2} \cdot V \cdot GD \cdot 24) / 1000$$

Q [kWh/año]	4.464
--------------------	--------------

CONSUMO ENERGÉTICO ANUAL EN CALEFACCIÓN

C [kWh/año]	8.116
--------------------	--------------

Tabla 142. Determinación de U, Q y C del departamento 4 después de RT

DEPARTAMENTO 3 (DESPUES DE RT. 2007)									
1 piso									
DETERMINACIÓN DE LA TRANSMITANCIA									
Muros									
Elemento	e [m]	λ [W/m*K]	R [K*m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K*m ² /W]	R _T [K*m ² /W]	U _{MURO} [W/K*m ²]
Hormigón armado	0,20	1,63	0,12	100%	0,12	0,06	-	1,32	0,76
Poliestireno	0,04	0,04	0,97	100%					
Mortero de cemento	0,02	1,40	0,01	100%					
Interior Plancha yeso-cartón	0,01	0,31	0,03	100%					
Ventana									
Elemento	e [m]	λ [W/m*K]	R [K*m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _T [K*m ² /W]	U _{MATERIAL} [W/K*m ²]	U _{VENTANA} [W/K*m ²]
Marco: Aluminio	0,004	210,00	0,00002	20%	0,12	0,06	0,180	5,55	5,49
Vidrio	0,003	1,20	0,003	80%			0,183	5,48	
Puerta									
Elemento	e [m]	λ [W/m*K]	R [K*m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	R _{T MATERIAL} [K*m ² /W]	R _T [K*m ² /W]	U _{PUERTA} [W/K*m ²]
Marco: Pino	0,03	0,10	0,24	20%	0,12	0,06	0,420	2,38	2,38
Puerta: Pino	0,03	0,10	0,24	80%			0,420	2,38	
Piso									
Elemento	e [m]	λ [W/m*K]					R _T [K*m ² /W]	K _L [W/K*m]	
Hormigón armado normal	0,01	1,63					-	1,40	

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE VOLUMÉTRICO GLOBAL DE PÉRDIDAS TÉRMICAS POR TRANSMISIÓN DE LA ENVOLVENTE

$$G_{v1} = (\sum U_i \cdot S_i + K_L \cdot L) / V$$

		Área [m ²]	Perímetro [m]	U [W/K*m ²]	K _L [W/K*m]	Total
Muros		48,60	-	0,76	-	36,88
Ventanas	Vidrio	4,32	-	5,49	-	29,67
	Marco	1,08	-		-	
Puertas		1,68	-	2,38	-	3,98
Techo		62,00	-	-	-	0,00
Piso		-	32,4	-	1,4	45,36
						115,90

Volumen (m ³)	186
---------------------------	-----

G _{v1} [W/K*m ³]	0,62
---------------------------------------	------

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE VOLUMÉTRICO GLOBAL DE PÉRDIDAS TÉRMICAS TOTALES

$$G_{v2} = (G_{v1} + 0,35 \cdot n)$$

G _{v2} [W/K*m ³]	0,97
---------------------------------------	------

GASTO ANUAL DE ENERGÍA EN CALEFACCIÓN

$$Q = (G_{v2} \cdot V \cdot GD \cdot 24) / 1000$$

Q [kWh/año]	5.634
-------------	-------

CONSUMO ENERGÉTICO ANUAL EN CALEFACCIÓN

C [kWh/año]	10.244
-------------	--------

12.8 Cálculos de la demanda energética en los tres escenarios

Escenario base

Tabla 143. Estimación de Q del parque de viviendas proyectado en el escenario base

	Casa aislada			Casa en fila	Casa pareada			Departamento				Total anual (GWh/año)	Total acumulado (GWh/año)
	1 piso madera	2 pisos madera	2 pisos albañilería	1 piso madera	1 piso madera	2 pisos madera	2 pisos albañilería	nº 1	nº 2	nº 3	nº 4		
2012	41,92	28,77	34,71	23,77	76,99	72,66	8,69	2,11	4,90	2,54	6,42	-	303
2013	0,61	0,42	0,43	0,33	1,09	0,89	0,12	0,03	0,07	0,04	0,11	4	308
2014	0,61	0,43	0,44	0,33	1,10	0,90	0,12	0,03	0,07	0,04	0,11	4	312
2015	0,61	0,43	0,44	0,33	1,10	0,89	0,12	0,03	0,07	0,04	0,11	4	316
2016	0,61	0,43	0,43	0,33	1,09	0,89	0,12	0,03	0,07	0,04	0,11	4	320
2017	0,60	0,42	0,43	0,33	1,09	0,89	0,12	0,03	0,07	0,04	0,11	4	324
2018	0,61	0,43	0,44	0,34	1,10	0,90	0,12	0,03	0,08	0,04	0,11	4	328
2019	0,61	0,43	0,44	0,33	1,10	0,90	0,12	0,03	0,07	0,04	0,11	4	333
2020	0,61	0,43	0,44	0,34	1,10	0,90	0,12	0,03	0,08	0,04	0,11	4	337
2021	0,69	0,48	0,49	0,38	1,24	1,02	0,13	0,04	0,08	0,05	0,12	5	342
2022	0,72	0,50	0,51	0,39	1,29	1,05	0,14	0,04	0,09	0,05	0,13	5	346
2023	0,74	0,52	0,53	0,41	1,34	1,09	0,14	0,04	0,09	0,05	0,13	5	352
2024	0,77	0,54	0,55	0,42	1,39	1,13	0,15	0,04	0,09	0,05	0,14	5	357
2025	0,80	0,56	0,57	0,44	1,44	1,17	0,15	0,04	0,10	0,06	0,14	5	362

Fuente: Creara

Escenario optimista

Tabla 144. Estimación de Q del parque de viviendas proyectado en el escenario optimista

	Casa aislada			Casa en fila	Casa pareada			Departamento				Total anual (GWh/año)	Total acumulado (GWh/año)
	1 piso madera	2 pisos madera	2 pisos albañilería	1 piso madera	1 piso madera	2 pisos madera	2 pisos albañilería	nº 1	nº 2	nº 3	nº 4		
2012	41,92	28,77	34,71	23,77	76,99	72,66	8,69	2,11	4,90	2,54	6,42	303	303
2013	0,65	0,45	0,46	0,36	1,17	0,95	0,12	0,03	0,08	0,05	0,12	4	308
2014	0,65	0,46	0,47	0,36	1,18	0,96	0,13	0,03	0,08	0,05	0,12	4	312
2015	0,65	0,46	0,47	0,36	1,18	0,96	0,13	0,03	0,08	0,05	0,12	4	317
2016	0,65	0,46	0,47	0,36	1,18	0,96	0,13	0,03	0,08	0,05	0,12	4	321
2017	0,65	0,46	0,47	0,36	1,18	0,96	0,13	0,03	0,08	0,05	0,12	4	326
2018	0,66	0,46	0,47	0,36	1,19	0,97	0,13	0,03	0,08	0,05	0,12	5	330
2019	0,66	0,46	0,47	0,36	1,19	0,97	0,13	0,03	0,08	0,05	0,12	5	335
2020	0,67	0,47	0,48	0,36	1,20	0,98	0,13	0,03	0,08	0,05	0,12	5	339
2021	0,75	0,52	0,53	0,41	1,34	1,10	0,14	0,04	0,09	0,05	0,13	5	345
2022	0,77	0,54	0,55	0,42	1,39	1,14	0,15	0,04	0,09	0,05	0,14	5	350
2023	0,80	0,56	0,57	0,44	1,44	1,18	0,15	0,04	0,10	0,06	0,14	5	355
2024	0,83	0,58	0,59	0,46	1,50	1,22	0,16	0,04	0,10	0,06	0,15	6	361
2025	0,86	0,60	0,62	0,47	1,55	1,27	0,17	0,04	0,11	0,06	0,15	6	367

Fuente: Creara

Escenario pesimista

Tabla 145. Estimación de Q del parque de viviendas proyectado en el escenario pesimista

	Casa aislada			Casa en fila	Casa pareada			Departamento				Total anual (GWh/año)	Total acumulado (GWh/año)
	1 piso madera	2 pisos madera	2 pisos albañilería	1 piso madera	1 piso madera	2 pisos madera	2 pisos albañilería	nº 1	nº 2	nº 3	nº 4		
2012	41,92	28,77	34,71	23,77	76,99	72,66	8,69	2,11	4,90	2,54	6,42	303,48	303
2013	0,56	0,39	0,40	0,31	1,01	0,83	0,11	0,03	0,07	0,04	0,10	3,86	307
2014	0,56	0,39	0,40	0,31	1,02	0,83	0,11	0,03	0,07	0,04	0,10	3,86	311
2015	0,56	0,39	0,40	0,31	1,01	0,83	0,11	0,03	0,07	0,04	0,10	3,85	315
2016	0,56	0,39	0,40	0,31	1,01	0,82	0,11	0,03	0,07	0,04	0,10	3,84	319
2017	0,56	0,39	0,40	0,30	1,00	0,82	0,11	0,03	0,07	0,04	0,10	3,80	323
2018	0,56	0,39	0,40	0,31	1,01	0,83	0,11	0,03	0,07	0,04	0,10	3,85	327
2019	0,56	0,39	0,40	0,31	1,00	0,82	0,11	0,03	0,07	0,04	0,10	3,82	330
2020	0,56	0,39	0,40	0,31	1,01	0,82	0,11	0,03	0,07	0,04	0,10	3,83	334
2021	0,64	0,44	0,46	0,35	1,14	0,94	0,12	0,03	0,08	0,04	0,11	4,35	339
2022	0,66	0,46	0,47	0,36	1,19	0,97	0,13	0,03	0,08	0,05	0,12	4,51	343
2023	0,68	0,48	0,49	0,37	1,23	1,00	0,13	0,04	0,08	0,05	0,12	4,68	348
2024	0,71	0,50	0,51	0,39	1,28	1,04	0,14	0,04	0,09	0,05	0,13	4,85	353
2025	0,73	0,51	0,53	0,40	1,32	1,08	0,14	0,04	0,09	0,05	0,13	5,03	358

Fuente: Creara

12.9 Cálculos del consumo teórico energético en los tres escenarios

Escenario base

Tabla 146. Estimación de C del parque de viviendas proyectado en el escenario base

	Casa aislada			Casa en fila	Casa pareada			Departamento				Total anual (GWh/año)	Total acumulado (GWh/año)
	1 piso madera	2 pisos madera	2 pisos albañilería	1 piso madera	1 piso madera	2 pisos madera	2 pisos albañilería	nº 1	nº 2	nº 3	nº 4		
2012	76,22	52,30	63,11	43,23	139,99	132,11	15,80	3,85	8,90	4,62	11,67	551,79	552
2013	1,10	0,77	0,79	0,60	1,99	1,62	0,21	0,06	0,14	0,08	0,20	7,55	559
2014	1,11	0,77	0,79	0,61	1,99	1,63	0,21	0,06	0,14	0,08	0,20	7,58	567
2015	1,11	0,77	0,79	0,61	1,99	1,63	0,21	0,06	0,14	0,08	0,20	7,58	575
2016	1,10	0,77	0,79	0,61	1,99	1,62	0,21	0,06	0,14	0,08	0,20	7,57	582
2017	1,10	0,77	0,79	0,60	1,98	1,62	0,21	0,06	0,13	0,08	0,20	7,52	590
2018	1,11	0,78	0,80	0,61	2,01	1,64	0,21	0,06	0,14	0,08	0,20	7,63	597
2019	1,11	0,78	0,79	0,61	2,00	1,63	0,21	0,06	0,14	0,08	0,20	7,59	605
2020	1,11	0,78	0,80	0,61	2,01	1,64	0,21	0,06	0,14	0,08	0,20	7,63	612
2021	1,26	0,88	0,90	0,69	2,26	1,85	0,24	0,07	0,15	0,09	0,22	8,61	621
2022	1,30	0,91	0,93	0,71	2,34	1,92	0,25	0,07	0,16	0,09	0,23	8,92	630
2023	1,35	0,94	0,97	0,74	2,43	1,98	0,26	0,07	0,17	0,10	0,24	9,24	639
2024	1,40	0,98	1,00	0,77	2,52	2,06	0,27	0,07	0,17	0,10	0,25	9,58	649
2025	1,45	1,01	1,04	0,79	2,61	2,13	0,28	0,08	0,18	0,10	0,26	9,93	659

Fuente: Creara

Escenario optimista

Tabla 147. Estimación de C del parque de viviendas proyectado en el escenario optimista

	Casa aislada			Casa en fila	Casa pareada			Departamento				Total anual (GWh/año)	Total acumulado (GWh/año)
	1 piso madera	2 pisos madera	2 pisos albañilería	1 piso madera	1 piso madera	2 pisos madera	2 pisos albañilería	nº 1	nº 2	nº 3	nº 4		
2012	76,22	52,30	63,11	43,23	139,99	132,11	15,80	3,85	8,90	4,62	11,67	551,79	552
2013	1,18	0,83	0,85	0,65	2,12	1,74	0,23	0,06	0,14	0,08	0,21	8,08	560
2014	1,19	0,83	0,85	0,65	2,14	1,75	0,23	0,06	0,15	0,08	0,21	8,13	568
2015	1,19	0,83	0,85	0,65	2,14	1,75	0,23	0,06	0,15	0,08	0,21	8,15	576
2016	1,19	0,83	0,85	0,65	2,14	1,75	0,23	0,06	0,15	0,08	0,21	8,15	584
2017	1,19	0,83	0,85	0,65	2,14	1,75	0,23	0,06	0,15	0,08	0,21	8,13	592
2018	1,21	0,84	0,86	0,66	2,17	1,77	0,23	0,06	0,15	0,08	0,21	8,26	601
2019	1,20	0,84	0,86	0,66	2,16	1,77	0,23	0,06	0,15	0,08	0,21	8,23	609
2020	1,21	0,85	0,87	0,66	2,18	1,78	0,23	0,06	0,15	0,09	0,22	8,29	617
2021	1,36	0,95	0,97	0,74	2,44	2,00	0,26	0,07	0,17	0,10	0,24	9,30	627
2022	1,41	0,98	1,01	0,77	2,53	2,07	0,27	0,07	0,17	0,10	0,25	9,63	636
2023	1,46	1,02	1,04	0,80	2,62	2,14	0,28	0,08	0,18	0,10	0,26	9,98	646
2024	1,51	1,06	1,08	0,83	2,72	2,22	0,29	0,08	0,19	0,11	0,27	10,35	656
2025	1,57	1,10	1,12	0,86	2,82	2,30	0,30	0,08	0,19	0,11	0,28	10,73	667

Fuente: Creara

Escenario pesimista

Tabla 148. Estimación de C del parque de viviendas proyectado en el escenario pesimista

	Casa aislada			Casa en fila	Casa pareada			Departamento				Total anual (GWh/año)	Total acumulado (GWh/año)
	1 piso madera	2 pisos madera	2 pisos albañilería	1 piso madera	1 piso madera	2 pisos madera	2 pisos albañilería	nº 1	nº 2	nº 3	nº 4		
2012	76,22	52,30	63,11	43,23	139,99	132,11	15,80	3,85	8,90	4,62	11,67	551,79	552
2013	1,02	0,72	0,73	0,56	1,84	1,51	0,20	0,05	0,13	0,07	0,18	7,01	559
2014	1,03	0,72	0,73	0,56	1,85	1,51	0,20	0,05	0,13	0,07	0,18	7,02	566
2015	1,02	0,72	0,73	0,56	1,84	1,50	0,20	0,05	0,13	0,07	0,18	7,00	573
2016	1,02	0,71	0,73	0,56	1,83	1,50	0,20	0,05	0,12	0,07	0,18	6,98	580
2017	1,01	0,71	0,72	0,55	1,82	1,48	0,19	0,05	0,12	0,07	0,18	6,91	587
2018	1,02	0,72	0,73	0,56	1,84	1,50	0,20	0,05	0,13	0,07	0,18	7,01	594
2019	1,01	0,71	0,73	0,56	1,83	1,49	0,19	0,05	0,12	0,07	0,18	6,95	601
2020	1,02	0,71	0,73	0,56	1,83	1,50	0,20	0,05	0,12	0,07	0,18	6,97	608
2021	1,16	0,81	0,83	0,63	2,08	1,70	0,22	0,06	0,14	0,08	0,21	7,92	616
2022	1,20	0,84	0,86	0,66	2,16	1,76	0,23	0,06	0,15	0,08	0,21	8,21	624
2023	1,24	0,87	0,89	0,68	2,24	1,83	0,24	0,06	0,15	0,09	0,22	8,51	632
2024	1,29	0,90	0,92	0,71	2,32	1,89	0,25	0,07	0,16	0,09	0,23	8,82	641
2025	1,34	0,93	0,96	0,73	2,40	1,96	0,26	0,07	0,16	0,09	0,24	9,14	650

Fuente: Creara

ANEXO 4

12.10 Cálculos de medidas para adaptar viviendas que no cumplan RT a que la cumplan

Tabla 149. Cálculos. Medida 1 en casas y departamentos

Techos de casas

	Aislante	U_{TECHO} [W/K*m ²]	Valor (\$/m ²)	Coste de retiro (\$/m ²)	Mano de obra (\$/m ²)	TOTAL (\$/m ²)	Costes de mantenimiento 10 años (\$)
Situación actual	Lana de vidrio de 40 mm	0,79	-	-	-	1	-
Medida 1	Adición de lana de vidrio de 60 mm	0,28	29.181	0	682	29.863	-

Techos									
Elemento	e [m]	λ [W/m*K]	R [K*m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	$R_{T, MATERIAL}$ [K*m ² /W]	R_T [K*m ² /W]	U_{TECHO} [W/K*m ²]
Yeso de cartón	0,01	0,24	0,05	-	0,09	0,06	-	3,51	0,28
Lana de vidrio	0,12	0,04	3,03						
Listones de madera de pino	0,03	0,10	0,29						

Techos de departamentos

	Aislante	U_{TECHO} [W/K*m ²]	Valor (\$/m ²)	Coste de retiro (\$/m ²)	Mano de obra (\$/m ²)	TOTAL (\$/m ²)	Costes de mantenimiento 10 años (\$)
Situación actual	Lana mineral de 40 mm	0,83	-	-	-	-	-
Medida 1	Poliestireno expandido de 90 mm	0,34	13.419	1.000	682	15.101	926

Techos									
Elemento	e [m]	λ [W/m*K]	R [K*m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	$R_{T, MATERIAL}$ [K*m ² /W]	R_T [K*m ² /W]	U_{TECHO} [W/K*m ²]
Hormigón armado normal	0,12	1,63	0,07	-	0,09	0,06	-	2,90	0,34
Poliestireno	0,09	0,03	2,65						
Plancha yeso-cartón	0,01	0,31	0,03						

Tabla 150. Cálculos. Medida 2 en casas

	Aislante	U_{SUELO} [W/K*m ²]	Valor (\$/m ²)	Coste de retiro (\$/m ²)	Mano de obra (\$/m ²)	TOTAL (\$/m ²)	Costes de mantenimiento 10 años (\$)
Situación actual	Piso $K_T = 1,4$	-	-	-	-	0	-
Medida 2	Piso Aislado	0,36	45.251	0	5.233	50.484	1.010

Nuevos pisos de casas

Piso					
Elemento	e [m]	λ [W/m*K]		R_T [K*m ² /W]	U_{PISO} [W/K*m ²]
Poliestireno extruido					
Barrera de vapor de film de polietileno de baja densidad		0,03	-	2,75	0,36
Mortero de cemento					
Baldosa de cerámica					

Tabla 151. Cálculos. Medida 3 en casas de albañilería

	Aislante	U_{TECHO} [W/K*m ²]	Valor (\$/m ²)	Coste de retiro (\$/m ²)	Mano de obra (\$/m ²)	TOTAL (\$/m ²)	Costes de mantenimiento 10 años (\$)
Situación actual	Sin aislante	1,86	-	-	-	2	-
Medida 3	Poliestireno 50 mm	1,23	1.716	0	929	2.645	-

Nuevo muro

Muros										
Elemento	e [m]	λ [W/m*K]	R [K*m ² /W]	% Área	Rsi	Rse	$R_{T, MATERIAL}$ [K*m ² /W]	R_T [K*m ² /W]	U_{MURO} [W/K*m ²]	
Ladrillo	0,14	0,46	0,30	100%						
Poliestireno	0,01	0,04	0,28	100%	0,12	0,06	-	0,81	1,23	
Estuco exterior	0,02	1,40	0,01	100%						
Planchas de yeso-cartón	0,01	0,26	0,04	100%						

Tabla 152. Cálculos. Medida 4

MEDIDA 4. CAMBIO DE VENTANAS SIMPLES POR TERMOPANEL (DOBLE VIDRIADO HERMÉTICO)

	Vidrio	$U_{VENTANA} [W/K*m^2]$	Valor unitario (\$)	Coste de retiro (\$/m ²)	Mano de obra (\$/m ²)	TOTAL (\$/m ²)	Costes de mantenimiento 10 años (\$)
Situación actual	Vidrio simple + marco antiguo	4,86	66.785	10.000	10.000	86.790	-
MEDIDA 4	Termopanel con vidrios comunes	3,30	103.881	10.000	11.369	125.253	24.095

	Casa aislada			Casa pareada			Casa fila	Departamento			
	1 piso madera	2 pisos madera	2 pisos albañilería	1 piso madera	2 pisos madera	2 pisos albañilería	1 piso madera	1	2	3	4
COSTE TOTAL (\$)	593.081	623.742	511.018	285.569	511.018	398.293	285.569	338.174	676.347	338.174	676.347
Ahorro (kWh/año)	474	591	489	201	507	395	314	522	907	335	671
PCI Hualle (kcal/kg)	2.190	2.190	2.190	2.190	2.190	2.190	2.190	2.190	2.190	2.190	2.190
PCI Hualle (kWh/kg)	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55
Ahorro Hualle (kg)	186	232	192	79	199	155	123	205	356	132	263
Precio Hualle (\$/kg)	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64
Ahorro Hualle (\$)	11.892	14.837	12.285	5.050	12.718	9.913	7.879	13.096	22.767	8.417	16.833
PRS (años)	50	42	42	57	40	40	36	26	30	40	40

Tabla 153. Cálculos. Medida 5

MEDIDA 5. CAMBIO DE VENTANAS SIMPLES POR TERMOPANEL CON VIDRIO LOW - E

	Vidrio	$U_{VENTANA} [W/K*m^2]$	Valor unitario (\$)	Coste de retiro (\$/m ²)	Mano de obra (\$/m ²)	TOTAL (\$/m ²)	Costes de mantenimiento 10 años (\$)
Situación actual	Vidrio simple + marco antiguo	4,86	66.785	10.000	10.000	86.790	-
MEDIDA 5	Termopanel con vidrio Low-E	1,80	154.815	10.000	10.683	175.498	38.610

	Casa aislada			Casa pareada			Casa fila	Departamento			
	1 piso madera	2 pisos madera	2 pisos albañilería	1 piso madera	2 pisos madera	2 pisos albañilería	1 piso madera	1	2	3	4
COSTE TOTAL (\$)	831.019	873.981	716.033	400.136	716.033	558.084	400.136	473.845	947.690	473.845	947.690
Ahorro (kWh/año)	876	1.014	836	395	853	660	507	785	1.373	565	1.129
PCI Hualle (kcal/kg)	2.190	2.190	2.190	2.190	2.190	2.190	2.190	2.190	2.190	2.190	2.190
PCI Hualle (kWh/kg)	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55
Ahorro Hualle (kg)	343	398	328	155	335	259	199	308	538	221	443
Precio Hualle (\$/kg)	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64
Ahorro Hualle (\$)	21.981	25.448	20.979	9.908	21.412	16.564	12.737	19.699	34.451	14.169	28.339
PRS (años)	38	34	34	40	33	34	31	24	28	33	33

Tabla 154. Cálculos. Medida 6

MEDIDA 6. INSTALACIÓN DE VENTANAS DE DOBLE MARCO

	Vidrio	U _{VENTANA} [W/K*m ²]	U _{CONTRAVENTANA} [W/K*m ²]	Valor unitario (\$)	Coste de retiro (\$/m ²)	Mano de obra (\$/m ²)	TOTAL (\$/m ²)	Costes de mantenimiento 10 años (\$)
Situación actual	Vidrio simple	4,86	-	66.785	-	-	66.790	-
MEDIDA 6	Instalación de una ventana de doble marco	2,43	2	66.785	-	10.000	76.790	16.894

	Casa aislada			Casa pareada			Casa fila	Departamento			
	1 piso madera	2 pisos madera	2 pisos albañilería	1 piso madera	2 pisos madera	2 pisos albañilería	1 piso madera	1	2	3	4
COSTE TOTAL (\$)	363.592	382.389	244.176	175.070	313.283	244.176	175.070	207.320	414.639	207.320	414.639
Ahorro (kWh/año)	707	836	814	314	708	547	426	689	1.180	468	937
PCI Hualle (kcal/kg)	2.190	2.190	2.190	2.190	2.190	2.190	2.190	2.190	2.190	2.190	2.190
PCI Hualle (kWh/kg)	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55
Ahorro Hualle (kg)	277	328	319	123	278	214	167	270	463	184	367
Precio Hualle (\$/kg)	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64
Ahorro Hualle (\$)	17.746	20.994	20.435	7.869	17.763	13.720	10.698	17.284	29.621	11.755	23.509
PRS (años)	20	18	12	22	18	18	16	12	14	18	18

Tabla 155. Cálculos. Medida 7

MEDIDA 7. INSTALACIÓN DE CORTINAS BLACKOUT

	Vidrio	U _{VENTANA} [W/K*m ²]	U _{CONTRAVENTANA} [W/K*m ²]	Valor unitario (\$/m ²)	Coste de retiro (\$/m ²)	Mano de obra (\$/m ²)	TOTAL (\$/m ²)	Costes de mantenimiento 10 años (\$)
Situación actual	Sin cortina		-	-	-	-	0	-
MEDIDA 7	Instalación de una cortina blackout			36.577	-	15.000	51.577	-

Ahorro estimado 8%

	Casa aislada			Casa pareada			Casa fila	Departamento			
	1 piso madera	2 pisos madera	2 pisos albañilería	1 piso madera	2 pisos madera	2 pisos albañilería	1 piso madera	nº1	nº2	nº3	nº4
m2 ventanas	4,74	4,98	4,08	2,28	4,08	3,18	2,28	2,70	5,40	2,70	5,40
COSTE TOTAL (\$)/m2	244.226	256.605	210.433	117.595	210.433	164.014	117.595	139.257	278.514	139.257	278.514
Gasto anual (kWh/año)	14.937	13.930	21.383	9.820	8.962	10.136	8.589	11.987	14.115	8.116	10.244
Ahorro (kWh/año)/m	1.195	1.114	1.711	786	717	811	687	959	1.129	649	819
PCI Hualle (kcal/kg)	2.190	2.190	2.190	2.190	2.190	2.190	2.190	2.190	2.190	2.190	2.190
PCI Hualle (kWh/kg)	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55
Ahorro Hualle (kg/año)	468,61	437,02	670,83	308,07	281,15	318,00	269,45	376,07	442,83	254,61	321,37
Precio Hualle (\$/kg)	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00
Ahorro Hualle (\$/año)	29.991	27.969	42.933	19.717	17.994	20.352	17.245	24.068	28.341	16.295	20.568
PRS (años)	8	9	5	6	12	8	7	6	10	9	14

Tabla 156. Cálculos. Medida 8

MEDIDA 8. AISLAMIENTO DE TUBERÍAS Y CONDUCTOS

	Aislante	Pérdidas [W/m]	Valor (\$/m)	Coste de retiro (\$/m)	Mano de obra (\$/m)	TOTAL (\$/m)	Costes de mantenimiento 10 años (\$)
Situación actual	Tuberías y conductos sin aislar	15,98	-	-	-	-	-
MEDIDA 8	Tuberías y conductos aislados	6,39	2.252	0	793	3.045	149

Se estiman los mismos metros de conducciones en los distintos tipos de vivienda. 10 metros. A partir del programa Aislam se han estimado las pérdidas derivadas de una tubería de 20 mm de diámetro, un espesor de 25 mm y una temperatura externa de 15°C e interna de 60°C. La instalación de este aislante conlleva una reducción de pérdidas por "calor" del 40%

COSTE TOTAL (\$)/m	3.045
Ahorro (kWh/año)/m	63
PCI Hualle (kcal/kg)	2.190
PCI Hualle (kWh/kg)	2,55
Ahorro Hualle (kg/año)	24,70
Precio Hualle (\$/kg)	64,00
Ahorro Hualle (\$/año)	1.581
PRS (años)	1,9

40%

Horas al año de uso de tuberías	ACS	12 meses	8760
	Calefacción	6 meses	4380
			6570

Tabla 157. Cálculos. Medida 9

MEDIDA 9. SELLADO DE INFILTRACIONES

	Aislante	Valor (\$/m)	Coste de retiro (\$/m)	Mano de obra (\$/m)	TOTAL (\$/m)	Costes de mantenimiento reemplazar cada 2 años (\$/m)
Situación actual	Casa con infiltraciones	-	-	-	-	-
MEDIDA 9	Sellado de infiltraciones	448	-	-	448	448

	Casa aislada			Casa pareada			Casa fila	Departamento			
	1 piso madera	2 pisos madera	2 pisos albañilería	1 piso madera	2 pisos madera	2 pisos albañilería	1 piso madera	nº1	nº2	nº3	nº4
m² de puertas y ventanas	6,41	8,33	7,43	3,96	5,73	4,86	3,96	4,38	7,08	4,38	7,08
COSTE TOTAL (\$/m)	2.874	3.735	3.331	1.775	2.569	2.179	1.775	1.964	3.174	1.964	3.174
Gasto anual (kWh/año)	14.937	13.930	21.383	9.820	8.962	10.136	8.589	11.987	14.115	8.116	10.244
Ahorro (kWh/año)	1.494	1.393	2.138	982	896	1.014	859	1.199	1.412	812	1.024
PCI Hualle (kcal/kg)	2.190	2.190	2.190	2.190	2.190	2.190	2.190	2.190	2.190	2.190	2.190
PCI Hualle (kWh/kg)	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55
Ahorro Hualle (kg/año)	586	546	839	385	351	398	337	470	554	318	402
Precio Hualle (\$/kg)	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00
Ahorro Hualle (\$/año)	37.488	34.961	53.666	24.646	22.492	25.440	21.556	30.086	35.427	20.369	25.710
PRS (años)	0,08	0,11	0,06	0,07	0,11	0,09	0,08	0,07	0,09	0,10	0,12

12.11 Costos y características de los nuevos materiales

Tabla 158. Costos y características de los materiales.

MEDIDA 1

Aislamiento adicional en techos de casas

Características del aislante LANA DE VIDRIO

Panel de lana de vidrio, Ursa Glasswool P4222 Panel VN En Rollo "URSA IBÉRICA AISLANTES", de 25 mm de espesor, recubierto con un velo de vidrio negro, suministrado en rollos, resistencia térmica 0,65 m²K/W, conductividad térmica 0,036 W/(mK), Euroclase A2 d0 s1 de reacción al fuego, con código de designación MW--T3-MU1.

Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	p.s.	Precio partida
mt16lrw010ak	m ²	Panel de lana de vidrio, Ursa Glasswool P4222 Panel VN En Rollo "URSA IBÉRICA AISLANTES", de 25 mm de espesor, recubierto con un velo de vidrio negro, suministrado en rollos, resistencia térmica 0,65 m ² K/W, conductividad térmica 0,036 W/(mK), Euroclase A2 d0 s1 de reacción al fuego, con código de designación MW--T3-MU1.	1,100	3.083	9.249
mt16aaa030	m	Cinta autoadhesiva para sellado de juntas.	0,450	21	10
	%	Medios auxiliares	2,000	9.259	185
	%	Costes indirectos	3,000	9.444	283
Total:					9.727

Coste del aislamiento	9.727	\$/m²
------------------------------	--------------	-------------------------

Mano de obra LANA DE VIDRIO

Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	p.s.	Precio partida
mo049	h	Maestro 1 ^a montador de aislamientos.	0,078	5.205	406
mo092	h	Ayudante montador de aislamientos.	0,078	3.534	276

Coste de mano de obra	682	\$/m²
------------------------------	------------	-------------------------

Coste del aislante	Coste de mano de obra
\$/m ²	\$/m ²
9.727	682

MEDIDA 1

Aislamiento adicional en techos de departamentos

Características del POLIESTIRENO EXPANDIDO

Panel rígido de poliestireno expandido, de superficie lisa y mecanizado lateral machihembrado, de 90 mm de espesor, resistencia térmica 2,22 m²K/W, conductividad térmica 0,036 W/(mK), Euroclase E de reacción al fuego, con código de designación EPS-EN 13163-L1-W1-T1-S1-P3-DS(N)2-BS100-CS(10)60.

Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	p.s.	Precio partida
mt16lrw010ak	m ²	Panel rígido de poliestireno expandido, de superficie lisa y mecanizado lateral machihembrado, de 90 mm de espesor, resistencia térmica 2,22 m ² K/W, conductividad térmica 0,036 W/(mK), Euroclase E de reacción al fuego, con código de designación EPS-EN 13163-L1-W1-T1-S1-P3-DS(N)2-BS100-CS(10)60	1,100	4.255	12.764
mt16aaa030	m	Cinta autoadhesiva para sellado de juntas.	0,450	21	10
	%	Medios auxiliares	2,000	12.773	255
	%	Costes indirectos	3,000	13.029	391
				Total:	13.419

Coste del aislamiento	13.419	\$/m2
------------------------------	---------------	--------------

Mano de obra

Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	p.s.	Precio partida
mo050	h	Maestro 1 ^a montador de aislamientos.	0,078	5.205	406
mo094	h	Ayudante montador de aislamientos.	0,078	3.534	276

Coste de mano de obra	682	\$/m2
------------------------------	------------	--------------

Coste del aislante	Coste de mano de obra
\$/m ²	\$/m ²
13.419	682

MEDIDA 2

Cambio de piso simple, por uno aislado

Características del SUELO

Rehabilitación energética de solera en contacto con el terreno, mediante el sistema "KNAUF INSULATION" de aislamiento térmico por la cara superior del piso existente, formado por panel rígido de poliestireno extruido Polyfoam C5 LJ 1250 "KNAUF INSULATION", de superficie lisa y mecanizado lateral a media madera, de 600x1250 mm y 100 mm de espesor, resistencia a compresión ≥ 500 kPa; barrera de vapor de film de polietileno de baja densidad (LDPE) de 0,2 mm de espesor; capa de nivelación de 40 mm de espesor, de mortero autonivelante de cemento, tipo CT C20 F6, vaciado con mezcladora-bombeadora; y piso de baldosas cerámicas de gres esmaltado, de 25x25 cm, 8 €/m², recibidas con adhesivo cementoso de uso exclusivo para interiores, Ci sin ninguna característica adicional, color gris, y rejuntadas con lechada de cemento blanco, L, BL-V 22,5, para junta mínima (entre 1,5 y 3 mm), coloreada con la misma tonalidad de las piezas.

Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	p.s.	Precio partida
mt16pki010bm	m ²	Panel rígido de poliestireno extruido Polyfoam C5 LJ 1250 "KNAUF INSULATION", de superficie lisa y mecanizado lateral a media madera, de 600x1250 mm y 100 mm de espesor, resistencia térmica 2,75 m ² K/W, conductividad térmica 0,036 W/(mK), 500 kPa de resistencia a compresión, factor de resistencia a la difusión del vapor de agua 150, calor específico 1400 J/kgK, Euroclase E de reacción al fuego; de	1,200	28.956	34.748
mt15var010c	m ²	Barrera de vapor de film de polietileno de baja densidad (LDPE), de 0,2 mm de espesor y 200 g/m ² de masa superficial.	1,100	416	458
mt09moe055b	m ³	Mortero autonivelante de cemento CT C20 F6, preparado en central, suministrado a pie de obra con camiones hormigonera.	0,040	47.799	1.912
mt09mcr021a	kg	Adhesivo cementoso de uso exclusivo para interiores, Ci, color gris.	3,000	117	351
mt18bde020gal800	m ²	Baldosa cerámica de gres esmaltado 25x25 cm, \$ 8,00/m ² .	1,050	4.946	5.194
mt09lec010b	m ³	Lechada de cemento blanco BL 22,5 X.	0,001	83.382	83
mq06pym010	h	Mezcladora-bombeadora para morteros y yesos proyectados, de 3 m ³ /h.	0,018	4.155	75
	%	Medios auxiliares	2,000	48.052	961
	%	Costes indirectos	3,000	49.013	1.470
Coste de mantenimiento decenal: \$ 1.009,67 en los primeros 10 años.				Total:	45.251

Coste del aislamiento	45.251	\$/m²
------------------------------	---------------	-------------------------

Mano de obra

Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	p.s.	Precio partida
mo018	h	Maestro 1ª construcción.	0,326	4195,23	1367,64
mo104	h	Jornal construcción.	0,326	2796,73	911,73
mo021	h	Maestro 1ª solador.	0,521	4195,23	2185,71
mo056	h	Ayudante solador.	0,260	2951,66	767,43

Coste de mano de obra	5.233	\$/m²
------------------------------	--------------	-------------------------

Osorno	Coste del aislante	Coste de mano de obra	265
	\$/m²	\$/m²	
	45.251	5.233	

MEDIDA 3

Aislamiento con poliestireno expandido en muros

Características del POLIESTIRENO

Aislamiento por el interior en fachada de doble hoja de albañilería vista formado por panel rígido de poliestireno expandido, de superficie lisa y mecanizado lateral machihembrado, **de 10 mm de espesor**, fijado con pelladas de adhesivo cementoso.

Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	p.s.	Precio partida
mt16aaa040	m ²	Repercusión de adhesivo cementoso para fijación, mediante pelladas, de paneles aislantes en paramentos verticales.	1,000	273,89	273,89
mt16pea010ba	m ²	Panel rígido de poliestireno expandido, de superficie lisa y mecanizado lateral machihembrado, de 10 mm de espesor, resistencia térmica 0,8 m ² K/W, conductividad térmica 0,036 W/(mK), Euroclase E de reacción al fuego, con código de designación EPS-EN 13163-L1-W1-T1-S1-P3-DS(N)2-BS100-CS(10)60.	1,050	1252,00	1314,60
	%	Medios auxiliares	2,000	2517,59	50,35
	%	Costes indirectos	3,000	2567,94	77,04
Coste de mantenimiento decenal: \$ 59,62 en los primeros 10 años.				Total:	1715,88

Coste del aislamiento	1.716	\$/m2
------------------------------	--------------	--------------

mo049	h	Maestro 1 ^a montador de aislamientos.	0,130	4195,23	545,38
mo092	h	Ayudante montador de aislamientos.	0,130	2951,66	383,72

Coste de mano de obra	929	\$/m2
------------------------------	------------	--------------

Coste del aislante 30mm	Coste de mano de obra
\$/m ²	\$/m ²
1.716	929

MEDIDA 4

Termopanel

Características del VIDRIO

Doble vidriado Aislaglas "UNIÓN VIDRIERA ARAGONESA", 4/6/4, con calzos y sellado continuo

Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	p.s.	Precio partida
mt21veu011aaaa	m ²	Doble vidriado Aislaglas "UNIÓN VIDRIERA ARAGONESA", conjunto formado por vidrio exterior Float incoloro de 4 mm, cámara de aire deshidratada con perfil separador de aluminio y doble sellado perimetral, de 6 mm, y vidrio interior Float incoloro de 4 mm de espesor.	1,0	12.824,2	12.901
mt21sik010	Ud	Cartucho de silicona sintética incolora Elastosil WS-305-N "SIKA" de 310 ml (rendimiento aproximado de 12 m por cartucho).	0,6	1.583,8	919
mt21vva021	Ud	Material auxiliar para la colocación de vidrios.	1,0	807,9	808
	%	Medios auxiliares	2,0	17.959,5	359
	%	Costes indirectos	3,0	18.318,6	550
Coste de mantenimiento decenal: \$ 3.810,98 en los primeros 10 años.				Total:	15.536

Características de la CARPINTERÍA

Carpintería exterior en madera de **Flandes para pintar** de 100x100 cm.

Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	p.s.	Precio partida
mt22aap010b	m	Jamba, pino país, 70x35 mm, con elementos de fijación.	4,000	1.135	4.538
mt22atc010mA	m	Pilastras de terminación macizo, pino, 70x15 mm, para barnizar.	8,000	780	6.241
mt23xpm010	Ud	Tornillo de ensamble zinc/pavón.	13,000	15	200
mt23xpm020	Ud	Imán de cierre reforzado.	4,000	200	800
mt23xpm030	Ud	Tirador ventana/balconera de latón.	2,000	1.177	2.355
mt23xpm040	Ud	Cremona por tabla para ventana y balconera. Varilla vista. Acabado en latón.	1,000	5.217	5.217
mt23xpm050	Ud	Pernio de latón plano 80x52 mm.	10,000	439	4.386
mt22xcc015h	m ²	Carpintería exterior sin guía de persiana, en madera de pino de Flandes para pintar.	1,020	58.790	59.966
	%	Medios auxiliares	2,000	91.739	1.835
	%	Costes indirectos	3,000	93.574	2.807
Coste de mantenimiento decenal: \$ 24.095,32 en los primeros 10 años.				Total:	88.344

Coste de la ventana	103.881	\$/m2
----------------------------	----------------	--------------

MANO DE OBRA

Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	p.s.	Precio partida
mo050	h	Maestro 1ª cristalero.	0,476	4.072	1.938
mo101	h	Ayudante cristalero.	0,476	2.928	1.394

Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	p.s.	Precio partida
mo015	h	Maestro 1ª carpintero.	1,110	4.265	4.734
mo053	h	Ayudante carpintero.	1,110	2.976	3.303

Coste de mano de obra	11.369	\$/m2
------------------------------	---------------	--------------

RECAMBIO DEL MATERIAL

Coste de recambio de material	10.000	\$/m2
--------------------------------------	---------------	--------------

MANTENIMIENTO DURANTE LOS 10 PRIMEROS AÑOS

Vidrio	3.810,98
Carpintería	24.095,32
TOTAL	24.095,32

Mantenimiento cada 10	TOTAL
24.095	125.249

Coste de la ventana \$/m ²	Coste de mano de obra \$/m ²	Coste de recambio del material \$/m ²
103.881	11.369	10.000

MEDIDA 5
Termopanel con vidrio Low-E

Características del VIDRIO

Doble vidriado LOW.S "UNIÓN VIDRIERA ARAGONESA", LOW.S 6/10/6 Templa.Lite Azur.Lite color azul, con calzos y sellado continuo.

Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	p.s.	Precio partida
mt21veu011xepc	m ²	Doble vidriado LOW.S "UNIÓN VIDRIERA ARAGONESA", conjunto formado por vidrio exterior de baja emisividad térmica LOW.S de 6 mm, cámara de aire deshidratada con perfil separador de aluminio y doble sellado perimetral, de 10 mm, y vidrio interior Templa.Lite Azur.Lite color azul de 6 mm de espesor.	1,006	61.049	61.416
mt21sik010	Ud	Cartucho de silicona sintética incolora Elastosil WS-305-N "SIKA" de 310 ml (rendimiento aproximado de 12 m por cartucho).	0,580	1.584	919
mt21vva021	Ud	Material auxiliar para la colocación de vidrios.	1,000	808	808
	%	Medios auxiliares	2,000	65.788	1.316
	%	Costes indirectos	3,000	67.104	2.013
Coste de mantenimiento decenal: \$ 14.514,56 en los primeros 10 años.				Total:	66.471

Características de la CARPINTERÍA

Carpintería exterior en madera de **Flandes para pintar** de 100x100 cm.

Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	p.s.	Precio partida
mt22aap010b	m	Jamba, pino país, 70x35 mm, con elementos de fijación.	4,000	1.135	4.538
mt22atc010mA	m	Pilastras de terminación macizo, pino, 70x15 mm, para barnizar.	8,000	780	6.241
mt23xpm010	Ud	Tornillo de ensamble zinc/pavón.	13,000	15	200
mt23xpm020	Ud	Imán de cierre reforzado.	4,000	200	800
mt23xpm030	Ud	Tirador ventana/balconera de latón.	2,000	1.177	2.355
mt23xpm040	Ud	Cremona por tabla para ventana y balconera. Varilla vista. Acabado en latón.	1,000	5.217	5.217
mt23xpm050	Ud	Pernio de latón plano 80x52 mm.	10,000	439	4.386
mt22xcc015h	m ²	Carpintería exterior sin guía de persiana, en madera de pino de Flandes para pintar.	1,020	58.790	59.966
	%	Medios auxiliares	2,000	91.739	1.835
	%	Costes indirectos	3,000	93.574	2.807
Coste de mantenimiento decenal: \$ 24.095,32 en los primeros 10 años.				Total:	88.344

Coste de la ventana	154.815	\$/m2
----------------------------	----------------	--------------

MANO DE OBRA

Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	p.s.	Precio partida
mo050	h	Maestro 1ª cristalero.	0,378	4.072	1.539
mo101	h	Ayudante cristalero.	0,378	2.928	1.107

Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	p.s.	Precio partida
mo015	h	Maestro 1ª carpintero.	1,110	4.265	4.734
mo053	h	Ayudante carpintero.	1,110	2.976	3.303

Coste de mano de obra	10.683	\$/m2
------------------------------	---------------	--------------

RECAMBIO DEL MATERIAL

Coste de mano de obra	10.000	\$/m2
------------------------------	---------------	--------------

MANTENIMIENTO DURANTE LOS 10 PRIMEROS AÑOS

Vidrio	14.514,56
Carpintería	24.095,32
TOTAL	38.609,88

Mantenimiento cada 10	TOTAL
38.610	175.498

Coste de la ventana \$/m ²	Coste de mano de obra \$/m ²	Coste de recambio del material \$/m ²
154.815	10.683	10.000

MEDIDA 6
Instalación de Doble Marco

Características del vidrio y carpintería

Colocación del mismo vidrio/marco que los existentes

					Precio partida
					66.785
					-
					-
					-
					-
				Total:	66.785

Coste de la ventana	66.785	\$/m2
----------------------------	---------------	--------------

MANO DE OBRA

Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	p.s.	Precio partida
mo050	h	Maestro 1ª cristalero.			7.000
mo101	h	Ayudante cristalero.			3.000

Coste de mano de obra	10.000	\$/m2
------------------------------	---------------	--------------

Coste de la ventana	Coste de mano de obra	Mantenimiento cada 10 años
\$/m	\$/m	\$/m
66.785	10.000	

MEDIDA 7
Instalación de cortinas blackout



Creara Consultores

09 de Septiembre del 2013
Carmencita 272, Las Condes (El Golf)

www.cortinas.cl
contacto@cortinas.cl
+56 2 29829520
+56 9 6.6488357

Presupuesto Cortinas Punto CL

Medidas 2,00 x 2,00

1 Cortina Roller Black out Mediterráneo, color por definir.
\$ 146.307.-

Valor instalación por 2 cortinas o menos \$ 15.000.-
Valor instalación desde 3 cortinas precio incluido.
(instalación sobre 3,00 de altura consultar valor de instalación)

Coste de la cortina \$/m	Coste de mano de obra \$/m	Mantenimiento cada 10 años \$/m
36.577	15.000	

MEDIDA 8
Aislamiento de los tubos y conductos de ACS

Características del aislante

Aislamiento térmico de tuberías en instalación interior de A.C.S., colocada superficialmente, para la distribución de fluidos calientes (de +60°C a +100°C), formado

Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	p.s.	Precio partida
mt17coe080aa	m	Coquilla cilíndrica moldeada de lana de vidrio, abierta longitudinalmente por la generatriz, de 21,0 mm de diámetro interior y 30,0 mm de espesor.	1,050	1.788	1.877
mt17coe120	kg	Emulsión asfáltica para protección de coquillas de lana de vidrio.	0,254	898	228
	%	Medios auxiliares	2,000	2.899	58
	%	Costes indirectos	3,000	2.957	89
Coste de mantenimiento decenal: \$ 149,31 en los primeros 10 años.				Total:	2.252

Coste del aislamiento	2.252	\$/m
------------------------------	--------------	-------------

MANO DE OBRA

Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	p.s.	Precio partida
mo049	h	Maestro 1ª montador de aislamientos.	0,111	4.195	465,67
mo092	h	Ayudante montador de aislamientos.	0,111	2.952	327,63

Coste de mano de obra	793	\$/m
------------------------------	------------	-------------

Coste del aislante	Coste de mano de obra	Mantenimiento cada 10 años
\$/m	\$/m	\$/m
2.252	793	149

MEDIDA 9
Sellado de filtraciones de aire en ventanas y puertas

Características del aislante

Tesa Perfil de espuma aislante Tesamoll 5428 de 9mm * 6m

Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	p.s.	Precio partida
	6 m	Burlete o cinta de espuma aislante, para desajustes de 1-5 mm en puertas y ventanas. protegiendo del frío. de corrientes de aire. del calor. del polvo. del ruido			2.690
Duración: 2 años.				Total:	2.690

Coste del aislamiento	2.690	\$/m
------------------------------	--------------	-------------

MANO DE OBRA

Coste de mano de obra	0	\$/m
------------------------------	----------	-------------

Coste del aislante	Coste de mano de obra	Mantenimiento: Reemplazar cada 2 años
\$/m	\$/m	\$/m
448	0	448

ANEXO 5

12.12 Cálculos de medidas para adaptar viviendas a cumplir la “Modificación” de la R.T.

Tabla 159. Cálculos. Medida 3 en casas y departamentos Albañilería.

Instalación de aislante en muros de Albañilería

	Aislante	$U_{\text{PARED}} [W/K^*m^2]$	Valor unitario (\$)	Coste de retiro (\$/m ²)	Mano de obra (\$/m ²)	TOTAL (\$/m ²)	Costes de mantenimiento 10 años (\$)
Situación actual	Sin aislante	1,86	-	-	-	-	-
Medida 2 (Albañilería)	Lana de vidrio 50mm	0,52	2.852	0	929	3.781	-

Nuevos Muros

Muros										
Elemento	e [m]	$\lambda [W/m^*K]$	R [K^*m ² /W]	% Área	R _{si}	R _{se}	R _{T MATERIAL} [K^*m ² /W]	R _T [K^*m ² /W]	U _{MURO} [W/K^*m ²]	
Ladrillo	0,14	0,46	0,30	100%	0,12	0,06	-	1,93	0,52	
Poliestireno	0,05	0,04	1,39	100%						
Estuco	0,02	1,40	0,01	100%						
Planchas de yeso-cartón	0,01	0,26	0,04	100%						

Tabla 160. Cálculos. Medida 3 en casas y departamentos Madera.

Instalación de aislante en muros de Madera

	Aislante	$U_{\text{PARED}} [W/K^*m^2]$	Valor unitario (\$)	Coste de retiro (\$/m ²)	Mano de obra (\$/m ²)	TOTAL (\$/m ²)	Costes de mantenimiento 10 años (\$)
Situación actual	Sin aislante	1,86	-	-	-	-	-
Medida 2	Lana de Vidrio 20 mm	0,58	1.750	0,00	929	2.679	-

Nuevos Muros

Muros										
Elemento	e [m]	$\lambda [W/m^*K]$	R [K^*m ² /W]	% Área	R _{si}	R _{se}	R _{T MATERIAL} [K^*m ² /W]	R _T [K^*m ² /W]	U _{MURO} [W/K^*m ²]	
Madera / tabiquería	0,10	0,10	0,96	100%	0,12	0,06	-	1,74	0,58	
Poliestireno	0,02	0,04	0,56	100%						
Planchas de yeso-cartón	0,01	0,26	0,04	100%						

