

Comité Operativo

Revisión del D.S. N°39/2011, del MMA Norma Emisión Artefactos

SESIÓN N°2
02 de abril, 2024



Tabla de sesión

Objetivo: Presentar informe de antecedentes.

- Contexto de revisión normativa – Coordinador.
- Presentación de informe – Equipo consultor In-Data.



Reglamento para la dictación de normas de calidad ambiental y de emisión (D.S. N°38/2012, MMA)



Conformación COA

- El 22 de febrero se envió carta N°240789, invitación para conformar COA.
- Plazo de recepción de respuestas hasta el 7 marzo, el cual se aplazó hasta el 20 de marzo.
- Se está elaborando la resolución.

Tabla 1: Instituciones invitadas a conformar COA, se destacan las que respondieron favorablemente.

Institución
Bosca
Amesti
Alcázar
Toyotomi
Cosmoplast
Yunque
CESMEC
RyS certificación
Asociación Chilena de Biomasa (ACHBiom)
Corporación Chilena de la Madera (CORMA)
Asociación de Fabricantes de Estufas y Cocinas (AFECMETAL)
Asociación de Industrias Metalúrgicas y Metalmecánicas (ASIMET)
Asociación Nacional de Consumidores y Usuarios de Chile
ONG FIMA
ONG TERRAM
Asociación de Municipalidades Urbanas
Asociación de Municipalidades Rurales
Universidad Católica de la Santísima Concepción
Universidad de Concepción
Centro de Investigación de Ecosistemas de la Patagonia
Universidad de la Frontera
Universidad Católica de Temuco
In-Data

Próximos pasos

- 3ra reunión Comité Operativo, última semana de abril → - Discutir y definir valores de emisión.
- Presentaciones por confirmar.
- Resolución que conforma Comité Operativo Ampliado.
- 1ra reunión Comité Operativo Ampliado.
- Borrador de AP en abril.
- 19 julio 2024 plazo para Anteproyecto.



Expediente electrónico

https://planesynormas.mma.gob.cl/normas/expediente/index.php?tipo=busqueda&id_expediente=942052



Ministerio del Medio Ambiente
Gobierno de Chile

EXPEDIENTES ELECTRÓNICOS

Planes y Normas

[Normas de Calidad](#)
[Normas de Emisión](#)
[Planes](#)
[Búsqueda](#)

[Normas de Emisión](#) > *Revisión de la norma de emisión de material particulado, para los artefactos que combustionen o puedan combustionar leña y pellet de madera. D.S. N°39 de 2011* > Expediente

Según el reglamento de las normas y planes es necesario cumplir con mantener un expediente en el cual se incluya toda la información generada en el proceso de elaboración o revisión de normas..

Ficha | **Expediente**

Nombre Revisión de la norma de emisión de material particulado, para los artefactos que combustionen o puedan combustionar leña y pellet de madera. D.S. N°39 de 2011
Estado En elaboración

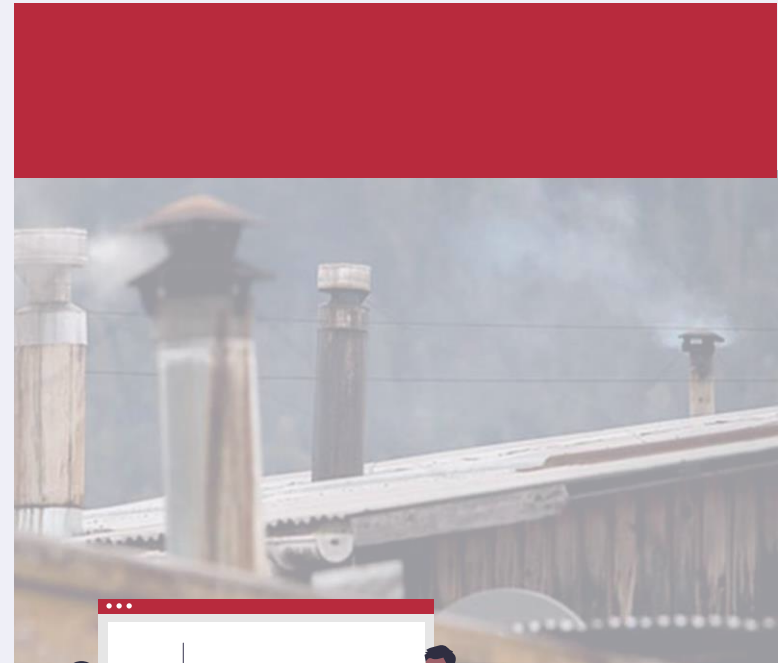
Documentos Publicados

N°	N° Folio	Documento	Materia	Remitido por	Fecha de Publicación
1	1-8	Programa de regulación ambiental 2022-2023 	Resolución N° 1206	Ministerio del Medio Ambiente	30-09-2022





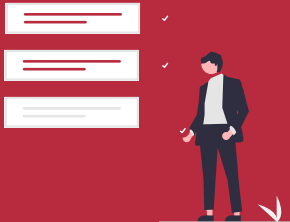
Estudio de antecedentes para la revisión de la Norma de Emisión de Material Particulado para los artefactos que combustionen o puedan combustionar Leña y Pellet de Madera”



UNIVERSIDAD
DE SANTIAGO
DE CHILE

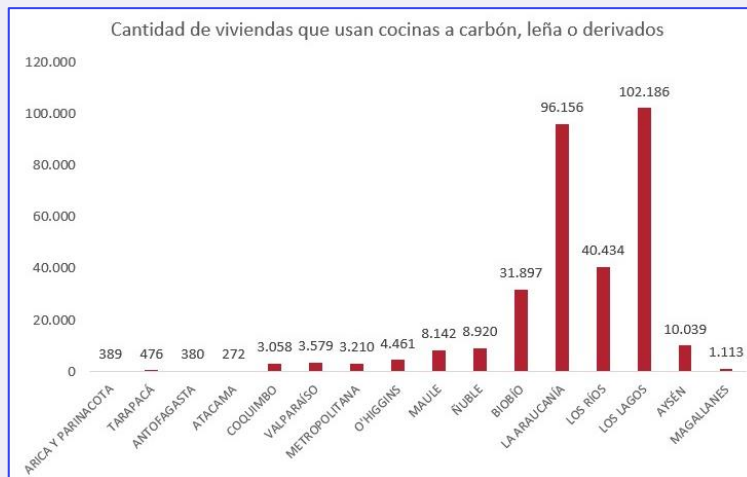


Objetivos

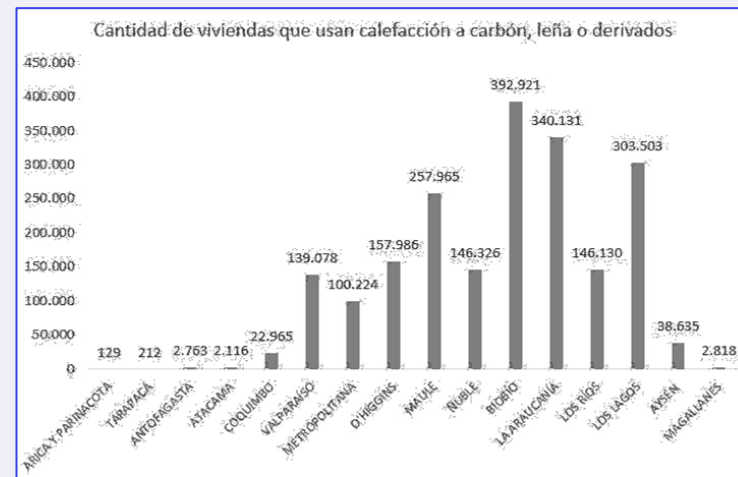
Objetivo general	Proveer antecedentes mediante una evaluación técnica, económica, social y científica al proceso de revisión del Decreto Supremo N°39 de 201, considerando los beneficios y desafíos asociados a diferentes escenarios regulatorios.
Objetivos específicos	Analizar y comparar la normativa nacional con diferentes normativas y recomendaciones internacionales.
	Identificar y caracterizar el mercado nacional de los artefactos que combusionen o puedan combusionar leña y derivados de leña y pellet de madera.
	Identificar las mejoras de diseño y las nuevas tecnologías de abatimiento.
	Evaluar las emisiones de los artefactos normados s y sus efectos en la salud.
	Proponer y justificar nuevos escenarios normativos.
	Evaluar costos y beneficios asociados a la aplicación de las propuestas normativas.

Caracterización de los equipos de leña y pellet en el mercado nacional

Para caracterizar el mercado de los calefactores a combustión de leña/pellet es importante dar cuenta de la cantidad de viviendas que utilizan estos combustibles, para esto se utilizó como primera fuente de información los resultados de la encuesta CASEN 2022, que es la información más actualizada a la fecha.



300.000 viviendas en Chile que utilizan la leña o sus derivados para la cocción de alimentos, correspondientes a **793.362 habitantes** del país.



Para calefacción a leña y sus derivados, esta se encuentra presente en poco más de **2.000.000 de viviendas**

Caracterización de los equipos de leña y pellet en el mercado nacional



Región	N° de viviendas	% del total	N° de viviendas	% del total	Total de viviendas
	Calefacción		Cocina		
ARICA Y PARINACOTA	129	0,10%	389	0,40%	87.572
TARAPACÁ	212	0,10%	476	0,30%	143.124
ANTOFAGASTA	2.763	1,20%	380	0,20%	230.804
ATACAMA	2.116	1,60%	272	0,20%	135.007
COQUIMBO	22.965	6,50%	3.058	0,90%	354.035
VALPARAÍSO	139.078	15,90%	3.579	0,40%	873.489
METROPOLITANA	100.224	3,60%	3.210	0,10%	2.798.094
O'HIGGINS	157.986	40,10%	4.461	1,10%	394.273
MAULE	257.965	56,40%	8.142	1,80%	457.514
ÑUBLE	146.326	69,60%	8.920	4,20%	210.274
BIOBÍO	392.921	63,40%	31.897	5,10%	619.487
LA ARAUCANÍA	340.131	83,10%	96.156	23,50%	409.413
LOS RÍOS	146.130	88,80%	40.434	24,60%	164.526
LOS LAGOS	303.503	83,30%	102.186	28,00%	364.545
AYSÉN	38.635	82,30%	10.039	21,40%	46.953
MAGALLANES	2.818	3,90%	1.113	1,60%	71.818

Tabla 26. Detalle de la cantidad de viviendas que utilizan leña o sus derivados para cocinar y calefaccionar y el porcentaje que representan respecto al total de viviendas de la región.

Caracterización de los equipos de leña y pellet en el mercado nacional

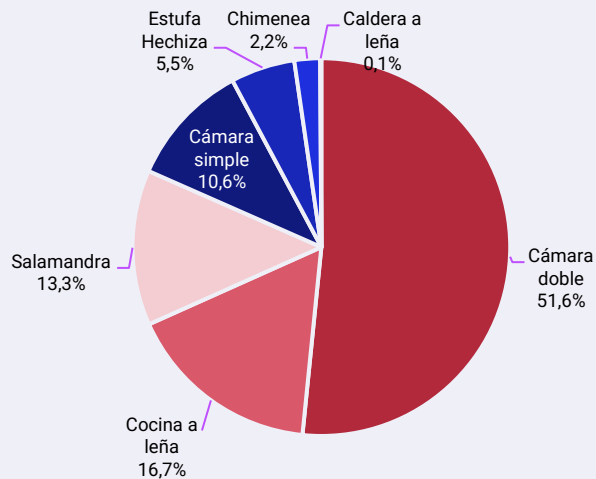


Figura 10, Distribución de uso de artefactos a leña a nivel nacional en el sector residencial. Fuente: CDT, 2015.

El año 2017 SISTAM con los datos del estudio de CDT 2015, SICAM 2016 y datos actualizados del programa de recambio calefactores, se dio con la siguiente distribución de tipo de calefactor:

000187 vta



	Región de O'Higgins	Región del Maule	Región del Ñuble	Región del Biobío	Región de la Araucanía	Región de los Ríos	Región de los Lagos
Calefactor con templador	39,26%	56,26%	51,16%	51,24%	56,77%	44,20%	49,17%
Cocina a leña	11,61%	11,90%	14,68%	14,69%	17,95%	35,84%	28,55%
Salamandra	21,46%	12,49%	16,55%	16,58%	10,57%	4,25%	2,95%
Calefactor Cámara simple	9,87%	8,45%	8,16%	8,18%	5,47%	9,94%	16,82%
Equipo Hechizo	14,00%	6,67%	5,95%	6,14%	5,08%	2,90%	0,63%
Chimenea	3,23%	3,09%	2,90%	2,90%	1,69%	1,20%	0,50%
Caldera a Leña	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,80%	0,40%
Calefactor certificado	0,00%	0,00%	0,24%	0,18%	1,37%	0,68%	0,74%
Calefactor a pellet	0,45%	1,15%	0,36%	0,09%	1,10%	0,19%	0,25%
Total %	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Total	165.494	234.734	192.859	266.690	293.462	133.359	254.979

Tabla 28, Uso de artefacto a leña por región en el sector residencial. Fuente: SISTAM, 2017.

Artefactos de leña y pellet comercializados en el mercado nacional

- Estufas incluyen sistemas de aislamiento: recubrimientos de vermiculita y ladrillos refractarios.
- Puertas con vidrios termo cerámicos y control de entrada de aire para optimizar la combustión.
- Incorporan templadores y diseño de doble cámara para precalentar el aire.
- Mejoran la calidad de la combustión y reducen las emisiones

Las principales empresas que comercializan equipos certificados a leña son Amesti, Bosca, Nouva.

Las estufas de una misma marca suelen compartir materialidad y tecnologías de control de emisiones, diferenciándose únicamente en precio y potencia entre modelos.

Estufa	Tecnología aplicadas	Precio	Material
Estufas a LEÑA BOSCA	<ul style="list-style-type: none"> ● Sistema de doble combustión a través de un Templador ● Cristal cerámico ● Recubrimiento interior con 3 placas de vermiculita para reflejar el calor Controlador de entrada de aire, consumiendo menos leña y generando más calor	Entre \$369.990 y \$599.990	<ul style="list-style-type: none"> ● Acero
Estufas a LEÑA AMESTI	<ul style="list-style-type: none"> ● Revestimiento Mineral Bioecocalórico - Lateral y Posterior /Ladrillos refractarios ● Templador mineral Bioecocalórico / desmontable ● Vidrios autolimpiantes, termo cerámicos ● Inyector de Aire: Acelera el encendido reduciendo las emisiones contaminantes. ● Doble combustión a una temperatura superior de 600°C. No hay posibilidad de ajustar el tiraje para "ahogar" la llama.	Entre \$349.900 y \$599.900	<ul style="list-style-type: none"> ● Acero ● Recubierta vermiculita

Tabla 30, Resumen características de los principales equipos a leña certificados comercializados en Chile.

Artefactos de leña y pellet comercializados en el mercado nacional

- Aproximadamente 57 marcas de equipos a pellet certificados en el mercado, según SEC y estudio de ATS 2021.
- Equipos a pellet son generalmente más costosos que los de leña, con amplia oferta de marcas y modelos.
- Requieren inyección de aire para funcionar, permitiendo ajuste de potencia y control de emisiones.
- Algunos modelos ajustan automáticamente la potencia según la temperatura ambiental, reduciendo la necesidad de intervención manual.
- Mejoras en aislación y tratamiento de gases presentes, como catalizadores y filtros.
- Mayoritariamente importados, estos equipos cumplen con estándares internacionales de Europa y Estados Unidos.



Pellet. Resumen características de los equipos a pellet certificados comercializados en Chile

Estufa	Tecnología aplicadas	Precio	Material
Estufas a PELLET ALCAZAR	<ul style="list-style-type: none"> ● Evacuación de gases trasera ● Vidrio termo cerámico Termostato Ambiental	\$1.028.900 - \$1.454.900	No informado
Estufas a PELLET AMESTI	<ul style="list-style-type: none"> ● Termostato incorporado, se activa a los 70 °C. ● Salida de humos posterior y/o superior ● Sonda de humos ● Deflector ● Revestimiento lateral y posterior Difusor	\$799.900 - \$2.499.900	No informado
Estufas a PELLET ARTEL	<ul style="list-style-type: none"> ● Termostato incluido ● 2 ventiladores silenciosos de convección de aire caliente ● Vidrio cerámico con sistemas de autolimpieza Cámara de combustión y brasero de Fierro fundido refractario	\$960.000 - \$1.990.000	No informado
Estufas a PELLET BOSCA	<ul style="list-style-type: none"> ● Paneles vitrocerámica, que evita la dilatación térmica y resistentes al calor Doble combustión	\$779.990 - \$1.199.990	Acero
Estufas a PELLET RAVELLI	<ul style="list-style-type: none"> ● Sistema RDS integrado ● Parte superior de mayólica ● Cámara de combustión de FIREX 600 ● Puerta con cristal vitrocerámico ● Calefacción con ventilador tangencial o frontal Crono termostato de serie	Entre 4.464 USD + IVA y 5.895 USD + IVA	Acero
Estufas a PELLET TOYOTOMI	<ul style="list-style-type: none"> ● Timer de encendido y apagado semanal ● Función Eco ● Función Sleep ● Puerta interior sellada con fibra de vidrio ● Sistema de combustión de Tiro Forzado ● Termostato digital, Sensor sobrecalentamiento Ventilador integrado	\$899.990 - \$1.199.990	No informado
Estufas a PELLET KHONE	<ul style="list-style-type: none"> ● Resistencia cerámica ● Resistencia térmica ● Motor de ventilación frontal Modo Eco: Se activa al alcanzar la temperatura deseada apagado automático	\$989.990 - \$5.970.000	Cámara de combustión de acero/ fierro fundido

Vida útil de los calefactores

La vida útil estimada de calefactores a leña y pellet, según fabricantes, supera los 10 años, pudiendo extenderse hasta 25 con mantenimiento adecuado. Sin embargo, estos valores son referenciales y pueden variar en la práctica.

Cantidad de equipos certificados

En los últimos 5 años, se han certificado en promedio el equivalente 100.000 equipos anuales, con 55% a 70% siendo calefactores a leña y el resto a pellet. La cifra de 2023 es menor por datos incompletos hasta agosto. La tendencia indica un mercado estable sin aumentos significativos en certificaciones.

Evolución calefactores a leña

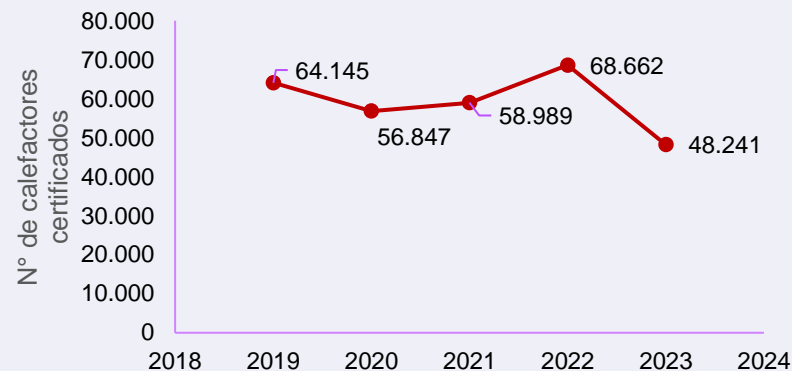


Figura 12, Evolución de la cantidad de calefactores a leña certificados, para los últimos cinco años

Evolución (Pellet)

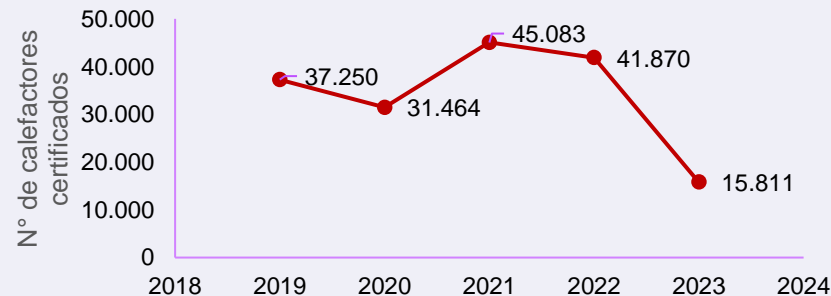


Figura 13, Evolución de la cantidad de calefactores a pellet certificados, para los últimos cinco años

Mercado nacional de los calefactores

En el mercado nacional de calefactores a leña, tres empresas compiten, con dos dominando el 99% del mercado. Por otro lado, hay más empresas involucradas en la venta de calefactores a pellet, debido a que estos son importados, ya sea ensamblados o en partes para ensamblar en Chile, a diferencia de los calefactores a leña, que son de fabricación nacional.

Distribución del mercado de calefactores a leña

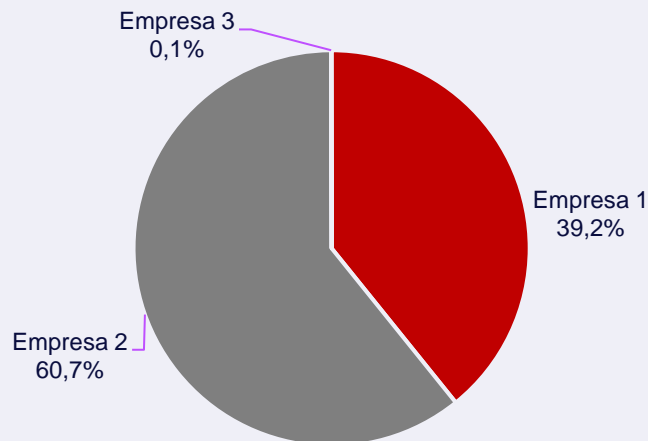


Figura 14, Distribución de la cantidad de calefactores a leña certificados por empresa

Distribución del mercado de calefactores a pellet

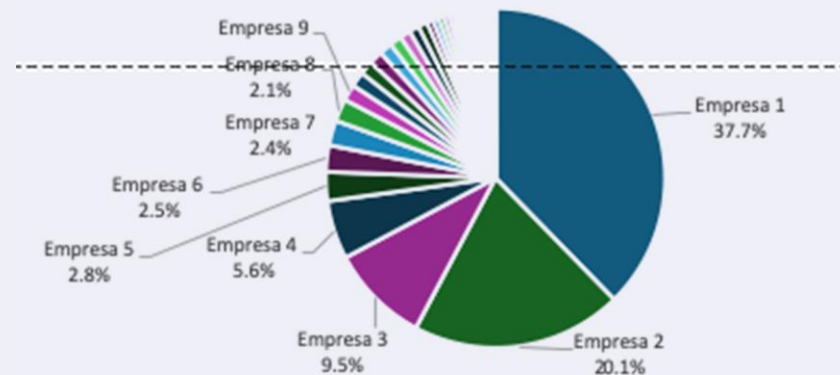


Figura 15, Distribución de la cantidad de calefactores a pellet certificados por empresa.

Mercado nacional de los calefactores

Artefactos normados

En el país, la mayoría de los dispositivos que utilizan leña o pellets para calefacción necesitan certificación de la SEC en seguridad, eficiencia y emisiones para ser comercializados.

Sin embargo, artefactos como cocinas a leña y aquellos de más de 25 kW están exentos de estas normas, y algunos se venden informalmente sin certificación, como las denominadas estufas hechizas y salamandras.

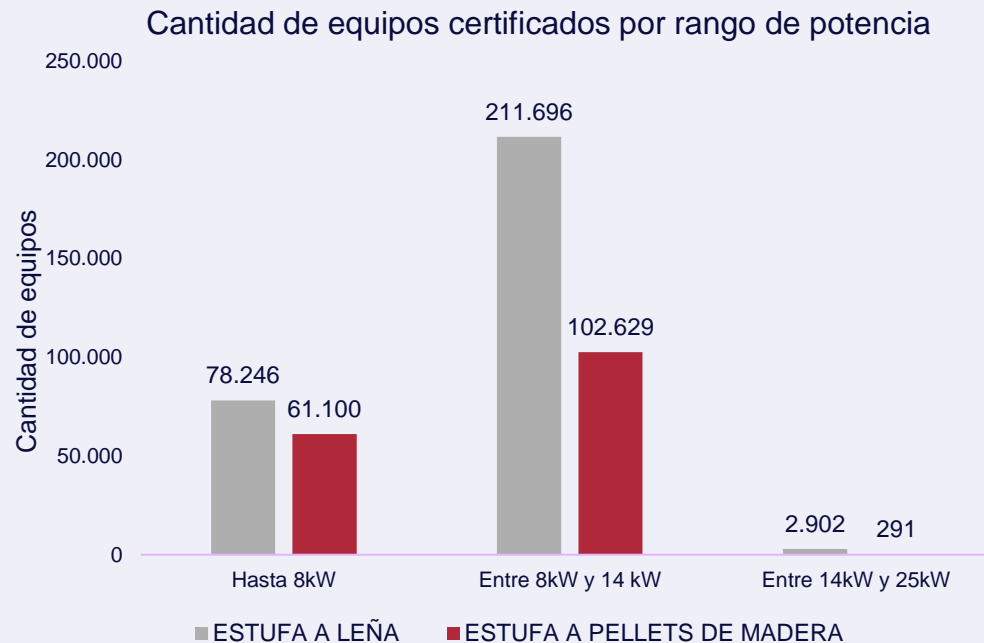


Figura 17, Cantidad de equipos a leña y pellet certificado en los últimos cinco años, por rango de potencia

Normativa internacional

La comparación entre las normas internacionales para la regulación de emisiones y eficiencia de calefactores revela diferencias significativas en cuanto a métodos de medición, contaminantes regulados y requisitos de eficiencia:

EPA (Estados Unidos) vs. Europa:

- **Método de Medición:** La EPA mide solo el material particulado (MP) emitido en g/h, sin considerar otros contaminantes ni eficiencia. Las normas europeas, por otro lado, abarcan tanto la eficiencia energética como las emisiones de NO_x, CO, y COV, además del MP.
- **Potencia de Equipos:** La EPA no distingue por potencia de equipos, a diferencia de Chile y Europa, donde los límites de emisión y eficiencia varían según la potencia térmica, tipo de equipo y combustible, siendo más estrictos con los de mayor potencia.

Normativa internacional

- **Requisitos de Emisión en Europa:** Europa impone límites de emisión más bajos para equipos a pellet que para los de leña, debido a menores emisiones de CO y COV, y aplica regulaciones específicas para cocinas a combustibles sólidos.
- **Métodos de Cálculo de Emisiones en la UE:** Se disponen tres métodos para calcular las emisiones de MP, dando flexibilidad a los laboratorios y generando variabilidad en la interpretación de las emisiones según se base en el volumen de humo o el peso del combustible, lo que afecta la evaluación de la calidad de combustión y eficiencia del equipo.

Sello Ecológico Blaue Engel (Alemania):

- **Exigencia Superior:** Los criterios para el sello exigen tecnologías avanzadas para bajar emisiones, superando las normas EU, y simbolizan un alto compromiso ambiental, siendo codiciados por fabricantes que buscan resaltar la sostenibilidad de sus productos.
- En resumen, la EPA se concentra en emisiones de MP sin considerar potencia u otros gases, mientras Europa incluye múltiples contaminantes y eficiencia, ajustando las normas por equipo y combustible. Sellos como Blaue Engel elevan aún más el estándar ambiental y de eficiencia.

Ventajas y desventajas de las distintas normas

Norma o etiqueta voluntaria	Ventajas	Desventajas
Norma Unión Europea	<ul style="list-style-type: none"> • Establece estándares obligatorios a los países adscritos • Da límites a otros contaminantes (CO, COV y NO_x) y eficiencia energética • 	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere que los laboratorios utilicen analizadores de gases. • Permite métodos de prueba alterno que no describen las mismas situaciones de contaminación.
Norma EPA	<ul style="list-style-type: none"> • No hace diferencia entre las potencias de los equipos. • Establece límites estrictos de emisiones. • Da la opción de medir utilizando leña de laboratorio o leña convencional. 	<ul style="list-style-type: none"> • No regula la eficiencia energética de los equipos. • No establece límites para los gases de la combustión.
Norma de Austria Art. 15a B-VG	<ul style="list-style-type: none"> • Establece un mayor requerimiento de eficiencia energética que lo indicado por la EU 	
Norma Alemana	<ul style="list-style-type: none"> • Establece un mayor requerimiento de eficiencia energética que lo indicado por la EU. • 	<ul style="list-style-type: none"> • Solo establece límites para el MP y CO.
Norma de Australia y Nueva Zelanda AS/NZS 4012:2014	<ul style="list-style-type: none"> • Establece estándares de eficiencia energética y emisión de MP • Las emisiones de MP son más estrictas que lo requerido para los países de Europa. • El indicador de emisiones está normalizado por la cantidad de combustible. 	<ul style="list-style-type: none"> • No establece límites para los gases de la combustión.
Etiqueta ecológica de Austria Umweltzeichen 37	<ul style="list-style-type: none"> • Establece requerimientos más estrictos para las emisiones y eficiencia energética de lo indicado en la norma de Austria. • Permite contar con un sello ecológico para los equipos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Es de carácter voluntario.
Etiqueta ecológica DIN+	<ul style="list-style-type: none"> • Es similar a la norma de Alemania, con mayor exigencia para equipos a pellet. • Requiere la medición de 	<ul style="list-style-type: none"> • Es de carácter voluntario.
la etiqueta ecológica Blaue Engel	<ul style="list-style-type: none"> • Establece los límites más estrictos de para los equipos a leña. 	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere que los fabricantes utilicen tecnologías de altos estándares de reducción de emisiones. • Es de carácter voluntario.
Norma Chilena D.S. N°39 MMA	<ul style="list-style-type: none"> • Es una norma con altos estándares de exigencia. • Establece requerimientos para la eficiencia energética y emisiones de MP. 	<ul style="list-style-type: none"> • No contempla equipos de potencias térmicas superiores a 25 kW. • Deja fuera a las cocinas a leña. • No establece límites para los gases de la combustión.

Diferencias en los límites de las normas

Utilizando los factores de conversión, se determinaron valores para estufas a leña pequeñas (menores a 25 kW y con frontal cerrado con las normas de distintos países en unidades estandarizadas de (g/h).

País	Tipo de equipo	Combustible	Emisiones (norma)	Emisiones (g/h)
Estados Unidos y Canadá	Todas las estufas	Cordwood	2,5 (g/h)	2,5
		Cribwood	2 (g/h)	2,0
Unión Europea	Calefactor cerrado	Leña	40 (mg/m3)	7,8
Austria	Calefactor manual	Leña	90 (mg/m3)	17,4
Noruega	Calefactor	Leña	5 (g/kg)	7,8
Australia y Nueva Zelanda	Calefactor	Leña/pellet	1,5 (g/kg)	2,3
Chile	Calefactor	Leña/pellet	2,5 (g/h)	2,5

Tabla 18. Normas de emisiones para estufas pequeñas de carga frontal y homologación entre normas.

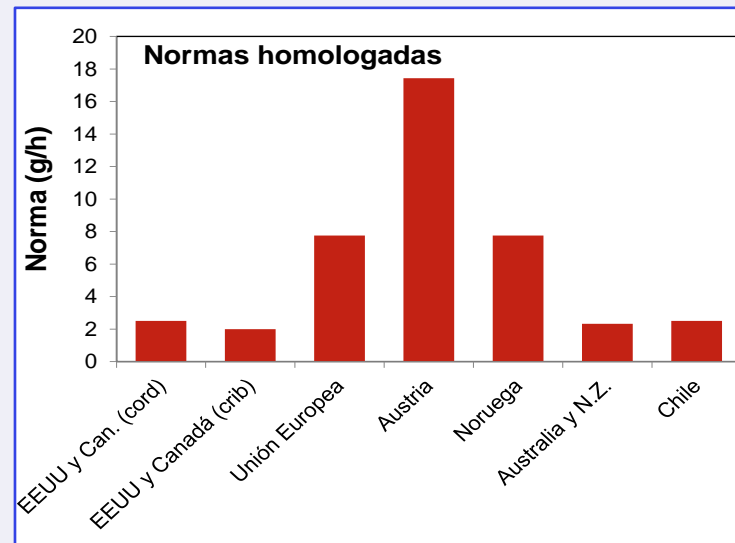
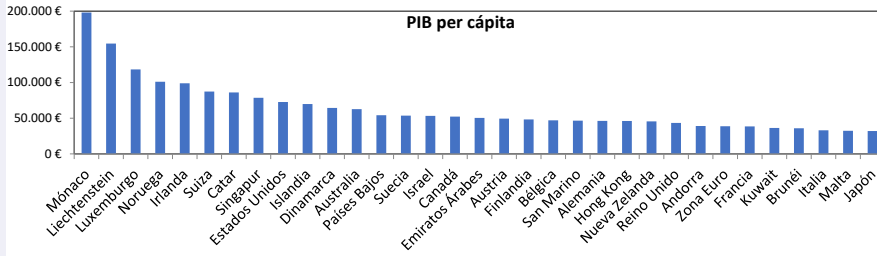


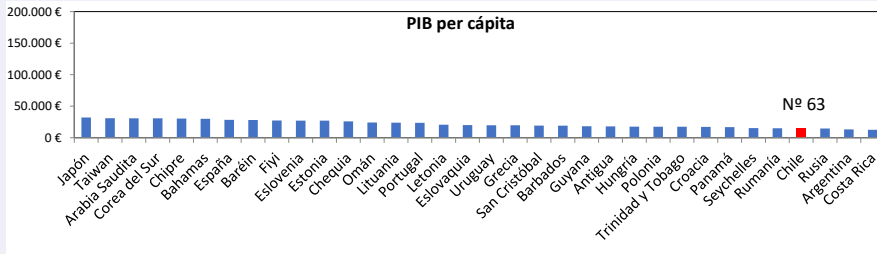
Figura 3. Normas de emisión de estufas pequeñas homologadas a (g/h).

Comparación entre países

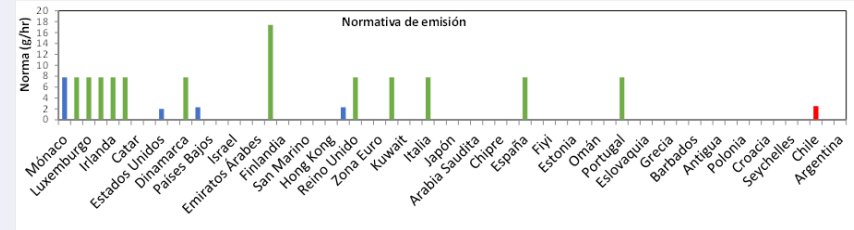
La capacidad de las personas para utilizar estufas a leña con bajos niveles de emisión, depende de la capacidad económica que tienen para adquirir y utilizar la estufa.



En el caso de Chile, una familia tiene 5 veces menos capacidad que una familia en Estados Unidos para comprar una estufa nueva



Por ello, los países que tienen norma de emisiones de estufas son solo los países con alto PIB per cápita.



Métodos de medición

Métodos de ensayo

- El método de la EPA usa un túnel de dilución para capturar MP y COV de los humos de combustión, mientras que el de la EN 16510 emplea un filtro caliente y analizadores para medir MP, CO, COV y NOx.
- La dilución en el método EPA puede resultar en mediciones más altas debido a la captura de COV.
- La EN 16510 permite mediciones directas de MP y gases, incluyendo COV, sin afectar por la dilución.
- El método EPA facilita el cálculo de emisiones en mg/m^3 y permite ajustes por masa de combustible y energía suministrada, teniendo en cuenta los COV disueltos.
- En la EN 16510, se consideran la masa del combustible, su poder calorífico y el tiempo de ensayo para calcular las emisiones sin inconvenientes de normalización.

Ventajas y desventajas del método de ensayo

Método de ensayo	Ventajas	Desventajas
Túnel de dilución (EPA y Chile)	<ul style="list-style-type: none"> Permite la medición de MP en condiciones cercanas a las emisiones reales al ambiente. En la Figura se muestra una gráfica que da cuenta del método de túnel de dilución es que representa de mejor forma la evolución de los humos de combustión para la determinación del MP. 	<ul style="list-style-type: none"> No incluye la medición de los gases de la combustión. Es un método que requiere mayor cuidado a la hora de realizar las mediciones.
Filtro caliente y analizador de gases (Países de Europa)	<ul style="list-style-type: none"> Incluye la medición de los gases de la combustión. El sistema de filtros utilizado permite una medición más simple. 	<ul style="list-style-type: none"> Los equipos para realizar las mediciones de gases costoso. Las mediciones de MP no reflejan el total de las emisiones de COV que no condensan a altas temperaturas.

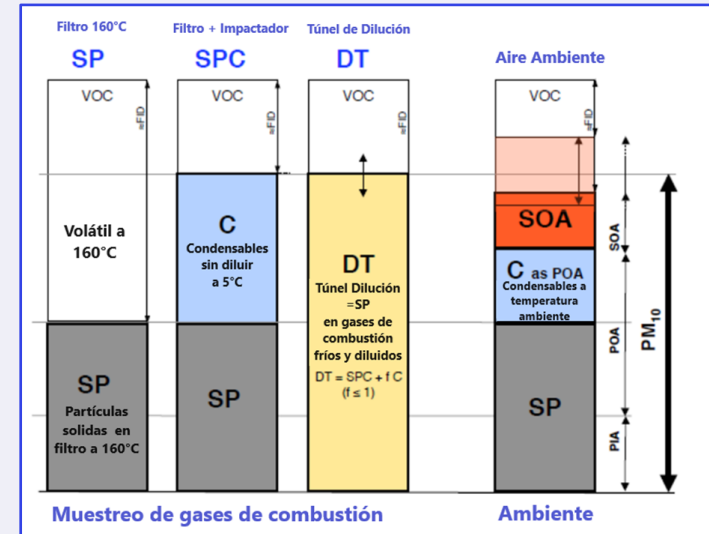


Figura 5, Comparison of Sampling and Ambient Conditions (Nussbaumer, 2008).

Métodos de medición

Los métodos de medición de emisiones para equipos de calefacción varían en su enfoque y precisión, con diferencias clave en cómo capturan y cuantifican las emisiones de material particulado (MP) y compuestos orgánicos volátiles (COV):

Túnel de Dilución vs. Filtros Calientes:

- Túnel de Dilución: Captura partículas sólidas y COV diluidos, reflejando más fielmente la contaminación real emitida a la atmósfera, incluyendo la contaminación secundaria de MP formada por COV condensados.
- Filtros Calientes: Se enfocan en medir los MP no condensables, subestimando los MP reales al no considerar COV condensables, aunque la adición de analizadores de gases permite cuantificar emisiones de COV, CO, y NOx.

Aplicación de los Métodos:

- Filtros Gravimétricos: Ofrecen simplicidad y precisión para medir MP acumulado, pero el proceso es tedioso, con preparación y pesaje de filtros, y limpieza entre testeos, lo que puede ralentizar los ensayos.
- Medición por Concentración (EU): Requiere mantener caudales constantes y usa analizadores de gases para COV, CO, y NOx, permitiendo una evaluación más completa de las emisiones.

Carga de Combustible y Número de Ensayos:

- Australia y Nueva Zelanda: Requieren 9 ensayos para calefactores a leña y 6 para calefactores a pellet por equipo.
- EPA (EE.UU.): Un testeo por velocidad de combustión para calefactores a pellet, similar para calefactores a leña.
- Chile: Cuatro ensayos en total por modelo de calefactor a leña, y una prueba por velocidad para calefactores a pellet.

Cada método de medición de emisiones tiene pros y contras, afectando cómo se ve la efectividad de los equipos en reducir la contaminación. Los túneles de dilución capturan una imagen más fiel de la contaminación real, mientras que filtros calientes y métodos por concentración ofrecen un análisis más detallado de emisiones específicas.

La selección del método influye en los datos reportados de emisiones y en cómo los fabricantes abordan la reducción de contaminantes.

Avances tecnológicos

Tecnologías de abatimiento

Entre las distintas técnicas evaluadas para reducir emisiones, se incluyen los filtros o precipitadores electrostáticos (PES) y los filtros catalíticos

Filtros electrostáticos (PES)

- Los filtros electrostáticos capturan partículas mediante ionización y atracción electrostática.
- Reducen la contaminación de humos y desechos gaseosos de industrias que usan combustibles fósiles.
- Utilizan fuerza eléctrica para cargar partículas, dirigiéndolas hacia iones gaseosos provenientes de electrodos de alto voltaje.
- Las partículas recolectadas en las placas son eliminadas de la corriente de gas y deslizadas hacia una tolva para su evacuación.
- La limpieza de las placas se realiza mediante lavados de agua intermitentes o continuos.

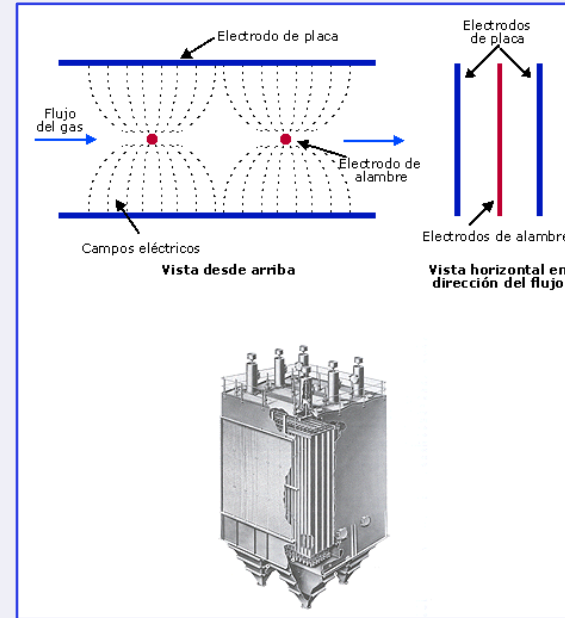


Figura 37, vista desde arriba, sistema simplificado del funcionamiento del Precipitador electrostático y abajo un diseño de Precipitador electrostático

Filtros catalíticos

- Filtros catalíticos reducen emisiones contaminantes usando un catalizador.
- Combustionan partículas no quemadas, incluyendo hollín de leña.
- Diseñados para encajar en estufas existentes, con estructuras de panel cerámico o metálico.
- Esencial mantener su funcionamiento adecuado.

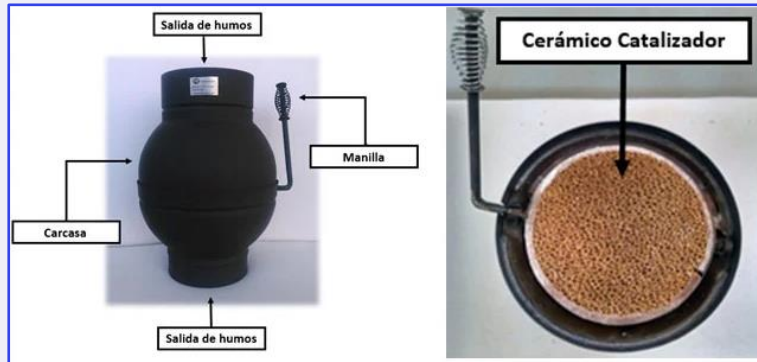


Figura 40, Filtro catalítico RetroCATT, Fuente: Purexhaust

Ejemplo de Filtro catalítico en Chile: RetroCATT.

- RetroCATT de PUREXHAUST, filtro con tecnología chilena de cerámica.
- Inicia incineración de partículas contaminantes al alcanzar temperatura adecuada.
- Promete 60% de eficiencia en eliminación de material particulado.
- Eficiencia verificada por Universidad de Santiago en 200 equipos en Temuco.
- Marcas evaluadas incluyen Bosca, Amesti, Efel, Alcazar, Neoflam, y Gertem.

Comparación entre filtros

	Filtro electrostático	Filtro catalítico
Reducción de emisiones	90% - 95% de partículas ultrafinas 70% - 75% de la masa total	60% - 75%
Eficiencia	Eficacia alta y constante. Tienen una capacidad de retención de partículas muy alta, lo que los hace muy eficaces en la eliminación de partículas pequeñas y submicrónicas.	Posee una eficiencia de captura máxima de tan solo 60% y restricciones de uso bajo condiciones de combustión no óptimas, como baja temperatura o uso de leña verde o húmeda.
Instalación	Fácil instalación, pero se recomienda la instalación de una persona autorizada. Son fáciles de instalar y requieren poco espacio en comparación con otros tipos de filtros.	Es de muy fácil instalación, pero aun así es necesario que sea realizado por un técnico.
Mantenimiento	Necesita una correcta y periódica limpieza del sistema, si ésta no se realiza cada 15 días la eficiencia del sistema disminuye. Filtros con limpieza automática, deben ser limpiado mínimo una vez al año.	El catalizador no requiere limpiezas de forma frecuente.
Durabilidad	Los filtros electrostáticos son resistentes y duraderos, y pueden durar mucho tiempo sin necesidad de reemplazarlos.	El catalizador tiene una vida útil de entre 4 y 7 años.
Otras características	<ul style="list-style-type: none"> •Alta capacidad de acumulación. •Ahorro energético. •Permanente, lavable y fácil de limpiar •Baja resistencia al flujo del aire 	<ul style="list-style-type: none"> ●Remueve humo visible y vapores orgánicos.
Costos	<ul style="list-style-type: none"> •Inversión: \$400.000 - \$2.492.960 aprox. •Operación: •Durante funcionamiento: \$4,20 - \$12,60 •En espera: \$0,01 - \$0,28 •Mantenición: \$30.000 anuales 	<ul style="list-style-type: none"> ●Inversión: \$133.965 - \$535.860 aprox. ●Operación: No aplica ●Mantenición: \$30.000 anuales

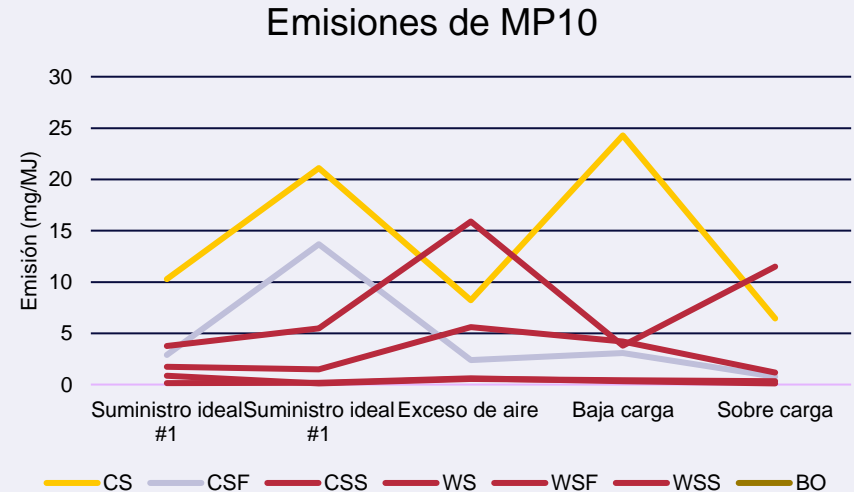


Propuestas normativas

- Propuesta de 4 escenarios normativos
- Propuesta de cambio de protocolo de ensayo
- Propuesta de nuevos artefactos

Consideraciones Ensayo Norma de Emisión

- Utiliza el método CH 28 “Determinación de Material Particulado y Certificación y Auditoria de Calefactores a Leña” y el CH 5 G “determinación de las emisiones de partículas de calefactores a leña medidas desde un túnel de dilución”
- Tanto en el estudio del anteproyecto de Norma del 2006, como en EE.UU. Señalan que el CH-28 no representa las condiciones reales de operación especialmente para calefactores a leña
- “El método 28 no refleja condiciones reales de operación. Por razones varias, primero el control del aire no puede ser modificado después del inicio del test; segundo; no hay paradas para la posición del aire para las tasas de quemado media baja y media alta; tercero; el operador o usuario común frecuentemente en la operación real tiende a cerrar la entrada de aire del calefactor manteniendo toda la noche encendido el calefactor a una potencia mínima; cuarto; no se incluye el encendido o las cargas de combustible , periodo en que ocurre las mayores tasas de emisión”



Fuente: “How the user can influence particulate emissions from residential wood and pellet stoves: Emission factors for different fuels and burning conditions”

Propuesta de cambio de protocolo de ensayo

- Modificar el protocolo CH-28 por uno que refleje condiciones reales de operación de calefactores a leña, usando el método IDC u otro similar.
- Desarrollo de nuevo ensayo incluye:
 - Estudios preliminares para establecer límites de emisión (12-24 meses).
 - Evaluar la factibilidad de implementación, considerando modificaciones que podrían aumentar costos de certificación. Recomendación de discutir cambios con laboratorios certificadores como CESMEC (6 meses).
 - Crear o adaptar la norma para el nuevo ensayo y realizar consulta pública (1-2 años)

Actualización de Norma de Emisión en 2 etapas

Corto Mediano Plazo (0-5 años):

Ensayos Actuales CH-28

Normas de emisión en distintos escenarios

Mediano Largo Plazo (+5 años):

Cambio de Ensayo a uno realista (ej. ciclo Integrado de Trabajo, o IDC)

Nuevos factores de emisión

000198

0 – 5 años +5 años

- Norma de ensayo CH 28
- **Escenario (1) Menos Restrictivo** > 2,5 g/h leña y pellets todas las potencias
- **Escenario Restrictivo (2)** > 2,0 g/h leña USA) y 2,5 g/h pellets todas las potencias en 5 años
- **Escenario Restrictivo (3)** > 2,0 g/h leña USA) y 2,5 g/h pellets todas las potencias en forma inmediata
- **Escenario Más Restrictivo (4)** > 1,6 g/h leña USA) y 2,5 g/h pellets todas las potencias en forma inmediata

- Ensayos bajo distintas condiciones de operación, de forma de representar lo más fielmente posible a la realidad
- Captura operaciones representativas de altas emisiones, tales como encendido, períodos de recargas y diferentes cargas de combustible
- Puede aplicarse a ensayos de túnel de dilución sin mayores costos

- Nueva Norma (ej. IDC)
- Nuevos factores de emisión (leña)

Corto – Mediano Plazo: Escenario Menos Restrictivo (escenario 1)

Calefactores a Leña

- Ensayos Actuales CH-28
- 2,5 g/h independiente de potencia
- 98% de los calefactores certificados cumplen condición
- Aplicación inmediata

Calefactores a Pellets

- Ensayos Actuales CH-28
- 2,5 g/h independiente de potencia
- 99% de los calefactores certificados cumplen condición

Ventajas

- No existen mayores cambios en el mercado ni en los costos a las personas

Desventajas

- Disminución muy marginal de las emisiones respecto al caso base (0,08% en 10 años o 623 t/10 años)

Corto – Mediano Plazo: Escenario Menos Restrictivo (escenario 2)

Calefactores a Leña

- Ensayos Actuales CH-28
- 2,0 g/h independiente de potencia (estándar EE.UU.),
- 42% de los calefactores certificados no cumplen la condición
- Aplicación en 5 años

Calefactores a Pellets

- Ensayos Actuales CH-28
- 2,5 g/h independiente de potencia (mantener límite actual) > para promover su migración dados sus menores emisiones reales
- 99% de los calefactores certificados cumplen condición

Ventajas

- Mayores disminuciones de emisiones respecto al caso base (0,6% en 10 años o 4.800 t/10 años)

Desventajas

- Eventuales mayores costos de certificación y modificación de equipos.
- Podría existir mayor informalidad

Corto – Mediano Plazo: Escenario Menos Restrictivo (escenario 3)

Calefactores a Leña

- Ensayos Actuales CH-28
- 2,0 g/h independiente de potencia (estándar EE.UU.),
- 42% de los calefactores certificados no cumplen la condición
- Aplicación inmediata

Calefactores a Pellets

- Ensayos Actuales CH-28
- 2,5 g/h independiente de potencia (mantener límite actual) > para promover su migración dados sus menores emisiones reales
- 99% de los calefactores certificados cumplen condición

Ventajas

- Mayores disminuciones de emisiones respecto al caso base (1,19% en 10 años o 9.600 t/10 años)

Desventajas

- Eventuales mayores costos de certificación y modificación de equipos.
- Podría existir mayor informalidad

Corto – Mediano Plazo: Escenario Menos Restrictivo (escenario 4)

Calefactores a Leña

- Ensayos Actuales CH-28
- 1,6 g/h independiente de potencia (estándar EE.UU.),
- 87% de los calefactores certificados no cumplen la condición
- Aplicación inmediata

Calefactores a Pellets

- Ensayos Actuales CH-28
- 2,5 g/h independiente de potencia (mantener límite actual) > para promover su migración dados sus menores emisiones reales
- 99% de los calefactores certificados cumplen condición

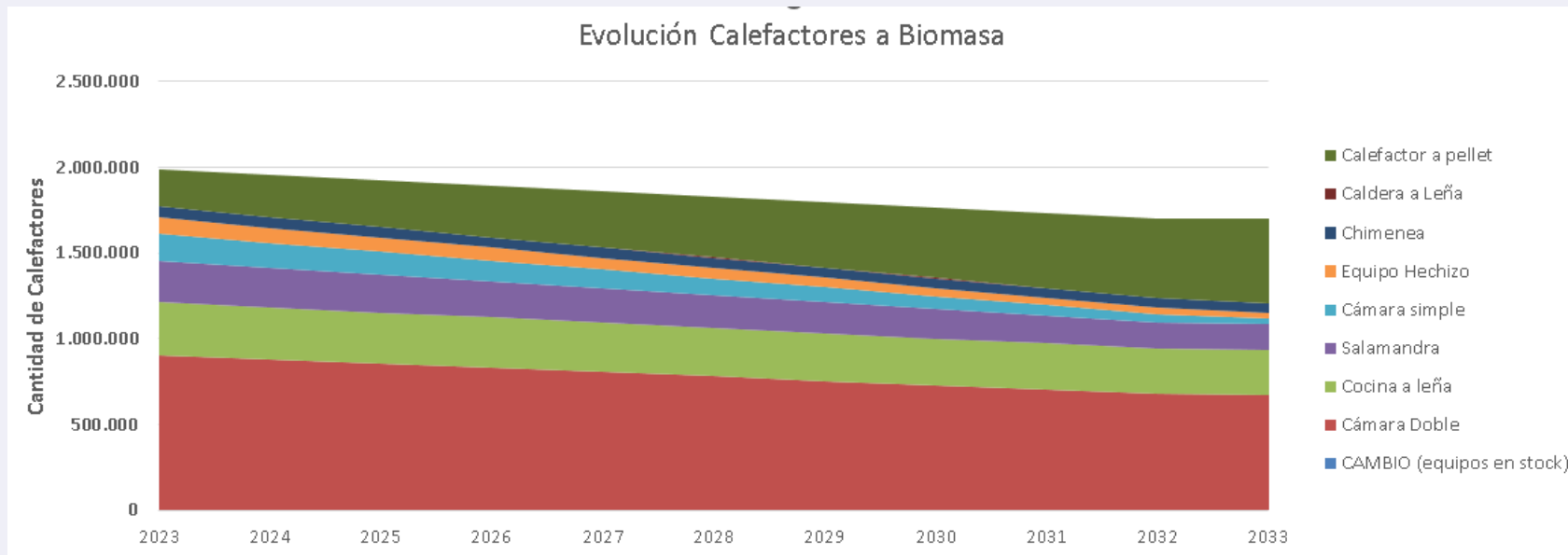
Ventajas

- Mayores disminuciones de emisiones respecto al caso base (2,94% en 10 años o 23.774 t/10 años)

Desventajas

- Eventuales mayores costos de certificación y modificación de equipos.
- Podría existir mayor informalidad

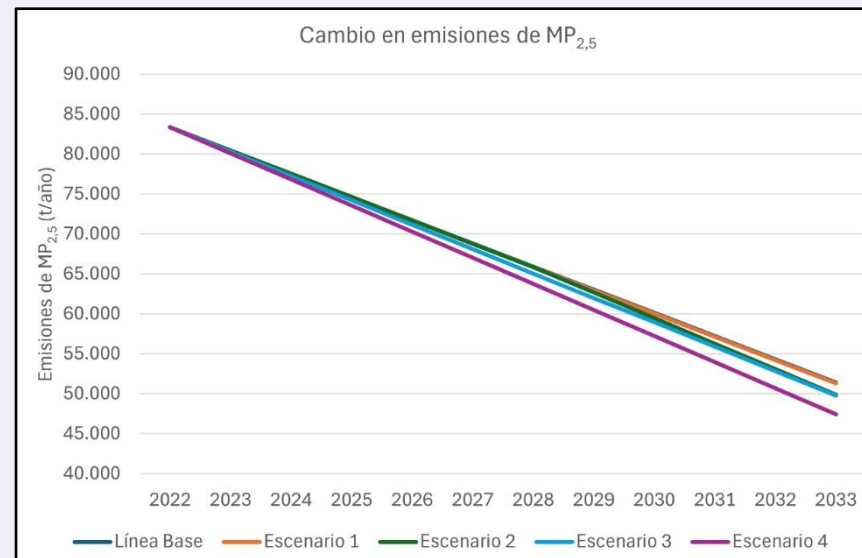
Cuantificación Emisiones Caso Base



- Baja naturalmente los calefactores a leña por el mayor ingreso de calefactores a pellets y AC
- Importaciones de calefactores a pellets (40.000/a)

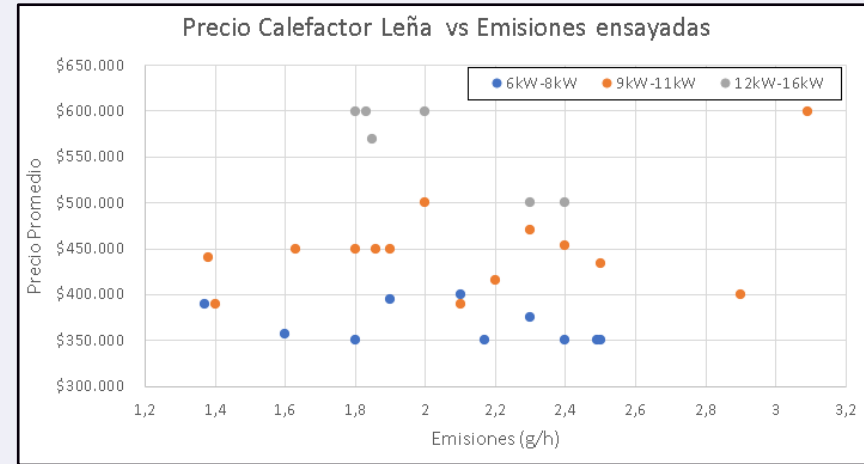
Resultado de Cálculo de emisiones de MP2,5

- La mayor disminución es por efecto del cambio natural de equipos y una disminución en el uso de equipos de leña.
- La disminución de MP 2,5 por efecto de la norma menos restrictiva (escenario 1) es de un 0,08% en el horizonte de estudio (aprox 600 t/10 años)
- La disminución de MP 2,5 por efecto de la norma restrictiva (escenario 2) es de un 0,6% en el horizonte de estudio, atribuida a nuevos equipos que cumplen la norma propuesta (aprox 5.000 t/10 años). En el caso del escenario 3, son casi 10.000 t/año, dado el ingreso inmediato de calefactores con menores emisiones
- Estas emisiones en este pueden ser menores bajo un supuesto de mayor disminución de emisiones de los nuevos calefactores a leña (1,6 g/h), disminuye en 2,94% (aprox. 23.774 t/año)
- Un posible aumento en los costos de los equipos certificado puede promover la informalidad, lo que podría impactar negativamente en la implementación de la medida.



Consideraciones de costos

- No se observa una correlación entre los precios de los calefactores a leña y los factores de emisión, de acuerdo al levantamiento realizado
- Por lo que, no debieran aumentar los costos de equipos ante normas más restrictivas
- Sin embargo, es probable los fabricantes deban llevar a cabo modificaciones a los equipos, que podrían aumentar los precios



Análisis costo-beneficio

Considerando un total de tres escenarios que producen distintos cambios en la concentración, se obtienen los siguientes resultados:

Escenario	Cambio en la concentración ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	0,0078
2	0,3591
3	0,9107

Estos cambios de concentración de material particulado tienen consecuencias en la salud. Así, a partir de estas concentraciones es posible estimar el cambio en el número de enfermedades y fallecimientos.

Tabla x. Valores de cambios de concentración de $\text{MP}_{2,5}$ en distintos escenarios.

Resumen

Resumen de la disminución en la cantidad de casos como consecuencia de la disminución de la concentración de MP_{2,5}

Tipo de efecto	Total Caso 1	Total Caso 2	Total Caso 3
Mortalidad	8	382	965
Admisiones hospitalarias	4	202	510
	2	86	218
	1	60	153
	2	80	201
Visitas Salas de Emergencia	4	202	511
Productividad perdida	9	394	997
	0	0	0
	0	0	0

Tabla 71. Disminución de casos en efectos en salud debido a la disminución de concentración del contaminante MP_{2,5} en los tres casos propuestos.

Resumen

Resumen de los valores obtenidos como consecuencia de la disminución de la concentración de $MP_{2,5}$

Tipo de efecto	Total Caso 1	Total Caso 2	Total Caso 3
Mortalidad	64.967	2.990.608	7.559.591
Admisiones hospitalarias	125	5.754	14.545
	92	4.221	10.671
	81	3.746	9.469
	74	3.421	8.647
Visitas Salas de Emergencia	6	283	716
Productividad perdida	8	355	897
	0	0	0
	0	0	0
Total	65.353	3.008.388	7.604.536

Tabla 72. Valorización por la reducción de la concentración ambiental de $MP_{2,5}$ en los tres casos propuestos. (Valores en UF).

Conclusiones

- La mayor disminución de MP se observa por condiciones de mercado, mas que ajustes normativos, por lo que el incentivo de equipos a pellets y AC es una medida adecuada
- Se sugiere uniformar la normativa para todas las potencias, ya que no hay evidencia de incremento de emisiones por potencia
- Llegar a un nivel exigente como el de EE.UU.es adecuado para calefactores a leña, considerando el nivel de contaminación que posee el país. Eso sí, existe la posibilidad de aumento de eq hechizos, que podría afectar la efectividad de la medida
- Si se desea mantener el mercado de calefactores a leña, será importante migrar a ensayos que midan el comportamiento en las condiciones reales de uso (migrar de la CH 28 a otra como la IDC)
- Para aumentar la competitividad en el mercado de calefactores a leña certificados, se recomienda solicitar certificaciones de MP por modelo y no anualmente, ya que es una barrera de entrada en la actualidad
- Incorporar normativa de emisiones a cocinas a leña, que se estiman en más de 300.000 en el país.
- Estudiar el mercado informal, de forma de tener claridad de la penetración en Chile, y estimar las emisiones reales de otras fuentes, tales como incendios y fogatas, que pueden ser más relevantes