BOSQUES | ENERGÍA | SOCIEDAD

BES | Nº 2 | AÑO 1
DICIEMBRE 2015



FRÍO, LEÑA Y CONTAMINACIÓN:

Problemas y oportunidades derivados de la mala aislación térmica de las viviendas en la Región de Los Ríos

BES

BOSQUES | ENERGÍA | SOCIEDAD

Informes BES | Número 02 | Año 01 | DIC. 2015
Producción y diagrámación: Verónica Ortega, Arquitecta, Investigadora Instituto Forestal **Editor general:** René Reyes, Ingeniero Forestal (M.Cs.), Investigador Instituto Forestal **Comité editor:** Adison Altamirano, Ingeniero Forestal (Ph.D.), Universidad de la Frontera; Gustavo Rodriguez, Arquitecto (M.Cs.), ESUR Arquitectos; Santiago Barros, Ingeniero Forestal, Investigador Instituto Forestal **Colaboradores:** Jorge Berrios, Arquitecto.

UNA PUBLICACIÓN:

OCDM OBSERVATORIO DE LOS COMBUSTIBLES DERIVADOS DE LA MADERA

INFOR

Instituto Forestal
Sucre 2397 Ñuñoa
Santiago, Chile
Fono. 223669115

www.infor.cl

ISSN N°

Se autoriza la reproducción parcial de esta publicación siempre y cuando se efectúe la cita correspondiente:

Ortega, V.; Schueftan, A.; González, A. y Reyes, R., 2015. Frío, Leña y Contaminación. Problemas y Oportunidades Derivados de la Mala Aislación Térmica de las Viviendas en la Región de Los Ríos. En: Boletín BES, Bosques - Energía - Sociedad, Año 1 N° 2. Diciembre 2015. Observatorio de los Combustibles Derivados de la Madera OCDM. Instituto Forestal, Chile. p. 16

índice

03 RESUMEN

04 1. INTRODUCCIÓN

06 2. ÁREA DE ESTUDIO

06 3. MÉTODO

07 4. RESULTADOS

14 5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

15 6. REFERENCIAS

FRÍO, LEÑA Y CONTAMINACIÓN

problemas y oportunidades derivados de la mala aislación térmica de las viviendas en la Región de Los Ríos

Verónica Ortega [a], Alejandra Schueftan [a,c], Alejandro González[b] y Rene Reyes[a]
[a]Instituto Forestal, Fundo Teja Norte s/n, Valdivia, Chile, Tel.: +56 63 2335200,
vortega@infor.cl, alejandraschueftan@gmail.com, rreyes@infor.cl
[b]Instituto de Investigaciones en Biodiversidad y Medio Ambiente (INIBIOMA, CONICET y Universidad Nacional del Comahue),
Bariloche, Argentina, gonzalezad@comahue-conicet.gob.ar
[c]Escuela de Graduados. Facultad de Ciencias Forestales y Recursos Naturales, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile

RESUMEN
Las ciudades de Valdivia, La Unión y Panguipulli tienen en conjunto 60 mil viviendas. Más del 80% fueron construidas antes del 2003, lo que significa que buena parte se edificaron sin considerar normas de aislación térmica. Esto determina una serie de problemas que afectan su habitabilidad: infiltraciones, presencia de hongos, condensación y uso excesivo de energía para climatización. La mala aislación térmica de la envolvente de las viviendas implica una enorme pérdida de recursos, en la medida que un porcentaje considerable de la energía utilizada en calefacción se pierde por techos, pisos, muros y ventanas. Dado que la leña es el combustible más barato, estas pérdidas se traducen en un aumento considerable de la contaminación atmosférica. Si bien los sucesivos gobiernos han tomado medidas, creando subsidios de aislación térmica para familias vulnerables, programas de calificación energética de viviendas, y promoviendo mejoras en la normativa, estas iniciativas han sido insuficientes para enfrentar esta situación, y además han tenido problemas de implementación. El Estado debería definir una política más agresiva con respecto al tema, incorporando incentivos para la clase media y reduciendo la incertidumbre asociada a inversiones en aislación térmica, debido a que ha demostrado ser la medida más costo-efectiva para resolver esta problemática. A pesar de esto, detrás de esta situación se esconde una gran oportunidad, no sólo para mejorar la calidad de vida de las personas sino también para fortalecer la economía regional, dado que buena parte de los materiales requeridos para resolver el problema y la mano de obra pueden ser provistos localmente.

Palabras clave | vivienda, aislación térmica, calefacción, leña, pobreza energética, Chile

1. INTRODUCCIÓN

"Ahorrar calor es más barato que Producirlo" (Asociación Chilena de Eficiencia Energética)

El confort térmico es un concepto utilizado en diseño arquitectónico para describir el estado en el cual una persona se encuentra en equilibrio fisiológico con el ambiente que le rodea. El organismo humano alcanza dicho equilibrio entre los 18 y 24°C, con una humedad relativa entre el 35% y 75% (Egan, 1975), lo cual ha sido definido por la Organización Mundial de la Salud (1987) como el umbral mínimo para llevar una vida saludable.

Diversos autores han planteado que la combinación de bajas temperaturas y alta humedad relativa, como es usual en el sur de Chile durante al menos 6 meses del año, puede producir efectos muy negativos sobre la salud de las personas (Fisher *et al.*, 2007; Rauh *et al.*, 2008; Howden-Chapman *et al.*, 2009), especialmente en niños y ancianos, debido a problemas respiratorios y cardiovasculares (Free *et al.*, 2010; Webb *et al.*, 2013).

Es posible conseguir un confort térmico adecuado adaptando el diseño de la vivienda a las condiciones climáticas de cada zona. Para una vivienda emplazada en un clima templado lluvioso del hemisferio sur, la orientación óptima es norte, ya que se obtiene una mayor radiación solar directa durante los meses de invierno. Además, el volumen construido debe ser eficiente, lo que implica mantener una buena relación entre la superficie de la envolvente (área en contacto con el exterior) y la superficie útil de la vivienda. Esto permite minimizar la pérdida de calor en invierno, y la consecuente disminución de temperatura interior. La pérdida de calor es proporcional a la superficie de la envolvente exterior de la vivienda y a la diferencia de temperaturas entre el interior y el exterior. Es esta transferencia de calor la que se compensa con combustibles para mantener una temperatura adecuada.

Por otra parte, usar materiales constructivos apropiados permite conservar el calor y ahorrar energía (Fissore y Colonelli, 2013). La envolvente exterior de la vivienda -muros, techumbre y piso- debe estar conformada por materiales aislantes que minimicen la transferencia de calor [1]. La transferencia de calor conduce a pérdidas mayores cuando la transmitancia es mayor, y ésta depende

[1] La transmitancia térmica cuantifica la pérdida de calor en la envolvente de una casa: representa la cantidad de energía por unidad de tiempo que atraviesa una superficie, cuando existe una diferencia de temperatura entre el exterior y el interior. De acuerdo a la experiencia, se considera que si la temperatura exterior es de 18ºC la vivienda no necesita calefacción. Esto es debido a las ganancias solares y las ganancias internas por habitabilidad (agua caliente, cocción de alimentos, artefactos, etc.). La unidad de medida para transmitancia térmica es entonces W/m^2C, donde W significa Watt y es la energía perdida por unidad de tiempo, m^2 representa la superficie expuesta al exterior; y C la diferencia de temperatura que existe entre elhtml)
La transmitancia térmica cuantifica la pérdida de calor en la envolvente de una casa: representa la cantidad de energía por unidad de tiempo que atraviesa una superficie, cuando existe una diferencia de temperatura entre el exterior y el interior. De acuerdo a la experiencia, se considera que si la temperatura exterior es de 18ºC la vivienda no necesita calefacción. Esto es debido a las ganancias solares y las ganancias internas por habitabilidad (agua caliente, cocción de alimentos, artefactos, etc.). La unidad de medida para transmitancia térmica es entonces W/m^2C, donde W significa Watt y es la energía perdida por unidad de tiempo, m^2 representa la superficie expuesta al exterior; y C la diferencia de temperatura que existe entre el exterior e interior de la vivienda en grados Celsius.

de la conductividad del material de la envolvente y de su espesor. Por ejemplo, un muro de ladrillos de 15 cm de espesor tiene una transmitancia de 5,3 W/m²C, pero si se agregan 5 cm de poliestireno expandido, que es un material aislante, la transmitancia disminuye a 0,70 W/m²C. Para una diferencia de temperatura de 10ºC entre el exterior y el interior, sin material aislante, la pared de ladrillos pierde 53 W/m² y con aislantes solamente 7 W/m². La transferencia de calor (pérdida en este caso) depende fuertemente de que se utilicen o no los materiales aislantes. Como además se necesita una temperatura de confort, entonces a mayor transferencia de calor mayor será el uso de combustibles para calefacción (González, 2014).

Las ventanas deben orientarse de preferencia hacia el norte, cubriendo un área acotada y cuidando el tipo de vidriado a utilizar. Aún con vidrios eficientes (doble o triple vidrio) el área de ventanas debe ser limitada porque en los meses fríos la nubosidad es alta y la radiación solar disponible es menor, por lo que se generarían pérdidas de calor debido a que la transmitancia térmica de los vidrios es mayor que la de los muros. La envolvente de la vivienda debe controlar además las filtraciones de aire y la ventilación de los espacios para disminuir las pérdidas de calor por infiltración, entre otros factores de diseño. Se ha demostrado que una vivienda con buena aislación térmica y un diseño adecuado puede disminuir hasta en un 70% su demanda de energía para calefacción (Schueftan y González, 2015a).

El confort térmico ha sido un aspecto poco considerado en el sur de Chile. A pesar de las características climáticas no existen indicios de que las tipologías constructivas utilizadas, tanto por los primeros habitantes mapuches y españoles como por los colonos suizos y alemanes, consideraran la aislación térmica (Guarda, 1980; Prado *et al.*, 2011). Estos grupos construyeron pensando en la lluvia más que en el frío, el cual aplacaban mediante la utilización de grandes volúmenes de leña. La baja densidad de población y la abundancia de recursos forestales permitían un alto consumo de leña, sin que aparecieran las limitantes actuales de contaminación y sustentabilidad.

Debido a su abundancia, la madera ha sido también el material de construcción predominante. Inicialmente, las paredes perimetrales de las viviendas eran construidas con postes de roble, los cuales se forraban con tablones enterrados directamente en el suelo, mientras que la techumbre se elaboraba en base a pellín y tablas de alerce (Guarda, 1980). A partir de la llegada de los colonos suizos y alemanes, a fines del siglo XIX, los muros comienzan a incorporar tabiquería rigidizada con tablones en diagonal, lo que permitió aumentar el tamaño de las ventanas (Guarda, 1980; Prado *et al.*, 2011).

Las viviendas que hoy se observan en Valdivia, especialmente aquellas construidas en madera, han evolucionado a partir de la convergencia de varias culturas, donde se mezclan aspectos estéticos, estructurales (especialmente después del terremoto de 1960), y socioeconómicos (Imagen 1).

La histórica falta de preocupación por la aislación térmica muestra ahora sus consecuencias en las ciudades del sur. Si bien el tamaño de las viviendas disminuyó, reduciéndose también el consumo per cápita de leña, la expansión urbana experimentada durante las últimas décadas del siglo XX terminó por afectar significativamente la calidad del aire.

En ese contexto, este artículo tiene por finalidad realizar una caracterización general de las viviendas de Valdivia, La Unión y Panguipulli, y de las principales iniciativas que se han promovido para mejorar su aislación térmica. Para esto, se analizan una serie de publicaciones elaboradas en los últimos años, además de las bases de datos del Instituto Nacional de Estadísticas (INE) y otras fuentes de información (municipios, informes de proyectos, etc.).

Imagen 1.
Viviendas construidas en tabiquería de madera en Valdivia antes de la entrada en vigencia de la norma térmica año 2000



2. ÁREA DE ESTUDIO

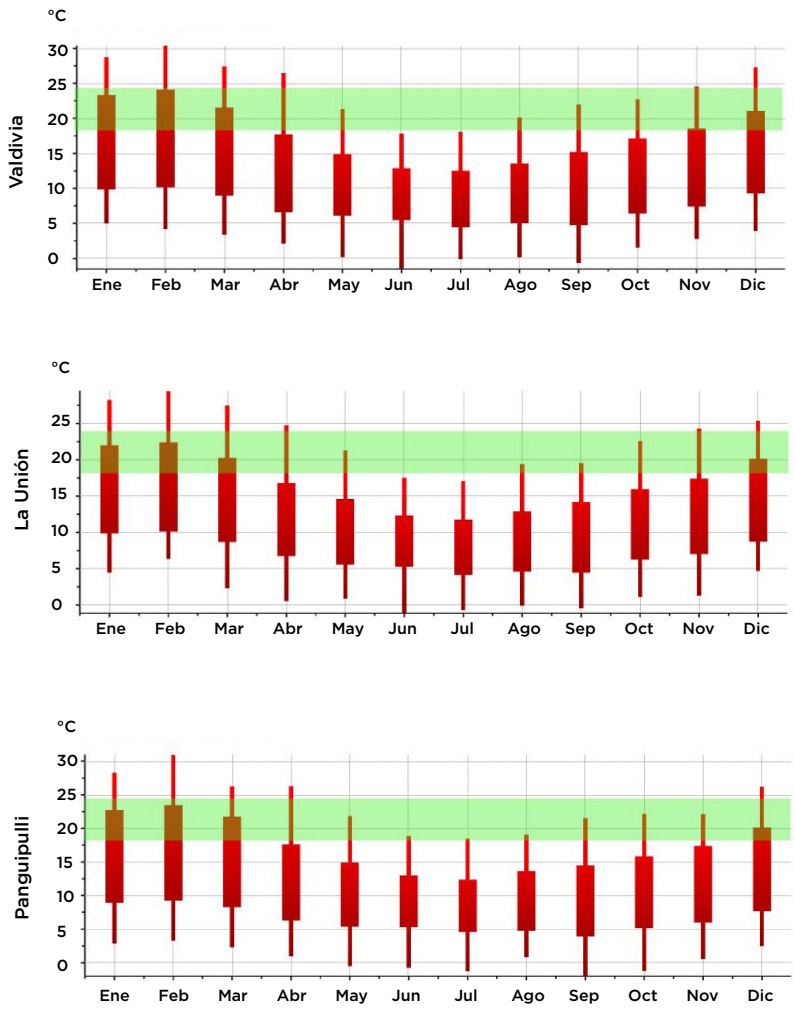
La Región de Los Ríos se encuentra entre los 39°15' y 40°33' latitud sur, y es una de las quince regiones administrativas de Chile. La Región tiene una superficie de 18.400 km^2, los cuales están divididos en tres unidades fisiográficas: Cordillera de la Costa, Depresión Intermedia y Cordillera de Los Andes. La Región de Los Ríos limita por el norte con la Región de la Araucanía, por el sur con la Región de Los Lagos, por el este con Argentina y por el oeste con el Océano Pacifico. Esta área tiene un clima templado continental húmedo con una temperatura promedio de 12°C y precipitaciones abundantes, especialmente en la zona costera donde pueden superar los 2000 mm anuales (Castillo, 2001). Las precipitaciones disminuyen hacia el interior de la Región, debido al efecto de sombra de lluvia que genera la Cordillera de la Costa, pero vuelven a aumentar hacia la Cordillera de Los Andes.

El periodo frío se extiende entre los meses de abril y noviembre, siendo julio el mes más frío con una temperatura media de 8°C. En dicho periodo, las temperaturas medias de las principales ciudades de la región se mantienen bajo los 18°C, por lo cual es necesario proveer de calefacción para alcanzar la temperatura interior recomendada por la Organización Mundial de la Salud (Figura 1).

3. MÉTODO

Este estudio se basa principalmente en información secundaria, aunque también se generaron antecedentes nuevos a partir de la realización de entrevistas. La metodología consta de tres etapas. En primer lugar, se sistematizó información disponible a nivel regional, lo que incluye artículos y documentos publicados, como también bases de datos municipales e información del Instituto Nacional de Estadísticas. Posteriormente, se realizó un catastro de centros de investigación privados y públicos dedicados a temas de vivienda en la Región de los Ríos, entrevistándose con sus directores y equipos profesionales. Finalmente, se ordenó y analizó la información recopilada para entregar una visión general sobre el estado del arte de la vivienda y el uso de energía para calefacción en las tres principales ciudades de la Región de Los Ríos: Valdivia, La Unión y Panguipulli, que tienen tamaños y características urbanas muy distintas.

Figura 1.
Variación de la temperatura promedio mensual (en rojo), señalándose máximos y mínimos, y umbral de confort térmico (en verde) para las ciudades de Valdivia, Panguipulli y La Unión



Fuente: Elaboración propia en base a datos entregados por software Meteonorm (http://meteonorm.com/)

4. RESULTADOS

4.1. CARACTERIZACIÓN DE LAS VIVIENDAS

Entre enero del 2003 y enero del 2015 las direcciones de obras de los municipios de Valdivia, La Unión y Panguipulli aprobaron la construcción de aproximadamente 12.450 viviendas nuevas en zonas urbanas, sumando un total de 60.691 viviendas (Instituto Nacional de Estadísticas, 2015)(Cuadro 1).

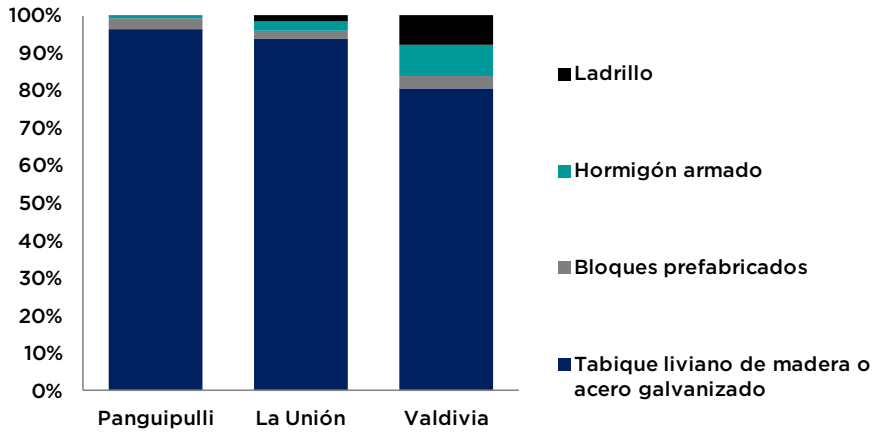
El 85% de las viviendas existentes en la ciudad de Valdivia corresponden a casas, y el 15% a departamentos y otro tipo de viviendas. Además, el 80% de esas viviendas fueron construidas con tabiques livianos de madera y acero galvanizado (Instituto Nacional de Estadísticas, 2002). La situación en las comunas de La Unión y Panguipulli es similar, aunque con una mayor participación de casas, y de construcción en tabiquería liviana de madera o acero galvanizado (94% y 96%, respectivamente) (Figura 2).

Cuadro 1.
Viviendas urbanas existentes en las comunas de Valdivia, La Unión y Panguipulli

CIUDAD	POBLACIÓN URBANA	VIVIENDAS CONSTRUIDAS (2003 - 2015) *	TOTAL VIVIENDAS URBANAS
VALDIVIA	146.039	9.400	44.115
LA UNIÓN	25.109	1.400	8.002
PANGUIPULLI	22.573	1.650	8.574
TOTAL	**193.721**	**12.450**	**60.691**

** Estimado en base a las viviendas nuevas construidas entre 2003 y 2015 en toda la comuna (considera sectores urbanos y rurales), y el porcentaje de la población que pertenece al sector urbano.*
Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas (2014; 2015).

Figura 2.
Material de construcción predominante



Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas (2002).

4.2. PRINCIPALES PROBLEMAS DE LAS VIVIENDAS

Los principales problemas o patologías constructivas señaladas por los propietarios o moradores de las viviendas de la Región de Los Ríos son los siguientes: infiltraciones de aire, hongos, condensación, filtración de agua, deterioro de materiales, mala iluminación, y goteras (Fissore y Colonelli, 2013). Estos problemas pueden aparecer por diversas causas durante la etapa de diseño, construcción y uso de las viviendas (Falabella *et al.*, 2006).
Las infiltraciones de aire son el principal problema detectado (Fissore y Colonelli, 2013). Éstas provocan pérdidas de calor debido a que facilitan el movimiento de aire entre el interior y exterior de la vivienda, aumentando el consumo energético por concepto de calefacción. La norma térmica en revisión establece valores máximos de infiltración de 8 ACH para la zona de Valdivia y La Unión, y 7 ACH para la zona de Panguipulli (ACH: cambios totales del aire al interior de la vivienda por hora medidos a una presión de 50 pascales). Sin embargo, las viviendas sociales construidas con estructuras de acero y madera muestran valores muy superiores a esos límites (entre 25 a 30 ACH), lo cual tiene una enorme incidencia en su demanda energética (Madrid *et al.*, 2012). Además, las infiltraciones hacen que el material particulado que se encuentra al exterior de la vivienda entre al interior, por lo que aun cuando los hogares cuentan con estufas herméticas se puede encontrar contaminación intradomiciliaria.
La aparición de hongos y moho es el segundo problema más recurrente detectado en las viviendas (Imagen 5). El clima de la Región de Los Ríos determina una alta humedad relativa, la que se acentúa dentro de la vivienda con el uso de la ducha, el secado de ropa, y la cocción de alimentos.
La humedad relativa es la relación entre la

Imagen 2: Postura de aislante y barrera hidrófuga en vivienda.



cantidad de vapor suspendido en el aire (humedad absoluta) y la cantidad de vapor que satura el aire (humedad absoluta de saturación). Las humedades absolutas son cantidades físicas que se miden en gramos de agua por cada metro cúbico de aire, y dependen de la temperatura (González, 2014). La humedad relativa indica entonces cuán lejos se está de la condensación a una temperatura determinada. Por ejemplo, una humedad relativa del 70% dentro de una casa a 20°C, alberga mucho más vapor de agua en el aire que la misma humedad relativa a una temperatura de 10°C. Esto implica dos cosas: primero, que las condensaciones se dan en superficies de la casa que están más frías que la temperatura del aire (vidrios, paredes con poco aislante térmico o con aislante deficiente, (Imágenes 3, 4 y 5); y segundo, ventilar es conveniente en invierno, porque a pesar de que existe una alta humedad relativa al exterior de la vivienda, la cantidad de agua en el aire es menor (el aire está más frío).
Esta ventilación debe ser controlada, idealmente a través de sistemas pasivos o activos de ventilación, para que no se produzcan pérdidas de calor excesiva como sucede al abrir las ventanas.
¿Por qué la condensación en paredes aparece principalmente en las esquinas? Las esquinas son zonas de superficie mínima interna y superficie máxima externa. Por lo tanto, la transferencia de calor será máxima en esas zonas. La aparición de humedad en las esquinas indica que la aislación térmica es insuficiente, tal vez por falta de espesor térmico o por la existencia de puentes térmicos en la estructura. Éstos se producen por la discontinuidad del aislante a través de la envolvente que facilita la pérdida de calor (Imagen 4). Un espesor de aislante determinado puede ser adecuado para la zona central de la pared, pero insuficiente para las esquinas. Una forma segura de resolver este problema es agregando una capa adicional de aislante térmico en las esquinas de la vivienda por debajo del revestimiento final, “abrigando” la vivienda y eliminando los puentes térmicos residuales.
Por otro lado, las barreras de vapor también pueden ayudar. Si el aislante térmico incluyera una barrera de vapor en la cara interior del aislante y una barrera de humedad en la cara exterior (Certificación e Investigación de la Vivienda Austral, 2012a), se podría evitar la condensación superficial en los materiales que conforman la envolvente, principal causa de la aparición de hongos y moho. En este punto es importante la supervisión de la correcta instalación de la membrana ya que si se hace de forma inadecuada puede traer incluso más problemas de humedad. Además, debe ir acompañado de sistemas de ventilación como los mencionados anteriormente.
La mala ejecución de las obras de construcción es otro problema detectado en las viviendas de la región, lo que ocurre por la baja capacitación de la mano de obra y de los profesionales a cargo de la supervisión. La instalación deficiente de material aislante en muros exteriores y cielos provoca pérdidas de calor importantes, generando zonas de condensación en las superficies interiores (Certificación e Investigación de la Vivienda Austral, 2012a) (Figura 6).

4.3. CONSUMO DE ENERGÍA PARA CALEFACCIÓN

El año 2013 el sector residencial consumió 70 millones de kilowatt hora a nivel

Imagen 3.
Tabiques de viviendas sociales construidas bajo normativa térmica del año 2007





nacional, equivalentes al 20% del consumo total de energía secundaria (Ministerio de Energía, 2015). Esto implica un consumo promedio por vivienda de 10.232 kWh/año, de los cuales el 47% proviene de combustibles derivados de la madera (principalmente leña) (Cámara Chilena de la Construcción, 2010).

El sector residencial urbano de la Región de Los Ríos consume 498 mil metros cúbicos sólidos de leña al año, siendo Valdivia el centro de consumo más importante con el 44% del total, seguido por La Unión y Panguipulli (12% y 9%, respectivamente). En la ciudad de Valdivia, el 95% de los hogares utiliza leña para calefacción, con un consumo promedio de 11,5 m^3/hogar/año, mientras las ciudades de Panguipulli y La Unión consumen 15,7 y 15,0 m^3/hogar/año, respectivamente (INFOR, 2015; Reyes y Frene, 2006; Vergara y Badilla, 2008; Universidad de Chile, 2005).

Además de generar material particulado que afecta directamente la calidad de vida en las ciudades, el sistema de calefacción residencial libera anualmente a la atmósfera 94.500 toneladas de CO^2e, cuando la combustión de biomasa es considerada carbono neutral (2,2 toneladas de CO^2e/hogar/año) y 285.000 toneladas de CO^2e cuando no lo es (7,1 toneladas de CO^2e/hogar/año). En todos los casos, la etapa que más contribuye al aumento de las emisiones de CO^2e es el consumo final (más que la extracción del combustible, su transporte y otros procesos combinados) (Reyes *et al.*, 2015).

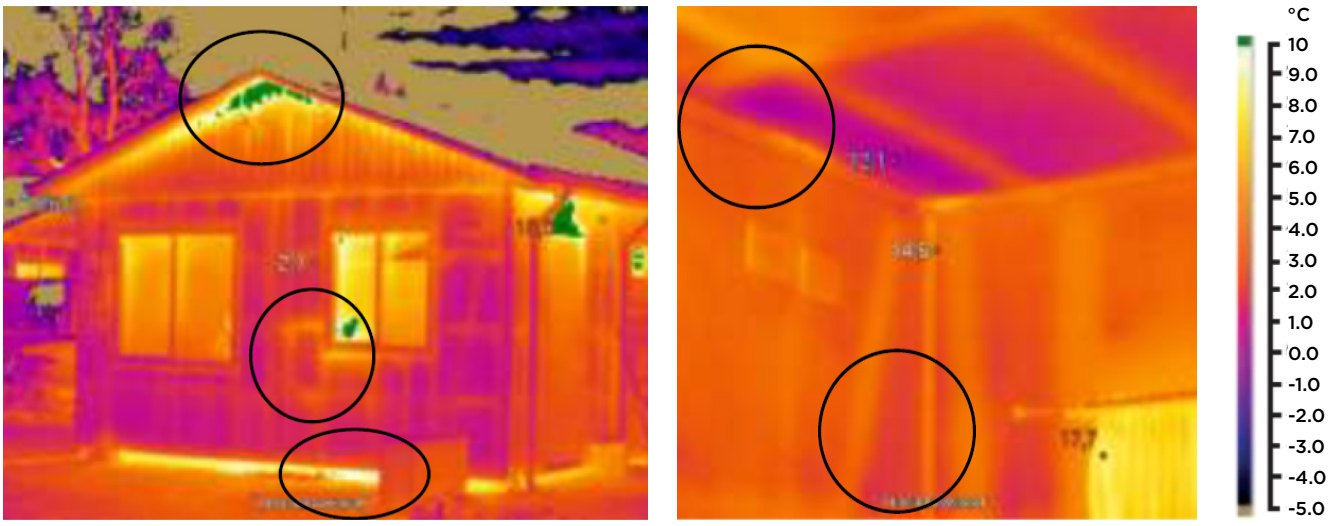
Modelando viviendas sociales de 44 m^2 en Valdivia, Schueftan y González (2013) concluyen que su consumo actual de energía (568 kWh/m^2/año) podría caer en un 62% (218 kWh/m^2/año) si se adaptara su envolvente a la norma térmica del año 2007. Esto permitiría reducir sus emisiones de CO2e entre 1 y 3 t/vivienda/año (Reyes *et al.*, 2015), y la contaminación atmosférica .

El estándar mínimo de aislación que exige la Norma Térmica 2007 para la zona de Valdivia y La Unión genera un consumo promedio de 260 kWh/m^2/año, mientras que el consumo energético promedio de una vivienda construida antes del año 2000 en Valdivia se encuentra entre los 300 y 540 kWh/m^2/año (Certificación e Investigación de la Vivienda Austral, 2012b). Existe la posibilidad de reacondicionar térmicamente las viviendas existentes, mejorando la aislación de la envolvente y la hermeticidad de la vivienda. En promedio, el cumplimiento de la norma térmica 2007 requeriría invertir 0,32 UF/m^2 en aislamiento térmico. Esto reduciría el consumo de leña en un 37% (Certificación e Investigación de la Vivienda Austral, 2012b), recuperándose la inversión en un periodo aproximado de 5 años (Certificación e Investigación de la Vivienda Austral, 2010)[2] , lo que disminuye en los segmentos socio-económicos más bajos.

Otros estudios han mostrado que diversas opciones de acondicionamiento térmico, bajo distintos niveles de eficiencia, tienen un VAN[3] positivo para un período de 10 años (Schueftan y González, 2015b). La opción de reacondicionar las viviendas de acuerdo a la norma 2007 es la más costo efectiva (medida en pesos chilenos por kilógramo de material particulado reducido) desde el segundo año, y el reacondicionamiento al nivel de estándares internacionales es la mejor opción a partir del sexto año (Schueftan y González, 2015b).

Imagen 4.

Imagen termográfica donde se muestran puentes térmicos, que corresponden a zonas donde existe discontinuidad del aislante



[2] Esta estimación considera el efecto rebote que se produce en el consumo de energía después de la implementación de proyectos de reacondicionamiento de viviendas, el cual considera que la temperatura interior aumentará hasta llegar a la condiciones de confort.

[3] VAN Valor Actualizado Neto o Net Present Value en Ingles es un método de valoración de inversiones que puede definirse como la diferencia entre el valor actualizado de los cobros y de los pagos generados por una inversión. Proporciona una medida de la rentabilidad del proyecto analizado en valor absoluto, es decir expresa la diferencia entre el valor actualizado de las unidades monetarias cobradas y pagadas. (http://www.expansion.com/diccionario-economico/valor-actualizado-neto-van.html)

Imagen 5.
Hongos en ventana y muro orientados al sur, vivienda construida bajo norma térmica del 2000





4.4. INICIATIVAS PÚBLICAS PARA EL MEJORAMIENTO TÉRMICO DE VIVIENDAS

4.4.1. Marco normativo

En Chile todas las construcciones se encuentran reguladas por la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones. La normativa térmica para las viviendas fue incorporada a la ordenanza en dos etapas (OGUC 4.1.10). La primera etapa entró en vigencia el año 2000 incorporando exigencias de transmitancia térmica máxima para techumbres (OGUC 4.1.10). Posteriormente, en Marzo del 2007, entra en rigor la segunda etapa de la norma (OGUC 4.1.10), donde se establecen exigencias que limitan la transmitancia térmica de muros, pisos ventilados[4] y ventanas, restringiendo la superficie de las ventanas a un porcentaje de la envolvente exterior de acuerdo a las características de su vidriado.
La norma térmica del 2007 divide el territorio nacional en 7 zonas climáticas. En la Región de los Ríos se encuentran las zonas climáticas 5 y 6. Para la zona climática 5, donde se emplazan las ciudades de Valdivia y La Unión, la normativa térmica de techumbres exige un coeficiente de transmitancia de 0,33 W/m^{2}K (en grados Kelvin), para muros de 1,6 W/m^{2}K y para pisos (piso ventilado) de 0,5 W/m^{2}K. En el caso de las ventanas se exige una cobertura máxima del 18% cuando éstas utilizan vidrio monolítico, y del 51%-70% cuando utilizan doble vidriado hermético. La zona climática 6, donde se emplaza la ciudad de Panguipulli, exige transmitancias menores por tratarse de un clima más frío: 0,28 W/m^{2}K para techos, 1,10 W/m^{2}K para muros, y 0,39 W/m^{2}K para pisos ventilados. Las ventanas pueden cubrir como máximo el 14% de la envolvente exterior cuando utiliza vidrio monolítico, y el 37%-55% cuando utiliza doble vidriado hermético.

Actualmente, la ordenanza se encuentra en etapa de modificación (la que será implementada en dos etapas), dividiendo el territorio nacional en 9 zonas climáticas considerando 3 unidades fisiográficas (Cordillera de la Costa, Depresión Intermedia y Cordillera de Los Andes). Esta revisión aumentará las exigencias sobre la transmitancia térmica máxima de muros y pisos (Cuadro 2) y regulará los puentes térmicos, las infiltraciones de aire, y los sistemas de ventilación. Estas modificaciones entrarán en vigencia el año 2016 para las viviendas ubicadas en zonas saturadas con Plan de

Cuadro 2.
Transmitancias térmicas exigidos por la normativa térmica actual y la normativa térmica en proceso de modificación para la Región de los Ríos

NORMA	ZONA TÉRMICA	TECHUMBRE (W/m^{2}K)	MUROS (W/m^{2}K)	PISOS VENTILADOS (W/m^{2}K)
NORMA TÉRMICA ACTUAL	5	0.33	1.60	0.50
	6	0.28	1.10	0.39
NORMA TÉRMICA MODIFICADA (2016-2017)	E	0.33	0.50	0.60
	F	0.28	0.45	0.50*

** La nueva normativa disminuye los requerimientos de aislación existentes para pisos ventilados.*
Fuente: NTM 011/2 (2014).

[4] Cuando el piso de la vivienda no está en contacto con el terreno. Ejemplo, viviendas construidas sobre apoyos de cemento.

Descontaminación Ambiental (PDA), y el año 2017 en todo el país (Ministerio de Energía, 2014).
La segunda etapa de actualización de la reglamentación térmica considerará aumentar las exigencias de transmitancia térmica máximas de techumbres, la aislación de sobrecimientos, y el uso obligatorio de doble vidriado hermético en las regiones del sur. Esta etapa entraría en vigencia el año 2018 en zonas saturadas con PDA, y el 2020 en todo el país (Ministerio de Energía, 2014).
Bajo la normativa térmica en revisión las ciudades de Valdivia y La Unión se emplazarían en la zona climática E, y la ciudad de Panguipulli en la zona climática F. En ambas zonas climáticas no se podrá utilizar vidrio monolítico, y la cobertura máxima de las ventanas con doble vidriado hermético estará condicionada a lo siguiente: a) porcentaje que representa la superficie de las ventanas respecto a la envolvente exterior por cada orientación, y b) porcentaje total de superficies de ventanas respecto a la superficie de la envolvente total exterior. Estos porcentajes estarán determinados por el coeficiente de transmitancia térmica de los vidrios utilizados (Cuadro 3).

Cuadro 3.
Cobertura de ventanas por orientación en edificaciones de uso residencial propuestas por la normativa térmica en revisión para la Región de los Ríos

ZONA TÉRMICA	COBERTURA VENTANAS (%)											
	U > 3,6 (W/m²K)				3,6 ≥ U ≤ 2,4 (W/m²K)				U < 2,4 (W/m²K)			
	NORTE	SUR	O - P	POND.	NORTE	SUR	O - P	POND.	NORTE	SUR	O - P	POND.
E	0	0	0	NO	70	25	55	25	90	45	80	37
F	0	0	0	NO	60	20	37	20	85	40	75	35

U: transmitancia térmica del vidrio.
Fuente: Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2014.

4.4.2. Sistema de calificación energética de viviendas

En 2014 el Ministerio de Vivienda y Urbanismo y el Ministerio de Energía implementaron un sistema de calificación energética de viviendas que permite conocer la eficiencia energética de las viviendas nuevas que entran al mercado inmobiliario. En el marco de este sistema, las viviendas son clasificadas en base a sus necesidades de calefacción, iluminación y agua caliente sanitaria, etiquetándolas con las letras A, B, C, D, E, F y G. La letra A equivale a viviendas de alta eficiencia energética, mientras la letra G representa lo opuesto (Ministerio de vivienda y urbanismo, 2015a). Aquellas viviendas construidas en base a la Norma Térmica 2007 recibirían la letra E, mientras que aquellas que han sido construidas sin cumplir ninguna norma (gran parte de las viviendas de la Región de Los Ríos) muy probablemente caerían en la categoría G.
Este sistema ofrece una precalificación energética para los proyectos de arquitectura que tengan aprobado el permiso de edificación en la Dirección de Obras Municipales. Sin embargo, ésta es provisoria y rige hasta que el proyecto obtenga la recepción definitiva municipal. Posteriormente, recibe una calificación energética por 10 años, o hasta que se realice alguna modificación que altere los parámetros evaluados.
El sistema de calificación utiliza dos letras para evaluar las viviendas, la primera, denominada calificación de arquitectura, expresa la calidad de la construcción de la vivienda en términos de sus materiales aislantes, orientación de la vivienda y de ventanas y utilización de doble vidriado hermético, mientras que la segunda expresa la eficiencia energética de los artefactos utilizados dentro de la vivienda, y la utilización de energías renovables para calefacción, iluminación y agua caliente sanitaria (Ministerio de vivienda y urbanismo, 2015a).
En la Región de Los Ríos, sólo 506 viviendas han sido calificadas, el 99% de las cuales corresponden a viviendas sociales financiadas por el SERVIU (Ministerio de vivienda y urbanismo, 2015b). En la ciudad de Valdivia sólo se han calificado 76 viviendas, mientras que en las ciudades de La Unión y Panguipulli ninguna (Ministerio de vivienda y urbanismo, 2015b). De las 506 viviendas calificadas 316 obtuvieron letra D, 189 letra C, y sólo una vivienda letra A, en lo que respecta a la calificación de arquitectura, y todas recibieron letra D para la calificación de artefactos y energía (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2015a).
El Proyecto de Ley de Eficiencia Energética elaborado por el actual gobierno entregará facultades al Ministerio de Vivienda y Urbanismo para etiquetar viviendas. Este proceso se realizará en tres etapas. Para el año 2016 será obligatorio el etiquetado de viviendas nuevas y existirá un etiquetado voluntario para viviendas usadas. El año 2020 será obligatoria la calificación energética de todas las viviendas usadas tasadas sobre 2.000 UF, y el año 2022 el etiquetado será obligatorio para todas las viviendas (Ministerio de Energía, 2014).

4.4.3. Subsidio de reacondicionamiento térmico de viviendas

El año 2009 comenzó a implementarse un subsidio para el reacondicionamiento térmico de viviendas construidas antes del año 2000. Este subsidio permite el reacondicionamiento térmico de viviendas sociales, cuya tasación no

supere las 650 UF, y donde los propietarios tengan un máximo de 13.484 puntos en la Ficha de Protección Social. Esto se realiza en el marco de proyectos de habitabilidad del Programa de Protección del Patrimonio Familiar (DS N° 255), teniendo como objetivos disminuir el consumo de energía para calefacción y minimizar los efectos negativos de la condensación superficial en las viviendas (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2010).
Para postular al subsidio hay que tener un ahorro de 3 UF, el cual permite acceder a un beneficio del Estado de hasta 100 UF en las comunas de La Unión, Lanco, Los Lagos, Máfil, Paillaco, Rio Bueno y Valdivia, y de hasta 110 UF en las comunas de Corral, Futrono, Lago Ranco, Mariquina y Panguipulli (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2010).
En el periodo 2009-2010 se entregaron 3.269 subsidios en la Región de los Ríos (Fissore y Colonelli, 2013). Antes de la implementación de las mejoras el 100% de las viviendas presentaban problemas de condensación, hongos y filtraciones de aire, los cuales disminuyeron después del reacondicionamiento. Sólo el 20% de las viviendas sigue presentando problemas de condensación, y el 40% problemas de hongos, porcentaje muy alto considerando que esto lleva consigo enfermedades respiratorias y deterioro de los materiales constructivos de la vivienda. Sin embargo, el 95% de las viviendas sigue presentando filtraciones de aire (Fissore y Colonelli, 2013) lo que significa que se pierde energía por esta vía y se facilita la entrada de la contaminación exterior.
A pesar de sus deficiencias, el

Imagen 6.
Vista interior de tabique de madera con aislación térmica cortada por la estructura (puentes térmicos)





reacondicionamiento mejoró la envolvente térmica de las viviendas, aumentando la temperatura interior de los hogares en 1°C. En Nueva Zelanda se observó que aumentos de esta magnitud (0,5 – 1,1°C) reducen los síntomas del asma (Howden-Chapman *et al.*, 2007). Además, cuando este aumento se produce en los dormitorios se mejora ostensiblemente la función pulmonar de los niños (Pierse *et al.*, 2013), con impactos muy positivos en la disminución del ausentismo escolar, las visitas a urgencias, y la utilización de medicamentos.

5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La aislación térmica ha sido un factor que ha estado prácticamente ausente en el diseño y construcción de las viviendas de Valdivia, La Unión y Panguipulli, y más ampliamente, del sur del país. Este es un problema común a otras ciudades de Latinoamérica, aunque el problema ha sido menos notorio debido a que el clima no es tan extremo como en el centro-sur de Chile. Un ejemplo de esto es la ciudad de Santiago, donde los sistemas constructivos en base a hormigón o albañilería tienen las mismas falencias y baja eficiencia que en las ciudades del centro-sur, pero al tener un clima más benigno no han traído consecuencias ambientales y sociales tan graves. Además, el mayor problema en ciudades como esta se genera con el sobrecalentamiento en verano, a diferencia de las ciudades del centro-sur de Chile que sufren los problemas del frío al interior de las viviendas por cerca de 8 meses al año.

Las infiltraciones de aire, los hongos, la condensación, y una serie de otros problemas derivados de una construcción deficiente, forman parte de la normalidad (Certificación e Investigación de la Vivienda Austral, 2012b). Si bien, la normativa térmica implementada los años 2000 y 2007 constituyó un avance importante, la situación sigue siendo crítica debido a que los requerimientos térmicos son muy bajos y la ejecución de las obras no siempre es la adecuada. Tanto los proyectos de viviendas nuevas como los de reacondicionamiento térmico son aprobados en papel, sin que exista un seguimiento en terreno para la correcta ejecución de las obras.

Una mala aislación térmica implica un alto consumo de energía para calefacción, que a la vez se transforma en un costo. En la medida que dicho costo aumenta disminuye el número de familias que pueden cubrirlo, lo cual determina que muchas personas no solo viven en casas húmedas, llenas de hongos y filtraciones, sino también en un permanente estado de "disconfort" térmico que amenaza su salud y mella su calidad de vida. El alto consumo de energía para calefacción ha producido también altos niveles de contaminación atmosférica, en la medida que dicha calefacción se satisface con leña de mala calidad quemada en aparatos ineficientes.

Si bien existe voluntad por parte de las

Imagen 7.
Postura de aislación térmica continua (sin puentes térmicos)



Imagen 8.
Descarga de poliestireno expandido en ferretería



autoridades para mejorar la aislación térmica de las viviendas, lo que se ha traducido en diversas iniciativas, éstas resultan insuficientes al constatar la magnitud y complejidad del problema. Aunque ha habido avances en el desarrollo de la normativa térmica, ésta muestra aún una serie de deficiencias al no considerar el comportamiento térmico de las viviendas en verano (sobrecalentamiento), la incidencia de los puentes térmicos, la aislación en pisos no ventilados y la ventilación de los espacios, entre otros aspectos técnicos.

Por otra parte, los subsidios para mejorar las viviendas han sido orientados solo a viviendas sociales construidas antes del año 2000 (o de un costo menor a 650 UF), sin que exista ningún incentivo o facilidad para las familias de clase media (subsidios, créditos blandos, créditos asociados al hipotecario, reducción en el pago de las contribuciones, etc.). Es importante distinguir entre los subsidios para mejorar o ampliar las viviendas de aquellos orientados al reacondicionamiento térmico, que son sólo un pequeño porcentaje de los subsidios entregados.

El clima del sur de Chile, la cultura asociada al uso de leña y otros hábitos (como secar ropa dentro de las casas sin la adecuada ventilación, la utilización de leña húmeda y el uso del tiraje cerrado de los calefactores), los bajos ingresos de las familias, y la escasa información disponible con respecto a las ventajas de invertir en aislación térmica, generan un escenario muy adverso. ¿Quién va a invertir en aislación térmica con toda esta incertidumbre? Considerando las externalidades positivas asociadas a la aislación térmica de viviendas (menor gasto en calefacción, reducción de la contaminación atmosférica, menos problemas de salud, más confort, mejor calidad de vida, etc.), es notable que no exista una política más decidida con respecto a esta materia.

El cumplimiento de la normativa térmica en revisión, con los plazos mencionados anteriormente, así como la implementación de los planes de descontaminación atmosférica que han sido y están siendo elaborados e implementados en varias ciudades de Chile, van a requerir el diseño de una política de construcción y reacondicionamiento de viviendas mucho más agresiva. En torno a este tema existe una gran oportunidad de desarrollo, toda vez que tanto la mano de obra como las materias primas que van a ser requeridas en el proceso pueden ser provistas a nivel local: carpinteros, madera, aislantes, etc. Se genera riqueza no solo cuando se exporta o comercializa algún producto, sino también cuando se evita el despilfarro de los recursos (ahorro).

La inversión en mejorar la eficiencia energética de las construcciones genera un beneficio permanente. Por el contrario, la quema de combustibles excesiva para resolver el confort sin eficiencia térmica es una solución efímera que no resuelve el problema de fondo. Por consiguiente, cualquier inversión que se haga en esta materia va a tener un efecto multiplicador en la economía, y en forma muy notable en la calidad de vida de las familias chilenas.

5. REFERENCIAS

Cámara Chilena de la Construcción. 2010. Estudio de usos finales y curva de la oferta de la conservación de la energía en el sector residencial. 404 p. Disponible en http://antiguo.minenergia.cl/minwww/export/sites/default/05_Public_Estudios/descargas/estudios/Usos_Finales_COC_Sector_Residencial_2010.pdf

Castillo, C. 2001. Estadística climatología Tomo II. Dirección Meteorológica de Chile, Climatología y Meteorología Aplicada. Santiago, Chile, 542 p.

Certificación e Investigación de la Vivienda Austral. 2010. Evaluación de la Demanda de Calefacción y Propuestas de Mejoras en la Envolvente Térmica en Viviendas de la Ciudad de Valdivia. Informe N°3, 22 p.

Certificación e Investigación de la Vivienda Austral. 2012a. Informe análisis termográfico e higrotérmico viviendas sociales Brisas de Guacamayo.

Certificación e Investigación de la Vivienda Austral. 2012b. Evaluación técnica y económica de viviendas más incidentes en demanda térmica en el radio urbano de la ciudad de Valdivia. Informe Final.

Egan, D. 1975. Concepts in Thermal Comfort. Prentice Hall. 203 p.

Falabella, M.T., Stivale, S., Asís, S., Cusán, M.I., Peña, P. 2006. Cíclico, preventivo y constante: el mantenimiento edilicio y su relación con la patología constructiva. Nobuko. Buenos Aires Argentina. 215 p.

Fisher, G., Kjellstrom, T., Kingham, S., Hales, S., Shrestha, R. 2007. Heat and air pollution in New Zealand. Health Research Council, Ministry for the Environment, Ministry of Transport, Wellington, New Zealand.

Fissore, A., Colonelli, P. 2013. Evaluación Independiente del Programa de Reacondicionamiento Térmico. Informe Final. Ministerio de Vivienda y Urbanismo - Ministerio de Energía. 224 p.

Free, S., Howden-Chapman, P., Pierse, N., Viggers, H. 2010. More e□ective home heating reduces school absences for children with asthma. J Epidemiol. Community Health 64(5): 379-386.

González, A. 2014. Casas confortables con mínimo uso de energía: estudio de casos

prácticos para Argentina y Chile. Disponible en http://eficienciapatagonia.blogspot.com.ar/

Guarda, G. 1980. Conjuntos urbanos arquitectónicos Valdivia; SXVIII – SXIX. Pontificia Universidad Católica de Chile. Disponible en http://www.memoriachilena.cl/602/w3-article-9804.html

Howden-Chapman, P., Matheson, A., Crane, J., Viggers, H., Cunningham, M., Blakely, T., Cunningham, C., Woodward, A., Saville-Smith, K., O'Dea, D., Kennedy, M., Baker, M., Waipara, N., Chapman, R., Davie, G. 2007. E□ect of insulating existing houses on health inequality: cluster randomised study in the community. BMJ: 334-460.

Howden-Chapman, P., Viggers, H., Chapman, R., O´Dea, D., Free, S., O´Sullivan, K. 2009. Warm homes: drivers of the demand for heating in the residential sector in New Zealand. Energy Policy 37(9): 3387-3399.

INFOR (Instituto Forestal). 2015. Encuesta residencial urbana sobre consumo de energía, uso de combustibles derivados de la madera, estado higrotérmico de las viviendas y calefacción en las ciudades de Valdivia, La Unión y Panguipulli. Observatorio de los Combustibles Derivados de la Madera.

Instituto Nacional de Estadísticas. 2002. Censo de Población y Vivienda 2002. Disponible en http://www.ine.cl/canales/chile_estadistico/familias/censos.php

Instituto Nacional de Estadísticas. 2014. Actualización y proyección corta de población a la espera del censo abreviado de 2017. Proyecciones de población por comunas 2002 a 2020. Disponible en http://www.ine.cl/canales/chile_estadistico/familias/demograficas_vitales.php

Instituto Nacional de Estadísticas. 2015. Edificación aprobada, sector público y privado, obras nuevas y ampliaciones, por destino y según mes, enero 2003 a la fecha. Disponible en http://www.inelosrios.cl/contenido.aspx?id_contenido=67

Madrid, H., Opazo, F., Parada, O., Vera, S. 2012. Impacto de las infiltraciones de aire en el desempeño energético y térmico de las viviendas. EMB Construcción. Disponible en http://www.emb.cl/construccion/articulo.mvc?xid=63&edi=3&xit=impacto-de-las-infiltraciones-de-aire-en-el-desempeno-energetico-y-termico-de-las-viviendas

Ministerio de Energía. 2014. Proceso participativo política energética: Energía 2050. Mesa de Eficiencia Energética Sector Tecnología y Otros. Presentación Sesión 2. Disponible en http://www.energia2050.cl/documentos

Ministerio de Energía. 2015. Balance Nacional de Energía 2013. Disponible en http://www.minenergia.cl/documentos/balance-energetico.html

Ministerio de Vivienda y Urbanismo. 2010. Texto Actualizado del Decreto Supremo Nº 255 de 2006. Reglamenta Programa de Protección del Patrimonio Familiar. Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

Ministerio de Vivienda y Urbanismo. 2015a. Calificación Energética de Viviendas. Disponible en http://calificacionenergetica.minvu.cl/

Ministerio de Vivienda y Urbanismo. 2015b. Calificación Energética de Viviendas. Mapa de viviendas calificadas. Disponible en http://calificacionenergetica.minvu.cl/mapa-viviendas-calificadas/

Ministerio de Vivienda y Urbanismo. 2014. Anteproyecto de Norma. Requisitos y mecanismos de acreditación para acondicionamiento ambiental de las edificaciones. Parte 2: Comportamiento higrotérmico. Disponible en http://xi.serviu.cl/vivienda/ANEXOS%20CONCURSO/NTM%2011_2.pdf

Organización Mundial de la Salud (OMS). 1987. Health impact of low indoor temperatures. Report on a WHO meeting. Copenhagen, Denmark, p 36.

Pierse, N., Arnold, R., Keall, M., Howden-Chapman, P., Crane, J., Cunningham, M. 2013. Modelling the e□ects of low indoor temperatures on the lung function of children with asthma. J Epidemiol. Community Health 67(11): 918-925.

Prado, F., D'Alencon, R., Kramm, F. 2011. Arquitectura alemana en el sur de Chile. Importación y desarrollo de patrones tipológicos, espaciales y constructivos. Revista de la Construcción 10(2): 104-121.

Reyes, R., Frene, C. 2006. Utilización de leña como combustible en la ciudad de Valdivia. Bosque Nativo 39: 10-17

Reyes, R., Nelson, H., Navarro, F., Retes, C. 2015. Firewood Dilemma: human health in a broader context of well-being in Chile. Energy for Sustainable Development, 28(1): 75-87.

Rauh, V.A., Landrigan, P.J., Claudio, L. 2008. Housing and health. Intersection of poverty and environmental exposures. Ann. N.Y. Acad. Sci. 1136(1): 276-288.

Schueftan, A., González, A. 2013. Reduction of firewood consumption by households in south-central Chile associated with energy e□ciency programs. Energy Policy 63(1): 823–832.

Schueftan, A., González, A. 2015a. Proposals to enhance thermal e□ciency programs and air pollution control in south-central Chile. Energy Policy 79(1): 48-57.

Schueftan, A., González, A. 2015b. The e□ect of energy e□ciency policies on air pollution in south-central Chile. Multidisciplinary Symposium on Energy E□ciency and Sustainability (EES 2015). Kassel University Press. August 2015, pp 66-71.

Universidad de Chile. 2005. Mercado de la leña en zonas urbanas de la X Región. Informe Final. Estudio encargado por la Comisión Nacional de Energía. Centro Micro Datos. Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas, Universidad de Chile.

Vergara, C., Badilla, M. 2008. Estimación del consumo residencial urbano de leña en la ciudad de Panguipulli. Proyecto "Oportunidades de negocios en predios de campesinos en el territorio Siete Lagos, Región de Los Ríos". Corporación Nacional Forestal – Chile Emprende. 12 p.

Webb, E., Blane, D., de Vries, R. 2013. Housing and respiratory health at older ages. J Epidemiol. Community Health 67(1): 280-285.

BES

BOSQUES | ENERGÍA | SOCIEDAD

Número 02 | DIC. 2015

Proyecto apoyado por

CORFO

Conaf

Ministerio de Energía

Gobierno de Chile