

COMPARACIÓN DE RECURSOS ENERGÉTICOS RESIDENCIALES EN LAS CIUDADES DE VALDIVIA (CHILE) Y BARILOCHE (ARGENTINA): PRECIOS Y CONSUMOS

Alejandra Schueftan¹, Alejandro D. González^{2,3}

¹Escuela de Graduados. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile

²Centro Transdisciplinario de Estudios Ambientales y Desarrollo Humano Sostenible, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile

³ INIBIOMA, CCT-Comahue, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina
E-mail: aschueftan@a2s.cl; gonzalezad@comahue-conicet.gob.ar

Recibido 14/08/13, aceptado 23/09/13

RESUMEN: Se investigó la disponibilidad de recursos energéticos en el sector residencial de Valdivia en Chile y de Bariloche en Argentina. Se compararon los precios de los recursos y los consumos promedio. En ambos casos, el requerimiento principal es en calefacción, para la cual en Valdivia en su mayoría se usa leña, y en Bariloche gas natural, en ambos casos con los precios relativos menores. Por unidad de energía y de salario el gas natural en Bariloche resulta 12 veces más barato que la leña en Valdivia. En Chile no se subsidia la energía, pero existen subsidios a la rehabilitación térmica de viviendas sociales, el recambio de ampolletas y los paneles solares para agua caliente sanitaria. Se estudian los ahorros energéticos conseguidos con los subsidios que otorga el gobierno en Chile, comparando el reacondicionamiento térmico con el recambio de ampolletas y el uso de energía solar para calentar agua. Se encuentra que el reacondicionamiento térmico tiene el mayor potencial para reducir el consumo de energía, debido a la alta demanda de calefacción de las construcciones existentes.

Palabras clave: Precio del gas y la leña – Argentina y Chile – Sector residencial

INTRODUCCIÓN

Debido a la influencia que puede tener en el comportamiento del usuario, los precios de los recursos energéticos se consideran instrumentos de política energética (Lindén et al., 2006). En trabajos previos se investigó el consumo de gas natural en viviendas unifamiliares de la ciudad de Bariloche (González et al., 2006; González, 2008). A través de encuestas se conocieron las características constructivas de las viviendas, los equipos de calefacción y agua caliente sanitaria, y los consumos por mes y bimestre de electricidad y gas, respectivamente. El promedio de consumo de gas por hogar resultó de 4800 m³ por año, con 4100 m³/año utilizados en calefacción. Esto representa 159 GJ/año (44200 kWh/año) por vivienda de energía utilizada en calefacción. Se mostró también que este consumo es entre 3 y 5 veces mayor que casas del mismo tipo ubicadas en zonas climáticas similares en Europa pero con aislamientos térmicos adecuados. El análisis de las características de las viviendas de Bariloche explicó los altos consumos: falta de aislaciones térmicas y otras técnicas de conservación; uso masivo de calefactores de baja eficiencia (Juanicó y González, 2008); muy bajo precio del gas natural (González, 2009). Otros autores también encontraron muy altos consumos de gas natural en calefacción en viviendas de La Plata (Czajkowski et al., 2003; Vagge et al., 2008a), La Pampa (Filippín et al., 2008, Vagge et al., 2008b), Río Grande (Díaz y Czajkowski, 2006) y Comodoro Rivadavia (Mercado et al., 2008). Se observó la similitud de las construcciones en todas las regiones, insensibles a la diversidad climática. En general, el potencial de mejora térmica puede alcanzar el 75% en reducción del consumo (Filippín, 2005).

Una situación térmica similar se encontró en la ciudad de Valdivia, Chile. El Centro de Investigación para la Vivienda Austral (CIVA, 2010) de la Universidad Austral de Chile, realizó una encuesta que incluyó 357 viviendas de 65 tipologías distintas en la ciudad de Valdivia, las cuales utilizan leña como principal vector energético de calefacción. El uso extensivo de leña en conglomerados urbanos es responsable de altas concentraciones de material particulado PM10 y PM2.5. En la ciudad de Santiago de Chile, con mayores concentraciones de material particulado debido al tráfico de vehículos, la leña no es permitida para calefacción. Sin embargo, en las ciudades del sur de Chile como Temuco, Valdivia y Osorno, el 95% de los hogares utiliza leña como fuente de calefacción (INFOR, 2005), y las condiciones del aire en otoño, invierno y primavera no son aptas en una cantidad de días que sobrepasan los valores establecidos en la normativa (MMA, 2013). Las mediciones diarias de material particulado muestran que en las ciudades mencionadas del sur de Chile el aporte del tráfico de vehículos es mucho menor al de la combustión de leña (SINCA, 2013).

Por otro lado, los subsidios al consumo de gas natural permitieron a los usuarios residenciales de Bariloche sostener los altos consumos observados. En un trabajo previo (González, 2009) se analizó la nueva escala de precios por nivel de consumo domiciliario. Considerando los precios más elevados (usuarios R3-4 de más de 7400 m³ por bimestre), el precio abonado por los hogares es 13 veces menor al que se abona en puerto por el Gas Natural Licuado importado en barcos, 9 veces menor al que se abona por el gas importado por gasoducto desde Bolivia (ENARSA, 2013), y 4 veces superior al precio acordado para las nuevas producciones de gas no convencional (shale and tight gas Cuenca Neuquina) (Lavia y Shiratori, 2012). Esta comparación será útil en el análisis de las diferencias en los precios de la energía entre las dos localidades estudiadas.

Sin embargo, como consecuencia de políticas energéticas que no priorizaron la eficiencia (Rosenfeld et al., 2003), los altos consumos de gas y la falta de inversiones condujeron a la disminución sistemática de las reservas de gas natural a partir de 2003, lo cual conllevó a la disminución y luego corte total de las exportaciones de gas natural a Chile a través del gasoducto transandino (Mundaca, 2013). A partir de 2010 se intensificaron las importaciones de gas a través de la instalación del puerto regasificador de Bahía Blanca, y en 2011 se agregó el segundo puerto regasificador de Escobar. Además de las ineficiencias edilicias, se investigaron también los artefactos a gas de tiro balanceado más usados en calefacción, los cuales presentan rendimientos menores al 65% (Juanicó et al., 2006a). Se estudió también la mejora de estos calefactores, encontrándose que con modificaciones sencillas y de costo menor al 10% del valor de venta del equipo, la eficiencia térmica del calefactor podría alcanzar 85% (Juanicó et al., 2006b). Estos resultados fueron publicados a nivel local e internacional, y fueron comunicados en conferencias públicas reiteradas, y en la sede central del CONICET se realizó en 2007 un taller para el cual se invitó especialmente a los fabricantes de calefactores y a las autoridades nacionales. La mejora de calefactores derivó en la inscripción de una patente tecnológica, y recibió el primer premio en el concurso Innovar. Al presente, los calefactores siguen fabricándose en la misma forma y no han mejorado su rendimiento. Esta situación muestra claramente el desinterés que se produce al disponer de un recurso energético muy barato y de fácil acceso (González, 2008).

En el caso de Valdivia, la mayoría de las viviendas consumen demasiada energía para calefacción al igual que las estudiadas en Bariloche (González et al., 2006). A pesar de tener niveles similares de eficiencia en las viviendas, ambos países tienen políticas energéticas muy distintas en cuanto al precio de los combustibles. Salvo algunas excepciones puntuales, en Chile no se subsidian los combustibles, pero se desarrollan programas de reacondicionamiento térmico de viviendas, de recambio de ampolletas, subsidio al uso de colectores solares para agua caliente sanitaria y programas de recambio de calefactores por modelos de mayor eficiencia. Sin embargo, estos programas están limitados a los sectores de escasos recursos. El objetivo de este trabajo es comparar los recursos disponibles y las políticas energéticas que afectan el consumo residencial en las dos ciudades mencionadas.

DISPONIBILIDAD DE RECURSOS ENERGÉTICOS Y PRECIOS

En la ciudad de Bariloche

En trabajos previos se estudió en detalle el uso de energía en Bariloche, y los precios a usuarios residenciales (González et al., 2006; González 2008; 2009). El gas natural es el combustible más usado en calefacción, cubriendo cerca del 65% del sector residencial urbano y periurbano. En el 35% restante, la leña es el principal combustible para calefacción, seguido del gas licuado de petróleo y la electricidad. La eficiencia térmica edilicia es muy baja, teniéndose consumos en calefacción de 450 kWh/m² (1620 MJ/m²) para 3600 grado-día anuales. Con requerimiento climático similar, el parque edilicio en el norte de Europa tiene consumos de 4 a 5 veces menores (Filippín, 2008). En el invierno de 2013, y dado el alto consumo derivado de la baja eficiencia térmica y del incremento edilicio residencial y comercial, el gasoducto cordillerano que alimenta a Bariloche se encuentra en su máxima capacidad, por lo cual no es posible el suministro para construcciones nuevas y se restringe el uso de GNC en automóviles. El gasoducto cordillerano ya fue ampliado en tres oportunidades, y está prevista una nueva ampliación en el corto plazo (Río Negro, 2013).

En la ciudad de Valdivia

Como se mencionó, en el zona sur de Chile el principal vector energético para calefacción es la leña, que se usa en 95% de los hogares. El 85% de la leña utilizada con fines térmicos proviene de bosques nativos, y el 15% de plantaciones (INFOR, 2005). Las Figuras 1a) y 1b) muestran el primer paso en la adquisición de leña en los hogares. En los meses de verano, los usuarios compran la mayor parte de la leña que se usará en el año. Esta es transportada por camión hasta el domicilio, en trozos de 1 m de largo y sección irregular. En ese lugar se corta en 3 partes, usualmente con motosierra, y se almacena dentro del predio.



Fig. 1: Compra de leña a granel para la provisión residencial anual

Luego es necesario un segundo corte longitudinal que se hace con hacha (“picado de leña”) para conseguir tamaños adecuados para las estufas y cocinas. Cerca del 10% del costo final que paga el hogar por el m³ estéreo (m³st, volumen de leña apilada) corresponde a los cortes y tareas de apilado en el domicilio. El m³st de leña seca a 20% de humedad máxima contiene en promedio 1540 kWh (5544 MJ) de energía (CIVA, 2013).

Minoritariamente, se utiliza gas envasado (50% propano 50% butano) en calefacción con calderas hogareñas. Este recurso es por lo general comprado a granel y envasado en un tanque domiciliario de entre 1000 lts y 3000 lts. Se utiliza también el kerosene, y en los años recientes en estufas de alta eficiencia importadas de Japón. El recurso eléctrico se utiliza en artefactos individuales tipo calventores y otras estufas resistivas. En la zona sur el porcentaje total de calefacción con gas, kerosene, o electricidad en el sector residencial no supera el 5% (INFOR, 2005). En ninguno de los combustibles o electricidad utilizados en Valdivia existen subsidios al precio de compra.

Desde 2008 existe en Chile un sistema de certificación de la leña, a través del cual se normaliza el contenido de humedad y algunos parámetros de la procedencia, como manejo de bosque o plantación, y grado de reforestación. Las instituciones realizan esfuerzos para promover el uso de leña certificada. La extracción de esta corresponde a bosques con planes de manejo y la leña que se vende tiene un contenido de humedad máximo del 25%. Se fiscalizan precios y calidades y luego se anuncia con extensa publicidad los distintos lugares de compra y las condiciones. Sin embargo, el alcance de este programa en la población es limitado. A modo de ejemplo, en la región de Los Ríos donde se ubica la ciudad de Valdivia, sólo 1,2% de la leña utilizada es certificada (SNCL, 2010). Este tipo de leña es comercializado sólo en tres comunas de la región (La Unión, Corral y Valdivia). A pesar de que la ciudad de Valdivia tiene el consumo más alto con respecto a otros lugares de la región, el uso de leña certificada llega al 2,8% lo que corresponde a una fracción muy baja de la leña que se consume para calefacción.

El mercado de la leña tiene una participación en las economías locales que en 2006 correspondió al 1,2% del PIB para la región de La Araucanía donde se ubica la ciudad de Temuco y un 0,9% del PIB para la región de Los Lagos donde se ubican las ciudades Osorno y Puerto Montt, y en ese momento también Valdivia (Gómez-Lobo et al., 2006) (Nota: la región de los Ríos, donde actualmente se encuentra la ciudad de Valdivia, se creó en 2007 como la XIV región de Chile). Sin embargo, como la comercialización de leña certificada comprende del 1 al 3%, existe una alta pérdida en impuestos debido a la informalidad del mercado. De acuerdo a estudios previos las pérdidas para la zona centro-sur de Chile corresponden a entre 14,5 y 16,3 millones de dólares (Gómez-Lobo et al., 2006).

Precios de recursos energéticos en Bariloche y Valdivia

En la Tabla 1 se indican los precios de facturación final para los recursos disponibles en ambas ciudades. Se indican los precios en la moneda local, \$CL (pesos chilenos) y \$AR (pesos argentinos), y el valor energético (poder calorífico superior) de la unidad del recurso. En Bariloche: el precio de la leña es el promedio del precio de pino y de maderas nativas; el de gas es el precio de usuario residencial R3-2 que corresponde al promedio de consumo de 4900 m³/año (González, 2009) provisto por la empresa Camuzzi Gas del Sur (Camuzzi, 2013); el gas envasado licuado de petróleo es el precio del gas en envase de 10 kg subsidiada; la electricidad es el precio de facturación normal de la Cooperativa de Electricidad Bariloche (único proveedor) para 200 kWh/mes; el precio de los combustibles líquidos es el de estaciones de servicio YPF de Bariloche. En Valdivia: el precio de la leña corresponde a madera nativa no certificada e incluye 10% de mano de obra de corte y apilamiento dentro del predio; el gas licuado de petróleo es el precio por kg que tiene la carga regular (no catalítico) del envase de 15 kg entregado en domicilio; el precio eléctrico corresponde a facturación residencial de 200 kWh/mes con todos los impuestos; los combustibles líquidos son precios de estación de servicio COPEC. Se indica además el salario mínimo en las dos ciudades y el valor del dólar en las monedas locales en julio 2013.

	Unidad de compra	Precio Valdivia (\$CL /unidad)	Precio Bariloche (\$AR / unidad)	Valor energético (MJ /unidad)
Leña	m3st	30000	240	5544
Gas natural	m3		0,25	38,9
Gas licuado petróleo	kg	1200	1,6	49,3
Electricidad	kWh	110	0,5	3,6
Nafta súper	litro	830	7,7	34,9
Diesel	litro	650	6,8	38,5
Kerosene	litro	650	7,4	37,1
salario mínimo		193000	2875	
Dólar	unidad	495	5,5	

Tabla 1: Precios de recursos energéticos para Bariloche y Valdivia, a consumidor final con impuestos.

A fin de comparar los precios que se encuentran en monedas locales, se define el Poder Adquisitivo Energético (PAE), como la cantidad de energía en GJ que puede comprarse con el valor de un salario mínimo. En la Tabla 2 se muestran los resultados del PAE para las dos ciudades estudiadas.

	PAE Valdivia (GJ /salario mínimo)	PAE Bariloche (GJ / salario mínimo)
Leña	36	66
Gas natural		447
Gas licuado petróleo	9	89
Electricidad	6	21
Nafta súper	8	13
Diesel	11	16
Kerosene	11	14

Tabla 2: Poder Adquisitivo Energético (PAE) para distintos recursos en Valdivia y Bariloche

En Valdivia, se observa un alto poder adquisitivo de leña en comparación con los otros recursos. Es notable que el diesel y el kerosene sean las alternativas más económicas siguiendo a la leña, y la electricidad es el recurso de más alto precio. En Bariloche, el gas natural es el recurso de más bajo precio, con un PAE 5 veces más alto que el del gas envasado subsidiado y de 7 veces más alto que la leña. Es interesante notar que el gas envasado resulta más económico que la leña, por el contrario de lo encontrado en un trabajo previo de 2006, en el cual se tenía que la leña costaba 2,6 veces menos que el gas envasado (González et al., 2006). El gas envasado tiene en 2013 el mismo precio subsidiado que en 2006. La leña es un recurso sin precio regulado en Bariloche, y al presente ha superado al precio del gas envasado por unidad energética.

El PAE para gas natural, gas envasado, y leña en Bariloche es mucho más alto que para la leña en Valdivia, la cual es el combustible más económico en esta ciudad. Comparado con la leña en Valdivia, un hogar de Bariloche obtiene 12 veces más energía por salario si usa gas natural, 2,5 veces más si usa gas envasado, y 2 veces más si utiliza leña. El PAE para leña es casi 2 veces mayor en Bariloche que en Valdivia, lo cual puede ser debido a la presión que ejerce el gas envasado subsidiado sobre el precio de la leña en Bariloche.

CONSUMOS DE ENERGÍA EN CALEFACCIÓN EN VALDIVIA

En la Figura 2 se muestra el número de viviendas encuestadas y sus distintos niveles de consumo de leña. Este resultado es parte del estudio que realizó el Centro de Investigación para la Vivienda Austral (CIVA, 2010) de la Universidad Austral de Chile. Se encuestaron 357 viviendas de 65 tipologías distintas en la ciudad de Valdivia, las cuales utilizan leña como principal vector energético de calefacción y se construyeron con anterioridad a 2007, año de entrada en vigencia de la normativa térmica chilena.

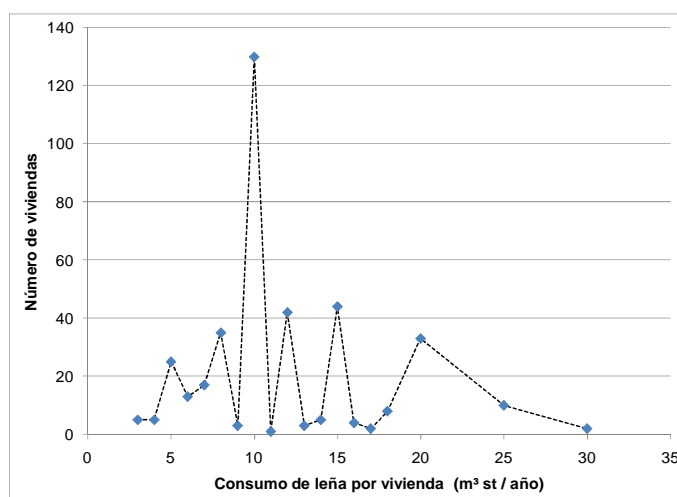


Figura 2: Número de viviendas con consumo de leña entre 3 y 30 m³ st/año

Con los datos de la muestra puede estimarse la cantidad de leña que utiliza el parque edilicio construido anterior a 2007 en función de los niveles de leña consumidos al año por vivienda. En la Figura 3 se grafica el consumo acumulado de leña asumiendo que las 47.000 viviendas del parque existente siguen el mismo patrón de consumo encontrado en la encuesta. El total estimado es de 550.000 m³ estéreo, que representa una energía de 847 GWh/año.

En la Figura 3 se indica el valor medio de consumo por vivienda para la muestra estudiada por CIVA. El análisis estadístico de los resultados muestra un consumo medio de 12 m³ estéreo por año con una desviación estándar de 5, lo que corresponde a 66 GJ/año por vivienda para calefacción, con un requerimiento de 2000 grado día anuales (Meteo, 2001)

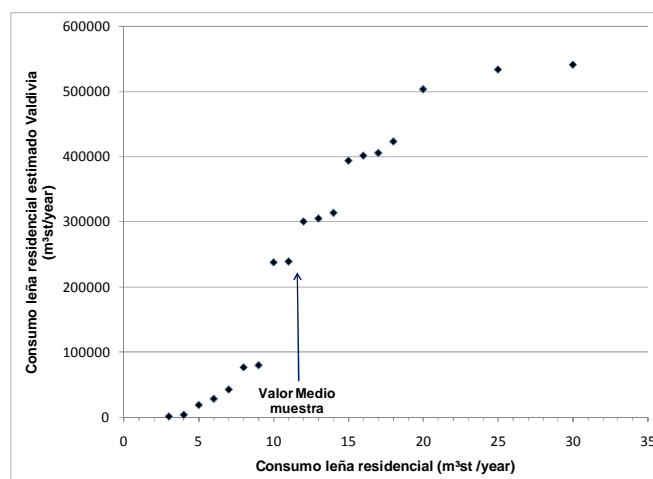


Figura 3: Consumo residencial estimado de leña en Valdivia, en función del rango de consumo por vivienda

Por otro lado, para las mismas casas a las que se les aplicó la encuesta se les hizo una modelación para predecir el consumo energético, y se obtuvo un valor simulado de $13,5 \text{ m}^3$ estéreo para cada hogar. Esta diferencia puede atribuirse a las temperaturas interiores reales de las viviendas que son diferentes a la temperatura de confort de $18,3^\circ\text{C}$ que asume el software. En la práctica, la mayoría de las viviendas no llegan a niveles mínimos de confort, lo que es más común en sectores de bajos ingresos.

SUBSIDIOS RELACIONADOS AL CONSUMO ENERGÉTICO EN CHILE

Con anterioridad al 2000 no existía normativa térmica para edificios en Chile. En el año 2000 se implementó una primera etapa de la normativa, que sólo contemplaba requerimientos obligatorios para la techumbre. En 2007 se amplió la exigencia térmica agregando muros y pisos, y se establecieron zonas climáticas con transmitancias mínimas obligatorias para la aprobación de proyectos nuevos. Esta normativa no es obligatoria para edificios existentes. Los requerimientos de esta reglamentación son bajos en relación a los de otros países OCDE con climas similares (Nota: Chile forma parte de un grupo de países en la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, OCDE). Por ejemplo, en la ciudad de Valdivia, la aislación requerida en muros de envolvente para cumplir con la normativa térmica es de sólo 2 cm, para techumbre es de 14 cm, y para pisos ventilados de 5 cm de espesor. No existe requerimiento para los radiadores de hormigón que son el sistema constructivo más utilizado en Chile. Todos los edificios construidos después del año 2007 deben cumplir con la normativa térmica, pero 85% del parque construido en Valdivia es anterior a este año, por lo que la gran mayoría de las construcciones no cumple con los requerimientos básicos de esta reglamentación.

En Chile se ha implementado un programa de reacondicionamiento térmico para hogares económicamente vulnerables. El programa se puso en marcha en el año 2008 y hasta el momento ha cubierto 0,6% de las viviendas construidas antes de la entrada en vigencia de la normativa térmica. Este subsidio financia las mejoras requeridas para que las viviendas cumplan con la normativa térmica del año 2007.

Se realizaron modelaciones térmicas para predecir la disminución en el consumo de energía para calefacción al aplicar las mejoras financiadas por el subsidio de reacondicionamiento térmico. Para esto se utilizó un prototipo correspondiente a la vivienda social tipo. Se modeló la situación actual de las viviendas entregadas con anterioridad a 2007 por el Servicio de Vivienda y Urbanismo (SERVIU, 2009) y reacondicionados para cumplir con la normativa térmica chilena de 2007 y con la normativa térmica de EE.UU. (ASHRAE) que es más exigente en cuanto a transmitancia térmica y considera la eliminación de puentes térmicos.

kWh totales / vivienda / año													
Demanda calefacción	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total año
NT 2000	591	668	1219	2048	2852	3254	3545	3378	2807	2139	1496	979	24976
NT 2007	96	156	398	805	1178	1357	1484	1389	1126	813	517	277	9596
ASHRAE 2005	74	107	250	487	706	812	888	833	679	495	321	181	5833

Tabla 3: Demanda térmica mensual y anual para calefacción al aplicar distintas normativas térmicas (NT) para viviendas.

Para esta modelación se calcularon las pérdidas considerando la transmitancia térmica a través de todos los paramentos de la envolvente, de las infiltraciones, y las ganancias solares. Se obtuvo la energía necesaria en calefacción para mantener la casa a una temperatura constante de $18,3^\circ\text{C}$. En la Tabla 3 se muestran los resultados de la energía mensual necesaria en calefacción para las 3 situaciones edilicias: NT2000 es la vivienda original construida de acuerdo a la norma chilena de 2000;

NT 2007 es la normativa vigente explicada más arriba; y ASHRAE es la norma térmica para edificios utilizada en EE.UU. Considerando el consumo total anual, la mejora que otorga el subsidio para alcanzar la normativa 2007 implica una reducción de consumo de 62%, aun cuando la normativa 2007 no es tan exigente como otras normas. Si se realizaran la rehabilitación al nivel de la norma ASHRAE el ahorro en energía para calefacción sería de 76% respecto de la vivienda original de 2000, y de 39% de reducción con respecto a la normativa chilena de 2007.

Se ha implementado también un subsidio de recambio de ampolletas incandescentes por ampolletas eficientes. Este apunta a los sectores más vulnerables de la población y considera 7 centros de iluminación que es lo exigido por la norma para viviendas sociales. Para calcular la reducción en el consumo de energía que se genera al aplicar este subsidio se utilizó la metodología propuesta por la *Efficiency Valuation Organization* (EVO, 2009). Para medir la EE aportada por el recambio de ampolletas se debe estimar la potencia de los dispositivos durante el *periodo de referencia* y durante el *periodo demostrativo de ahorro*. Las horas de funcionamiento son estimadas al momento de calcular el consumo de energía. Para determinar las horas de uso de los equipos de iluminación se utilizó un valor de 3,5h para un periodo de 24h. Este valor se aplicó para cada centro de luz independiente por recinto.

Los resultados indican que el consumo diario de una ampolleta base de 100W es de 2,45 kWh (8,8 MJ) y para una ampolleta eficiente estándar de 20W es de 0,49 kWh (1,76 MJ). En la Tabla 4 se muestra el consumo mensual en cada caso, y el total anual. Con ampolletas incandescentes el consumo base anual es de 895 kWh (3220 MJ) y el consumo reducido por ampolletas eficientes de 179 kWh (644 MJ), generando un ahorro energético anual de 716 kWh (2577 MJ) para la vivienda tipo lo que corresponde a un 80% de ahorro.

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	TOTAL
CA Base 100 watts	76	68,6	76	73,5	76	73,5	76	76	73,5	76	73,5	76	894,6
CA eficiente 20 watts	15,2	13,7	15,2	14,7	15,2	14,7	15,2	15,2	14,7	15,2	14,7	15,2	178,8

Tabla 4: Consumo de ampolletas incandescentes y de bajo consumo. Los resultados se presentan en kWh.

También existe un subsidio para la utilización de colectores solares para agua caliente denominado “Franquicia Tributaria para Sistemas Solares Térmicos para la Implementación de Agua Caliente Sanitaria (ACS)”. Este apunta a las empresas constructoras e incentiva la implementación de estos sistemas en conjuntos de viviendas a cambio de una rebaja tributaria. Para el estudio del ahorro en consumo de energía producido por esta estrategia se utilizaron los requerimientos establecidos por la Ley 20.365 (FT, 2009) para Franquicia Tributaria y el Manual de Diseño Para el Calentamiento de Agua Incluido en Sistemas Solares Térmicos, de la Corporación de Desarrollo Tecnológico de la Cámara Chilena de la Construcción. (CDT, 2007). Se consideró la energía calórica necesaria para calentar el agua de la red a una temperatura de uso de 40 °C y se estimó el consumo de agua en 40l por persona al día. También se determinaron las ganancias térmicas de los colectores solares y la energía térmica traspasada a la red de ACS de la vivienda por 1m² de colector solar. Se consideró una superficie de 2,9 m² según lo recomendado para la zona de Valdivia y se realizó el cálculo considerando 5 habitantes por vivienda.

La tabla 5 indica que en los meses de enero, febrero y marzo se cubre completamente la demanda para ACS de la vivienda tipo. Sin embargo, para el resto del año no es posible suplir esta demanda, en especial para los meses de invierno como es el caso de junio (59 kWh) y julio (57 kWh) que son los meses del año en los cuales se produce la menor cantidad de energía por medio de los sistemas solares térmicos, en relación a diciembre (170 kWh) y enero (193 kWh) que generan la mayor cantidad.

La franquicia tributaria actual exige cubrir un mínimo de un 30% de la demanda anual de energía solar para la zona geográfica de Valdivia. Los resultados indican que para un estanque de reserva de 200 litros la demanda energética suplida por los sistemas solares es de un 62% anual para ACS en esta zona climática.

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	TOTAL
DE	164	141	160	170	195	206	223	227	215	210	189	178	2278
ESG	193	165	162	104	67	59	57	85	110	134	152	170	1458

Tabla 5: Energía térmica entregada por los sistemas solares mensualmente en kWh y demanda energética total de la vivienda en estudio. **DE** = demanda energética, **ESG** = energía solar generada.

Si se comparan las tres estrategias estudiadas se puede establecer que el reacondicionamiento que otorga EE térmica a la envolvente es comparativamente la intervención que otorga un mayor ahorro energético al implementarlo en la vivienda modelo, ya que su ganancia energética anual es de 15378 kWh mientras que para sistemas solares térmicos es de 1458 kWh/año (5249 MJ/año) y para el recambio de ampolletas es de 716 kWh/año (2577 MJ/año). Es interesante notar que, al igual que en investigaciones en Bariloche, La Plata, La Pampa, y otras zonas de Argentina, en Valdivia el principal requerimiento energético es térmico, tanto en calefacción como en ACS, y la electricidad representa la menor cantidad de energía utilizada en viviendas.

La Figura 4 muestra la disminución de consumo que se obtiene por implementación de las tres estrategias abarcadas por los subsidios en Chile. Los resultados muestran que la diferencia entre los sistemas solares térmicos y el recambio de ampolletas puede ser comparativa o igualable en cuanto a la disminución de kWh que se genera en los meses de invierno, ésta diferencia se observa en los meses de mayo, junio y julio en los cuales la diferencia no es mayor a un 10% y puntualmente en junio la diferencia es menor al 1% mensual.

De las tres estrategias implementadas, el recambio de ampolletas permite un ahorro de energía constante durante el año, a diferencia de los sistemas solares térmicos los que pueden aportar energía significativa en los meses de verano. La aislación térmica de la vivienda es especialmente efectiva en los meses de invierno, debido al clima de la ciudad de Valdivia que requiere mayor energía en calefacción (cerca de 2000 grado-día anuales).

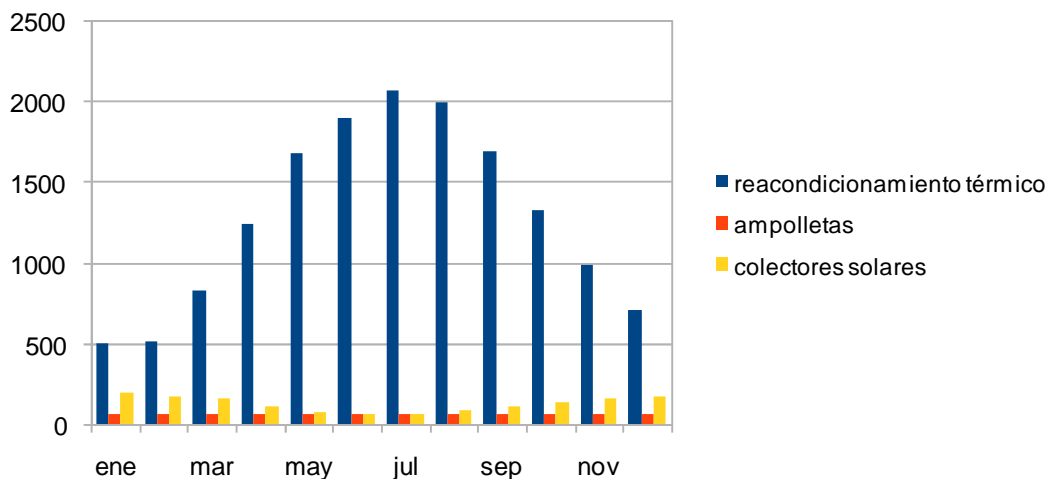


Figura 4: Disminución del consumo energético en kWh, para las tres estrategias.

La metodología de recambio de ampolletas (7 ampolletas) es la más económica de implementar con un valor unitario de US\$ 4,4 y un total de US\$31. El segundo sistema más económico de implementar es el de sistemas solares térmicos, que tiene un costo de implementación de US\$1420, que corresponde al valor máximo de implementación de esta franquicia tributaria.

Finalmente el reacondicionamiento térmico de la envolvente es la alternativa más costosa, cuyo valor de implementación para cumplir con la normativa térmica de 2007 es de US\$3590 y para cumplir con la normativa de EEUU (ASHRAE 2005) es de US\$6850. En el programa de subsidios para rehabilitación térmica este rubro considera un valor máximo de US\$5970 por vivienda.

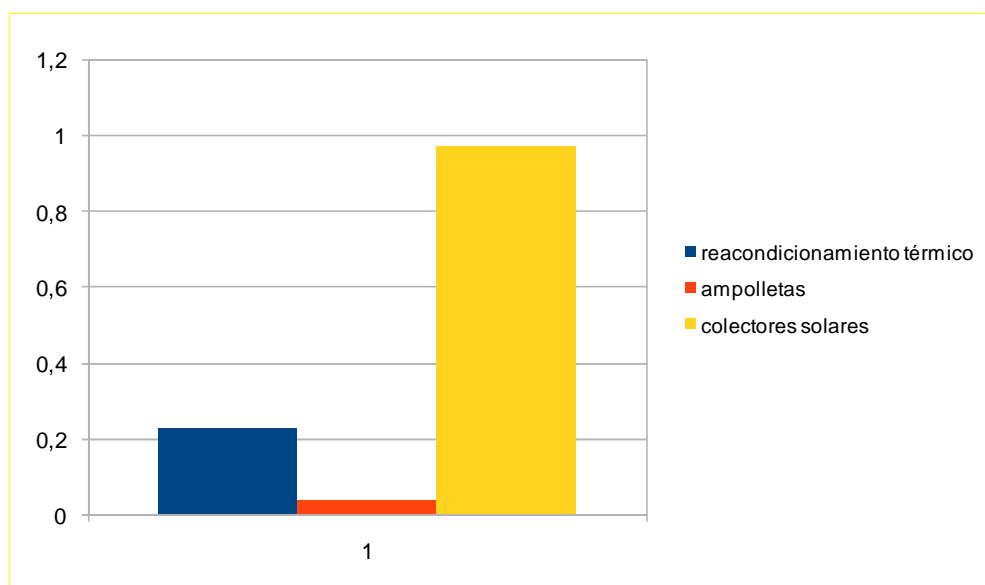


Figura 5: Costo (US\$) de reducción de 1 kWh. Los sistemas solares térmicos son los que implican un mayor costo por cada kWh reducido (US\$0,97), en relación al costo de reducción del reacondicionamiento térmico de la envolvente para cumplir con la normativa 2007 (US\$0,23) y el recambio de ampolletas (US\$0,04).

Sin embargo, como se aprecia en la Figura 5, la estrategia que implica un mayor costo (US\$) por cada kWh reducido es la utilización de sistemas solares térmicos para ACS.

CONCLUSIONES

Se estudia la disponibilidad de energía en viviendas de Valdivia y Bariloche, y los subsidios disponibles en cada localidad, ya sea para permitir al usuario cumplir con la demanda o para reducirla. Debido a las distintas unidades monetarias y de precios locales, se define una unidad de acceso a la energía para comparar los dos casos: el Poder Adquisitivo Energético (PAE), en GJ por salario mínimo. Este depende del precio de cada recurso, del poder calorífico, y del salario mínimo local. En Bariloche un hogar tiene un PAE=447 en gas natural, mientras que en Valdivia PAE=36 para leña, los dos vectores energéticos más utilizados en cada localidad. La provisión de electricidad tiene un costo residencial de 1 salario mínimo por cada 5750 kWh en Bariloche (PAE=21), y de 1 salario mínimo por cada 1755 kWh en Valdivia PAE=6). Se encontró que la eficiencia en calefacción es similar en las dos ciudades, normalizado a grado-día de la demanda en calefacción. Por lo tanto, la proporción de ingresos familiares dedicada a energía residencial es mucho mayor en Valdivia que en Bariloche.

Por otro lado, se estudió un modelo de vivienda social en Valdivia para el cual son aplicables los subsidios relacionados al consumo energético vigente en Chile. Existen tres subsidios: reacondicionamiento térmico de la envolvente; recambio de ampollas de iluminación; e implementación de paneles solares para agua caliente sanitaria. El mayor efecto en reducción de consumo lo provee la rehabilitación térmica, seguido de los paneles solares y la iluminación. Sin embargo, considerando el costo de las tres estrategias, por unidad monetaria el kWh ahorrado en iluminación es el más económico, le sigue el de rehabilitación térmica, y con mayor costo el solar para agua caliente. Los valores máximos entregados en los subsidios en Chile son de 3,5 salarios mínimos para paneles solares, y de 14,6 salarios mínimos para la mejora térmica de la envolvente. Se encuentra que ambos son suficientes para implementar las mejoras hasta cumplir con la norma térmica vigente desde 2007 en Chile.

REFERENCIAS

- Camuzzi (2013). Camuzzi Gas del Sur. Tarifas vigentes en San Carlos de Bariloche <http://www.camuzzigas.com/incluyes/tarifas/21.pdf>
- CDT (2007). Corporación de Desarrollo Tecnológico, Cámara Chilena de la Construcción (CChC). 2007. Sistemas Solares Térmicos. Manual de Diseño Para el Calentamiento de Agua. Santiago, Chile. 141p.
- CIVA-UACH (2010). Evaluación de la Demanda de Calefacción y Propuestas de Mejoras en la Envolvente Térmica en Viviendas de la Ciudad de Valdivia. Centro de Investigación de la Vivienda Austral, Universidad Austral de Chile, Valdivia. <http://www.combustiblesolidosag.cl/index.php/descarga-documentos>
- Czajkowski J. et al. (2003). Comportamiento energético ambiental en viviendas del Gran La Plata. AVERMA 7, 07.43-07.47
- Díaz C., Czajkowski J. (2006). Auditorías energéticas en viviendas de interés social en Río Grande, Tierra del fuego. AVERMA 10, 07.33-07.38
- ENARSA (2013). Energía Argentina S.A. Gas de Bolivia. <http://www.enarsa.com.ar/index.php/es/gasnatural>
- EVO (2009). Efficiency Valuation Organization. Protocolo Internacional de Medida y Verificación. Conceptos y Opciones para Determinar el Ahorro de Energía y Agua, Volumen 1. Washington, D.C, USA. 145p.
- Filippín C., Flores Larsen S., López Gay E. (2008). Energy improvement of a conventional dwelling in Argentina through thermal simulation. Renewable Energy 33, 2246-2257
- Filippín C. (2005). Energy use of buildings in Argentina. Jou. Building Phys. 29, 69-89.
- FT (2009). Ley 20.365. Franquicia Tributaria para Sistemas Solares Térmicos. 2009. Diario Oficial de la República de Chile, Santiago. Agosto 19: 4-5
- Ganem C., Esteves A., Coch H. (2001). El rol de la envolvente en la rehabilitación ambiental. AVERMA 9, 05.49-05.54
- Gómez-Lobo, A., Lima, J.L., Hill, C., Meneses, M. 2006. Diagnóstico del Mercado de la Leña en Chile. Informe Final preparado para la Comisión Nacional de Energía de Chile. Centro Micro Datos, Departamento de Economía, Universidad de Chile.
- González A.D. et al. (2006). Eficiencia en el uso del gas en viviendas unifamiliares de Bariloche. AVERMA 10, 7.01-7.08
- González A.D. (2008). Aumento de eficiencia térmica en la ciudad de Bariloche: propuesta de plan de mejoras con dirección de subsidios a la inversión, y no al consumo. AVERMA 12, 7.57-7.64
- González A.D. (2009). Consumo de gas en viviendas unifamiliares de Bariloche: análisis de criterios para fijar aumento de tarifas. AVERMA 13, 7.17-7.23
- INFOR, 2012. Estudio de Consumo Domiciliario Urbano de Material Leñoso en Valdivia. Instituto Forestal, Valdivia. <http://www.combustiblesolidosag.cl/index.php/descarga-documentos>
- Juanicó L. et al. (2006a). Eficiencia térmica de calefactores a gas de tiro balanceado. AVERMA 10, 7.25-7.32
- Juanicó L. et al. (2006b). Mejora en la eficiencia de calefactores a gas de tiro balanceado. AVERMA 10, 7.17-7.23
- Lavia M., Shiratori J. (2012). Aspectos Técnicos, económicos y legales del Gas Plus en la Cuenca Neuquina. Jornadas de producción, transporte y tratamiento de gas. <http://apca.noblogs.org/files/2012/11/documento-Apache.pdf>
- Lindén A-L. et al. (2006). Efficient and inefficient aspects of residential energy behaviour: What are the policy instruments for change? Energy Policy 34, 1918-1927
- Mercado V., Esteves A., Filippín C. (2008). Estrategias bioclimáticas en viviendas de índole social en Comodoro Rivadavia, Chubut, Argentina. AVERMA 12, 05.129-05.136
- Meteo, 2001. Estadística Climatología Tomo II. Dirección Meteorológica de Chile. http://164.77.222.61/climatologia/publicaciones/Estadistica_ClimatologicaII.pdf

- MMA (2013). Contaminación del Aire. Ministerio del Medio Ambiente de Chile. http://www.mma.gob.cl/1304/articles-52016_Capitulo_1.pdf
- Mundaca, T. L. (2013). Climate change and energy policy in Chile: Up in smoke? Energy Policy 52, 235-248.
- Río Negro (2013). Diario Río Negro 26/7/2013. "Ratifican la inversión para el gasoducto cordillerano" http://www.rionegro.com.ar/diario/ratifican-la-inversion-para-el-gasoducto-cordillerano-1216428-53285-nota_cordillera.aspx
- Rosenfeld E. et al., (2003). El consumo de energía en el área metropolitana de Buenos Aires en la década del '90: una trayectoria de desarrollo insustentable. AVERMA 7, 07.01-07.05
- Schueftan, A., 2012. Evaluación de Estrategias de Eficiencia Energética y Energía Renovable para las Viviendas Sociales en Valdivia. Tesis de Magister, Universidad Austral de Chile, Valdivia.
- SERVIU (2009). Servicio de Vivienda y Urbanización de Chile.. Itemizado Técnico de Construcción para Proyectos del Programa Fondo Solidario de Vivienda, para el Sistema de Subsidios Habitacional Rural y para el Programa de Protección del Patrimonio Familiar. Santiago, Chile. 9p.
- SINCA (2013). Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire. Ministerio del Medio Ambiente de Chile. <http://sinca.mma.gob.cl/>
- SNCL (2010). Sistema Nacional de Certificación de Leña, Indicadores Nueva Región. <http://www.losrioscomovamos.cl/2012/medioambiente/consumo-de-leña-certificada>
- Vagge C., Czajkowski J., Filippín C. (2008a). Análisis del consumo de gas natural en una vivienda de la ciudad de La Plata. AVERMA 12, 05.81-05.87
- Vagge C., Filippín C., Czajkowski J. (2008b). Auditorías energéticas en Santa Rosa, La Pampa. Análisis del comportamiento energético y consumo de gas natural en edificio de vivienda multifamiliar. AVERMA 12, 05.57-05.64

ABSTRACT: We have investigated the availability and use of energy in the residential sector of the cities of Valdivia, in Chile, and Bariloche, in Argentina. Prices and consumption of various resources were compared. In both cities, the main requirement is heating, and in Valdivia fuelwood is mostly used at lowest prices, while in Bariloche the same occurs with natural gas. Due to subsidies, the cost of heating fuels is very different in both locations: in Bariloche a minimum salary can buy 12 times more energy than in Valdivia. Energy is not subsidized in Chile, but various programs with subsidies to reduce energy consumption exist, including thermal improvement, replacement of light bulbs and solar collectors for water heating in social housing. We have studied the savings achieved by implementing this programs, and compared the thermal, solar and lighting improvements. Due to high heating demand by climate, thermal refurbishment has the largest potential for reductions.

Keywords: Gas and firewood tariffs – Argentina and Chile – Residential dwellings