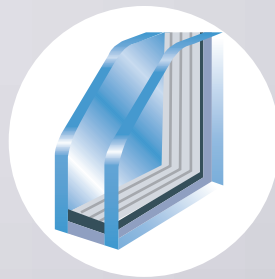
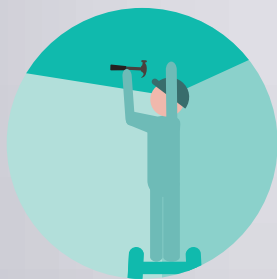


MANUAL ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO

CRITERIOS DE INTERVENCIÓN



Techumbre

Muro

Ventanas

Calefacción

CDT
SOMOS CCHC

CCHC
CAMARA CHILENA DE LA CONSTRUCCION



MANUAL ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO

CRITERIOS DE INTERVENCIÓN

DOCUMENTO DESARROLLADO POR:

Corporación de Desarrollo Tecnológico
Cámara Chilena de la Construcción.

DISEÑO: Haydée Hurtado.

IMPRESIÓN: Gráfica Andes

COMITÉ DE REDACCIÓN:

Paula Colonelli (Secretaria Técnica- ARQENERGIA)
Javiera Guevara (Redactor- Memorista)
María Blender (Revisor Técnico- Arquitecta consultora)
Paola Yáñez (Coordinadora- Corporación de Desarrollo Tecnológico)

ISBN: 978-956-7911-33-2

Registro Propiedad Intelectual: 256 132
1a Edición, Septiembre 2015, 500 ejemplares
Consulta pública: Agosto 2015

LUGAR: Santiago, Chile.

AÑO: 2015.

COMITÉ TÉCNICO:

Carla Bardi – Yoselin Rozas (Ministerio de Energía)
Macarena Cáceres – Ximena Silva (Ministerio de Medio Ambiente)
Iván Alarcón (Solcrom)
Miguel Acevedo (Armalum)
Valentina Barros (Chilectra)
Mónica Budgüe (Vidrios Lirquén)
Luis Carrasco (Volcán)
Alberto Dunker (ETSA)
Daniel Lindley – Francisco Martínez (STO)
Paula Pavez (Metrogas)
Rodrigo Sachs (Syntheon)
Guillermo Silva (Achival)

Corporación de Desarrollo Tecnológico, CDT

Marchant Pereira 221, Providencia. Santiago de Chile.

Fono: (56 -2) 7187500 – cdt@cdt.cl – www.cdt.cl

EDICIÓN PERIODÍSTICA:

Área de Comunicaciones, CDT
Juan Carlos Contreras, Periodista.
Ximena Berríos, Periodista.



Proyecto apoyado por



Patrocina:



La Corporación de Desarrollo Tecnológico agradece la colaboración de las siguientes empresas en la publicación de este documento.



Uno de los grandes desafíos pendientes en el mercado de la construcción, tiene que ver con el acondicionamiento térmico de las viviendas. Si bien la reglamentación actual, establece los parámetros mínimos que debe cumplir una construcción nueva, existe un parque de viviendas existentes, construidas antes del 2001, año de entrada en vigencia de esta reglamentación, que cuentan con condiciones deficientes, afectando la calidad de vida de sus ocupantes, y generando una mayor demanda energética en calefacción.



A nivel estatal, se han articulado diferentes iniciativas para responder a las necesidades de estos hogares. A través de los ministerios de Energía, Vivienda y Urbanismo y Medio Ambiente, se han impulsado programas de subsidio, y apoyo técnico, dirigidos a edificios públicos y privados.

Si bien existe este interés por enfrentar la situación, la falta de conocimiento técnico y capacitación dificulta la puesta en práctica de estos programas. La Corporación de Desarrollo Tecnológico, CDT, de la Cámara Chilena de la Construcción en su misión de ser un referente tecnológico, ha liderado la publicación de documentos que aportan a la formación de la masa crítica de instaladores en el área de acondicionamiento de vivienda. Bajo este compromiso, el Nodo de Eficiencia Energética y Confort Térmico generó este Manual como parte de un sistema de información para la difusión de las buenas prácticas, dirigido a quienes se encargan de la ejecución de las obras.

La elaboración de este documento fue posible gracias a la formación de mesas público-privadas donde participaron destacadas empresas del rubro como: STO, Solcrom, Achival, Metrogas y Chilectra, quienes respaldaron el rigor del contenido técnico en materia de aislación, instalación de ventanas y climatización. Este es el resultado de un esfuerzo conjunto de organismos y empresas pertenecientes al área que tomaron el desafío de mejorar las sinergias entre los actores involucrados en el rubro de acondicionamiento térmico de vivienda.

El proyecto del Nodo de Eficiencia Energética y Confort Térmico, actualmente apoyado por Corfo, ha sido el primer paso para entender las viviendas como sistemas energéticos, permitiendo entender y enfrentar las problemáticas existentes de manera más eficiente en el aspecto técnico y con una mayor efectividad en los costos asociados. El objetivo de este manual es resolver las dudas de quienes actualmente se desempeñan en la instalación de materiales y artefactos utilizados en los trabajos de acondicionamiento térmico.

Como Corporación de Desarrollo Tecnológico ponemos a disposición de ustedes el “Manual Acondicionamiento Térmico”, trabajo que busca convertirse en un texto básico de referencia para la correcta ejecución de proyectos de mejoramiento en los hogares de todo el país.

CARLOS ZEPPELIN H.
Presidente
Corporación de Desarrollo Tecnológico
Cámara Chilena de la Construcción

El concepto Eficiencia Energética (EE) cada día se nos hace más familiar, lo escuchamos en diversos medios. Pero cuando nos referimos a una vivienda ¿A qué se refiere realmente? ¿Está asociado a la disminución del consumo de energía? ¿Para qué? La respuesta a estas interrogantes es: para aumentar nuestra calidad de vida. La EE nos permite obtener condiciones de confort térmico con el mínimo de consumo, lo que finalmente se traduce en bienestar, salud y optimización de nuestros recursos económicos.



En el marco de su Misión, Corfo ha apoyado este Nodo de Eficiencia Térmica en la vivienda -iniciativa liderada por la Corporación de Desarrollo Tecnológico de la Cámara Chilena de la Construcción, que busca fortalecer y mejorar la competitividad de empresas de acondicionamiento térmico-, para otorgar un mejor servicio a sus clientes que quieren reacondicionar sus inmuebles.

Este Nodo, junto a otras iniciativas en esta misma línea, aporta a avanzar en el Programa Estratégico de “Productividad y Construcción Sustentable” que está liderando Corfo y que pretende gatillar un cambio cultural, tanto en la oferta como en la demanda de las edificaciones, en relación a los atributos que se valoran.

Esta iniciativa entrega al dueño de casa una guía con elementos claves para mejorar la EE, que le entrega nociones de lo que puede hacer con un manejo adecuado de su vivienda, así como las posibilidades de reacondicionarla invirtiendo en ella.

¿Quién puede apoyar el reacondicionamiento y hacerlo bien, para que efectivamente disminuyamos los consumos energéticos, especialmente los destinados a calefacción? Para mejorar la calidad del reacondicionamiento, esta iniciativa tiene un espacio importante destinado al fortalecimiento de competencias para el instalador, a través de la capacitación y de la entrega de un manual práctico.

HELEN IPINZA WOLFF
Asesor Sectorial
Subgerencia de Programas Estratégicos de Corfo

Durante los últimos años el precio y suministro de la energía ha hecho que sea un bien escaso en nuestro país y en el mundo. Reducir su consumo y el uso de energía más limpia se puede lograr a través de medidas como el uso de energías renovables, la generación a través de fuentes menos contaminantes y la eficiencia energética.

En Europa tras la crisis del petróleo de los 70, se establecieron legislaciones respecto al tema, y en los últimos años, importantes subsidios han permitido potenciar el uso de energías renovables menos contaminantes e incorporar el concepto de eficiencia energética.



En Chile del 25% de la energía se destina a nivel residencial, y de esto, cerca de un 56% se utiliza en la calefacción de las viviendas. Dado este importante gasto toma relevancia tener un buen acondicionamiento térmico que permita disminuir este consumo.

Una vivienda bien acondicionada puede mejorar sustancialmente su desempeño térmico, su confort interior, reducir el consumo de energía hasta en 60 -70% puede evitar la condensación en muros, generación de hongos y sin duda, mejorar su plusvalía.

Actualmente la Calificación Energética de Viviendas Nuevas es una excelente herramienta que permite conocer el potencial de la vivienda, para comparar, y tener un argumento más para la decisión de compra. Se espera que a futuro se pueda aplicar a viviendas existentes y que sea obligatorio como los países de la Unión Europea.

El Manual de Acondicionamiento Térmico, pretende aclarar algunas dudas frecuentes respecto al tema: Qué es mejor, ¿cambiar las ventanas o aislar los muros?, ¿cuánta aislación de muros es adecuada?, ¿aislar la techumbre es relevante? ¿qué sistema de calefacción utilizar?

Éstas y otras dudas se responden a través de cinco capítulos donde se exploran los criterios de intervención para acondicionar térmicamente la vivienda. El documento está dirigido tanto a quien diseña el proyecto como al instalador con el fin de contribuir al desarrollo adecuado de la vivienda en Chile. Nuestra idea es contribuir para que se desarrollen adecuados diseños de acondicionamiento térmico de viviendas y se instalen adecuadamente.

PAULA COLONELLI P-C
Directora
ArqEnergía
Secretaria Técnica



MANUAL
ACONDICIONAMIENTO
TÉRMICO
CRITERIOS DE INTERVENCIÓN



Contenido

Glosario	10
1. Introducción	14
2. Comportamiento térmico de una vivienda y reglamentación en Chile	20
2.1. Desempeño energético	20
2.2. Balance de energía	32
2.3. Puntos críticos y patologías comunes en la vivienda	38
2.3. Reglamentación térmica en Chile	44
2.4. Calificación energética	46
3. Evaluación y recomendaciones de intervención en la envolvente	50
Situación actual de comportamiento energético de las viviendas existentes en Chile	53
Aumento de aislación térmica respecto a la normativa actual	56
Prioridades para acondicionar una vivienda	61
4. Sistemas de calefacción	64
4.1. Cómo elegir un sistema de calefacción	65
4.1.1. Leña y pellets	69
4.1.2. Kerosene	70
4.1.3. Gas natural	71
4.1.4. Gas licuado	73
4.1.5. Electricidad	74
5.1. Materiales de aislación	80
5.1.1. Poliestireno expandido	80
5.1.2. Lana mineral	81
5.1.3. Lana de vidrio	82
5.1.4. Poliuretano expandido	83
5.1.5. Corcho	84
5.1.6. Tabla comparativa de los distintos materiales aislantes	85
5.2. Barreras de vapor y humedad	86
5.2.1. Barrera de vapor	86
5.2.2. Barrera de humedad (barrera hídrica)	87
5.4. Precauciones en la instalación de la aislación	90
5.4.1. Techumbre	90
5.4.2. Muros	96
5.4.3. Pisos	101

	Losas Ventiladas _____	102
5.5.	Elección de los componentes de la ventana _____	103
5.5.1.	Marcos o perfiles de aluminio _____	104
5.5.2.	Marcos o Perfiles de PVC _____	104
5.5.3.	Vidrio monolítico _____	106
5.5.4.	Doble Vidriado Hermético (DVH) _____	106
5.5.5.	Vidrio Low-E _____	107
5.5.6.	Herrajes _____	107
5.6.	Eleccion del tipo de ventana _____	109
5.6.1.	Ventanas correderas _____	109
5.6.2.	Ventanas de abatir _____	109
5.6.3.	Ventanas proyectantes _____	110
5.7.	Dimensiones de las ventanas _____	110
5.7.1.	Ventanas correderas _____	110
5.7.2.	Ventanas y puertas de abatir _____	110
5.7.3.	Ventanas proyectantes _____	110
5.8.	Precauciones en la instalación de la ventana _____	111
5.8.1.	Vanos _____	111
5.8.2.	Base del vano debe estar seca e impermeabilizada _____	111
5.8.3.	Plomos adecuados _____	111
5.8.4.	Base plana, sin deformaciones y perfectamente nivelada _____	111
5.8.5.	Ubicación del marco _____	111
5.8.6.	Juntas de dilatación _____	112
5.8.7.	Sellos _____	112
5.8.8.	Burletes _____	113
5.8.9.	Felpas _____	114
5.9.	Instalación de la ventana en obra _____	114
5.10.	Entrega de los trabajos en la obra _____	116
5.11.	Condensación en ventanas _____	116
● 6.	Anexos _____	120
6.1.	Productos disponibles de los distintos materiales de aislación _____	120
● 7.0	Registro de instaladores _____	126
	Publicidad, Soluciones constructivas _____	131

Barrera de humedad: Lámina o capa que tiene la propiedad de impedir el paso del agua en estado líquido a través del mismo.

Barrera de vapor: Lámina o capa que presenta una resistencia a la difusión de vapor de agua comprendida entre 10 y 230MN s/g.

Condensación: Paso de vapor de agua al estado líquido. Ocurre cuando se alcanza la temperatura de rocío o cuando se alcanza el 100% de humedad relativa (saturación).

Condensación intersticial: Cuando la condensación del vapor de agua del aire se produce en el interior del muro.

Conducción de calor: Calor transferido, generalmente en un sólido desde un elemento a mayor temperatura a otro de menor temperatura.

Confort térmico: Sensación de bienestar de las personas, en relación a una serie de variables ambientales (temperaturas del aire y de las superficies, humedad y velocidad del aire) y del individuo mismo (nivel de actividad y nivel de ropa).

Consumo de energía: Gasto energético de la vivienda. Es decir, la energía que realmente se utiliza para cumplir con la demanda requerida. Depende, además de factores como el clima, los elementos de la envolvente y el uso de la vivienda, de los equipos de climatización instalados.

Convección: En el contexto de este manual es la transferencia de energía térmica entre un fluido o gas (aire) y un sólido por movimiento de un fluido o gas.

Demanda de energía: Energía necesaria para mantener en el interior de la vivienda las condiciones de confort, depende de las características térmicas de la envolvente, su orientación, condiciones de uso

y clima del lugar de emplazamiento entre otros. No considera la eficiencia de los equipos de climatización instalados. (En el contexto de este manual se refiere a la demanda de calefacción y/o refrigeración).

Eficiencia de un equipo: Razón entre la energía producida por un equipo útil y la que éste consume para su funcionamiento.

$$\text{Eficiencia} = \frac{(\text{Energía útil})}{(\text{Energía consumida})}$$

Emisividad: Valor entre 0 y 1 que indica la radiación emitida por una superficie a una determinada temperatura. Menor emisividad significa menor pérdida de calor por radiación.

Envolvente térmica: Serie de elementos constructivos a través de los cuales se produce el flujo térmico entre el ambiente interior y el ambiente exterior del edificio. Está constituida básicamente por los complejos de techumbre, muros, pisos y ventanas.

Factor de forma (Cf): Cociente entre la superficie de la envolvente expuesta (Se) y el volumen habitable (V).

$$Cf = \frac{Se}{V}$$

Mientras mayor el factor de forma, mayor es la demanda de energía de calefacción de la vivienda.

Grados/día: En un período de un día, es la diferencia entre la temperatura fijada como “base”, y la media diaria de las temperaturas bajo la temperatura base, igualando a la “base” aquellas superiores a ésta. Dependiendo del período utilizado, se puede hablar de grados/día, grados/hora, grados/año, etc.

Humedad relativa: Relación entre la humedad (vapor de agua) existente en el aire y la máxima humedad (vapor de agua) que puede contener en función de la presión y la temperatura.

Nivel de Hermeticidad: Característica de una vivienda en relación a la cantidad de aire que se puede transferir a través de su envolvente.

Poder calorífico: Es la cantidad de energía térmica que puede liberar un combustible unido a un comburente (oxígeno) al realizarse la combustión.

Puente térmico: Parte de un cerramiento con resistencia térmica inferior al resto del mismo, lo que aumenta la posibilidad de producción de condensaciones y pérdidas de calor en esa zona en invierno.

Radiación solar: Espectro de radiación electromagnética emitida por el sol. En el contexto de este manual se refiere a la energía que llega a la tierra después de filtrarse por la atmósfera. Contiene radiación ultravioleta, visible y calórica de onda corta.

Resistencia a la difusión de vapor: Resistencia de un material, de un espesor dado, a la difusión del vapor de agua a través de él.

Resistencia térmica (R): Oposición al paso de calor que presentan los elementos o materiales de construcción.

Temperatura de punto de rocío: Si se toma un volumen de aire y se enfría a contenido de humedad constante, la temperatura que alcanza el aire cuando se inicia la condensación se le denomina temperatura de punto de rocío.

Transmitancia térmica (U): Flujo de calor que pasa por unidad de superficie del elemento y por grado de diferencia de temperatura entre los dos ambientes separados por dicho elemento. Corresponde al inverso de la resistencia térmica total R_T de un elemento y se expresa en $W/(m^2 K)$.



Introducción

1. Introducción

El Manual Acondicionamiento Térmico apunta a recomendar soluciones de acondicionamiento térmico de la vivienda y criterios de intervención que permitan mejorar las condiciones de confort térmico de ella, al igual que su eficiencia energética. Lo primero es mejorar la envolvente térmica a través de soluciones adecuadas de aislación según el tipo de edificación, materialidad, orientación y lugar de emplazamiento de la vivienda, entre otros, para luego seguir con la selección y uso óptimo de los equipos de calefacción.



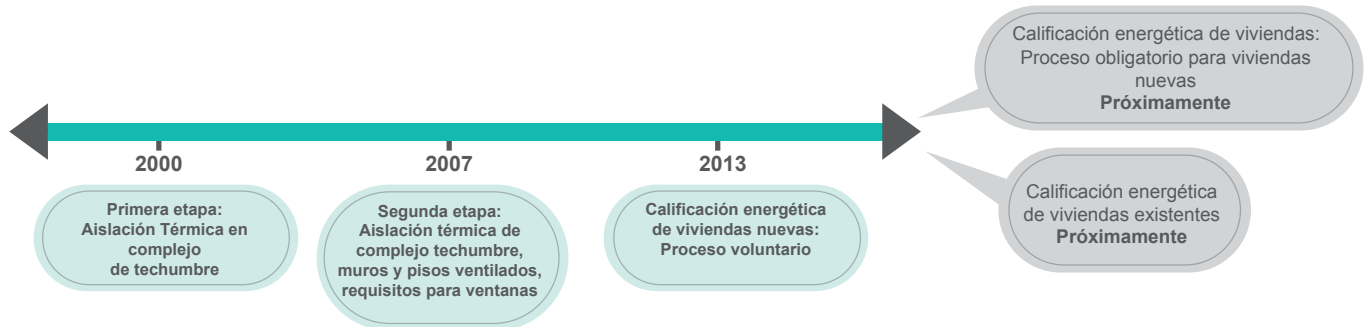
En Chile, cerca del 25% de la energía generada se utiliza en el sector residencial, siendo aproximadamente el 56% utilizado en calefacción de viviendas¹. Por esto es clave reducir este consumo de energía en calefacción, para contribuir así a una disminución en el consumo energético total país.

Los principales combustibles utilizados en calefacción de viviendas son la leña, con un 59% del total del consumo, seguidos en menor cantidad por el gas licuado (17%), electricidad (15%) y gas natural (7%)². Si se logra un correcto acondicionamiento de la vivienda, es posible disminuir el consumo de energía para la calefacción, lo que se traduce en una mejor calidad del aire dentro y fuera de la vivienda y una mejor calidad de vida para los usuarios.

Es fundamental acondicionar térmicamente las viviendas, una deficiente calidad en este sentido se traduce en hogares muy fríos en invierno y calurosos en verano, implicando un alto consumo de energía para lograr un adecuado nivel de confort. Esto sucede principalmente en las viviendas construidas hasta antes del año 2000 (correspondientes al 86% de viviendas en Chile), las que en general no contemplan ninguna medida de eficiencia energética o térmica.

¹ Fuente: "Estudio de usos finales y curvas de oferta de conservación de la energía en el sector residencial de Chile", MINENERGÍA, CDT, Septiembre 2010.

² Fuente: Balance Nacional de Energía, BNE, 2012.



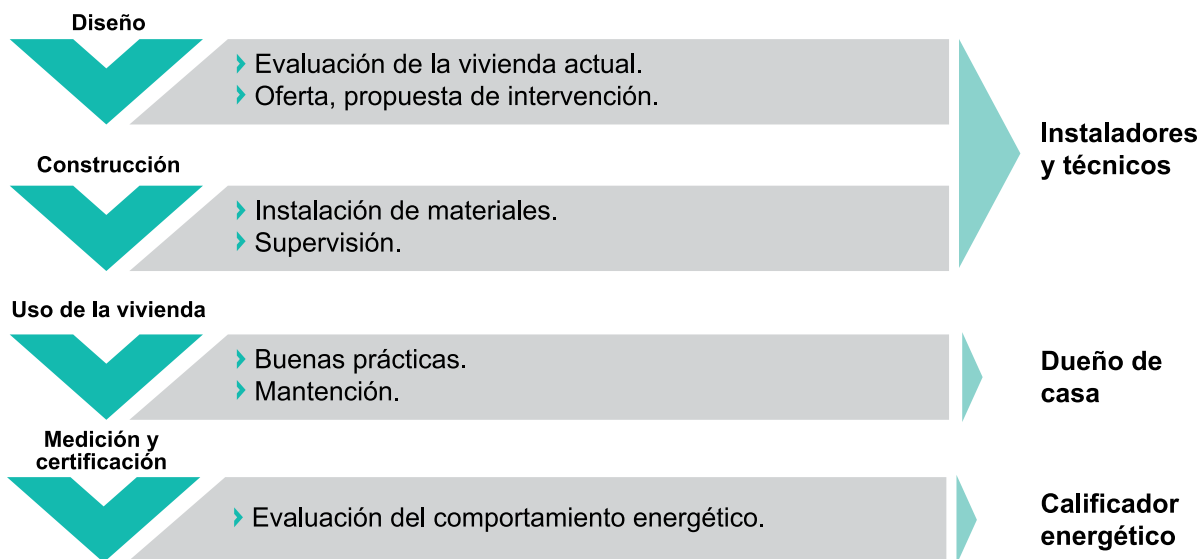
En Chile en el año 2000 se implementaron dos etapas de mejora térmica de viviendas, de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (O.G.U.C), correspondiente a la aislación térmica de techumbre. Antes de este año no existía ninguna obligatoriedad de acondicionamiento térmico. La segunda etapa de 2007, ahora vigente, amplió los requisitos a la envolvente completa. Se considera una tercera etapa respecto a la calificación energética de viviendas que actualmente es voluntaria:

Actualmente y en forma voluntaria, el MINVU y MINERGI han implementado desde 2013 la Calificación y Etiquetado Energético de Viviendas Nuevas, que indica el desempeño y eficiencia energética de una vivienda calificándola en 7 niveles que van desde la letra A (mayor eficiencia) hasta la G (menor eficiencia). Prontamente se implementará para viviendas existentes y se espera que sea obligatoria en corto tiempo para vivienda nueva, como lo es en los países de la Unión Europea desde el año 2006. Con esto se facilitará a los compradores el análisis de las opciones disponibles y podrán comparar viviendas sabiendo cuál tiene un mejor comportamiento energético.

Las recomendaciones de aislación térmica (techumbres, muros, pisos y ventanas) de una vivienda y el dimensionamiento del sistema de calefacción, depende de la zona climática en la que la vivienda se encuentre. Las recomendaciones que se entregan en este manual, consideran este aspecto. Para ello se utilizan tres tipologías; una vivienda aislada, una pareada y un departamento, por su forma y elementos expuestos al exterior, tienen diferente desempeño energético.



Para lograr buenos resultados del acondicionamiento térmico, es importante formar a los diferentes actores involucrados en los distintos procesos que se presenta a continuación.



1. Instaladores y técnicos: Son los encargados de realizar en forma correcta la aislación de cualquier punto de la envolvente (muros, techumbre, pisos o ventanas) y/o la instalación de los sistemas de calefacción. De ellos depende que se logre el comportamiento óptimo de la vivienda gracias a las mejoras que realicen.

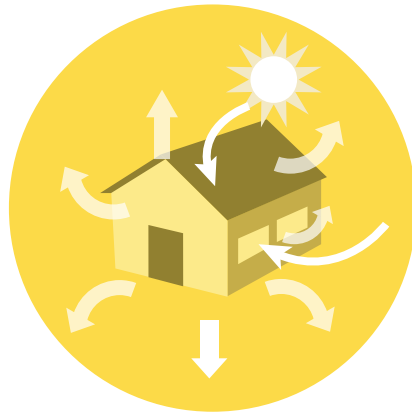


Dueños de las viviendas: Son los principales usuarios de ellas y sus mejoras. Los propietarios deberían ser los primeros fiscalizadores al realizar el acondicionamiento y deben realizar las mantenciones necesarias una vez finalizado éste. Además deben cambiar sus hábitos, considerando que la aislación es un cambio importante en las condiciones de vivienda, y ellos son los encargados de materializarla de buena forma.



Evaluadores energéticos: Son quienes revisan la vivienda para su calificación. Los evaluadores trabajan bajo ciertos criterios de acuerdo al “Manual de Procedimiento para la Calificación Energética de Viviendas en Chile” y entregan una calificación de acuerdo a las condiciones de la vivienda.

Cabe destacar que el presente manual tiene como público objetivo a los instaladores y técnicos, quienes pueden utilizarlo como un apoyo y guía en el proceso de acondicionamiento térmico de la vivienda existente. Sin embargo, el alcance de este documento está delimitado a cierto tipo de hogares, considerando sólo viviendas existentes y de uso residencial, que se adecúen a las tipologías descritas anteriormente. Además, se entregan recomendaciones generales por zona térmica y asumiendo siempre un uso habitacional de la vivienda.



Comportamiento
térmico
de una vivienda
y reglamentación
en Chile

2. Comportamiento térmico de una vivienda y reglamentación en Chile

2.1. Desempeño energético

El desempeño energético de una vivienda se refiere al comportamiento de ésta en cuanto a sus requerimientos de energía para obtener un nivel óptimo de confort térmico. Es importante distinguir el potencial del desempeño energético de una vivienda y el comportamiento final que esta tendrá.

El **potencial del desempeño energético** está dado por los materiales con que está construida (hormigón, albañilería, madera, otros), su nivel de aislación, la orientación, la superficie expuesta al exterior (factor de forma), el clima del lugar de emplazamiento y la eficiencia de los equipos con que se provee la calefacción principalmente.

El **desempeño final** de la vivienda dependerá de su potencial en conjunto con el uso que se le da a la vivienda, el nivel de mantención, la calidad del aire interior, entre otros. Por ejemplo el consumo de energía puede aumentar al doble en Santiago si la vivienda es calefaccionada a 24°C en vez de a 20°C, o si se pierde mucho calor por fugas de aire (infiltraciones).

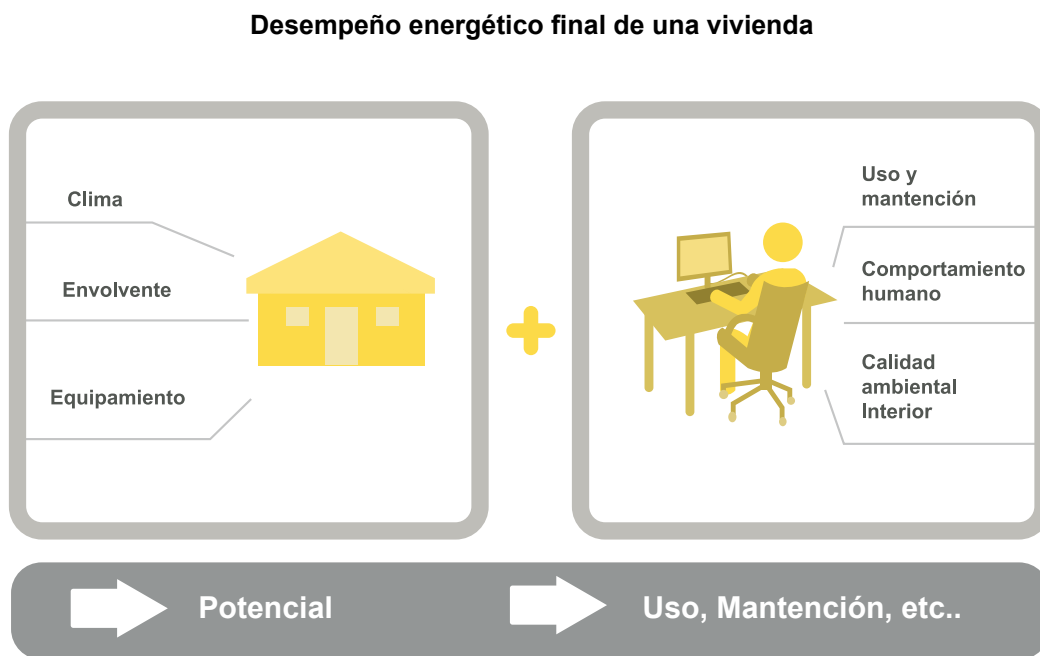
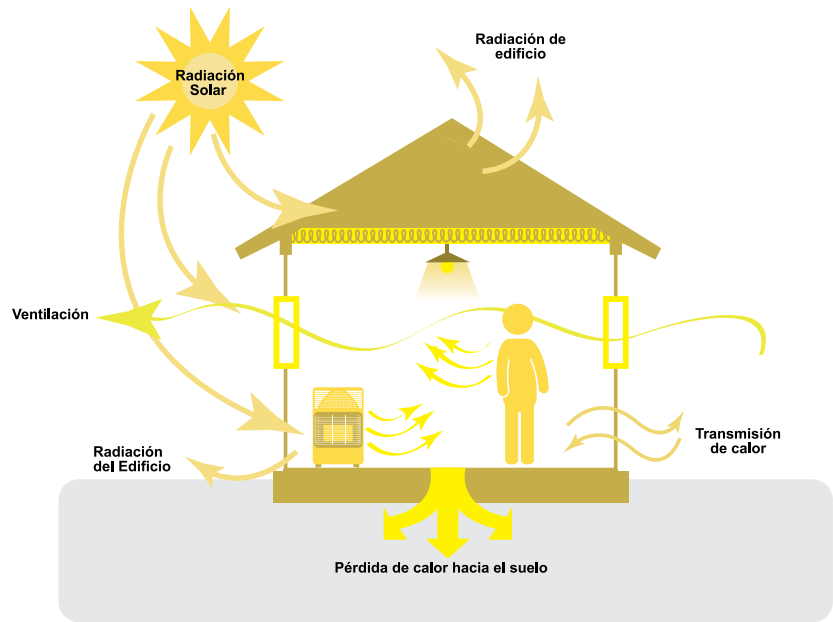


Figura 2.1: Factores que influyen en el desempeño energético de una vivienda

La vivienda, al estar sometida a las condiciones del clima exterior, tales como variación de la temperatura, humedad, radiación solar y velocidad del viento en las distintas estaciones del año, se somete a procesos de transferencia, captación y almacenamiento de calor.

Figura 2.2:
Procesos de
transferencia de
calor en una
vivienda



La temperatura al interior de una vivienda queda determinada principalmente por lo siguiente:

- a) Transferencia de calor por la envolvente debido a diferencia de temperatura.
- b) Flujos de aire por ventilación e infiltración no deseada por fugas.
- c) Ganancias solares.
- d) Ganancias internas y almacenamiento de calor.

a) Transferencia de calor por la envolvente debido a diferencia de temperatura

En un objeto de geometría plana, se transfiere calor desde la cara más caliente a la más fría por conducción. Se pierde calor por conducción en invierno, a través del techo, los muros, el piso y las ventanas. Cuando la temperatura exterior es menor que la interior. De forma inversa, se gana calor por conducción en verano cuando la temperatura exterior es mayor que la interior.

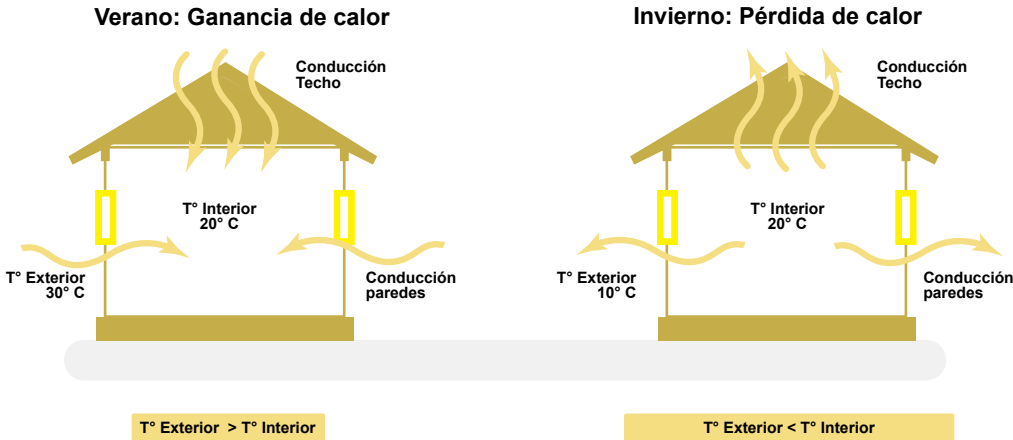


Figura 2.3: Conducción en una vivienda en verano (izquierda) e invierno (derecha)

a.1) Conductividad Térmica

El cálculo de resistencias y transmitancias térmicas es fundamental en todos los casos relacionados con las pérdidas de calor de los edificios. Se realiza de acuerdo a la norma chilena NCh 853 “Acondicionamiento térmico - Envoltente térmica de edificios - Cálculo de resistencias y transmitancias térmicas”.

La conductividad térmica (λ), mide la capacidad de los materiales para conducir el calor cuando existe una diferencia de temperatura en sus caras. Se mide en $W/(m \cdot K)$. Mientras más bajo sea este valor, el material es más aislante.

Los valores de λ de los materiales se pueden obtener de la norma chilena NCh853 “Acondicionamiento térmico - Envoltente térmica de edificios - Cálculo de resistencias y transmitancias térmicas”.

Conductividad térmica, λ :

Cantidad de calor que en condiciones estacionarias pasa en la unidad de tiempo a través de la unidad de área de una muestra de material homogéneo de extensión infinita, de caras planas y paralelas y espesor unitario. Cuando se establece una diferencia de temperatura unitaria entre sus caras. Se expresa en $W/(m \times K)$.

Tabla 2.1: Conductividad térmica de algunos materiales

Material	Conductividad térmica λ [$W/(m \cdot K)$]
Poliuretano expandido	0,027- 0,025
Poliestireno expandido	0,036 - 0,043
Lana mineral	0,037 - 0,042
Hormigón celular sin áridos	0,09
Madera	0,091 – 0,28
Ladrillo a máquina	0,46 - 1,0
Adobe	0,9
Vidrio	1,2
Hormigón armado (normal)	1,63
PVC*	0,17
Aluminio	210

Fuente: NCh853 Acondicionamiento térmico – Envoltente térmica de edificios. Cálculo de resistencias y transmitancias térmicas, anexo A, Tabla A.1, Instituto Nacional de Normalización, INN, 2007.

*Fuente: Aislación térmica exterior, manual de Diseño para soluciones en Edificaciones, página 31, Corporación de Desarrollo Tecnológico, CDT, 2008.

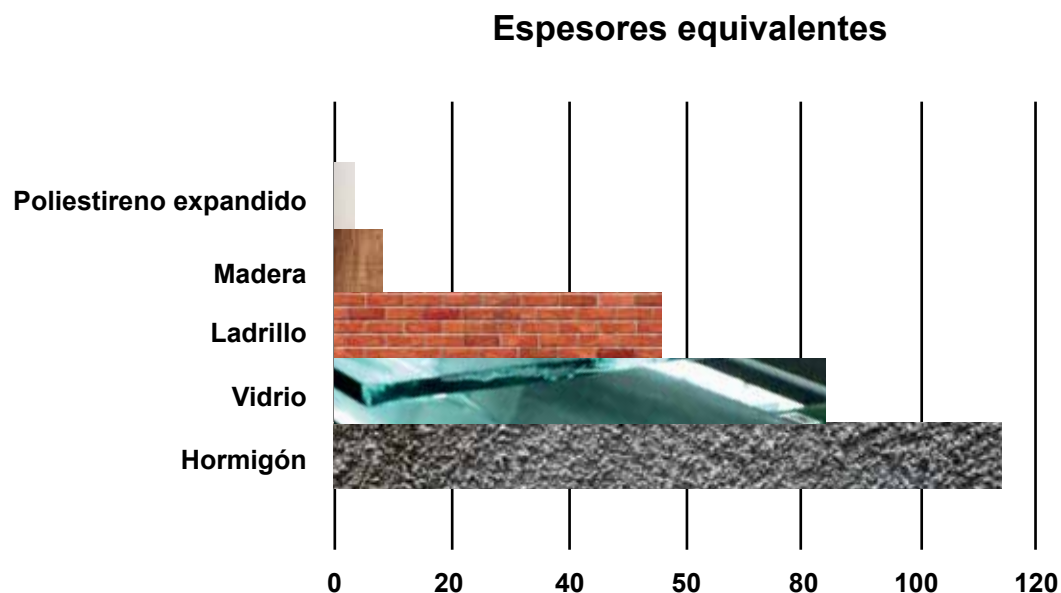
Los materiales aislantes (poliuretano, poliestireno expandido, lana mineral, etc..) tienen una baja conductividad térmica mientras que, ladrillos, hormigón o vidrio tienen un alto valor (tabla 2.1).

Para efectos comparativos, se muestra en la siguiente tabla (2.2) el espesor equivalente para lograr una resistencia térmica equivalente a 3 cm de poliestireno expandido. En ella se observa que hay materiales que no se pueden usar como aislación y que son meramente estructurales en una construcción.

Tabla 2.2: Espesores equivalentes para distintos materiales

Material	Espesor equivalente a 3 cm de poliestireno expandido (densidad = 10 kg/m³)
Poliestireno expandido ($\lambda=0,043$ W/mK)	3 cm
Madera ($\lambda=0,12$ W/mK)	8 cm
Ladrillo ($\lambda=0,8$ W/mK)	56 cm
Vidrio ($\lambda=1,2$ W/mK)	83 cm
Hormigón ($\lambda=1,63$ W/mK)	110 cm (1,1 m)

Figura 2.4: Espesores equivalentes a 3 cm de poliestireno expandido para distintos materiales.



a.2) Resistencia Térmica

La resistencia térmica (R) de un elemento, corresponde a la oposición al paso de calor que presentan los elementos de construcción. Se distinguen cuatro casos:

- **Resistencia térmica de una capa material (Rm):** Para una capa de caras planas y paralelas, de espesor e, conformada por un material homogéneo de conductividad térmica λ , la resistencia térmica, R, queda dada por:

$$Rm = \frac{e}{\lambda}, \text{ se expresa en } m^2 \text{ K/W.}$$

Dónde:

Rm: Resistencia térmica del material en $\left[\frac{m^2 \cdot K}{W}\right]$.

e: Espesor del material, en [m].

λ : Coeficiente de conductividad térmica del material, en $\left[\frac{W}{m \cdot K}\right]$.

- **Resistencia térmica de un elemento compuesto, R:** Suma de las resistencias de cada capa del elemento:

$$R = \sum \frac{e_i}{\lambda_i}, \text{ se expresa en } m^2 \text{ K/W.}$$

Dónde:

e_i : Espesor del material i, en [m].

λ_i : Conductividad térmica del elemento i, en $\left[\frac{W}{m \cdot K}\right]$.

La resistencia térmica de materiales homogéneos corresponde a la suma de ambas resistencias de todas las capas que componen el muro. (Ejemplo un muro de hormigón con aislación).

- **Resistencia térmica de una cámara de aire no ventilada, R_g :** Es la resistencia térmica que presenta una masa de aire confinado (cámara de aire). Se determina experimentalmente por medio de la norma NCh851 y se expresa en $m^2 \text{ K/W}$.

Ejemplo:

Algunos elementos constructivos pueden contener huecos de aire en su interior (bloques, elementos prefabricados, dobles tabiques, entretechos, subsuelos). Cuando los huecos son relativamente herméticos y grandes pueden ofrecer resistencias térmicas importantes al paso del calor y se debe considerar la resistencia térmica de estas cámaras de aire, R_g . Dependen del espesor del hueco, de la posición relativa, del tipo de superficie interior (oscura, clara, brillante, opaca) y del sentido en que se desplaza el flujo térmico. Sus valores se pueden obtener de la norma chilena NCh853.

- **Resistencia térmica de superficie, R_s :** Inverso del coeficiente superficial de transferencia térmica h, es decir:

$$R_s = \frac{1}{h}, \text{ se expresa en } m^2 \text{ K/W.}$$

Para calcular la **resistencia térmica total (RT)** de un elemento homogéneo simple o compuesto, se deben considerar las resistencias de los distintos materiales que lo componen. Incluyendo las resistencias superficiales y la resistencia de la cámara de aire si corresponde.

$$R_T = R_{se} + \sum \frac{e_i}{\lambda_i} + R_g + R_{si}$$

Dónde: R_T : Resistencia térmica total del elemento, en $\left[\frac{m^2 \cdot K}{W}\right]$.

R_{se} : Resistencia de la superficie exterior del elemento, en $\left[\frac{m^2 \cdot K}{W}\right]$

e_i : Espesor del material i que compone el elemento, en [m].

λ_i : Conductividad térmica del material que compone el elemento, en $\left[\frac{W}{m \cdot K}\right]$.

R_g : Resistencia de una cámara de aire.

R_{si} : Resistencia de la superficie interior del elemento, en $\left[\frac{m^2 \cdot K}{W}\right]$.

La NCh853, indica los siguientes valores de resistencias superficiales dependiendo si el elemento está en contacto con el exterior o con otro local o cámara de aire:

Tabla 2.3: Resistencias térmicas de superficie interior y exterior R_{se} y R_{si}

Posición del elemento y sentido del flujo de calor		RESISTENCIAS TÉRMICAS DE SUPERFICIE EN $M^2 \times K/W$					
		Situación del elemento					
		De separación con espacio exterior o local abierto			De separación con otro local, desván o cámara de aire		
		R_{si}	R_{se}	$R_{si} + R_{se}$	R_{si}	R_{se}	$R_{si} + R_{se}$
Flujo horizontal en elementos verticales o con pendiente mayor que 60° respecto a la horizontal		0,12	0,05	0,17	0,12	0,12	0,24
Flujo ascendente en elementos horizontales o con pendiente menor o igual que 60° respecto a la horizontal		0,09	0,05	0,14	0,10	0,10	0,20
Flujo descendente en elementos horizontales o con pendiente menor o igual que 60° respecto a la horizontal		0,17	0,05	0,22	0,17	0,17	0,34

Fuente: NCh853 Acondicionamiento térmico – Envoltura térmica de edificios – Cálculo de resistencias y transmitancias térmicas, tabla 2, Instituto Nacional de Normalización, INN, 2007.

Ejemplo:

Para determinar la resistencia de un muro perimetral de una vivienda las resistencias superficiales deberían ser:

- Muro en contacto con el exterior $R_{si}=0,12$ y $R_{se}=0,05$,
- Muro en contacto con una bodega $R_{si}=0,12$ y $R_{se}=0,12$.

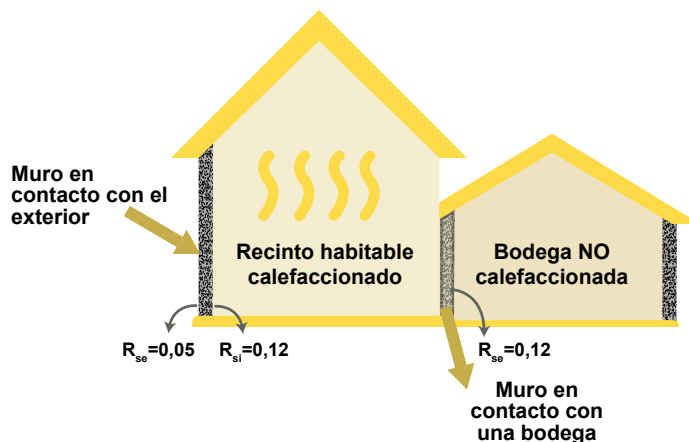


Figura 2.5: Tipos de muros para determinar resistencias superficiales

a.3) Transmitancia Térmica:

La **transmitancia térmica (U)** de un elemento corresponde al flujo de calor que pasa, en una unidad de tiempo, por una unidad de superficie del material homogéneo y por grado de diferencia de temperaturas entre los dos ambientes separados por dicho elemento. Se conoce también como “valor U” y su unidad es $[W/(m^2 \times K)]$. Mientras más bajo sea su valor, más aislante es el elemento. Es el inverso de la resistencia térmica (R), que corresponde a la oposición al paso de calor que presentan los elementos de construcción.

La transmitancia térmica (U) de un elemento, se determina a partir de la resistencia térmica de éste, mediante la siguiente fórmula:

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

Dónde: U: Transmitancia térmica del elemento, en $\left[\frac{W}{m^2 \cdot K}\right]$.
R_T: Resistencia térmica total del elemento, en $\left[\frac{m^2 \cdot K}{W}\right]$.

Cuando se trata de un elemento heterogeneo (como en la figura 2.6) compuesto por secciones de valores de U distintos, se obtiene un valor \bar{U} promedio ponderado de la siguiente forma:

$$\bar{U} = \frac{U_1 * S_1 + U_2 * S_2 + \dots + U_n * S_n}{S_1 + S_2 + \dots + S_n} = \frac{\sum U_i * S_i}{\sum S_i}$$

Dónde:

U: Transmitancia térmica de los distintos elementos, en $\left[\frac{W}{m^2 \cdot K}\right]$.

S: Superficie de los elementos a través de la que fluye el calor, en $[m^2]$.

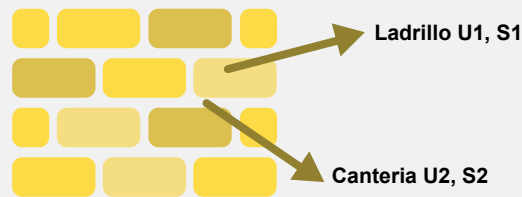


Figura 2.6: Elemento heterogéneo

Para determinar las pérdidas por el piso en contacto con el terreno, se debe utilizar la **transmitancia térmica lineal**, ($K l$), que corresponde al flujo de calor que atraviesa un elemento por unidad de longitud del mismo y por grado de diferencia de temperatura. Se expresa en $W/(m \times K)$.

Para mayor información revisar NCh853 “Acondicionamiento térmico – Envoltente térmica de edificios – Cálculo de resistencias y transmitancias térmicas”.

a.4) Ejemplos:

Se determina la transmitancia térmica de elementos en contacto con el exterior, con diferentes configuraciones:


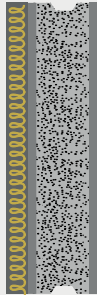
- 1- Muro de hormigón armado sin aislación.
- 2- Muro de hormigón armado con aislación.
- 3- Muro de albañilería con aislación.

Las resistencias térmicas consideradas son:

Tabla 2.4: Materiales utilizados y sus conductividades

Material	Conductividad térmica λ [W/(m*K)]	Densidad [kg/m³]
Hormigón armado	1,63	2400
Ladrillo	0,46	1000
Yeso cartón	0,24	650
Madera (Pino)	0,104	410
Lana mineral	0,042	40
Poliestireno expandido	0,038	20

Fuente: NCh853 Acondicionamiento térmico – Envoltente térmica de edificios – Cálculo de resistencias y transmitancias térmicas, anexo A, tabla A.1, Instituto Nacional de Normalización, INN, 2007.

1. Muro Hormigón Elemento Simple Homogéneo	2. Muro Hormigón + Aislación Elemento Simple Compuesto
<ul style="list-style-type: none"> • Hormigón armado de 20 [cm] de espesor • Resistencias superficiales R_{si} y R_{se} de acuerdo a NCh853 R _{si} = 0,12 R _{se} = 0,05	<ul style="list-style-type: none"> • Hormigón armado de 20 [cm] de espesor. • Lana mineral de 5 [cm] de espesor. • Resistencias superficiales R_{si} y R_{se} de acuerdo a NCh853 R _{si} = 0,12 R _{se} = 0,05
La transmitancia térmica esta dada por: $U = \frac{1}{R_T}$ $R_T = R_{se} + \sum \frac{e_i}{\lambda_i} + R_{si}$	
$R_T = R_{si} + \frac{e_{muro}}{\lambda_{muro}} + R_{se}$	$R_T = R_{si} + \frac{e_{muro}}{\lambda_{muro}} + \frac{e_{lana}}{\lambda_{lana}} + R_{se}$
$R_T = 0,12 + \frac{0,2}{1,63} + 0,05 = 0,29 \left[\frac{m^2 \cdot K}{W} \right]$ $U = \frac{1}{0,29} = 3,42 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$	$R_T = 0,12 + \frac{0,2}{1,63} + \frac{0,05}{0,042} + 0,05 = 1,48 \left[\frac{m^2 \cdot K}{W} \right]$ $U = \frac{1}{1,48} = 0,67 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$
<p style="text-align: center;">e= 20 cm</p> 	<p style="text-align: center;">e= 20 cm</p>  <p style="text-align: center;">H e= 5 cm</p>
<p style="text-align: center;">Figura 2.7: Muro de hormigón armado</p>	<p style="text-align: center;">Figura 2.8: Muro de hormigón armado con lana mineral</p>

A través del muro de hormigón sin aislación térmica se pierden 3,42 watt de energía por cada m² de superficie y por cada °C de diferencia de temperatura entre el interior y exterior. En cambio si el muro se aísla con 50 mm de lana mineral, se reduce la pérdida a 0,67 watt de energía, logrando un ahorro de 80%.

3. Muro Albañilería + Aislación Elemento Heterogéneo

- Ladrillo hecho a máquina.
- Dimensiones del ladrillo: (Espesor x Largo x Alto) 14 x 29 x 9,4 [cm].
- Cantería de 1,5 [cm] de ancho
- Aislación con poliestireno expandido de 10 [cm] de espesor.
- Resistencias superficiales R_{si} y R_{se} de acuerdo a NCh853
 $R_{si} = 0,12$
 $R_{se} = 0,05$

La transmitancia térmica esta dada por:

$$\bar{U} = \frac{U_1 * S_1 + U_2 * S_2 + \dots + U_n * S_n}{S_1 + S_2 + \dots + S_n} = \frac{\sum U_i * S_i}{\sum S_i}$$

Lo que es equivalente a:

$$U_T = U_{ladrillo} * \%_{ladrillo} + U_{cantería} * \%_{cantería}$$

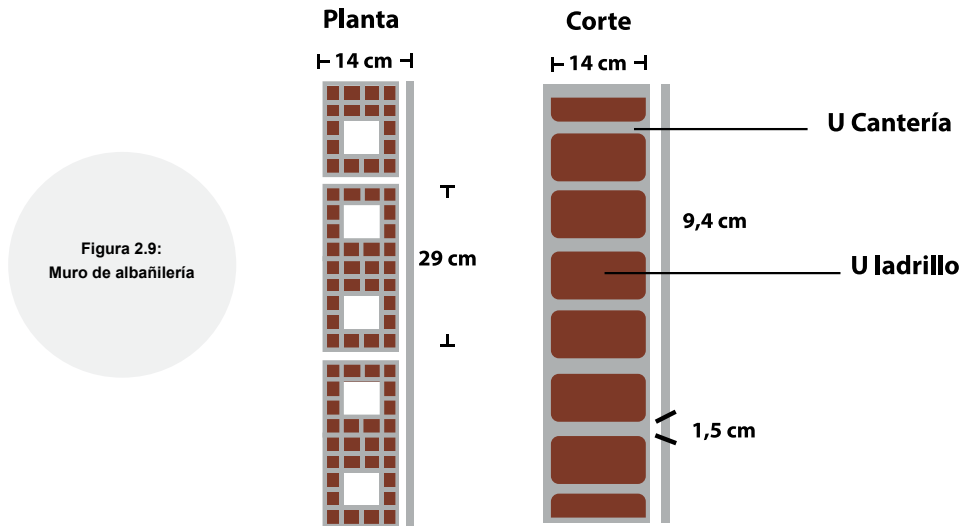


Figura 2.9:
Muro de albañilería

Se ponderan las transmitancias térmicas (U) del ladrillo y de la cantería, para lo cual se debe determinar el porcentaje de cada uno.

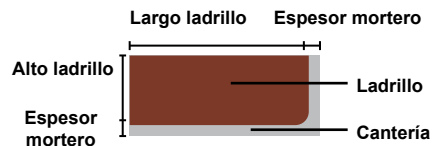


Figura 2.10: Esquema de ladrillo y cantería

$$\begin{aligned}
 A_{\text{ladrillo}} &= \text{Largo}_{\text{ladrillo}} * \text{Alto}_{\text{ladrillo}} \\
 &= 0,29 * 0,094 \\
 &= 0,027 \text{ [m}^2\text{]}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{\text{canteria}} &= \text{espesor}_{\text{mortero}} * \text{Largo}_{\text{ladrillo}} + \text{espesor}_{\text{mortero}} * (\text{Alto}_{\text{ladrillo}} + \text{espesor}_{\text{mortero}}) \\
 &= 0,015 * 0,29 + 0,015 * (0,094 + 0,015) = 0,005985 \text{ [m}^2\text{]}
 \end{aligned}$$

$$\%_{\text{ladrillo}} = \frac{A_{\text{ladrillo}}}{A_{\text{ladrillo}} + A_{\text{canteria}}} * 100 = 82\%$$

$$\%_{\text{canteria}} = \frac{A_{\text{canteria}}}{A_{\text{ladrillo}} + A_{\text{canteria}}} * 100 = 18\%$$

La transmitancia térmica del ladrillo y cantería está dado por:

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

$$R_T = R_{se} + \sum \frac{e_i}{\lambda_i} + R_{si}$$

$$U_{\text{ladrillo}} = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_{si} + \frac{e_{\text{ladrillo}}}{\lambda_{\text{ladrillo}}} + \frac{e_{\text{poliestireno}}}{\lambda_{\text{poliestireno}}} + R_{se}}$$

$$U_{\text{ladrillo}} = \frac{1}{0,12 + \frac{0,14}{0,46} + \frac{0,1}{0,038} + 0,05} = 0,32 \left[\frac{W}{m^2 * K} \right]$$

$$U_{\text{canteria}} = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_{si} + \frac{e_{\text{canteria}}}{\lambda_{\text{canteria}}} + \frac{e_{\text{poliestireno}}}{\lambda_{\text{poliestireno}}} + R_{se}}$$

$$U_{\text{canteria}} = \frac{1}{0,12 + \frac{0,14}{1,4} + \frac{0,1}{0,038} + 0,05} = 0,34 \left[\frac{W}{m^2 * K} \right]$$

$$U_T = 82\% * 0,32 + 18\% * 0,34 = 0,33 \left[\frac{W}{m^2 * K} \right]$$

A través de este muro se pierden 0,33 watt de energía por cada m² de superficie y por cada °C de diferencia de temperatura entre interior y exterior.

b) Flujos de aire por ventilación e infiltración

En una vivienda, el aire pasa por los elementos de la envolvente desde el interior al exterior o viceversa debido a filtraciones o por ventilación controlada (ver figura 2.11). Ambas pueden ser pérdidas de energía si el aire exterior está a menor temperatura (invierno) o ganancias térmicas (verano) si está a mayor temperatura. Una vivienda con bajo nivel de hermeticidad puede tener considerables pérdidas o ganancias de energía (ver figura 2.13).

Las infiltraciones se producen por mal sello de ventanas, puertas, orificios etc.

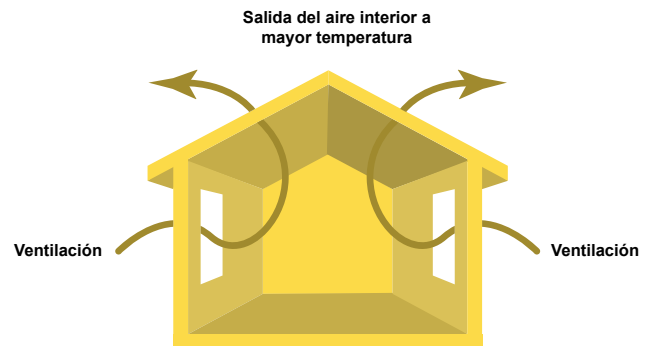


Figura 2.11: Ventilación en una vivienda

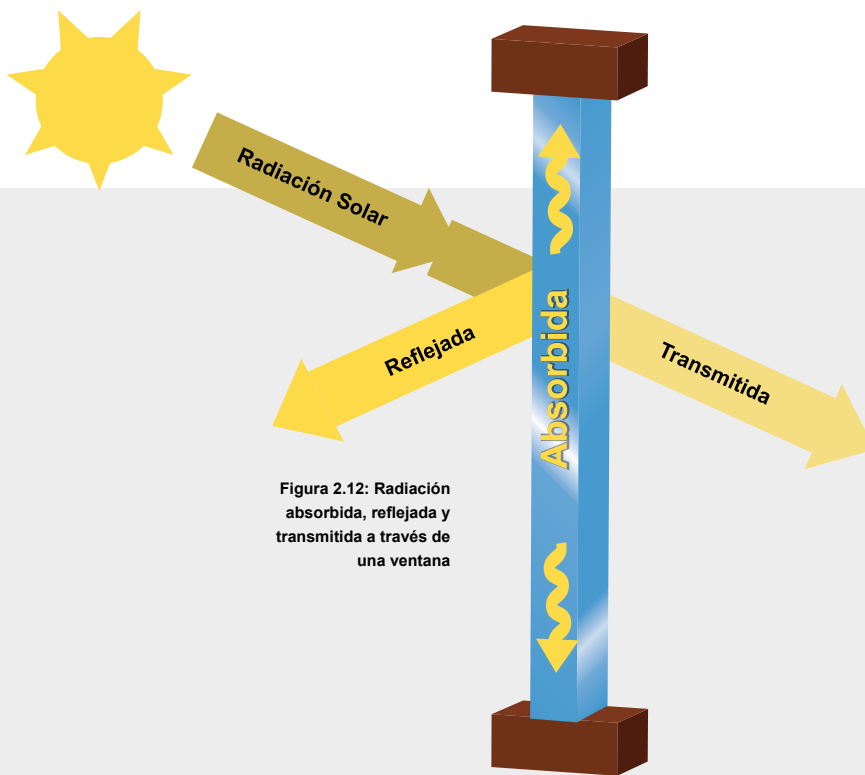


Figura 2.12: Radiación absorbida, reflejada y transmitida a través de una ventana

c) Ganancias solares

Los elementos translúcidos (ventanas) son los que transmiten la radiación directamente hacia el interior de la vivienda. Los elementos opacos absorben la radiación solar y transmiten una cantidad menor hacia el interior. En invierno conviene captar radiación solar para reducir los requerimientos en calefacción y en verano todo lo contrario.

d) Ganancias internas

Respecto a las ganancias térmicas en una vivienda, existen las dadas por el usuario, (aporte de calor de las personas), los electrodomésticos, la iluminación, cocina, etc.

2.2 Balance de energía

A través del **balance de energía**, se determinan los requerimientos de calefacción y/o refrigeración según el caso.

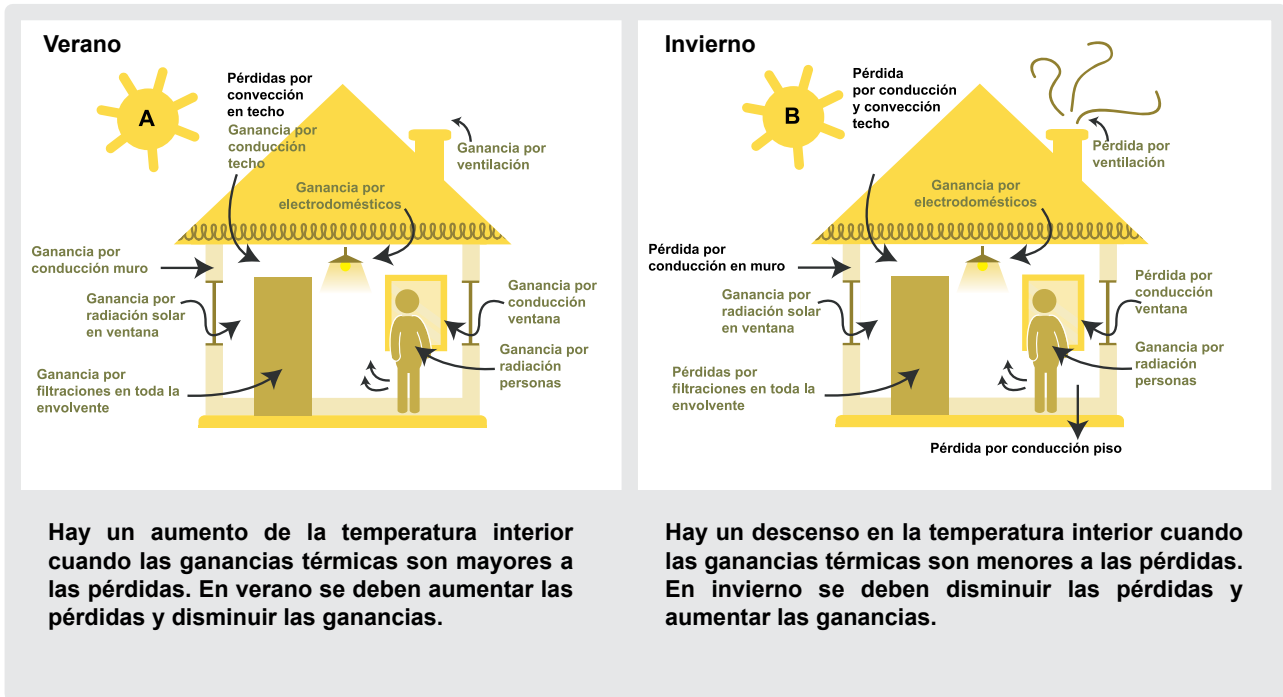


Figura 2.13: Ganancias y pérdidas de energía en verano (A) e invierno (B)

Con el balance de energía es posible determinar si es necesario realizar un acondicionamiento térmico. Una vez realizado el acondicionamiento, se determina qué equipo o sistema de climatización es el indicado para satisfacer la demanda de energía requerida por la vivienda y así optimizar su consumo.

Una herramienta útil para determinar la necesidad de acondicionar térmicamente, es la Calificación Energética de Viviendas, que realiza un balance de energía y la compara con una vivienda de referencia. Si se obtiene una baja calificación, se necesita interferir la vivienda.

El acondicionamiento térmico no es genérico. Es importante considerar la forma de la vivienda, lo que está relacionado con la cantidad de elementos perimetrales en contacto con el exterior a través de los cuales se produce la transferencia de calor respecto al volumen de aire a calefaccionar.

Por ejemplo, las viviendas aisladas requieren más energía en calefacción que un departamento o que una vivienda pareada, ya que se pierde más calor debido a su mayor envolvente en contacto con el exterior.

Factor de forma (Cf): cociente entre la superficie de la envolvente expuesta al exterior (S_e) y el volumen habitable (V).

$$Cf = \frac{S_e}{V}$$

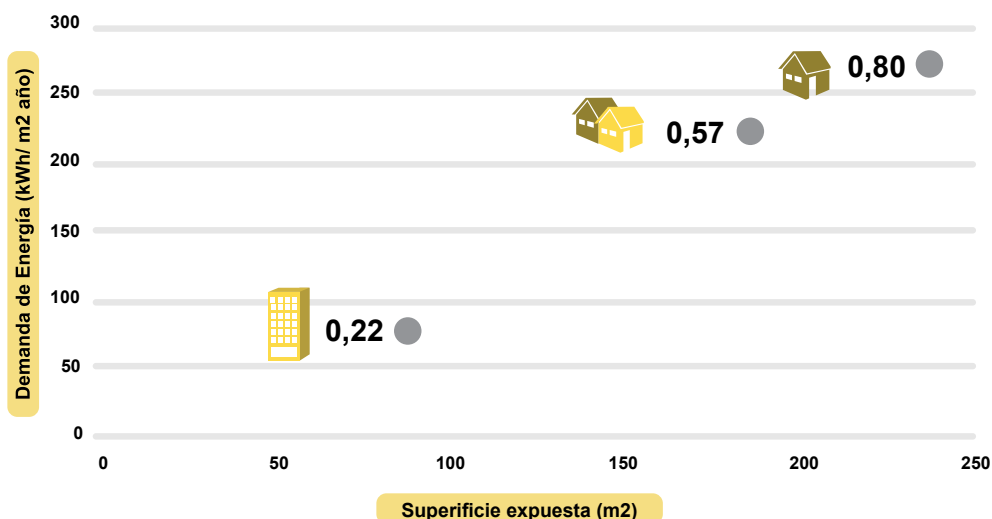
Mientras mayor el factor de forma, mayor es la demanda de energía de calefacción de la vivienda.

Una regla básica y referencial de aislación térmica es partir primero por la techumbre. Luego por los muros, pisos ventilados y finalmente el cambio de ventanas en viviendas aisladas y pareadas. En departamentos los elementos principales a acondicionar son muros y ventanas.

Tabla 2.5: Elementos de la envolvente en contacto con el exterior para vivienda aislada, pareada y departamento.

		
<p>Vivienda Aislada 6 elementos en contacto con el exterior:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 4 Muros • 1 techo • 1 piso 	<p>Vivienda Pareada o en fila 3-5 elementos en contacto con el exterior:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1-3 Muros • 1 techo • 1 piso 	<p>Departamento 1-4 elementos en contacto con el exterior:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1-3 Muros • 1 techo (solo en deptos. último piso) • 1 piso (solo en deptos. 1er o 2do piso)

Demanda vs. Superficie expuesta



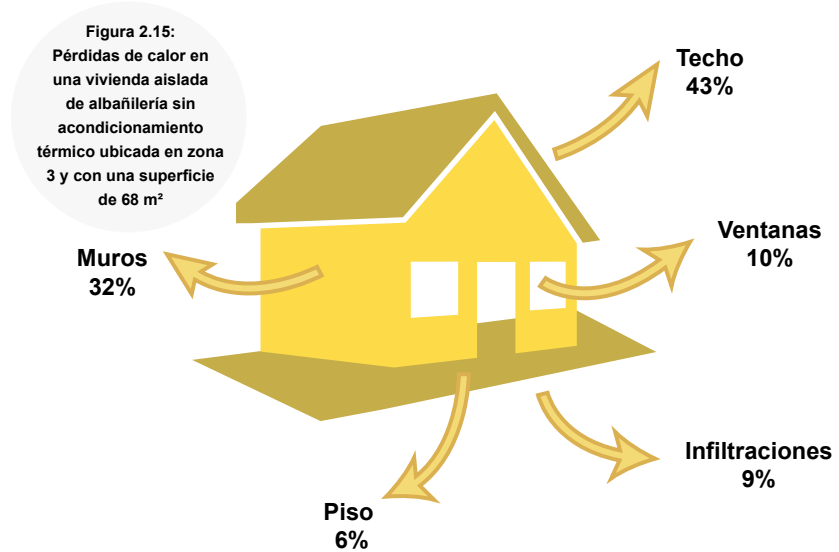
● Factor de forma de la vivienda

A mayor factor de forma, mayor consumo y demanda de energía, por lo que hay un mayor uso de calefacción en la vivienda.

Figura 2.14: Demanda vs. consumo de energía según tipología de vivienda

* Se consideraron las tipologías de vivienda descritas en el capítulo 3

En este caso el factor de forma indica que para una superficie de 100 m² y volumen de 250 m³, el departamento pierde energía a través de 55 m² de superficie y la vivienda aislada a través de 200 m², con lo cual los requerimientos de energía serán completamente distintos (un departamento puede llegar a requerir sólo el 30% de energía que una vivienda aislada) y las medidas de aislación térmica deben ser enfocadas en forma diferente.



Las pérdidas de energía en una vivienda aislada de 68 m², de albañilería, ventana de vidrio simple con marco de aluminio, y techumbre sin aislación térmica, ubicada en Santiago, (zona térmica 3), son de 43% a través de la techumbre, un 32% a través de los muros y un 10% a través de las ventanas.

2.2.1 Demanda de energía

La **demanda de energía** es la energía necesaria para mantener las condiciones de confort térmico al interior de la vivienda. Depende de las características térmicas de la envolvente, su orientación, condiciones de uso y clima del lugar de emplazamiento. La demanda de energía de una vivienda se expresa en [kWh/m² año]. Para comparar una vivienda con otra para una misma superficie de referencia.

$$\text{Demanda de energía} = \text{Pérdidas de Energía} - \text{Ganancias Térmicas}$$

$$\text{Demanda de energía} = (G_{v_2} * V * 24 * GD)/1000 - \text{Ganancias Térmicas}$$

- Dónde:
- Demanda de energía: demanda medida en [kWh/año].
 - Ganancias térmicas: ganancias medidas en [kWh/año]
 - G_{v_2} : Coeficiente volumétrico global de pérdidas térmicas totales [W/m³ K].
 - V: Volumen total de la vivienda en [m³].
 - GD: Grados/día anuales en la zona térmica donde se ubica la vivienda.

G_{v_2} corresponde al coeficiente volumétrico global de pérdidas de energía, incluye las pérdidas de calor a través de la envolvente (muros, ventanas, pisos y techumbre) y las pérdidas producidas por la ventilación de la vivienda.

$$G_{v_2} = \frac{\sum U * S + Kl * P}{V} + 0,35 * n$$

- Dónde:
- U: Transmitancia térmica de cada elemento de la vivienda en [W/(m²K)].
 - S: Superficie del elemento de la vivienda en [m²].
 - Kl: Transmitancia térmica lineal [W/(mK)].
 - P: Perímetro exterior del piso en contacto con el terreno [m].
 - V: Volumen total de la vivienda [m³].
 - n: Renovaciones de aire por hora en la vivienda.

Las ganancias térmicas, provienen de la radiación solar y del calor generado en la vivienda por las personas, electrodomésticos, etc. Para estimarlas, lo mejor es realizar simulaciones energéticas en forma dinámica a través de software o utilizar el Sistema de Calificación Energético de MINVU.

Ejemplo:

Se determina la demanda de calefacción de una vivienda de vivienda de 68 m², con las siguientes características:

Elemento	Transmitancia térmica U [W/(m ² *K)]	Superficie [m ²]
Muros	1,9	72
Techumbre	0,47	68
Ventanas	5,8	12
Puertas	2,21	3

Elemento	Transmitancia térmica Lineal Kl [W/(m*K)]	Perímetro contacto terreno exterior [m]
Piso	1,4	37

Para los cálculos se considera lo siguiente:

Grados día (GD)	1500
Renovaciones de aire por hora (n)	1
Ganancias solares (G)	1640[kWh/año]
Ganancias internas (I)	1757[kWh/año]
Volumen de la vivienda (V)	163 [m ³]

De acuerdo a las fórmulas para obtener la demanda de energía (equivalente al balance, ya que corresponde a pérdidas – ganancias) vistas, el balance de energía se puede obtener como:

$$G_{v_2} = \frac{U_{muros} * S_{muros} + U_{techumbre} * S_{techumbre} + U_{ventanas} * S_{ventanas} + U_{puertas} * S_{puertas} + Kl * P}{V} + 0,35 * n$$

$$G_{v_2} = \frac{1,9*72+0,47*68+5,8*12+2,21*3+1,4*37}{163} + 0,35 * 1 = 2,17 \left[\frac{W}{m^3 * ^\circ K} \right]$$

$$\begin{aligned} \text{Demanda energía} &= \frac{G_{v_2} * V * 24 * GD}{1000} - (\text{Ganancia térmicas}) \\ &= \frac{2,17 * 163 * 24 * 1500}{1000} - (1757 + 1640) = 9342 \left[\frac{kWh}{año} \right] \end{aligned}$$

$$\text{Demanda energía} = \frac{9342}{68} = 137 \left[\frac{kWh}{m^2 \text{ año}} \right]$$

2.2.2 Consumo de energía

El **consumo de energía**, corresponde a la cantidad de energía real requerida para satisfacer la demanda, lo que depende del rendimiento del sistema de calefacción. Como el rendimiento de los sistemas utilizados tiene generalmente valores inferiores al 100% (la excepción de sistemas como bombas de calor y calderas de condensación, por ejemplo) el consumo será generalmente mayor a la demanda de energía.

$$\text{Consumo} = \frac{\text{Demanda}}{\text{Eficiencia equipo}}$$

En el caso de dos viviendas con las mismas características, y a igual demanda de energía, su consumo final dependerá de los equipos de climatización utilizados, puesto que cada uno tiene distinta eficiencia, y el costo final se relaciona tanto con la eficiencia de los equipos como con el costo del combustible.

Todos los combustibles se comercializan en diferentes unidades; el gas y la madera en m³, la parafina en litros y la electricidad en kWh, por lo que para poder compararlos se debe determinar el costo de la energía por tipo de combustible, utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Costo energía (Precio por kWh)} = \frac{\text{Precio del combustible}}{\text{Poder calorífico del combustible}}$$

Poder calorífico: Es la cantidad de energía que puede liberar un combustible unido a un comburente (oxígeno) al realizarse la combustión.

Por ejemplo,

Parafina (kerosene)		Gas Natural	
Precio por litro [\$/litro] ⁴	628	Precio por m ³ [\$/m ³] ⁵	790
Poder calorífico [kWh/litro] ⁶	9,78	Poder calorífico [kWh/m ³] ⁷	10,86

Parafina

- El precio por kWh se obtiene dividiendo el precio por el poder calorífico en unidades adecuadas.

$$\text{Precio por kWh} = \frac{\text{precio por litro}}{\text{poder calorífico}} = \frac{\$628 \text{ por litro}}{9,78 \left[\frac{\text{kWh}}{\text{litro}} \right]} = \$64 \text{ por kWh}$$

Gas Natural

- El precio por kWh se obtiene dividiendo el precio por el poder calorífico adecuado.

$$\text{Precio por kWh} = \frac{\text{precio por m}^3}{\text{poder calorífico}} = \frac{\$790 \text{ por m}^3}{10,86 \left[\frac{\text{kWh}}{\text{m}^3} \right]} = \$73 \text{ por kWh}$$

⁴ Fuente: www.bencinaenlinea.cl precio promedio para el día 12 de Junio de 2015

⁵ Fuente: Tarifas de Metrogas para el segundo tramo (de 5 a 10 m³) a Junio de 2015.

⁶ Fuente: Mesas de calefacción eficiente Región del Biobío. Mesa 4: Tecnología en equipos de calefacción, Ministerio de Energía – Universidad de Concepción, Noviembre 2014.

⁷ Fuente: <http://www.drto.cl/ACHEE/documentos/recursos/DireccionAnexo2.pdf> Cuadro N°1.


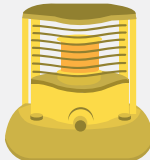

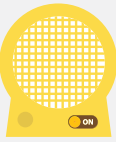
Para ver en detalle cómo obtener el costo de la energía y la conveniencia de los distintos combustibles, en el capítulo 4, se tratan estos temas con mayor profundidad y se realiza un análisis detallado de los equipos y su elección.

Ejemplo:

Si se tiene una vivienda con una demanda de calefacción de 100 [kWh/m² año] y se desea determinar qué tipo de equipo es el más conveniente, se deben analizar distintas opciones, considerando tanto la eficiencia de los equipos como el costo del combustible.

En este caso se consideran cuatro sistemas distintos, de acuerdo a la información entregada por sus respectivos fabricantes.

Tabla 2.6: Ejemplo de consumo de energía para distintos tipos de calefacción

	Estufa a leña	Estufa a parafina	Caldera a gas natural	Calefactor eléctrico
Tipo de calefacción				
Eficiencia del equipo	0,6 ⁸	0,6 ⁹	0,9 ⁸	1,00
Consumo de energía [kWh/ m² año]	167	167	111	100
Costo del kWh generado por tipo de combustible [\$/kWh]	\$33	\$64	\$73	\$102 / \$134
Precio útil de la energía [\$/kWh]	\$55	\$107	\$81	\$102 / \$134
Costo anual [\$/m² año]	\$5.511	\$10.688	\$8.103	\$10.200 / \$13.400

Los parámetros importantes a considerar en la comparación de los distintos equipos corresponden al **precio útil de la energía y al costo anual**. El precio útil es el costo del kWh generado dividido por la eficiencia del equipo, gracias a lo cual se tiene el costo real de la energía por kWh del equipo en particular y se puede hacer la comparación adecuada (ver capítulo 4).

$$\text{Precio útil energía} = \frac{\text{Precio Combustible (kWh)}}{\text{Eficiencia equipo de calefacción}}$$

El equipo que menor energía requiere para proveer los 100 kWh/(m² año) es, en este ejemplo, el calefactor eléctrico, puesto que tiene la mayor eficiencia entre estos equipos, mientras que un mayor consumo, de casi el doble (167 kWh), lo tiene la estufa a leña. El menor costo se obtiene al utilizar la estufa a leña con sólo \$5.511 por [m² año], debido al bajo valor del combustible, no obstante esto acarrea otros problemas como contaminación

⁸ Eficiencia de acuerdo a SCEV.

⁹ Considera ventilación adecuada (eficiencia de acuerdo a SCEV).

intradomiciliaria en caso de que las estufas no tengan evacuación de gases al exterior, lo que está considerado en la baja eficiencia de la estufa. En el caso de las estufas a parafina, tienen un costo mayor a pesar de tener la misma eficiencia, lo que se debe a la diferencia en el costo del combustible, de casi el doble que el de la leña, de todos modos, para este caso también se debe considerar que existen problemas de contaminación intradomiciliaria. Lo más limpio en este sentido son los sistemas de calefacción como calderas (radiadores o losa radiante) o calefactores eléctricos.

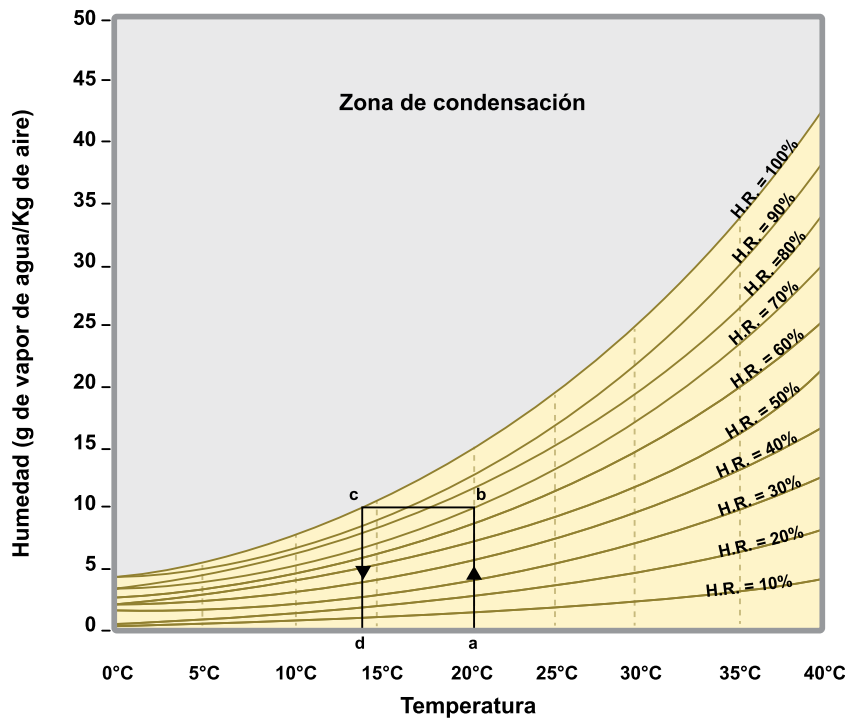
En general, los equipos que requieren ventilación constante para solucionar problemas de contaminación intradomiciliaria, como estufas a leña, parafina o gas que no tengan evacuación de gases al exterior, poseen una de las eficiencias más bajas de acuerdo al sistema de calificación energética de viviendas (SCEV), el cual considera las pérdidas de energía generadas por la ventilación.

Vale la pena hacer notar que los costos relativos entre los combustibles (en \$/kWh) varían en el tiempo. Por ejemplo, en general, el costo de la energía eléctrica es significativamente superior al del gas natural. Además, al considerar el costo de la energía eléctrica deben considerarse los costos de consumo sobre el límite de invierno, es decir, el valor de la energía adicional de invierno (ver capítulo 4) que son significativamente mayores. En el caso de este ejemplo, el costo de la electricidad es de \$102 por kWh, mientras que el costo de la energía adicional de invierno corresponde a \$134 por kWh, lo que finalmente produce que el costo anual de un calefactor eléctrico esté entre los \$10.200 y los \$13.400 por [m² año], lo que lo hace ser una de las opciones más caras. Finalmente, los precios dependen en gran medida de la localidad, se da que, en general, en las localidades más pequeñas y alejadas de los centros de consumo el costo de la electricidad es mayor. Esta variabilidad se puede ver por ejemplo considerando que este año, en Concepción la electricidad es 38% más cara que en Santiago, mientras que al ir a ciudades más pequeñas el costo aumenta, siendo por ejemplo en Los Ángeles un 88% más cara que en Santiago y en Nacimiento un 116% lo que implica que cuesta más del doble (precios de acuerdo a CGE Distribución para Junio del 2015). Por tanto, se recomienda hacer un análisis como el de la tabla anterior con los costos actualizados en el tiempo y en la localidad correspondiente.

2.3 Puntos críticos y patologías comunes en la vivienda

2.3.1 Condensación y moho

a) Condensación: Proceso de cambio de fase a través del cual el vapor de agua presente en el aire al interior de la vivienda, se convierte en gotas de agua líquida que se depositan sobre las superficies frías. Para que esto suceda, la temperatura de la superficie del elemento constructivo debe estar por debajo de la temperatura de rocío, lo que puede darse por un deficiente aislamiento térmico, alto nivel de vapor de agua en el ambiente (alta humedad relativa) o muy bajas temperaturas exteriores. El problema ocurre principalmente en invierno o períodos fríos del año, y con mayor frecuencia cuando la humedad relativa al interior de la vivienda es alta.



Temperatura

de rocío:

Temperatura a la que se produce la condensación.

Figura 2.16: Gráfico psicrométrico para determinar condensaciones

Fuente: Asociación de fabricantes de morteros y SATE, ANFAPA, [http://www.anfapa.com/es/divulgacion/341/condensaciones-superficiales-en-el-interior-de-las-viviendas]. [Consulta: 02-09-2015]

La temperatura de rocío se determina a través del gráfico psicrométrico (figura 2.16). Por ejemplo: el aire al interior de una vivienda está a 20°C y a un 70% de HR, (punto b de la figura 2.16), este vapor de agua se condensará cuando llegue a un 100% de HR, es decir, a 14°C aproximadamente, (punto d), como se observa en el gráfico.

La condensación puede ocurrir en la superficie externa del elemento, (**condensación superficial**), o bien, al interior del mismo, (**condensación intersticial**). Es la causante de problemas como hongos y manchas en las paredes debido a microorganismos, que afectan a la pintura, deteriora el revestimiento y al elemento (en

Humedad relativa (HR):

Relación entre el vapor contenido en el aire y el máximo vapor que éste puede contener a una determinada temperatura y presión.

menor o mayor grado dependiendo del material), que puede ser el muro, la ventana, el techo o la puerta entre otros.

La condensación es uno de los problemas recurrentes en las viviendas, y produce inconvenientes para los habitantes, ya que puede producir enfermedades respiratorias y problemas debido a la aparición de moho.

Para evitarla es recomendable mantener un bajo nivel de humedad en la vivienda. Para ello es necesario ventilar, evitar que el vapor producido en baños y cocina permanezca al interior de la vivienda. En caso de ser necesario, colocar aislación térmica en forma correcta y continua utilizando barreras de vapor para evitar la condensación intersticial y prevenir el ingreso de vapor de agua a la construcción, proteger el material aislante de la humedad debido a que ésta reduce el efecto de aislación térmica.

La barrera de vapor se debe colocar entre el revestimiento interior y el aislante, en el caso de que la aislación térmica se coloque por el interior del muro, dentro de él o sobre el revestimiento protegiendo el aislante. (Ver capítulo 5.)



Figura 2.17: Condensación en techumbre



Figura 2.18: Condensación en ventana

Si se humedece el material aislante, aumenta su conductividad térmica, por lo que también aumentan las pérdidas de energía a través del elemento, es decir, pierde su efecto aislante (figura 2.19).

A mayor humedad relativa al interior de la vivienda, mayor es el riesgo de condensación. El vapor en una vivienda aumenta por el uso de la ducha (en un baño sin o con deficiente ventilación), uso de cocina o lavadora, uso de algunos equipos de calefacción a combustión (como estufas a gas o parafina sin chimenea al exterior), entre otros.

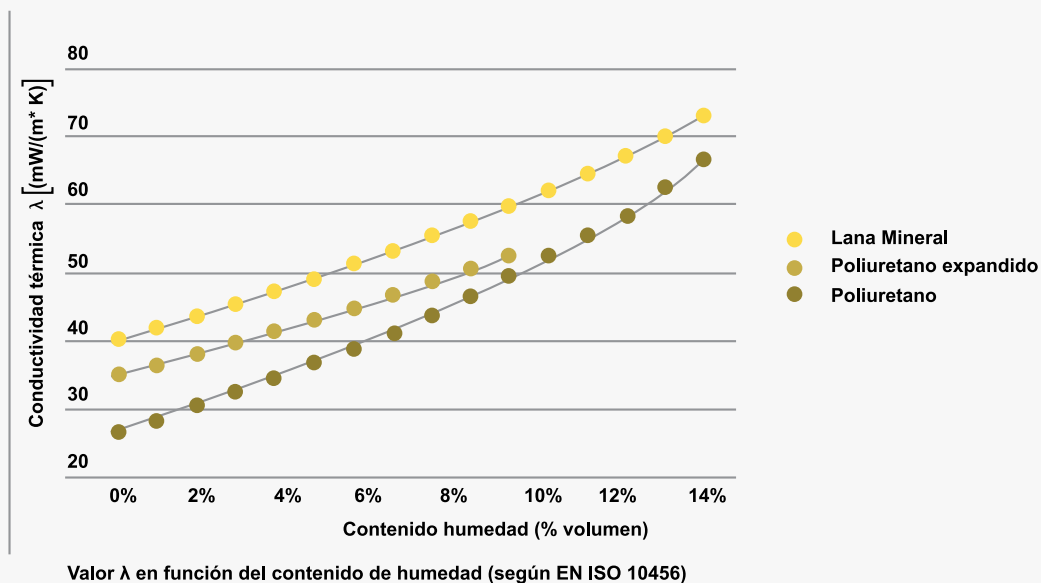


Figura 2.19: Variación de la conductividad térmica en función del contenido de humedad

Fuente: Manual de Humedad – Documento técnico CDT N°33, Corporación de Desarrollo Tecnológico, CDT, 2012.

Para determinar si existe condensación en un elemento de la envolvente se debe conocer la temperatura en las caras exterior e interior del muro y compararla con la temperatura de rocío. La temperatura superficial se determina de acuerdo a:

$$T_{si} = T_i - U * R_{si} * (T_i - T_e)$$

Donde:

Tsi: Temperatura en la superficie interior del elemento [°C].

Ti: Temperatura del ambiente interior [°C].

U: Transmitancia térmica del elemento [W/(m²*K)].

Rsi: Resistencia térmica de la superficie interior del elemento [m²K/W].

Te: Temperatura del ambiente exterior [°C].

Ejemplo:

Considerando unas humedades relativas de 65%, 75% y 85% para una temperatura de uso de 20°C, la **temperatura de rocío** es la siguiente según figura 2.16:

Tabla 2.7: Temperatura de rocío según humedad relativa y temperatura de uso

	Caso 1	Caso 2	Caso 3
Temperatura de uso [°C]	20	20	20
Humedad relativa [%]	65%	75%	85%
Temperatura de rocío [°C]	13,1	15,4	17

Se determina la temperatura superficial de distintos elementos considerando 2°C (temperatura mínima promedio de en Santiago, julio) de temperatura exterior y 20°C de temperatura interior.

Muro de hormigón armado de 20 cm (U= 3,42 W/m²K) sin aislación Tsi= 12,5°C

Se produce condensación para un 65%, 75% y 85% de humedad relativa, puesto que Tsi es menor que las temperaturas de rocío.

Muro de hormigón armado de 20 cm con 2 cm de poliestireno por el lado interior: (U=1,18 W/m²K) Tsi= 17,5°C

No existe condensación en ningún caso, debido a que Tsi es siempre mayor que las temperaturas de rocío.

Muro de hormigón armado de 20 cm con 5 cm de poliestireno por el lado interior (U=0,61 W/m²K): Tsi= 18,7°C

A mayor aislación mayor es la temperatura de la cara interior del muro. Nuevamente se logra que no exista condensación superficial.

2.6.2 Puntos críticos

Los puntos críticos de la envolvente son principalmente las uniones entre elementos y materiales y los puentes térmicos de la construcción. Los puentes térmicos son sectores limitados con una transmitancia térmica alta con respecto a las superficies adyacentes. Como consecuencia aumentan las pérdidas térmicas, reducen la temperatura superficial interior en este sector y por lo tanto aumentan el riesgo de condensación y moho en este sector.

Existen varios tipos de puentes térmicos:

- **Puente térmico geométrico**, por ejemplo una esquina. La configuración geométrica de una esquina genera mayor conducción de calor en este sector.
- **Puente térmico constructivo**, por ejemplo por un cambio de materialidad. Un pilar de hormigón en un muro de albañilería representa un puente térmico constructivo, mientras un pilar de hormigón en la esquina representa un puente térmico constructivo y genérico a la vez.
- **Instalaciones y fijaciones**, por ejemplo canalizaciones que pueden reducir el espesor de un elemento y/o perforar o debilitar la capa aislante. Fijaciones metálicas y cañería de agua también pueden reducir las temperaturas localmente.
- **Vanos**. En los vanos de puertas y ventanas se reduce la distancia entre la carta interior y la cara exterior, por lo que también representan un puente térmico.

Es necesario evitarlos, ya que son sectores que están a menor temperatura (ver figuras 2.21 y 2.22), por lo tanto tienden a producir condensaciones indeseadas y pérdidas de energía dentro de la vivienda. Se dan en zonas donde la envolvente cambia sus propiedades, como en las uniones entre ventanas, techo, piso y muros o por una discontinuidad del aislante, variación en el espesor del aislante o del elemento de la envolvente.

Los principales elementos susceptibles a tener puentes térmicos son los marcos de puertas y ventanas, las esquinas de los muros, cadenas de amarre, vigas y columnas, ventanas de vidrio monolítico, dinteles y losas. Cuando se instala aislación por el interior se producen puentes térmicos en las zonas en que el aislante pierde continuidad, o en donde no existe aislante, como en las intersecciones del muro exterior con uno que separa ambientes. El puente térmico no existe si se coloca aislación por el exterior, ya que el material se instala de forma uniforme y continua a través del muro, evitando cualquier tipo de pérdida.

Puentes térmicos: Son sectores limitados que poseen una alta conductividad térmica con respecto al resto de la superficie.

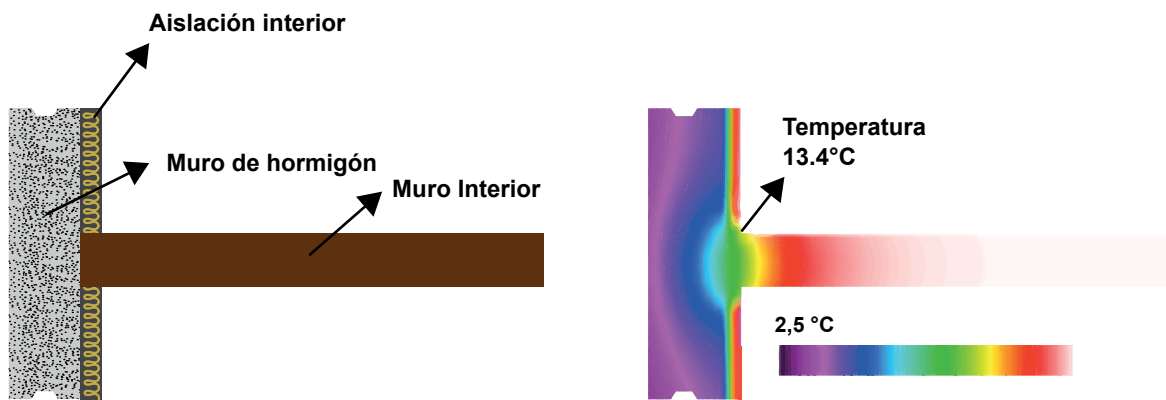
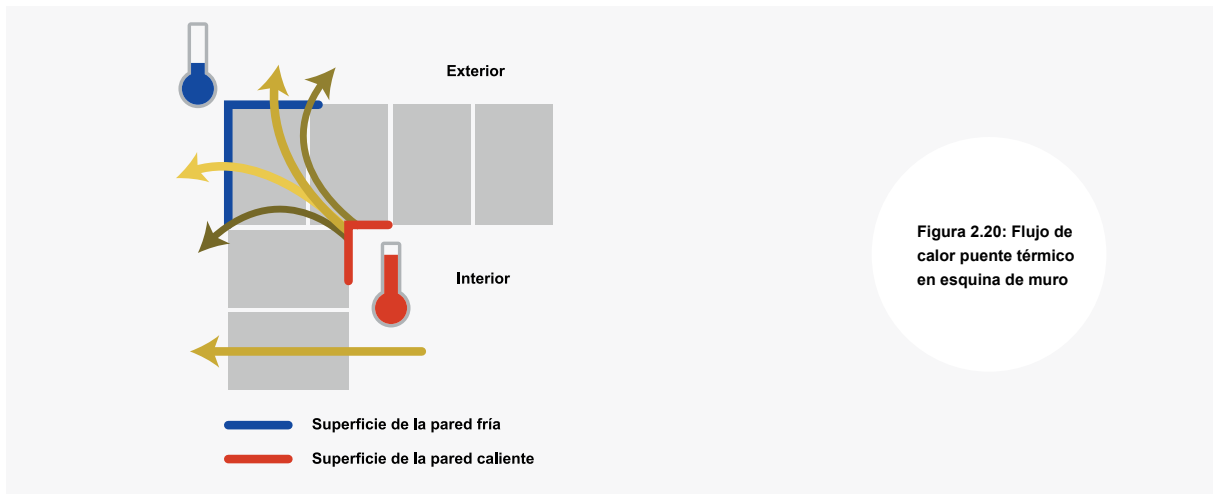


Figura 2.21: Vista planta. Simulación de temperatura de unión de muro hormigón con muro interior y aislamiento térmico interior.

Al colocar la aislación térmica por el interior del muro, se produce un puente térmico donde se une con el tabique, resultando diferentes temperaturas en las superficies. Por ejemplo en la figura 2.21 hay una pérdida de calor de 13,4°C en el punto de unión.

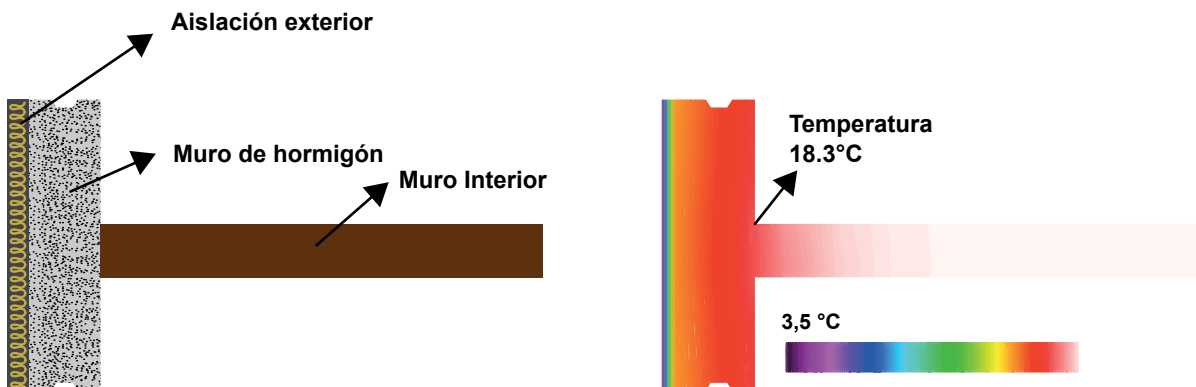


Figura 2.22: Vista Planta. Simulación de temperatura de unión muro hormigón con con muro interior y aislación térmica exterior.

2.3 Reglamentación térmica en Chile

El acondicionamiento térmico de la envolvente está reglamentado en Chile a través del Art. 4.1.10 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (O.G.U.C.). La primera reglamentación se estableció el año 2000, cuando se establecen requerimientos mínimos de transmitancia térmica de techumbre. En el año 2007 se incorporaron requerimientos de muros, ventanas y pisos ventilados.

Esta normativa es aplicable a las nuevas construcciones realizadas

antes del 2000, correspondientes a 4.503.632 viviendas¹¹ que no poseen ningún tipo de aislación, por lo que es importante y fundamental acondicionarlas si corresponde.

Según la O.G.U.C., Chile está clasificado en 7 zonas térmicas de acuerdo a los requerimientos de calefacción (ver figura 2.24). Estas zonas están determinadas de acuerdo a los grados/día a calefaccionar.



Figura 2.23:
Zonificación térmica según OGUC

Fuente: Guía de diseño para la eficiencia energética en la vivienda social, Waldo Bustamante G., 2009.

Grados/día: Es la diferencia entre la temperatura fijada como “base”, y la media diaria de las temperaturas bajo la temperatura de base, igualando a la “base” aquellas superiores a ésta. Dependiendo del período de tiempo utilizado, se puede hablar de grados/día, grados/hora, grados/año, etc.

A menor grados/día menor son los requerimientos de calefacción.

Tabla 2.7: Grados/día por zona de acuerdo a O.G.U.C.

Zona	Rango de Grados/día	Región referencial
1	<=500	I a III
2	500 - 750	IV y V
3	750 - 1000	Metropolitana
4	1000 - 1250	VII y VIII
5	1250 – 1500	IX y XIV
6	1500 – 2000	X
7	>2000	XI y XII

¹¹ Fuente: Estudio de usos finales y curvas de oferta de conservación de la energía en el sector residencial de Chile, MINENERGÍA, CDT, Septiembre 2010.

Actualmente la O.G.U.C. establece las siguientes exigencias para complejos de techumbre, muros perimetrales y pisos ventilados de acuerdo a cada zona térmica:

Tabla 2.8: Valores de transmitancia térmica (U) máximos y resistencias térmicas (Rt) mínimas para techumbre, muros y pisos ventilados por zona térmica

Zona	Techumbre		Muros		Pisos Ventilados	
	Transmitancia Térmica U [W/(m ² *K)]	Resistencia Térmica Rt [m ² *K/W]	Transmitancia Térmica U [W/(m ² *K)]	Resistencia Térmica Rt [m ² *K/W]	Transmitancia Térmica U [W/(m ² *K)]	Resistencia Térmica Rt [m ² *K/W]
1	0,84	1,19	4	0,25	3,6	0,28
2	0,6	1,67	3	0,33	0,87	1,15
3	0,47	2,13	1,9	0,53	0,7	1,43
4	0,38	2,63	1,7	0,59	0,6	1,67
5	0,33	3,03	1,6	0,63	0,5	2
6	0,28	3,57	1,1	0,91	0,39	2,56
7	0,25	4	0,6	1,67	0,32	3,13

Fuente: Ordenanza General de Urbanismo y Construcción, artículo 4.1.10, tabla 1, Ministerio de Vivienda y Urbanismo, MINVU, 2014.

Respecto a las ventanas, la O.G.U.C. establece un porcentaje máximo de superficies vidriadas con respecto a los paramentos de la envolvente (suma de las superficies interiores de todos los muros perimetrales que considere la unidad habitacional, incluyendo los medianeros y muros divisorios). De acuerdo a la siguiente tabla se indican los porcentajes máximos de superficie vidriada en una vivienda.

Tabla 2.9: Porcentaje máximo de superficie vidriada en una vivienda

ZONAS	% Máximo de superficie vidriada respecto a parámetros verticales de la envolvente.		
	Vidrio Monolítico (b)	DVH Doble vidriado hermético (c)	
		3,6 [W/ m ² *K] ≥ U > 2,4 [W/ m ² *K] (a)	U ≤ 2,4 [W/ m ² *K]
1	50%	60%	80%
2	40%	60%	80%
3	25%	60%	80%
4	21%	60%	75%
5	18%	51%	70%
6	14%	37%	55%
7	12%	28%	37%

Fuente: Ordenanza General de Urbanismo y Construcción, artículo 4.1.10, tabla 3, Ministerio de Vivienda y Urbanismo, MINVU, 2014.

2.4 Calificación energética

Actualmente está en operación el Sistema de Calificación Energética de Viviendas MINVU (CEV), que evalúa la eficiencia energética de una vivienda comparándola con una de referencia, y clasificándola a través de 7 niveles de eficiencia energética, desde la A (más eficiente) a la G (menos eficiente). La letra E representa el estándar actual de construcción, establecido en el artículo 4.1.10 de la OGUC, para aislación en muros, pisos ventilados y techo, a partir de 2007.

La Calificación Energética de Viviendas (CEV), es un instrumento actualmente de uso voluntario, que califica la eficiencia energética de una vivienda nueva en su etapa de uso, de forma similar al sistema

usado para etiquetar energéticamente refrigeradores y automóviles. Considera los requerimientos de calefacción, iluminación y agua caliente sanitaria.

Esta calificación se puede hacer en dos etapas:

- **Pre calificación energética:** Se realiza en proyectos de arquitectura que tengan permiso de edificación aprobado por el director de Obras Municipales. Es provisoria y su vigencia es válida hasta que el proyecto obtenga la recepción municipal definitiva.
- **Calificación energética:** Corresponde a la evaluación final y definitiva de la obra terminada. Para emitirla se califica nuevamente el proyecto, según

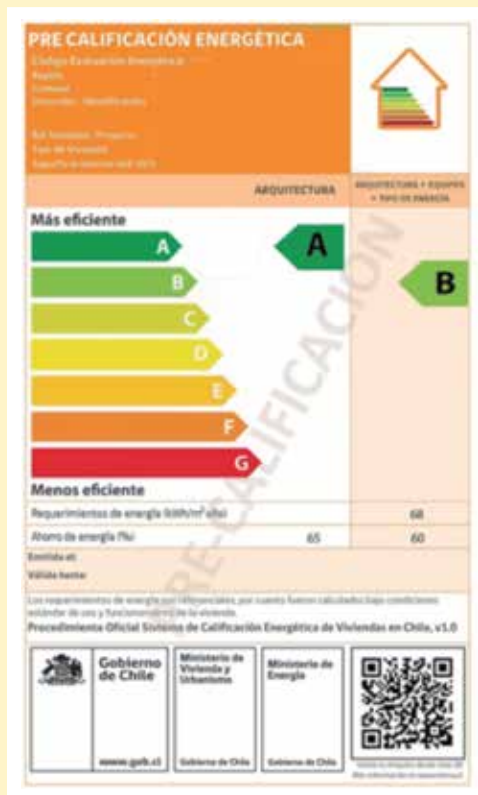


Figura 2.25: Etiqueta de pre calificación energética.

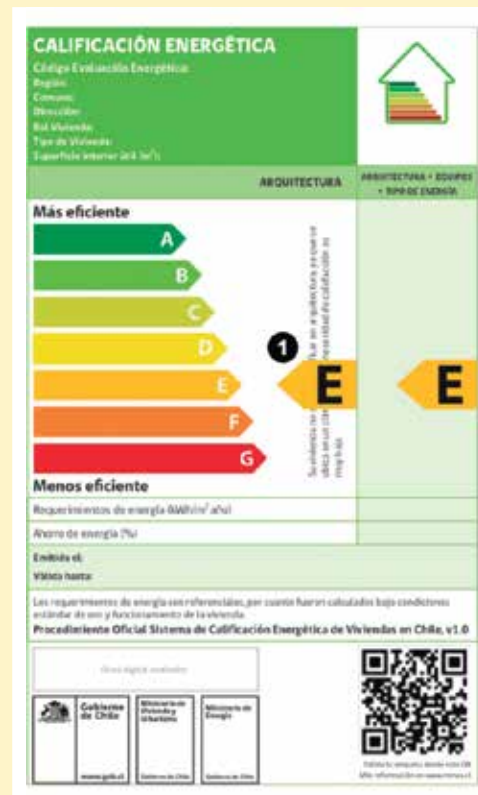


Figura 2.26: Etiqueta de calificación energética.

los planos y especificaciones técnicas finales, con recepción municipal aprobada por el director de Obras Municipales, y la documentación adicional acreditada por el propietario. Tiene una duración de 10 años, o hasta que se realice alguna modificación que altere los parámetros con los que fue evaluada la vivienda.

Tanto en la Precalificación como en la Calificación, la vivienda obtendrá dos letras finales incluidas en la etiqueta:

- **Calificación de arquitectura:** Corresponde a la primera letra, la que evalúa de mejor forma las viviendas que han utilizado materiales como: aislante térmico en el techo, muros y pisos, por sobre el mínimo que exige la normativa chilena. Además, premia con mayor evaluación (o mejor letra) a las ventanas de doble vidrio hermético (termopanel) y que estén bien orientadas, por lo que permiten el ingreso del sol en

períodos más fríos.

- **Calificación de arquitectura + equipos + tipo de energía:** Segunda letra, la que otorga una mejor valoración a las viviendas que usan equipos eficientes e incorporan energías renovables para iluminación, calefacción y agua caliente sanitaria.

Una vivienda con buena calificación contribuirá a mejorar el desempeño de la vivienda y las condiciones de confort térmico al interior de los hogares, reduciendo riesgos de contraer enfermedades respiratorias y otras asociadas a períodos invernales. Por otra parte, contar con información objetiva sobre el comportamiento energético de una vivienda, beneficiará principalmente a sus potenciales compradores, quienes podrán comparar las distintas ofertas que hay en el mercado y elegir sabiendo cuál se comporta mejor energéticamente.



Evaluaciones y recomendaciones de intervención en la envolvente

3. Evaluación y recomendaciones de intervención en la envolvente

Como se vio en el capítulo anterior, el comportamiento térmico de una vivienda varía según su materialidad, nivel de aislación, orientación, superficie expuesta al exterior (forma de la vivienda), clima del lugar de emplazamiento (zona térmica), tipo de sistema de calefacción y uso de la vivienda, entre otros factores.

Es fundamental considerar estos aspectos al momento de reacondicionar una vivienda existente, principalmente los que no se pueden modificar, como lo son; el clima del lugar de emplazamiento y la forma de la vivienda en relación a los elementos constructivos expuestos al exterior y área a calefaccionar.

A continuación se entregan recomendaciones genéricas¹² de acondicionamiento térmico, como consideraciones a tener en cuenta al momento de acondicionar una vivienda. Se aclaran dudas frecuentes como la conveniencia de cambiar ventanas o aislar los muros, el nivel de aislación adecuado o la relevancia de aislación de la techumbre.

Para ello, se evalúan tres viviendas tipo en dos configuraciones:

1• Situación actual de comportamiento energético de las viviendas en Chile

Se evalúa el desempeño energético considerando las modificaciones de acondicionamiento térmico de la O.G.U.C., esto define la situación actual más probable de comportamiento energético de las viviendas que existen actualmente en Chile.

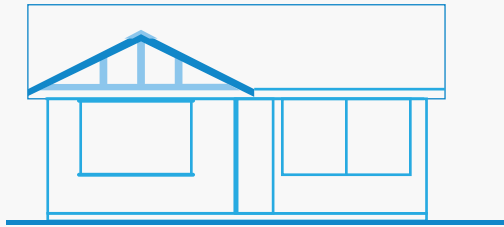
2• Aumento de aislación térmica respecto a la normativa actual.

Se evalúan medidas adicionales de eficiencia energética correspondientes a mayor aislación en techumbre y muros, por sobre la actual normativa, y cambio de tipo de ventanas.

La evaluación se realiza en 3 tipos de viviendas; vivienda aislada, pareada y departamento, las que se muestran en las figuras 3.1, 3.2 y 3.3, en cada una de las zonas térmicas, debido a las diferencias en el desempeño energético de cada una de ellas. Para ello, se utiliza la herramienta del Sistema de Calificación Energética de Viviendas de MINVU, CEV.

¹² Es importante señalar que las medidas son genéricas y que se deben evaluar caso a caso, puesto que cada vivienda tiene condiciones particulares que es necesario considerar.

Figura 3.1: Vivienda aislada a evaluar



Vivienda Aislada

- Albañilería
- Superficie de 68 m²
- Ventanas en dirección norte, sur, este y oeste

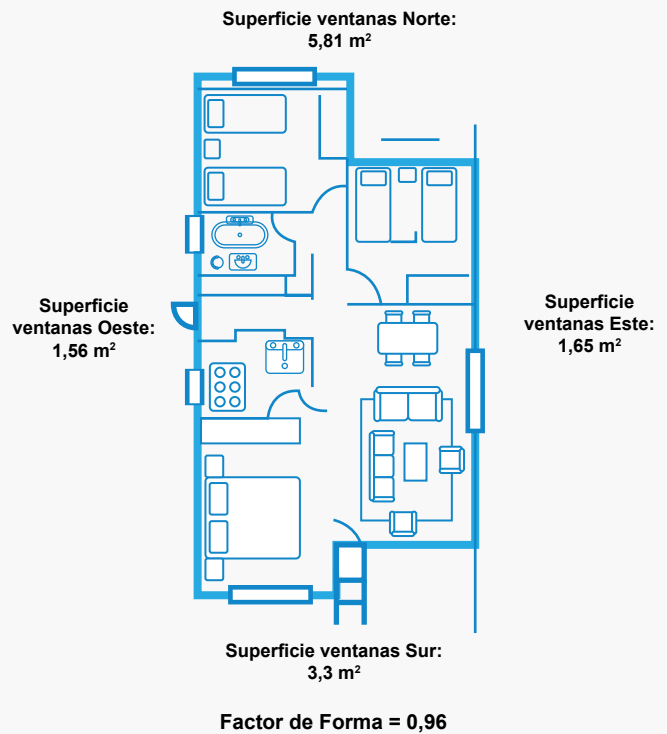
Materialidad

Muros: Ladrillo hecho a máquina (e= 14 cm).

Techumbre: Estructura con cerchas de madera, cielo de yeso-cartón y cubierta de planchas de fibrocemento.

Piso: Losa de hormigón (e= 8 cm).

Ventanas: Vidrio simple con marco aluminio.



Fuente: Estudio de usos finales y curva de oferta de la conservación de la energía en el sector residencial, Corporación de Desarrollo Tecnológico, CDT, 2010.

Figura 3.2: Vivienda pareada a evaluar



Vivienda Pareada

- Albañilería
- Superficie de 68 m²
- Ventanas en dirección norte, sur y oeste
- Pareo hacia el este

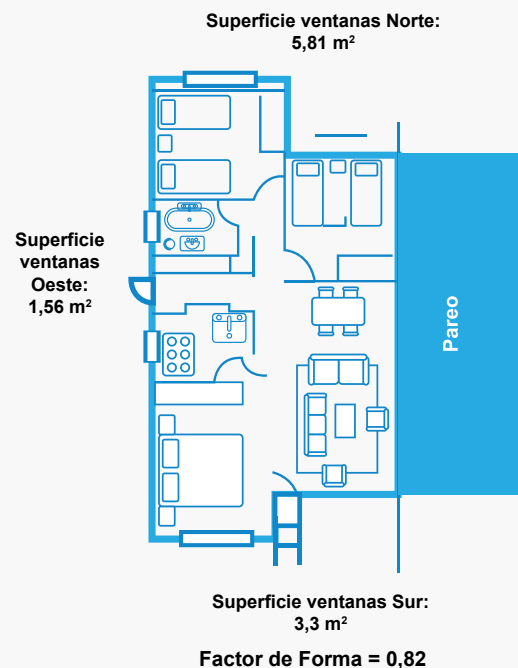
Materialidad

Muros: Ladrillo hecho a máquina (e= 14 cm).

Techumbre: Estructura con cerchas de madera, cielo de yeso-cartón y cubierta de planchas de fibrocemento.

Piso: Losa de hormigón (e= 8 cm).

Ventanas: Vidrio simple con marco aluminio.



Fuente: Estudio de usos finales y curva de oferta de la conservación de la energía en el sector residencial, Corporación de Desarrollo Tecnológico, CDT, 2010.

Figura 3.3: Departamento a evaluar

Departamento

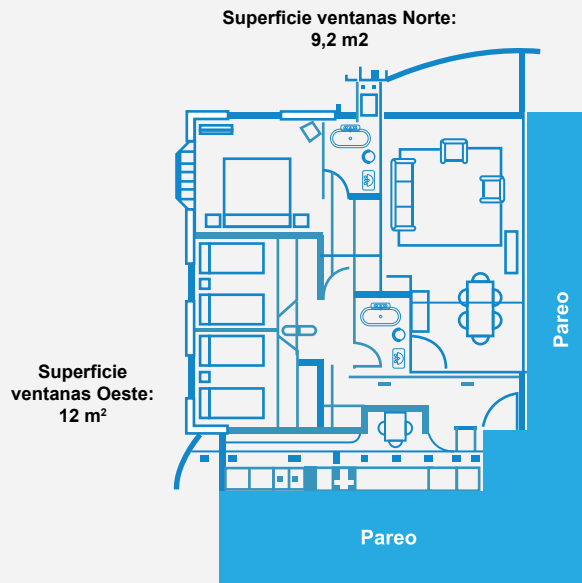
- Hormigón armado
- Superficie de 110 m²
- Fachadas al norte y al oeste
- Paredo al sur y al este
- Departamento intermedio
- Solo pierde energía a través de muros y ventanas

Materialidad

Muros: Hormigón armado (e= 20 cm).

Ventanas: Vidrio simple con marco aluminio.

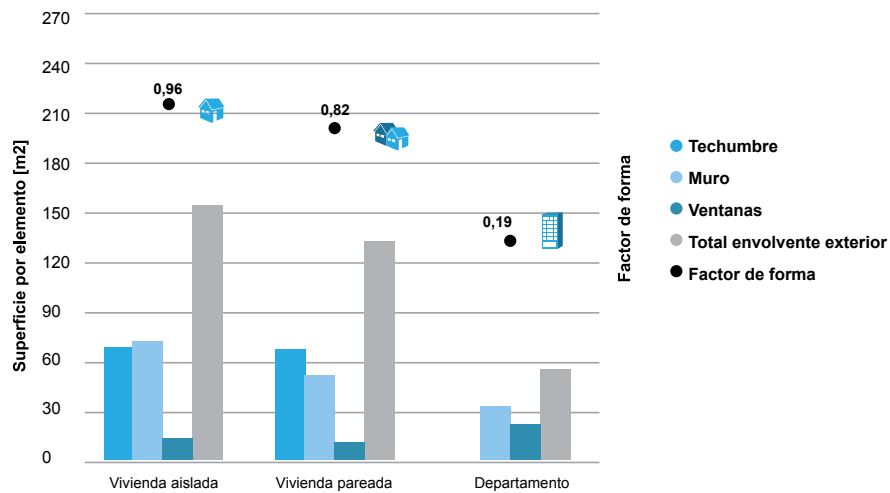
Fuente: Estudio de usos finales y curva de oferta de la conservación de la energía en el sector residencial, Corporación de Desarrollo Tecnológico, CDT, 2010.



Factor de Forma = 0,19

Las viviendas aisladas, pareadas, en fila o departamento tienen diferente comportamiento energético dado por su mayor o menor superficie expuesta al exterior. En los casos analizados, la vivienda aislada pierde energía a través de 155 m² (Cf=0,96) de envolvente que da al exterior, mientras que la vivienda pareada, al tener un muro en contacto con otra vivienda (se estima que no hay flujo de energía a través de él por estar ambas viviendas a la misma temperatura), pierde energía a través de 133 m² (Cf=0,82), y el departamento en piso intermedio, que pierde energía solo a través de muros y ventanas, lo hace en 55 m² (Cf=0,19). Es por ello que las medidas de acondicionamiento térmico se deben abarcar con diferentes criterios, por ejemplo, un departamento puede requerir sólo el 26%¹³ de energía de una vivienda aislada.

Figura 3.4: Superficie envolvente y factor de forma para las 3 tipologías



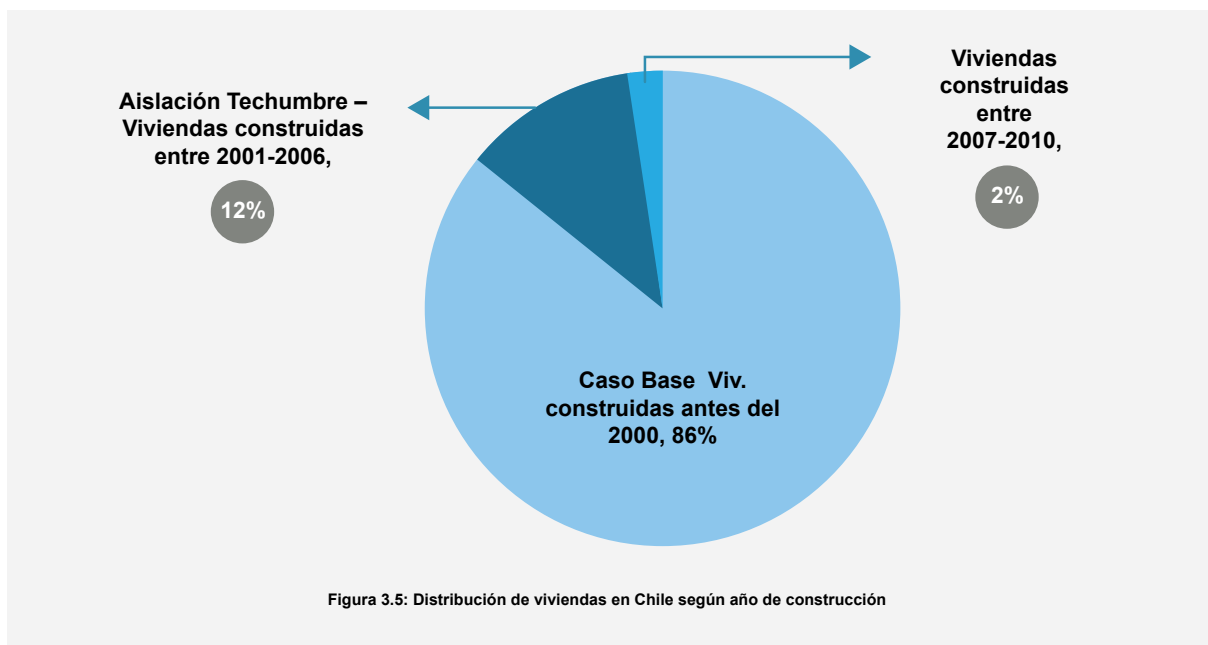
Esta figura nos muestra que, en las tipologías estudiadas, las medidas de aislación más efectivas estarían dirigidas hacia la techumbre y los muros, al ser ellos los elementos con mayor superficie expuesta al exterior.

¹³ En zona 3 (Santiago), para tipologías indicadas en este capítulo y sin aislación térmica en techos ni muros, y con vidrio simple.

3.1 Situación actual de comportamiento energético de las viviendas existentes en Chile

Los casos analizados son los siguientes, con respecto al nivel de aislación de la vivienda:

- **Caso Base – Sin aislación:** Viviendas sin aislación térmica (generalmente construidas hasta el 2000 incluido). Equivalen aproximadamente al 86% de las viviendas construidas en el país¹⁴.
- **O.G.U.C. 2000:** Viviendas con aislación de techumbre de acuerdo a O.G.U.C. (construidas entre el 2001 y el 2006 incluidos). Equivalen aproximadamente al 12% de las viviendas construidas en el país.
- **Vivienda O.G.U.C. 2007:** Viviendas con aislación térmica en muros y techumbre de acuerdo a O.G.U.C. actual, (generalmente construidas después del 2007). Equivalen aproximadamente al 2% de las viviendas construidas en el país (hasta el año 2010).



Todas las viviendas se simularon considerando ventanas de vidrio simple y marco de aluminio y para cada tipología, zona térmica y nivel de aislación, tal como se ve en la figura 3.6.

¹⁴ Fuente: “Estudio de usos finales y curvas de oferta de conservación de la energía en el sector residencial de Chile”, MINENERGÍA, CDT (Septiembre 2010).

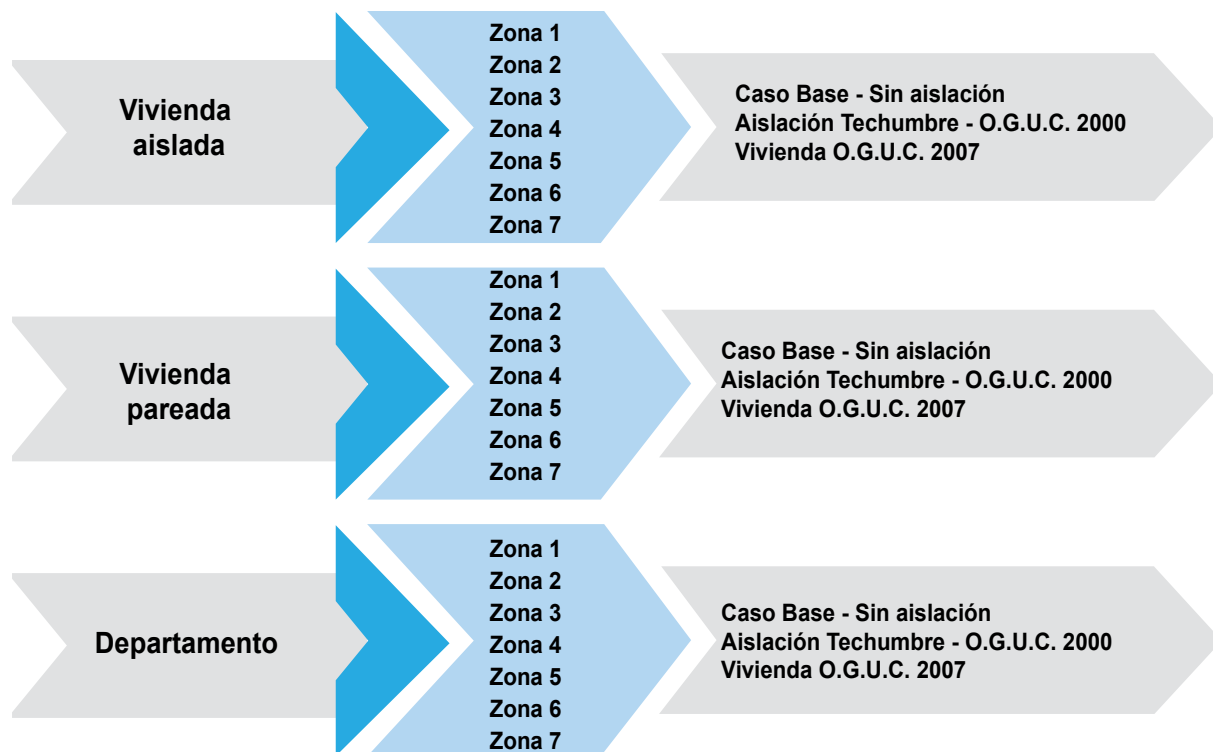


Figura 3.6: Casos considerados en las simulaciones para la situación actual

Con estas evaluaciones obtenemos la situación actual más probable de comportamiento energético de las viviendas que existen actualmente en Chile la que se representa en los siguientes gráficos.

Demanda de energía Caso base- sin aislación

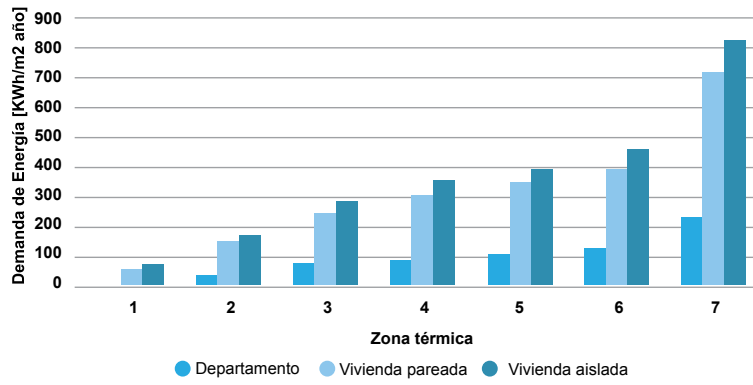


Figura 3.7: Demanda de energía por zona térmica para el Caso Base.

Demanda de energía Aislación techumbre - O.G.U.C 2000

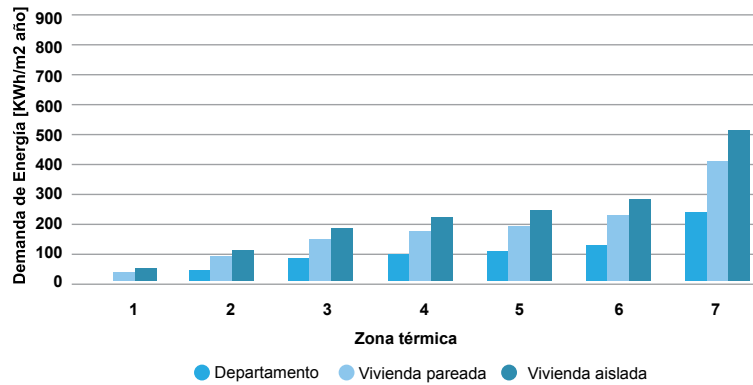


Figura 3.8: Demanda de energía por zona térmica para viviendas con aislación de techumbre según O.G.U.C. 2000.

Demanda de energía Vivienda O.G.U.C 2007

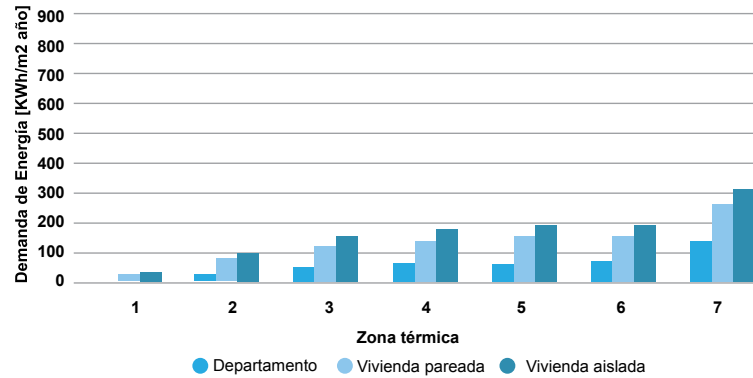


Figura 3.9: Demanda de energía por zona térmica para viviendas acondicionadas según O.G.U.C. 2007.

Nota: En las figuras 3.7, 3.8 y 3.9 no se consideró la demanda de energía del departamento en la zona 1 debido a que su valor es muy pequeño.

Conclusiones

La reglamentación térmica del año 2000 ha sido un gran aporte al ahorro de energía y confort térmico de las viviendas, que ha sido complementada con un menor impacto (pero de igual forma importante) de la reglamentación del año 2007, sobre todo en las zonas más frías (zona 7) y en viviendas aisladas y pareadas más que en departamentos. Los ahorros fluctúan entre 36% y 63% con respecto a viviendas construidas antes del 2000 sin ningún tipo de aislación, y hasta un 39% respecto a viviendas que tienen aislación en techumbre.

Por ejemplo, una vivienda aislada en la zona 3 disminuye en un 43% su requerimiento de energía para calefacción si se aíslan muros y techumbre de acuerdo a la O.G.U.C.

Para la vivienda aislada en la zona 3 las demandas de energía se reducen de 287 [kWh/m² año] a 184 [kWh/m² año] (aislando sólo la techumbre) y a 164 [kWh/m² año] (aislando techumbre y muros según O.G.U.C. 2007). En la zona 7 se reducen de 830 [kWh/m² año] a 518 [kWh/m² año] (aislando sólo la techumbre) y a 314 [kWh/m² año] (aislando muros y techumbre según O.G.U.C. 2007).

Naturalmente que acondicionar viviendas es mucho más relevante en lugares donde el clima es más frío, y sobre todo si son viviendas aisladas, por ejemplo en la zona 7

(Punta Arenas) la demanda de 830 [kWh/m² año], que es 12 veces más que la demanda de la zona 1 (Arica, 67 [kWh/m² año]), se puede reducir en un 62% si se reacondiciona de acuerdo a O.G.U.C. 2007, con lo cual el ahorro es de 516 [kWh/m² año], en cambio si se realiza lo mismo en la zona 1 el ahorro es de 25 [kWh/m² año].

3.2 Aumento de aislación térmica respecto a la normativa actual

Se simula el efecto de mayor aislación de techumbre y muros, respecto a la actual normativa O.G.U.C. 2007, y cambio de ventanas por DVH (termopanel), para tener claridad de la conveniencia de implementar una medida u otra.

No se consideró aislación de pisos, debido a la complejidad y/o alto costo que significa en viviendas existentes; la aislación de losas ventiladas es relevante si es que existen y deben ser consideradas al reacondicionar la vivienda, en este caso no se simulan debido a que las viviendas no las presentan.

Las medidas son las siguientes y se especifican en la tabla 3.1:

1) O.G.U.C. 2000 Techo+

Aislación en techumbre con espesores de 80, 120, 160, 200, 240 y 250 mm según zona térmica. Muros sin aislación térmica.

2) O.G.U.C. 2007 Muro +

Aislación de techumbre de acuerdo a O.G.U.C. 2007

Aislación en muros con espesores de 10, 30 y 60 mm según zona térmica.

3) O.G.U.C. 2007 Muro++

Aislación de techumbre de acuerdo a O.G.U.C. 2007

Aislación en muros con espesores de 20, 50 y 100 mm según zona térmica.

4) DVH

Ventanas DVH (termopanel) con marco de aluminio sin RPT

Vivienda sin aislación térmica construida antes del 2000.

5) O.G.U.C. 2007 DVH

Ventanas DVH (termopanel) con marco de aluminio

Vivienda aislada de acuerdo a O.G.U.C. 2007 (techumbre y muros).

Los ahorros de energía de cada medida se evalúan para cada tipología y se comparan con las viviendas sin ningún tipo de aislación (Caso Base) generalmente construidas antes del 2000 (cerca del 86% de las viviendas existentes). La medida de incorporar DVH (termopanel), se evalúa para dos casos: en viviendas sin aislación y en viviendas con aislación de acuerdo a O.G.U.C. 2007.

Los espesores de aislación considerados son:

Tabla 3.1: Espesores de aislante para los distintos casos estudiados

Espesor aislante [mm]							
Zona	Situación Actual (ventanas con vidrio simple y marco de aluminio)				Aumento de aislación térmica respecto a la normativa actual 2007		
	Caso Base – Sin aislación (muros y techumbre)	Muro Albañilería O.G.U.C 2007	Muro Hormigón O.G.U.C. 2007	Aislación Techumbre O.G.U.C. 2000- 2007	O.G.U.C. 2000 Techo+	O.G.U.C. 2007 Muro+	O.G.U.C. 2007 Muro++
1	0	0	2	38	80	10	20
2	0	0	2	59	120	10	20
3	0	4	10	79	160	30	50
4	0	7	12	101	200	30	50
5	0	9	14	119	240	30	50
6	0	20	25	142	250	60	100
7	0	51	56	161	250	60	100

Comentarios:

Se consideró aislación térmica continua sin puentes térmicos.

Para la aislación de muros se utilizó poliestireno expandido de densidad 15 kg/m³, con una conductividad térmica de 0,041 W/(m K); mientras que para la aislación de techumbre, lana de vidrio de densidad 13 kg/m³ y conductividad térmica de 0,044 W/(m K).

Tanto en muros como en techumbre se obtendrían resultados parecidos con otros materiales con similar conductividad térmica:

- Poliestireno expandido
- Lana de vidrio
- Lana mineral

Si se elige un material con menor conductividad térmica, se podrían obtener los mismos resultados con menores espesores, como es en el caso del poliuretano, o los mismos materiales mencionados pero con diferentes densidades.

Las siguientes figuras y la tabla 3.2 muestran el ahorro de energía de cada medida evaluada, tanto para viviendas como para departamentos. Como resultado general, las viviendas tanto aisladas como pareadas presentan tendencias similares.

Figura 3.10: Ahorro de Energía en vivienda aislada para las distintas medidas

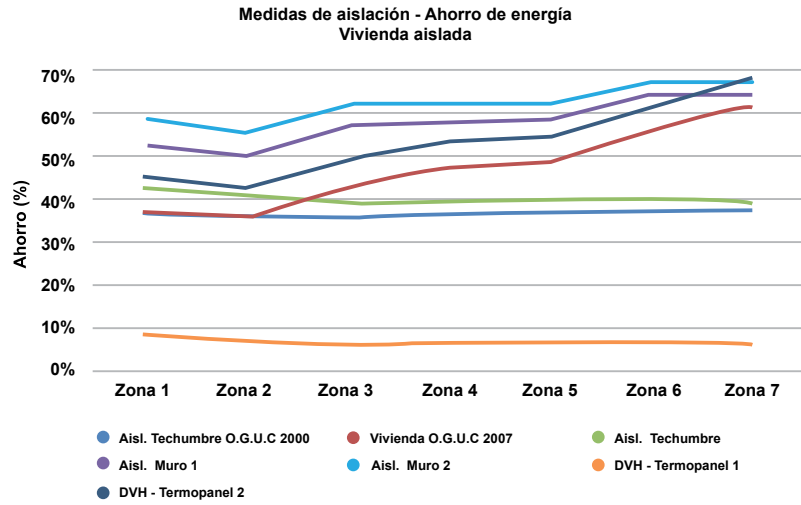


Figura 3.11: Ahorro de Energía en vivienda pareada para las distintas medidas

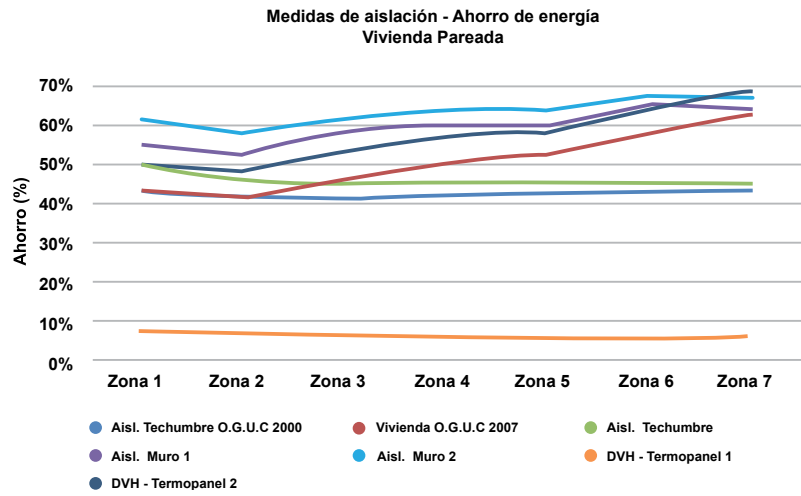
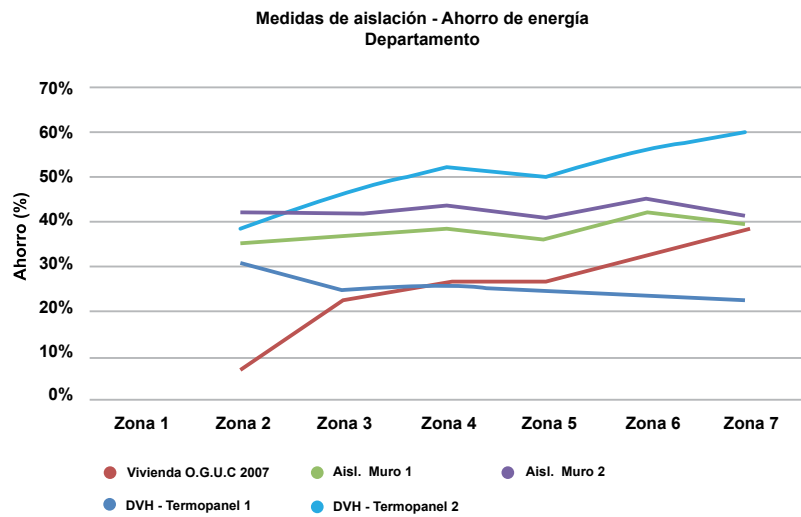


Figura 3.12: Ahorro de Energía en departamento para las distintas medidas



Conclusiones

Viviendas aisladas y pareadas

Los Resultados en casas aisladas y pareadas son muy similares.

Sin duda la aislación de techumbre es una excelente medida de eficiencia energética a implementar, debido al gran ahorro de energía que se logra y la facilidad de implementación (bajo costo y rapidez). Por ejemplo, con los espesores para cumplir con O.G.U.C. 2000 se ahorra cerca de un 37% en vivienda aislada y cerca de un 42% en vivienda pareada. Seguir aumentando la aislación por sobre la O.G.U.C. (tabla 3.1) tiene efectos relativos en las zonas 1, 2 y 3 ya que los ahorros aumentan hasta un 7%. Aunque esto puede no ser un gran impacto, en las demás zonas el ahorro es mucho menor, del orden del 1% , por lo que no tiene ningún impacto.

Realizar un cambio de ventanas previo al acondicionamiento de la envolvente no es una medida eficiente en viviendas, ya que se logra un ahorro cercano al 6% y tiene un costo muy alto respecto a lo que significa aislar la techumbre (ahorro 40%), no así en departamentos.

Al aislar la vivienda de acuerdo a O.G.U.C. 2007 se logran considerables ahorros tanto en viviendas (37%-63%) como en departamentos (hasta 38%), no obstante esta aislación es baja, por ejemplo en muros de albañilería en zona 3 es de 4 mm de espesor, y aumentarla no significa necesariamente un aumento considerable de costos, pero sí considerable en ahorro de energía, ya que aumenta de un 43% (O.G.U.C. 2007) a un 53% con 30 mm de aislación y a un 61% con 50 mm de aislación de muros.

Departamentos

En zona 1 los departamentos requieren muy baja energía para calefacción por lo cual no son considerados. Tampoco se considera la aislación de techo (ver figura 3.3).

Aislar los muros de acuerdo a O.G.U.C. 2007, es relevante de la zona 3 en adelante, se logran ahorros de 29% en promedio; si se aumenta la aislación de muros por sobre la O.G.U.C. 2007, es relevante desde la zona 2. Los ahorros alcanzados son de un 38% promedio para la opción 1 y de 43% para la opción 2 de mayor aislación de muros.

Cambiar las ventanas en este caso tiene un efecto considerable. El ahorro promedio es de un 25% y en conjunto con aislar la vivienda de acuerdo a O.G.U.C. 2007 el ahorro podría llegar hasta a un 60% en zona 7.

El detalle de los ahorros es el siguiente:

Tabla 3.2: Ahorro de energía para las distintas medidas por zona y tipología de vivienda

Vivienda aislada (sin adosamiento)							
Zona	O.G.U.C. 2000	O.G.U.C. 2007	O.G.U.C. 2000 Techo+	O.G.U.C. 2007 Muro+	O.G.U.C. 2007 Muro++	DVH	O.G.U.C. 2007 DVH
Zona 1	37%	37%	43%	53%	59%	8%	45%
Zona 2	36%	36%	40%	50%	56%	6%	43%
Zona 3	36%	43%	39%	57%	61%	6%	49%
Zona 4	37%	47%	40%	59%	63%	6%	53%
Zona 5	38%	49%	40%	59%	63%	6%	55%
Zona 6	38%	56%	39%	64%	67%	6%	62%
Zona 7	38%	62%	39%	63%	66%	6%	68%

Vivienda pareada							
Zona	O.G.U.C. 2000	O.G.U.C. 2007	O.G.U.C. 2000 Techo+	O.G.U.C. 2007 Muro+	O.G.U.C. 2007 Muro++	DVH	O.G.U.C. 2007 DVH
Zona 1	43%	43%	50%	56%	61%	8%	51%
Zona 2	42%	42%	46%	53%	58%	6%	48%
Zona 3	41%	47%	45%	59%	62%	6%	53%
Zona 4	43%	51%	46%	61%	64%	6%	57%
Zona 5	43%	53%	46%	61%	64%	6%	59%
Zona 6	44%	59%	45%	66%	68%	6%	65%
Zona 7	43%	63%	44%	64%	67%	6%	69%

Departamento						
Zona	O.G.U.C. 2000	O.G.U.C. 2007	O.G.U.C. 2007 Muro+	O.G.U.C. 2007 Muro++	DVH	O.G.U.C. 2007 DVH
Zona 1	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Zona 2	0%	8%	35%	43%	31%	38%
Zona 3	0%	22%	37%	41%	25%	47%
Zona 4	0%	26%	39%	43%	26%	52%
Zona 5	0%	27%	37%	41%	25%	51%
Zona 6	0%	33%	42%	45%	24%	57%
Zona 7	0%	38%	39%	42%	22%	60%

Recordar que los ahorros presentados en la tabla 3.2 son en relación al caso base, consistente en cada tipología de vivienda sin ningún tipo de aislación térmica en ella. Además los resultados presentados se refieren sólo a las pérdidas por la envolvente, sin considerar pérdidas por ventilación e infiltraciones.

3.3 Recomendaciones

Es importante señalar que las medidas presentadas son generales y que se deben evaluar caso a caso, puesto que cada vivienda tiene condiciones particulares que es necesario considerar, por ejemplo si la vivienda tiene un alto porcentaje de ventanas es relevante analizar su cambio. El efecto de las medidas de acondicionamiento está relacionado con la orientación de la vivienda, el acceso de radiación solar, materialidad entre otros.

Los resultados acá indicados son genéricos y dan una idea del efecto de ciertas medidas de eficiencia energética y la dirección por la cual es necesario comenzar un acondicionamiento.

Prioridades para acondicionar una vivienda

A considerar si se tienen restricciones de presupuesto que impidan realizar el acondicionamiento térmico de una sola vez.

Como criterio general relativo a la eficiencia energética, el orden de acondicionar una vivienda es el siguiente:

• **Viviendas (aisladas o pareadas)**

- 1) Aislación de techumbre
- 2) Aislación de muros
- 3) Aislación de losas ventiladas
- 4) Cambio de ventanas a DVH sólo si están en mal estado y se requiera cambiarlas. Si representan más del 20% respecto a la envolvente perimetral es necesario estudiarlo en detalle.

Los pisos ventilados se sitúan en tercer lugar debido a que generalmente se presentan en menor superficie dentro de la vivienda, si la superficie es alta, similar a la techumbre se debieran aislar antes que los muros.

• **Departamentos**

- 1) Aislación de techumbre (sólo si presenta)
- 2) Aislación de pisos ventilados (sólo si presenta)
- 3) Aislación de muros y/o cambio de ventanas a DVH

En departamentos la decisión de aislar los muros o cambiar las ventanas estará relacionado a la superficie de muros y ventanas que tenga el departamento. Si hay mayor cantidad de muros es mejor aislarlos, pero si hay más ventanas la única opción de mejorar la eficiencia energética es cambiarlas.

En departamentos, por lo general no es posible aislar el muro de un solo departamento si no se hace por el interior. También puede haber problemas al cambiar la ventana.

Si se toma la decisión de cambiar las ventanas, debe al menos cambiarse el tipo de vidrio; si es vidrio simple a doble vidriado hermético (DVH).

Cambiar sólo el tipo de perfil no tiene un efecto significativo, si no es acompañado por un cambio de vidrio.



Sistemas de calefacción

4. Sistemas de calefacción

Muchas veces la aislación térmica no es suficiente para mantener una temperatura adecuada al interior de nuestras viviendas, principalmente por el clima del lugar de emplazamiento, por lo que tenemos que pensar en instalar un sistema de calefacción. Al momento de adquirirlo es necesario tomar en cuenta el tamaño de la vivienda, si es casa o departamento y la fuente energética que utilizaremos, con el fin de evitar gastos innecesarios de dinero y energía.

En cuanto a los sistemas de calefacción que se utilizan en el país, estos dependen de la zona geográfica, restricciones ambientales y posibilidad de acceso a combustibles más baratos. De esta forma, en la Región Metropolitana (RM) hay una predominancia en el uso de estufas a kerosene, gas licuado y calefacción eléctrica. En cambio, en el sur, aumenta la presencia de leña en los hogares, llegando a estar presente en cerca del 90% de ellos.

Existen equipos localizados y sistemas de calefacción central. Los localizados son de menor costo, se utilizan principalmente en viviendas para calefaccionar parte de ella, (estufas a parafina, gas, eléctricas, etc.). Como se localizan en una habitación en particular, estos sistemas provocan diferencias de temperaturas en las diferentes habitaciones de las viviendas. Son generalmente de baja potencia

y sin control automático de la temperatura, aunque últimamente los nuevos equipos incluyen termostatos. Algunos de estos calefactores, como se verá más adelante, liberan gases contaminantes dentro de la vivienda.

La gran ventaja de los sistemas de calefacción centralizados es el nivel de confort que generan, debido a que mantienen niveles de temperaturas similares en todas las habitaciones. Además, son equipos más eficientes y tienen rendimientos más altos que sus similares en el grupo de los sistemas localizados. Sin embargo, por el mismo hecho de calefaccionar la casa completa, generalmente producen gastos mayores en calefacción. Estos sistemas no liberan gases contaminantes al interior de la vivienda, son una calefacción limpia. La desventaja es que la inversión inicial es más elevada que otras alternativas. Generalmente se utilizan calderas y bombas de calor. Dado que su función es calefaccionar la casa completa, estos equipos son de mayor potencia, con control automático de la temperatura y distribuyen la energía a través de radiadores, losa radiante o convectores.

Es fundamental que los sistemas de calefacción se adecúen a las necesidades específicas de la vivienda. Si están sobredimensionados es una inversión inadecuada, y en

caso contrario, no lograrán las temperaturas necesarias.

Es importante destacar que la calefacción debe ir siempre acompañada de una buena ventilación cuando los sistemas de calefacción que usemos liberen gases contaminantes producto de la combustión y humedad al interior de la vivienda, como ocurre con estufas a gas, leña o kerosene sin evacuación de gases al exterior. Estos equipos se pueden reconocer ya que no tienen una chimenea de evacuación de gases. Se recomienda no usar este tipo de calefacción, debido a los daños a la salud que puede provocar, enfermedades respiratorias o incluso la muerte, causados por los gases tóxicos que se acumulan si no se ventila como corresponde. Por otra parte, a mayor ventilación mayor pérdida de energía y mayor consumo para mantener temperaturas adecuadas, por lo que la eficiencia de estos equipos, considerando la ventilación extra, es baja.

4.1. Cómo elegir un sistema de calefacción

Para seleccionar un equipo que se adapte mejor a los requerimientos de la vivienda y optimice el consumo energético de ella, hay que tener en cuenta ciertos aspectos:

- Es necesario dimensionar la potencia de calefacción necesaria, para no sobre invertir en un equipo que sea muy grande y en caso contrario que el equipo no sea suficiente para lograr las temperaturas deseadas.
- ¿Qué combustible usar? dependerá de la disponibilidad en la zona y su precio, se debe verificar la reglamentación relativa al uso de estos combustibles en la zona en que se encuentre la vivienda en cuestión (por ejemplo, no usar leña en Santiago).
- ¿Cuál es el costo del equipo y el de su operación? ¿Está disponible en la zona y existe un adecuado servicio técnico?
- ¿Qué nivel de contaminación puede provocar? ¿Existen adultos mayores o niños que puedan verse más perjudicados con altos niveles de contaminación?

Para determinar la potencia de calefacción, lo ideal es estimar la demanda de energía de la vivienda como se vio anteriormente, ya que se evalúa en forma integral su desempeño energético considerando aspectos como el clima de lugar de emplazamiento, su orientación y nivel de acondicionamiento térmico entre otros

A mayor nivel de aislación de la vivienda menor energía requerirá en calefacción, por lo que es muy importante tenerla bien aislada al momento de elegir un sistema.

En las siguientes tablas se presenta a modo de ejemplo¹⁵ el precio de los combustibles por kWh para Santiago y de Concepción, con el cual se determina el costo de la energía por tipo de combustible.

Tabla 4.1

Combustible	Precio del combustible		Poder calorífico ¹⁶	Costo energía [\$/kWh]	
	Santiago	Concepción		Santiago	Concepción
Leña ¹⁷	50000 [\$/m ³]	26000 [\$/m ³]	1.527 ¹⁸ [kWh/ m ³]	33	17
Pellet ¹⁹	220 [\$/kg]	200 [\$/kg]	4,98 [kWh/kg]	44	40
Kerosene ²⁰	628 [\$/litro]	643 [\$/litro]	9,78 [kWh/litro]	64	66
Gas Natural	790 [\$/m ³] ²¹	884 [\$/m ³] ²²	10,86 [kWh/m ³] ²³	73	81
Gas Licuado ²⁴	998 [\$/kg]	971 [\$/kg]	12,97 [kWh/kg]	77	75
Electricidad	102 [\$/kWh] ²⁵	114 [\$/kWh] ²⁶	1,00 [kWh/kWh]	102	114
Electricidad tarifa invierno	134 [\$/kWh]	152 [\$/kWh]	1,00 [kWh/kWh]	134	152
Petróleo Diésel ²⁷	542 [\$/litro]	558 [\$/litro]	10,87 [kWh/litro]	50	51

¹⁵ El costo de la energía varía en cada zona, se entregan valores para Santiago y Concepción como referencia.

¹⁶ Fuente: Mesas de calefacción eficiente Región del Biobío. Mesa 4: Tecnología en equipos de calefacción, Ministerio de Energía – Universidad de Concepción, Noviembre 2014.

¹⁷ Fuente: Datos obtenidos de los precios de venta de leña por m³ de los distintos proveedores.

¹⁸ Fuente: http://www.mma.gob.cl/1304/articles-54981_BuenUsoLena082013.pdf, poder calorífico de 5,5 GJ/m³ para eucalipto-glóbulos.

¹⁹ Fuente: Datos obtenidos de las Mesas de calefacción (Concepción) y de la CDT (Santiago).

²⁰ Fuente: www.bencinaenlinea.cl, precio promedio para el día 12 de Junio de 2015.

²¹ Fuente: Tarifas de Metrogas para el segundo tramo (de 5 a 10 m³) a Junio de 2015.

²² Fuente: Tarifa Gas 9300 de GasSur para el segundo tramo (de 5 a 38 m³) a Junio de 2015.

²³ Fuente: <http://www.drto.ro.cil/ACHEE/documentos/recursos/DireccionAnexo2.pdf> Cuadro N°1.

²⁴ Fuente: www.gasolinea.cl, precio promedio para el día 15 de Junio de 2015.

²⁵ Fuente: Precios vigentes al 1-6-2015 en Chilectra para tarifa BT-1 Área 1 A (a).

²⁶ Fuente: Precios vigentes al 1-4-2015 en CGE Distribución para tarifa BT-1 CGED SIC5 Sector 1.

²⁷ Fuente: www.bencinaenlinea.cl, precio promedio para el día 12 de Junio de 2015.

Estos precios son sólo referenciales y válidos para el mes de junio del 2015. Para obtener el costo de la energía basta con dividir el precio del energético por el poder calorífico. Esto se puede realizar simplemente averiguando el precio del combustible del proveedor local y utilizar el poder calorífico de la tabla 5.1, ya que éste no cambia. La tarifa eléctrica se puede obtener de su boleta de cobro o consultando directamente al distribuidor. Por ejemplo, si el precio del kerosene es de 650 [\$/litro] el costo de la energía sería de $650 \text{ [$/litro]} / 9,78 \text{ [kWh/litro]} = 66,5 \text{ [$/kWh]}$. Cuando se comparen costos de combustibles, se debe comparar esta variable (el costo de la energía) y no el costo del combustible, ya que las diferentes unidades de combustible tienen diferentes niveles de energía.

$$\text{Costo energía (Precio por kWh)} = \frac{\text{Precio del combustible}}{\text{Poder calorífico del combustible}}$$

El costo de la energía no es lo único que se debe tener en cuenta para estimar el costo de operación que tendrá el sistema de calefacción, ya que depende también del rendimiento del sistema. Por tanto, el valor final y más representativo a considerar para comprar los costos de operación de diferentes sistemas es el **precio de la energía útil**, que tiene en cuenta tanto el precio del energético utilizado como el rendimiento del sistema. Para ello, se divide el costo de la energía por la eficiencia del equipo.

En definitiva el **precio útil de la energía**, corresponde a cuantos nos cuesta realmente 1 kWh para calefaccionar la vivienda, si utilizamos un equipo u otro.

$$\text{Precio útil energía} = \frac{\text{Precio Combustible (kWh)}}{\text{Eficiencia equipo de calefacción}}$$

Tabla 4.2: Precios para sistemas de calefacción

Energético y tecnología	Inversión inicial referencial [\$]	Rendimiento referencial ²⁸	Santiago		Concepción	
			Precio Combustible [\$/kWh]	Precio por energía útil [\$/kWh]	Precio Combustible [\$/kWh]	Precio por energía útil [\$/kWh]
Leña seca con estufa tradicional	\$ 400.000	0,6	33	55	17	28
Pellet equipo de alta eficiencia	\$ 1.100.000	0,9	44	49	40	45
Kerosene sin ducto de evacuación	\$ 50.000	0,6 ²⁹	64	107	66	110
Kerosene con ducto de evacuación	\$ 250.000	0,7	64	91	66	94
Gas Licuado sin ducto de evacuación	\$ 90.000	0,6 ²⁹	77	128	75	125
Gas Licuado con ducto de evacuación	\$ 250.000	0,7	77	110	75	107
Gas Natural con Caldera	\$ 2.200.000	0,9 ³¹	73	81	81	90
Gas Natural con caldera de condensación a alta temperatura 80/60°C	\$2.500.000	0,95 ³¹	73	77	81	85
Gas Natural con caldera de condensación a baja temperatura 50/30°C	\$3.000.000	1,05 ³¹	73	70	81	77
Petróleo Diésel con caldera	\$ 2.300.000	0,87	50	57	51	59
Electricidad directa	\$ 15.000	1,0	84	84	111	111
Electricidad adicional invierno directa	\$ 15.000	1,0	110	110	147	147
Electricidad con bomba de calor aerotérmica VRF	\$ 1.100.000	3,5	84 a 110	24 a 31	111 a 147	32 a 42
Electricidad con bomba de calor geotérmica	\$ 3.500.000	4,5	84 a 110	19 a 24	111 a 147	25 a 33
Calefacción distrital a biomasa	\$ 4.500.000	-	-	-	-	45

²⁸ Rendimiento e inversión inicial referenciales obtenidos de: Mesas de calefacción eficiente Región del Biobío. Mesa 4: Tecnología en equipos de calefacción, Ministerio de Energía – Universidad de Concepción, Noviembre 2014.

²⁹ Considera ventilación adecuada (eficiencia de acuerdo a SCEV).

³¹ Rendimiento nominal de referencia

Se puede usar estos rendimientos también para obtener los valores de energía útil a partir del precio del proveedor local. En el ejemplo anterior con kerosene a 650 [\$/litro], se obtenía un precio de la energía de 66,5 [\$/kWh]. Si se divide este valor por el rendimiento del sistema (rendimiento referencial), se puede obtener el costo de la energía útil. En este caso si se usa kerosene en una estufa con chimenea, el costo de la energía útil sería de $66,5 \text{ [$/kWh]} / 0,7 = 95 \text{ [$/kWh]}$.

Los valores de inversión inicial, son sólo referenciales, esto se debe corroborar con el proveedor local. Sin embargo se debe tener en cuenta que los valores de la tabla corresponden al sistema instalado y con todos sus accesorios. Como se observa, en general, a excepción del caso de la leña en el sur de Chile, los sistemas que tienen un menor precio de energía útil tienen un costo de inversión más alto. Por tanto, el usuario tiene que analizar su propia situación personal. Si tiene disponibilidad de recursos para invertir, se recomienda usar bomba de calor geotérmica o calefactor a pellet, ya que si bien la inversión inicial es alta, posee los costos más bajos de operación. En todo caso, la decisión final se debe tomar considerando estos valores monetarios y todas las otras características indicadas anteriormente.

De acuerdo a la tabla anterior, en Concepción utilizar estufa a leña seca es lo más barato ya que tiene un costo de energía de \$28 por kWh, mientras que en Santiago es la bomba de calor geotérmica con \$19 por kWh.

En el caso de la electricidad, es importante considerar el **cargo por energía adicional en invierno** (abril a septiembre) que es más alto al cargo normal, sólo se aplica en caso que el consumo del cliente exceda los 430 kWh/mes, correspondiendo su valor a la energía consumida en exceso de su límite de invierno. *(El límite de invierno de cada cliente es igual al mayor valor que resulte de comparar: 350 kWh, con el promedio mensual de la energía consumida entre octubre a marzo del periodo anterior, incrementado en un 20%).*³⁴

Es por esto que cualquier artefacto que funcione con

electricidad, ya sea un calefactor o una bomba de calor, debe considerar en su rango de precios la electricidad con tarifa de invierno.

En general los equipos sin evacuación de gases al exterior tienen más baja eficiencia puesto que se considera un alto nivel de ventilación para mantener una calidad de aire adecuado, fluctuando los costos entre \$107-128 kWh. Sin duda los más económicos son las bombas de calor \$24-42 kWh (sin embargo, tienen un alto costo de inversión) y el uso de leña o pellets de madera \$28-55 kWh. Las calderas de condensación en general ahorran un 15% más de energía respecto a una caldera normal si es que esta se utiliza correctamente a baja temperatura, que es donde obtienen sus mayores eficiencias, y un 25% respecto a una estufa a gas con extracción de gases al exterior.

El costo de la inversión inicial es más bajo en calefactores eléctricos (desde \$15.000 dependiendo del modelo) a un costo de energía entre 84 \$/kWh y 111 \$/kWh, si no se sobrepasa el límite de invierno. Las inversiones más altas corresponden a los sistemas centralizados (sistemas con calderas y bombas de calor).

Los calefactores con evacuación de gases al exterior, los calefactores eléctricos, la biomasa y la bomba de calor, no tienen problemas de contaminación interior.

Es conveniente que previo a la adquisición de un equipo de alta inversión se estime en términos económicos el tiempo de recuperación de la inversión mediante los ahorros de energía, y considerar posibles fluctuaciones en los precios y disponibilidad de combustible en la zona, además de disponibilidad de servicio técnico entre otros.

Para otras áreas del país, que no sean Santiago o Concepción, se debe conocer el precio de los distintos combustibles y a partir de las eficiencias aquí mencionadas, obtener el precio útil de cada equipo y compararlos.

A continuación, se muestran a modo comparativo equipos específicos. Las eficiencias en algunos casos fueron estimadas por defecto y otras indicadas por el proveedor.

³⁴ Ministerio de Energía Decreto 1T-2012

4.1.1. Leña y pellets

La leña es el combustible más utilizado en el sur del país, es fácil de conseguir y de bajo costo. Sin embargo, es uno de los combustibles que emite más contaminantes al ambiente exterior, estando por ello regulado su uso en ciertas ciudades, como Santiago o Temuco, entre otras. También emite contaminación interior en los procesos de carga.

Alternativamente a la leña, existe el pellet, siendo una tendencia creciente en la actualidad. Su combustión es más limpia y eficiente y sus emisiones son menores. Además, estos equipos tienen control automático tanto de encendido como de regulación de potencia.

Estufa a leña

Potencia	7 – 11 [kW] 6.300 – 9.000 [kcal/h]
Eficiencia/Rendimiento³⁵	0,6
Consumo	1 a 2 [kg/hora]
Precio de venta³⁶	\$ 170.000 - \$280.000
Precio útil energía para Santiago	55 [\$/kWh]
Precio útil energía para Concepción	28 [\$/kWh]



Figura 4.1: Estufa a leña

Precauciones de uso:

- Use leña seca.
- Realizar mantenencias periódicas sobretodo en el ducto de gases.
- No sobrecargue de leña la cámara de combustión.

Estufa a pellet

Potencia	7 – 8 [kW] 6.000 – 7.000 [kcal/h]
Eficiencia/Rendimiento³⁵	0,9
Consumo	0,5 a 1,5 [kg/hora]
Precio de venta³⁸	\$ 900.000 - \$ 1.200.000
Precio útil energía para Santiago	49 [\$/kWh]
Precio útil energía para Concepción	45 [\$/kWh]

Figura 4.2:
Estufa a
Pellet



³⁵ Fuente: Mesas de calefacción eficiente Región del Biobío. Mesa 4: Tecnología en equipos de calefacción, Ministerio de Energía – Universidad de Concepción, Noviembre 2014.

³⁶ Precio de venta según www.sodimac.cl para Junio de 2015, correspondiente sólo al precio del equipo, sin accesorios ni instalación.

³⁸ Precio de venta según www.sodimac.cl para Junio de 2015, correspondiente sólo al precio del equipo, sin accesorios ni instalación.

4.1.2. Kerosene

Los calefactores a kerosene se comercializan en versiones con y sin evacuación de gases hacia el exterior. En Chile, la gran mayoría de los equipos que se venden son sin evacuación de gases. El kerosene es un combustible muy usado, debido a su menor costo y a la facilidad de conseguirlo. Sin embargo, cuando se usa en un equipo sin evacuación de gases, su combustión genera mucha contaminación interior, lo ideal sería tener un equipo con conducto de evacuación de gases al exterior. En caso contrario se debe ventilar la habitación, ya que además de generar vapor de agua, aumenta el riesgo de condensación y también libera productos contaminantes dañinos para la salud (CO_2 y CO).

Estufa a kerosene

Potencia	2,5 – 5.0 [kW] 2.000 – 4.300 [kcal/h]
Eficiencia/Rendimiento ³⁹	0,6
Consumo	0,25 – 0,5 [litros/hora]
Precio de venta ⁴⁰	\$ 35.000 - \$ 400.000
Precio útil energía para Santiago	107 [\$/kWh]
Precio útil energía para Concepción	110 [\$/kWh]

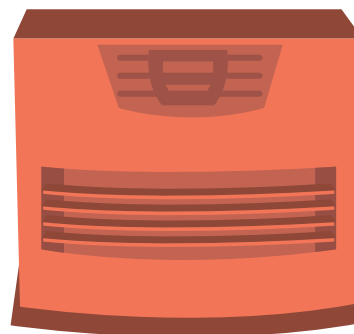


Figura 4.3: Estufa a kerosene y electricidad

Precauciones de uso:

- Se debe sobre ventilar el ambiente al utilizar la estufa, ya que libera gases nocivos para la salud. Esto disminuye la eficiencia indicada.
- Utilizar sólo kerosene puro como combustible.
- Genera vapor de agua al interior de la vivienda aumentando el riesgo de condensación
- No es recomendable su uso por el gran nivel de contaminación que genera.

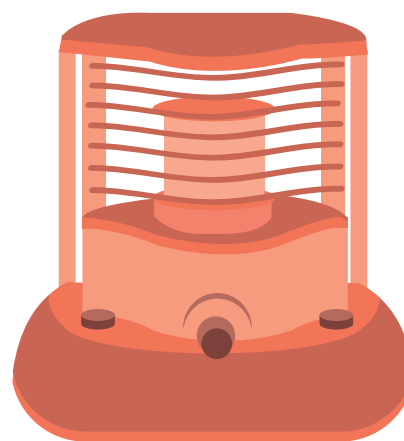


Figura 4.4: Estufa a kerosene

³⁹ Eficiencia según SCEV.

⁴⁰ Precio de venta según www.sodimac.cl para Junio de 2015, correspondiente sólo al precio del equipo.

4.1.3. Gas natural

El gas natural es una energía limpia y que no contamina, aunque libera gases producto de la combustión que pueden ser liberados dentro o fuera de la vivienda según el tipo de calefactor usado. A continuación se presentan algunos calefactores a gas natural y sus características.

Calefactor Italkeros modelo Stratos 5.0

Calefactor de tiro balanceado, lo que significa que posee doble comunicación con el exterior, una entrada de aire y una salida de productos de la combustión y controla la temperatura mediante un termostato inalámbrico. Para ser un equipo localizado tiene una alta potencia, por tanto es recomendable para grandes espacios como living comedor o similares.

Potencia	4,7 [kW] 4.000 [kcal/h]
Eficiencia/Rendimiento ⁴¹	0,9
Consumo	0,43 [m ³ /hora]
Dimensiones [cm]	58,5 x 68,5 x 20
Alto x Ancho x Fondo	
Precio de venta ⁴²	\$ 540.000
Precio útil energía para Santiago	81 [\$/kWh]
Precio útil energía para Concepción	90 [\$/kWh]



Figura 4.5: Calefactor Italkeros modelo Stratos 5.0

Ventajas:

- No genera contaminación al interior de la vivienda.
- Posee una tecnología de combustión con cámara estanca y extracción forzada de los gases producidos.

Desventajas:

- Requiere salidas al exterior para la eliminación de gases.

Precauciones de uso:

- No se debe cubrir el artefacto.
- Se debe instalar de acuerdo a la reglamentación vigente.

⁴¹ Rendimiento indicador por el proveedor

⁴² Precio de venta según Metrogas para Junio de 2015, correspondiente sólo al precio del equipo.

Calefactor Ursus Trotter modelo Greenheat M

Este es un calefactor de tipo chimenea, muy similar a una estufa a leña pero que utiliza gas natural, y su control de temperatura es mediante regulación manual, una turbina extrae el calor del calefactor.



Figura 4.6:
Calefactor
Ursus Trotter
modelo
Greenheat M

Potencia	7,5 [kW] 6.500 [kcal/h]
Eficiencia/Rendimiento ⁴⁵	0,8
Consumo	0,79 [m³/hora]
Dimensiones [cm] Alto x Ancho x Fondo	95 x 51 x 35
Precio de venta ⁴⁶	\$ 300.000
Precio útil energía para Santiago	91 [\$/kWh]
Precio útil energía para Concepción	102 [\$/kWh]

Ventajas:

- No genera contaminación intradomiciliaria.
- No emite monóxido de carbono al interior del recinto.
- No humedece el ambiente.

Desventajas:

- Requiere salida al exterior mediante ductos.

Precauciones de uso:

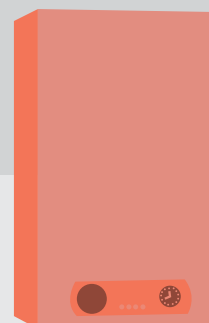
- No se debe cubrir el artefacto.
- Se debe instalar de acuerdo a la reglamentación vigente

Calderas

Las calderas pueden ser a gas natural, licuado, petróleo, leña, pellets etc. En general todos los tipos de calderas no tienen problemas de contaminación interior y la emisión de contaminantes al exterior es baja. Entre sus ventajas cuentan con gran comodidad de uso y uniformidad de temperatura interior, pero presenta altos costos de instalación del sistema completo (calderas, radiadores, convectores, losa radiante, cañerías controles etc.)

Potencia	Desde 20[kW] Caldera Gas natural
Eficiencia/Rendimiento ⁴⁷	0,9
Precio de venta ⁴⁸	\$ 2.200.000
Precio útil energía para Santiago	81 [\$/kWh]
Precio útil energía para Concepción	90 [\$/kWh]

Figura 4.7:
Caldera
standard



⁴⁵ Rendimiento indicador por el proveedor

⁴⁶ Precio de venta según Metrogas a Junio de 2015, correspondiente sólo al precio del equipo, sin accesorios ni instalación.

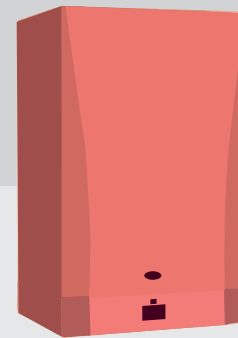
⁴⁷ Rendimiento nominal indicado por proveedores aprox

⁴⁸ Incluye instalación completa (caldera, radiadores cañerías etc)

Calderas de condensación

Las calderas de condensación, como su nombre lo indica, aprovechan el calor que se libera al condensar los gases de la combustión, a diferencia de una caldera normal. El calor generado se distribuye a través de la vivienda mediante radiadores o por suelo radiante, de forma homogénea. Utilizan como combustible el gas natural pero necesitan también consumir electricidad para su correcto funcionamiento.

Potencia	Desde 20[kW] Caldera Gas natural
Eficiencia/Rendimiento ⁴⁹	1,05
Precio de venta ⁵⁰	\$ 3.000.000
Precio útil energía para Santiago	70 [\$/kWh]
Precio útil energía para Concepción	77 [\$/kWh]



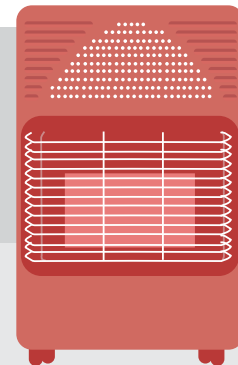
4.1.4. Gas licuado

El gas licuado es uno de los combustibles más utilizados en el país para calefacción. Es un combustible eficiente y fácil de transportar, almacenar.

Estufa a gas

Potencia	3,7 - 4,6 [kW] 3.200 – 3.700 [kcal/h]
Eficiencia/Rendimiento ⁵¹	0,6
Consumo	305 [g/hora]
Precio de venta ⁵²	\$ 60.000 - \$90.000
Precio útil energía para Santiago	128 [\$/kWh]
Precio útil energía para Concepción	125 [\$/kWh]

Figura 4.8:
Estufa a gas
licuado



Precauciones de uso:

- Estas estufas son recomendables sólo en ambientes con ventilación constante como living o comedor.

⁴⁹ Rendimiento nominal indicado por proveedores aprox

⁵⁰ Incluye instalación completa (caldera, radiadores cañerías etc)

⁵¹ Eficiencia según SCEV.

⁵² Precio de venta según www.sodimac.cl para Junio de 2015, correspondiente sólo al precio del equipo, sin accesorios ni instalación.

4.1.5. Electricidad

La electricidad es una energía limpia que no libera gases, ya que no realiza combustión para funcionar. Es adaptable, ya que existen equipos para abarcar distintos tamaños de recintos y generalmente son portátiles.

Este tipo de calefactores entrega calor a partir de una resistencia eléctrica.

Por la forma de entregar calor al ambiente, se pueden diferenciar en 2 grupos: calefactores convectivos y calefactores radiativos. Se debe aclarar que desde el punto de vista eficiencia energética, todos los calefactores tienen la misma eficiencia (100%), independiente de su valor de compra. Además, se debe tener en cuenta que una eficiencia de 100% no significa que el equipo sea el mejor de todos, ya que del punto de vista de costos de operación, la electricidad suele ser la forma de energía de mayor costo; por tanto, aun con 100% de eficiencia, sus costos de operación suelen ser altos.

En general las potencias unitarias de estos equipos no superan los 2 kW. Esto se debe a que la instalación normal de los enchufes de una vivienda es para un máximo de 10 A, lo que equivale a una potencia de 2.2 kW. Se deben revisar los enchufes y la instalación eléctrica de la vivienda antes de utilizar estos equipos. En el caso de uso de calefactores sobre 1 kW, no usar alargadores y conectar solo un equipo por cada toma eléctrica. Si se observa que el cable o el enchufe se calientan más de lo habitual, se debe desenchufar inmediatamente y reparar el enchufe o el cable.

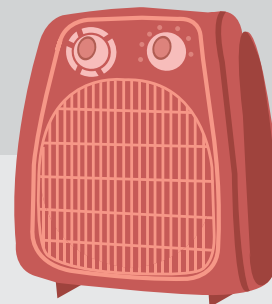
A continuación se muestran 3 equipos y sus características principales.

Calefactor eléctrico por convección convencional

Este tipo de calefactor es también llamado termoventilador. Este se compone de un ventilador el que hace circular el aire a alta velocidad a través de una resistencia eléctrica. El aire caliente es impulsado al recinto. Normalmente tiene un termostato que permite que se apaguen automáticamente cuando se llega a la temperatura deseada y un selector de potencia que permite trabajar con 2 o 3 niveles de potencia.

El ventilador genera un nivel de ruido relativamente molesto en lugares silenciosos.

Potencia	0,8 - 2,0 [kW] 690 - 1.700 [kcal/h]
Eficiencia/Rendimiento	1
Precio de venta	\$ 10.000 - \$ 30.000
Precio útil energía para Santiago	84 a 110 [\$/kWh]
Precio útil energía para Concepción	111 a 147 [\$/kWh]



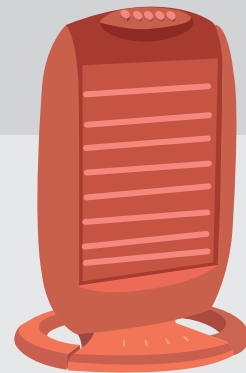
Calefactor eléctrico por radiación convencional

Este tipo de calefactor también es llamado tipo halógeno o calefactor a cuarzo. La característica principal es que la resistencia eléctrica alcanza una alta temperatura y una parte importante del calor emitido lo hace por radiación. Este equipo tiene la ventaja de que si la persona se ubica frente al calefactor, aunque el aire ambiente aun no este caliente, siente una sensación de confort debido a la radiación emitida. En todo caso, después de un tiempo encendido también se calienta el aire. Normalmente tiene un termostato que permite que se apague automáticamente cuando se llega a la temperatura deseada y un selector que permite trabajar con 2 o 3 niveles de potencia.

Este tipo de calefactores tiene ventajas importantes frente a los convectivos cuando se tiene un gran flujo de aire de ventilación o en lugares semi abiertos y se desea calentar directamente a la persona por radiación. También se usan en lugares cerrados para provocar una sensación de confort a la persona que está frente a él, antes de que se caliente el aire.

Otra ventaja respecto a los calefactores convectivos es que no producen ruido.

Potencia	0,8 – 1,5 [kW] 690 - 1.300 [kcal/h]
Eficiencia/Rendimiento	1
Precio de venta	\$ 10.000 - \$ 30.000
Precio útil energía para Santiago	84 a 110 [\$/kWh]
Precio útil energía para Concepción	111 a 147 [\$/kWh]

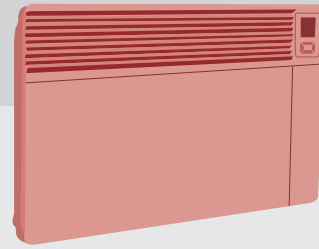


Calefactor eléctrico de alta gama

Este tipo de calefactor puede ser de tipo convectivo o radiativo, o incluso otros tipos como calefactores oleohidráulicos. Estos últimos corresponden a calefactores en que se calienta un aceite hidráulico. Este tipo corresponde a un grupo de un precio mucho más elevado, sin embargo la eficiencia térmica es la misma que los equipos de bajo precio. La diferencia en este grupo, está en otros atributos como: diseño, estética, seguridad, control, etc. Algunos de estos calefactores tienen una característica importante al no presentar partes a altas temperatura, por lo tanto evitan una eventual quemadura por mal uso. Sin embargo, la gama de accesorios es muy variada y algunos incorporan elementos como panel central de control tipo “tablet” y simulación del aspecto del calefactor como si fuera un calefactor a leña.

Potencia	1,0 - 2,0 [kW] 860 - 1.700 [kcal/h]
Eficiencia/Rendimiento	1
Precio de venta ⁵³	\$ 50.000 - \$ 500.000
Precio útil energía para Santiago	84 a 110 [\$/kWh]
Precio útil energía para Concepción	111 a 147 [\$/kWh]

Figura 4.9: Calefactor eléctrico



⁵³ Precios de venta según www.chilectra.cl

4.1.5.1. Bombas de calor

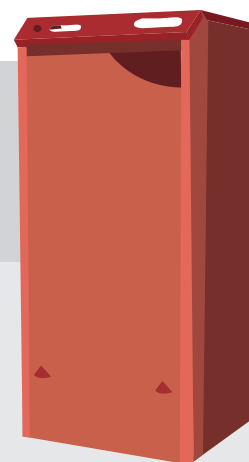
Las bombas de calor son equipos de calefacción que funcionan con electricidad. Son muy eficientes, y sus rendimientos son superiores a los de la mayoría de los equipos. Las bombas de calor geotérmicas son las más eficientes, aunque tienen inconvenientes, tales como necesitar espacio para el intercambiador de calor externo y un alto costo de inversión. Para instalar este tipo de bomba de calor se recomienda contratar un especialista que haga un estudio previo para verificar que se puede instalar en una vivienda en particular.

Otros tipo de bomba de calor, menos eficiente que las geotérmicas pero de todas formas muy eficientes, son las bombas de calor aire – aire con flujo de refrigerante variable (VRF o Inverter). A diferencia de las geotérmicas, éstas se pueden instalar en casi cualquier vivienda.

Bomba de calor

Figura 4.10: Bomba de calor

Potencia	8 - 18 [kW] 7.000 – 6.000 [kcal/h]
Eficiencia/Rendimiento ⁵⁴	3,5 – 4,5
Precio de venta ⁵⁵	\$ 1.100.000 - \$ 3.000.000
Precio útil energía para Santiago	18 a 31 [\$/kWh]
Precio útil energía para Concepción	25 a 42 [\$/kWh]



⁵⁴ Eficiencias según Mesas de calefacción eficiente Región del Biobío. Mesa 4: Tecnología en equipos de calefacción, Ministerio de Energía – Universidad de Concepción, Noviembre 2014 para bomba aerotérmica y geotérmica respectivamente.

⁵⁵ Precios según Mesas de calefacción eficiente Región del Biobío. Mesa 4: Tecnología en equipos de calefacción, Ministerio de Energía – Universidad de Concepción, Noviembre 2014.



Criterios de intervención para el Acondicionamiento **Térmico**

5. Criterios de intervención para el Acondicionamiento Térmico

5.1. Materiales de aislación

Las características más importantes a considerar al elegir qué material aislante usar corresponden a su conductividad térmica λ , la resistencia a la humedad, al paso del vapor, su comportamiento ante el fuego, su resistencia, durabilidad, la facilidad de su correcta instalación y su relación con el medio ambiente. Se presentan a continuación los materiales de aislación más utilizados en Chile y sus propiedades.

Para poder hacer una comparación de materiales y determinar el más adecuado a sus necesidades, ver la tabla 5.6, la cual presenta una comparación entre los distintos materiales aislantes.

En general, para uso en superficies verticales se recomienda usar planchas rígidas ya que de lo contrario se van asentando con el tiempo. Por otro lado, no es recomendable corchetear o clavar las colchonetas a la superficie ya que en los puntos donde se fija se produce una disminución apreciable del espesor del material y puede afectar su poder de aislación.

5.1.1. Poliestireno expandido

El poliestireno expandido es una espuma rígida formada por numerosas perlas, por medio de las cuales se distribuye y retiene una gran cantidad de aire, el que le da una alta capacidad de aislación térmica. Es resistente a los procesos de envejecimiento y descomposición, así como a la acción de hongos, bacterias, termitas y una amplia gama de sustancias, aunque no resiste los rayos UV. Es uno de los aislantes más usados debido a su bajo precio. En la tabla 6.1 se muestran algunos de los productos disponibles de poliestireno expandido según densidad, coeficiente de conductividad térmica y uso.

Medio Ambiente:

El poliestireno expandido se fabrica a partir de petróleo,



Figura 5.1: Poliestireno expandido

pero se puede reciclar en su totalidad para formar bloques del mismo material y fabricar materias primas para otra clase de productos. No es soluble en agua, por lo que no genera contaminación en ésta. Sin embargo, al ser un material muy combustible, emana gases al ambiente, principalmente monóxido y dióxido de carbono, y contamina, aunque, puede incinerarse en plantas especiales.

Propiedades físicas:

Tabla 5.1: Propiedades físicas del poliestireno expandido

	Unidad	Valores			
Densidad aparente	[kg/m ³]	10	15	20	30
Conductividad térmica (λ) ¹	[W/mK]	0,0430	0,0413	0,0384	0,0361
Factor de resistencia a la difusión de vapor de agua ²	μ [adimensional]	25,1 - 46			
Resistividad a la difusión de vapor de agua ³ (r_v)	[MN*s/(g*m)]	138 - 253			

¹ Fuente: Anexo A, Tabla A.1 NCh853 Of2007

² Fuente: Tabla 4.1, página 55, Manual de Humedad – Documento técnico CDT N°30.

³ Fuente: Tabla 4.1, página 55, Manual de Humedad – Documento técnico CDT N°30.

5.1.2. Lana mineral

La lana mineral se fabrica mediante la fundición de una mezcla de distintas rocas con alto contenido de sílice. Es un aislante térmico, constituido por fibras minerales blancas extrafinas que se aglomeran para formar colchonetas, frazadas, bloques y caños pre-moldeados. Puede estar revestida por algún otro material como aluminio o papel kraft, para mejorar su impermeabilidad a la humedad y al vapor de agua. Es un material que no se pudre y mantiene sus características físicas en el tiempo, sin embargo, al mojarse pierde sus propiedades aislantes. Además, este producto puede causar alergias, irritación de la piel o problemas respiratorios en las personas, por lo que se deben considerar medidas especiales al manipularlo, como el uso de guantes, gafas, mascarillas y ropa adecuada, y no debe entrar en contacto con ojos, manos o pulmones, ya que los puede dañar.

Medio Ambiente:

Por ser un material proveniente de minerales naturales presentes en rocas, la lana mineral no causa efectos adversos conocidos al medio ambiente. Es un material reciclable e inorgánico, que no contiene químicos en su producción. Al ser incombustible, es seguro en caso de incendio, ya que no produce gases tóxicos que afecten a las personas o al medio ambiente. Su desventaja es que se debe fundir rocas a altas temperaturas para su producción, lo que conlleva un alto consumo de energía.



Figura 5.2: Lana mineral

Propiedades físicas:

Tabla 5.2: Propiedades físicas de la lana mineral

	Unidad	Valores		
Densidad aparente	[kg/m ³]	40	70	120
Coefficiente de conductividad térmica (λ) ⁴	[W/mK]	0,042	0,038	0,042
Factor de resistencia a la difusión de vapor de agua ⁵	μ [adimensional]	1,7 - 1,9		
Resistividad a la difusión de vapor de agua ⁶ (r_v)	[MN*s/(g*m)]	9,6 - 10,5		

⁴ Fuente: Anexo A, Tabla A.1 NCh853 Of2007.

⁵ Fuente: Tabla 4.1, página 55, Manual de Humedad – Documento técnico CDT N°30.

⁶ Fuente: Tabla 4.1, página 55, Manual de Humedad – Documento técnico CDT N°30.

5.1.3. Lana de vidrio

La lana de vidrio es fabricada a altas temperaturas fundiendo arenas con alto contenido de sílice. Es un producto fibroso y de alta resistencia, ideal para ser usado en soluciones que requieran aislamiento térmico y acústico. No se pudre y no es vulnerable a plagas.

Este producto es fabricado en varios formatos, principalmente en rollos y paneles. Puede estar revestido en una de sus caras con diversos materiales como papel kraft, aluminio, polipropileno, los que permiten mejorar la impermeabilidad al vapor de agua y a la humedad, además de mejorar el rendimiento acústico, entre otras características.

Además, puede causar alergias a la piel o problemas respiratorios en las personas, por lo que se deben considerar medidas especiales al manipularlo, como el uso de guantes, gafas y mascarillas, y no debe entrar en contacto con ojos, manos o pulmones, ya que los puede dañar.



Figura 5.3: Lana de vidrio

Medio Ambiente:

Por ser un material proveniente de minerales naturales presentes en rocas, la lana de vidrio no posee riesgos de contaminar el medio ambiente, además al no ser soluble en agua, no genera contaminación en ésta. Es un material limpio e inorgánico, el vidrio utilizado es reciclado, por lo que contribuye a la reutilización de materias primas. Su desventaja es que para su producción, se debe fundir las arenas a altas temperaturas, por lo que existe un alto consumo de energía.

Propiedades físicas:

Tabla 5.3: Propiedades físicas de la lana de vidrio

	Unidad	Valor		
Densidad Aparente	[kg/m ³]	10	11	12
Conductividad térmica (λ) ⁷	[W/mK]	0,0440	0,0424	0,0410
Factor de resistencia a la difusión de vapor de agua ⁸	μ [adimensional]	1,6		
Resistividad a la difusión de vapor de agua ⁹ (r_v)	[MN*s/(g*m)]	9		

⁷ Fuente: Manual de Aplicación de Reglamentación Térmica(O.G.U.C art. 4.1.10) - Parte 4, Soluciones Constructivas Genéricas, página 52.

⁸ Fuente: Tabla 4.1, página 55, Manual de Humedad – Documento técnico CDT N° 30.

⁹ Fuente: Tabla 4.1, página 55, Manual de Humedad – Documento técnico CDT N° 30.

5.1.4. Poliuretano expandido

El poliuretano es un polímero consistente en una espuma rígida que posee unas celdillas cerradas en su interior que retienen gas 141-B, con una conductividad térmica más baja que la del aire, lo que le da sus propiedades aislantes. Tiene buenas propiedades físicas, es ligero y no absorbe humedad, por lo que no permite el desarrollo de hongos ni bacterias. Es un aislante continuo y sin juntas, por lo que elimina los puentes térmicos. En Chile, se utiliza más en la industria frigorífica que en las viviendas, debido a su alto costo en relación a los otros aislantes disponibles.



Figura 5.4: Poliuretano

Es importante utilizar mascararas, dispositivos de respiración y otros elementos de protección personal, durante la aplicación del poliuretano, para minimizar la exposición a partículas y vapores.

Medio Ambiente:

El poliuretano es un material inflamable que al estar en contacto con el fuego libera humos tóxicos, por lo que es peligroso en caso de incendio.

La espuma de poliuretano, al esparcirse con un aerosol, puede liberar gases de efecto invernadero y contiene derivados de combustibles fósiles no renovables.

Propiedades físicas:

Tabla 5.4: Propiedades físicas del poliuretano expandido

	Unidad	Valor			
Densidad	[kg/m ³]	25	30	45	70
Conductividad térmica(λ) ¹⁰	[W/mK]	0,0272	0,0262	0,0245	0,0274
Factor de resistencia a la difusión de vapor de agua ¹¹	μ [adimensional]	17,5 - 33,5			
Resistividad a la difusión de vapor de agua ¹² (r_v)	[MN*s/(g*m)]	96 - 184			

¹⁰ Fuente: Anexo A, Tabla A.1, NCh853 Of2007.

¹¹ Fuente: Tabla 4.1, página 55, Manual de Humedad – Documento técnico CDT N°30.

¹² Fuente: Tabla 4.1, página 55, Manual de Humedad – Documento técnico CDT N°30.

5.1.5. Corcho

El corcho es un material natural, que se obtiene de la corteza del alcornoque. Es un aislante térmico y acústico muy eficaz y una vez instalado requiere muy poca mantención. Normalmente se utiliza en forma de paneles, fabricados con corcho triturado y hervido a altas temperaturas. Es estable en el tiempo ya que no sufre deformaciones.

Medio Ambiente:

El corcho es un material sustentable, ya que está fabricado a partir de un árbol llamado alcornoque, y su aprovechamiento favorece la conservación de sistemas ecológicos, al ser necesarios los árboles para producir este material. Se dice que es carbono neutral, ya que el hecho de ser extraído de árboles compensa las emisiones generadas en su producción. No produce gases tóxicos en caso de incendio, por lo que no hay riesgos en ese sentido.

Sin embargo, el corcho debe ser extraído del alcornoque cada 9 años aproximadamente, y aunque esta extracción no afecta al árbol en sí (el corcho corresponde a la corteza más externa, por lo que el árbol no se daña), si existe el problema de no poseer suficientes plantaciones de alcornoques para suplir la demanda de corcho, ya sea como aislante o como tapa de vinos.



Figura 5.5: Corcho

Propiedades físicas:

Tabla 5.5: Propiedades físicas de la plancha de corcho






	Unidad	Valor			
Densidad Aparente	[kg/m ³]	100	200	400	500
Conductividad térmica ¹³	[W/mK]	0,040	0,047	0,066	0,074
Resistividad al vapor de agua ¹⁴ (r _v)	[MN*s/(g*m)]	92			

¹³ Fuente: Listado Oficial de Soluciones Constructivas para acondicionamiento térmico, Ministerio de Vivienda y Urbanismo E11, página 364,

¹⁴ Fuente: Manual de aislación térmica exterior, Tabla 1.d, aglomerado de corcho UNE 56.904

5.1.6. Tabla comparativa de los distintos materiales aislantes

Tabla 5.6: Comparación entre los distintos materiales aislantes

	POLIESTIRENO EXPANDIDO	LANA MINERAL	LANA DE VIDRIO	POLIURETANO EXPANDIDO	CORCHO NATURAL
					
Instalación	Rápida	Rápida	Rápida	Rápida	Media
Daño	Ninguno	Ojos, manos y pulmones	Ojos, manos y pulmones	Liberación de gases nocivos	Ninguno
Vida Útil	Indefinida	Indefinida	Indefinida	Indefinida	Indefinida
Resistencia al Fuego ¹⁵	Autoextinguible (se quema, pero no se mantiene la combustión si se quita la fuente del fuego)	No combustible	No combustible	Autoextinguible, difícilmente combustible ¹⁶	Inflamable ¹⁷
Resistencia a la Humedad	Alta	Baja	Media	Impermeable	Impermeable
Compatibilidad con otros materiales	Yeso- Cal-Cemento-Aceites de silicona-Asfalto sin disolvente	Fibra de vidrio-Yeso-Madera-Pre-pintado de acero galvanizado-Aluminio-Cobre	Yeso-Madera-Aluminio-Papel Kraft	Metales	Yeso-Madera-Aluminio
Densidad [kg/m³][20°C]	10/15/20/30	40/70/120	10/11/12	25/30/45/70	100/200/400/ 500
Conductividad térmica λ [W/(m*K)]	0,043/0,0413/0,0384/0,0361	0,042/0,038/ 0,042	0,044/0,0424/ 0,041	0,0272/0,0262/0,0245/ 0,0274	0,04/0,047/ 0,066/0,074
Factor de resistencia a la difusión de vapor de agua [μ adimensional]	25,1 - 46	1,7 – 1,9	1,6	17,5 – 33,5	
Resistividad a la difusión de vapor de agua (r_v) [MN*s/(g*m)]	138 – 253	9,6 – 10,5	9	96 - 184	92
Apariencia	Blanco- Limpio	Gris verdoso-Claro	Amarillo	Espuma amarillo claro	Café

¹⁶ Fuente: www.poliuretanochile.cl

¹⁷ Fuente: <http://www.uaa.mx/investigacion/revista/archivo/revista28/Articulo%208.pdf>

5.2. Barreras de vapor y humedad

Debido a las diversas actividades que se realizan dentro de la vivienda se genera vapor, el que por presión intenta salir. Es por ello que se hace necesaria la utilización de una barrera de vapor (generalmente polietileno) que impida que éste atraviese el aislante humedeciéndolo y favoreciendo la aparición de condensaciones indeseadas.

Por otro lado las barreras de humedad (o barreras hídricas), son materiales que impiden que ingrese el agua líquida desde el exterior a la vivienda.

Ambos fenómenos son muy diferentes y ambas barreras deben estar en concordancia. La barrera de humedad se debe instalar por el exterior del muro y debe ser impermeable al paso del agua líquida pero permeable al paso del vapor, características que cumplen materiales como el papel fieltro o similar. En ningún caso se puede poner polietileno que es barrera de vapor como barrera de humedad. La barrera de vapor se debe instalar por el lado caliente del aislante (hacia el interior de la vivienda en nuestro país) evitando que pase el vapor de agua del lado caliente al lado frío.

Es de suma importancia que estas barreras sean instaladas de forma continua y sin perforaciones, ya que el vapor y la humedad atravesarán la envolvente por el lugar donde no exista protección. En las figuras 5.8 y 5.9 se puede ver la ubicación de las barreras de vapor y humedad en los distintos elementos de la envolvente.

5.2.1. Barrera de vapor

Una barrera de vapor consiste en cualquier lámina o material que ofrece gran resistencia al paso de vapor de agua. Se considera que un material es una barrera de vapor si tiene una resistencia a la difusión de vapor de agua entre 10 y 230 MN*S/g.

Es importante aplicarla cuando se aísla la envolvente de una vivienda por el lado interior, para evitar condensaciones y pérdidas de energía. La barrera de vapor evita que el vapor de agua generado al interior de la vivienda atraviese el muro, humedeciendo el material aislante y su capacidad de aislación. (figura 5.6). Al estar en contacto con una superficie fría, a la temperatura de rocío, este vapor condensaría originando problemas en la vivienda.

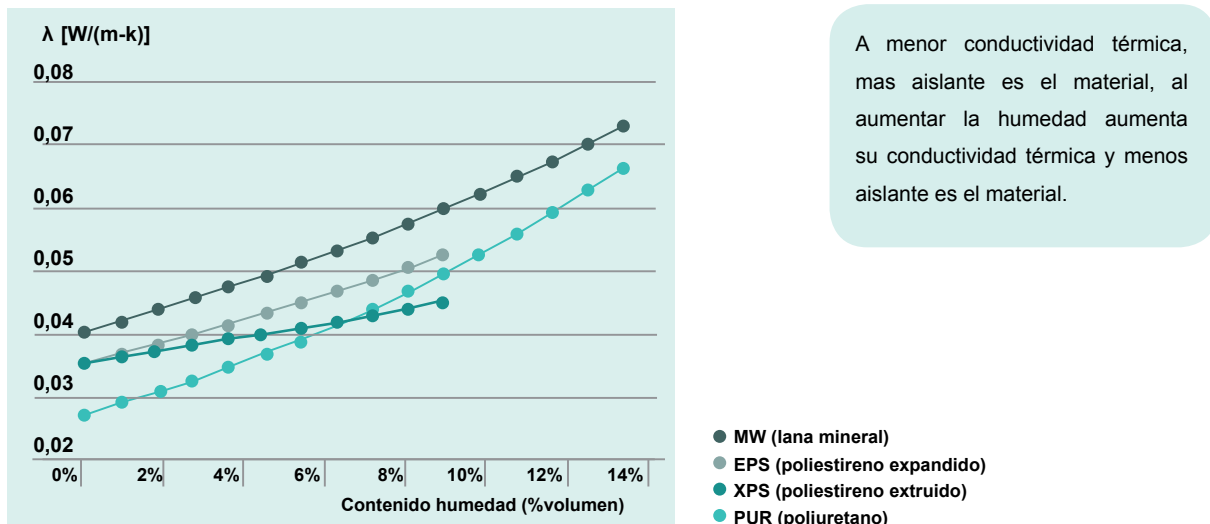


Figura 5.6: Variación de la conductividad térmica en función del contenido de humedad.
Fuente: Manual de Humedad – Documento técnico CDT N°33, Corporación de Desarrollo Tecnológico, CDT, 2012.

Para evitar estos problemas, se utilizan las barreras de vapor, que pueden ser materiales tales como:

- Polietileno (material más usado)
- Aluminio
- Láminas de metal
- Láminas de poliéster
- Algunas pinturas

Recomendaciones para la instalación de barreras de vapor:

- Las barreras de vapor se deben instalar cuando la aislación va por el lado interior del muro o techumbre, o dentro del muro, deben proteger el material aislante del vapor de agua del interior de la vivienda, es decir se tienen que instalar entre el revestimiento interior y el aislante térmico.
- La barrera de vapor es importante principalmente en la aislación de la techumbre y muros.
- Cuando la aislación es realizada por el exterior de los muros, no es necesario que se coloque una barrera de vapor, ya que se debe permitir el libre paso del vapor al exterior, pero es imprescindible una barrera de humedad.
- Se debe instalar de forma continua, con uniones y traslapes sellados. Se recomienda que las juntas del material, ya sea en muros o techos, posean un traslape de al menos 20 cm y que sean selladas con cinta adhesiva.
- Se debe recordar que la instalación de barreras de vapor debe ir acompañada de medidas que aseguren una adecuada ventilación de la vivienda, para extraer así el vapor retenido en su interior.

Tabla 5.7: Valores de resistencia a la difusión del vapor de distintas barreras de vapor

Material	Espesor [mm]	Resistencia a la difusión del vapor [MN*s/g]
Hoja de Aluminio	0,008	4000
Lámina de Polietileno	0,05	103
Lámina de Poliéster	0,1	24
Pintura esmalte	-	7,5-40

Fuente: Manual de Humedad – Documento técnico CDT N°33, tabla 5.2, Corporación de Desarrollo Tecnológico, CDT, 2012.

5.2.2. Barrera de humedad (barrera hídrica)

Las barreras de humedad impiden el paso de las humedades exteriores, como aguas lluvia, sin embargo, deben ser permeables al paso del vapor. La barrera de humedad se instala generalmente en la techumbre y muros de tabiquería. Siempre debe instalarse en el lado exterior del elemento constructivo de forma continua y sin perforaciones.

Generalmente se utilizan como barreras de humedad los siguientes materiales:

- Fieltro asfáltico (más usadas en techos). Es el material más usado en el mercado como barrera de humedad.
- Pinturas impermeabilizantes (más utilizadas en muros).
- Morteros impermeabilizantes (más utilizados en muros).
- Láminas impermeabilizantes (más usadas en muros).

Recomendaciones en la instalación de barreras de humedad:

- Es de suma importancia que la barrera esté instalada alrededor de toda la envolvente de forma continua y sin perforaciones.
- Se debe instalar por el exterior del material aislante, o sea entre éste y el recubrimiento exterior de la envolvente.
- Es necesario un traslapeo de entre 10 y 15 cm en las juntas tanto horizontales como verticales.
- En esquinas exteriores e interiores se deben dejar al menos 30 cm de traslapeo, para asegurar la continuidad.
- En los traslapes horizontales (muros) o con pendiente (techos) debe ir la lámina superior sobre la lámina inferior (figura 5.7).
- En cubiertas planas e inclinadas, la barrera va entre la cubierta y la estructura secundaria.
- Para adosar la barrera, se debe utilizar clavos o pernos galvanizados con golillas y sellar las uniones con cinta adhesiva.
- Para una mejor hermeticidad de la vivienda, se recomienda instalar las puertas y ventanas después de instalar la barrera de humedad.

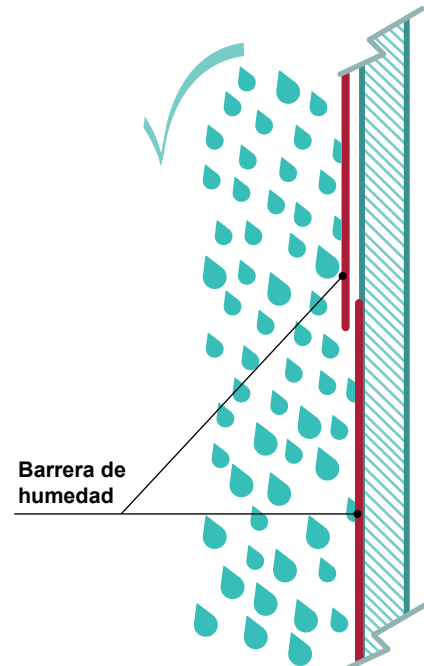


Figura 5.7: Traslapes horizontales

Fuente: Manual de Humedad – Documento técnico CDT N°33, Corporación de Desarrollo Tecnológico, CDT, 2012.

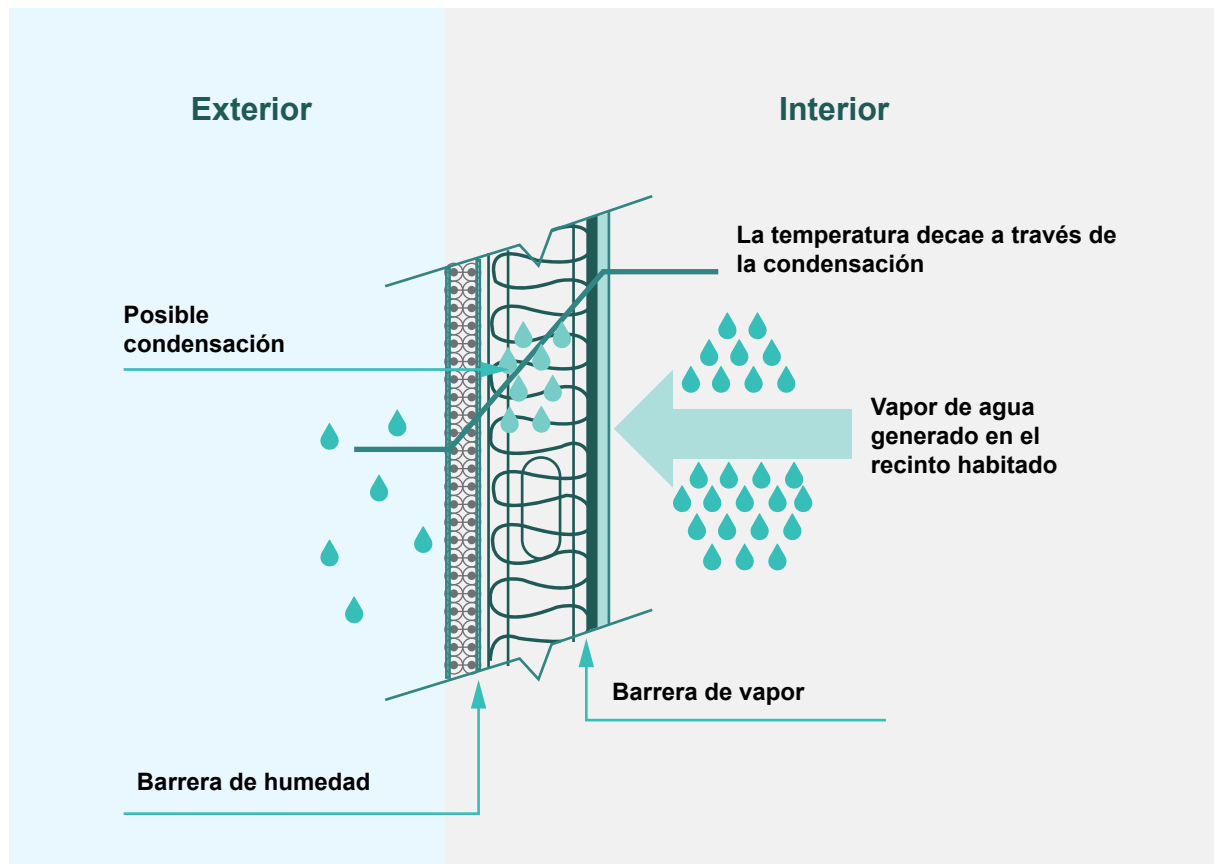


Figura 5.8: Ubicación de las barreras de vapor y humedad en un elemento con aislamiento interior

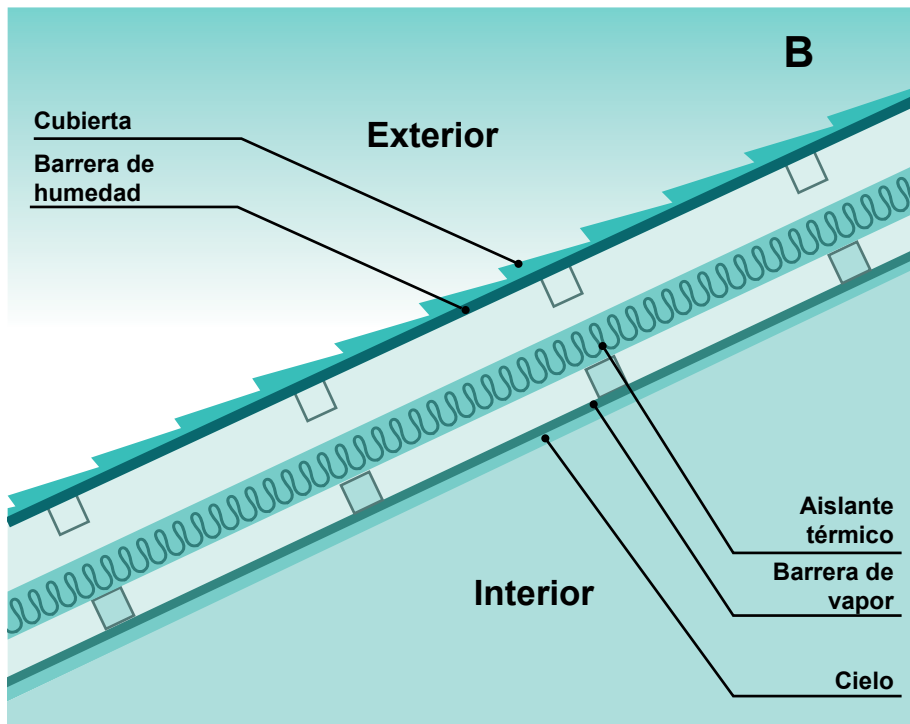
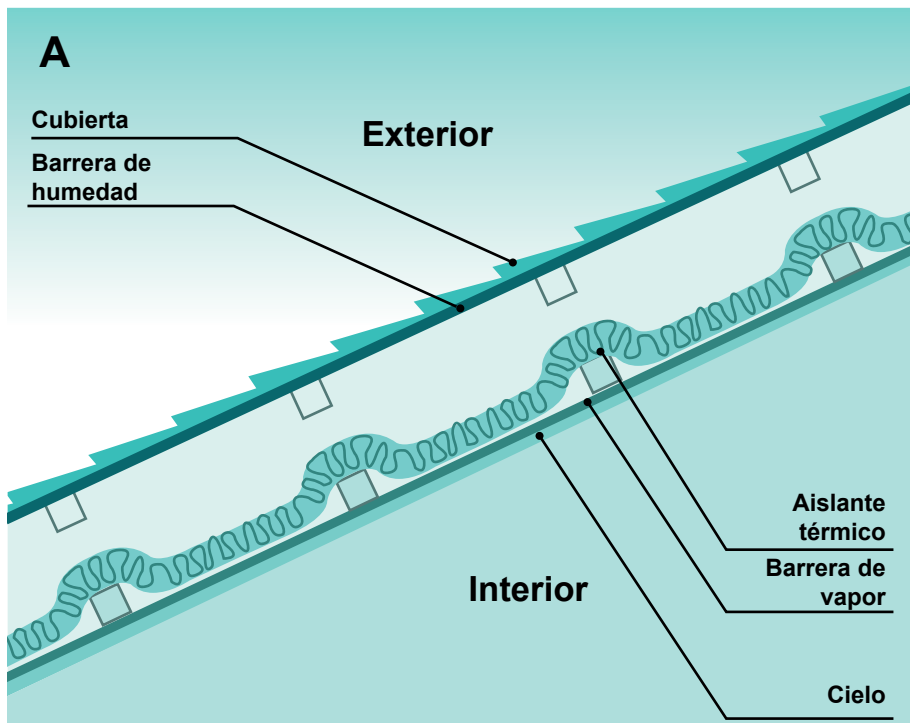


Figura 5.9: A) Ubicación de las barreras de vapor y humedad, caso de viga de techumbre oculta; B) Ubicación de las barreras de vapor y humedad, caso vigas a la vista. Fuente: Fuente: Manual de Humedad – Documento técnico CDT N°33, figuras 5.14 y 5.15, Corporación de Desarrollo Tecnológico, CDT, 2012.

5.4. Precauciones en la instalación de la aislación

En cualquier trabajo, ya sea de mantención o reparación, es necesario seguir recomendaciones básicas de seguridad, para así asegurar la integridad física del trabajador.

¡RECORDAR!

Utilice siempre elementos de protección personal al realizar un trabajo de acondicionamiento térmico en la vivienda.

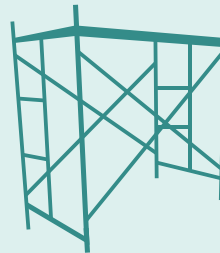
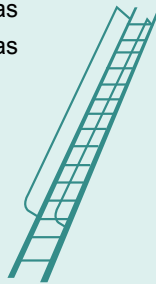
- Guantes
- Antiparras
- Zapatos de seguridad



Ademas recuerde siempre verificar que las herramientas a utilizar sean las adecuadas para la ejecución del trabajo.

Si trabaja en altura utilice:

- Escaleras o andamios
- Arnés de seguridad

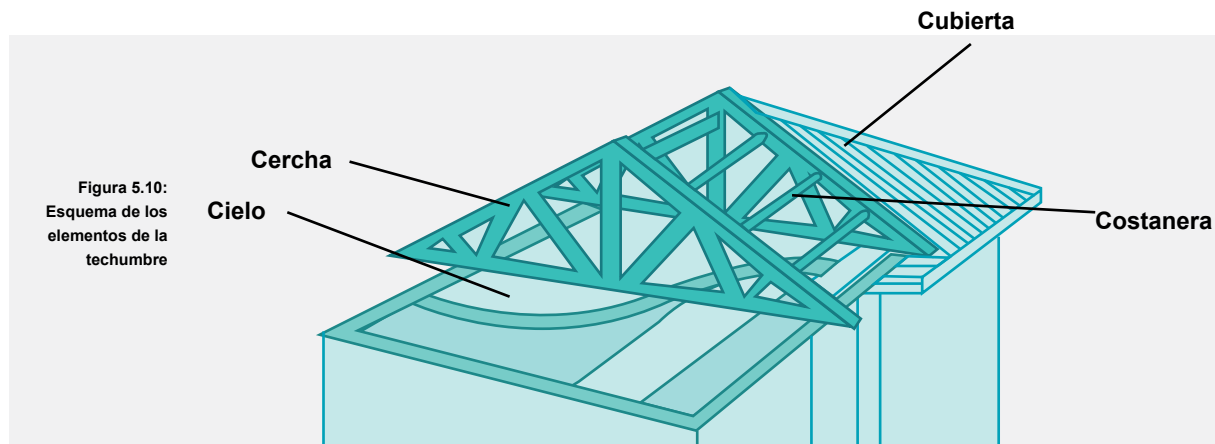


5.4.1. Techumbre

Generalmente las mayores pérdidas de energía se producen por la techumbre, por lo que es muy importante aislarla. Con ello se logra ahorrar energía o mejorar el confort térmico a una baja inversión en comparación con otras medidas de eficiencia energética.

En general existen dos tipos de techumbre las llamadas Techumbre Fría y Caliente (figura 5.11).

En la “techumbre fría” (figura 5.11 a), la aislación se encuentra sobre el cielo o losa y no posee entretecho habitable; mientras que en la “techumbre caliente” (figura 5.11 b), la aislación térmica se encuentra debajo de la cubierta y el entretecho forma parte del área calefaccionada de la vivienda.



Fuente: Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Guía para el comprador de vivienda, [http://www.minvu.cl/opensite_20070311161723.aspx]. [Consulta 02-09-2015].

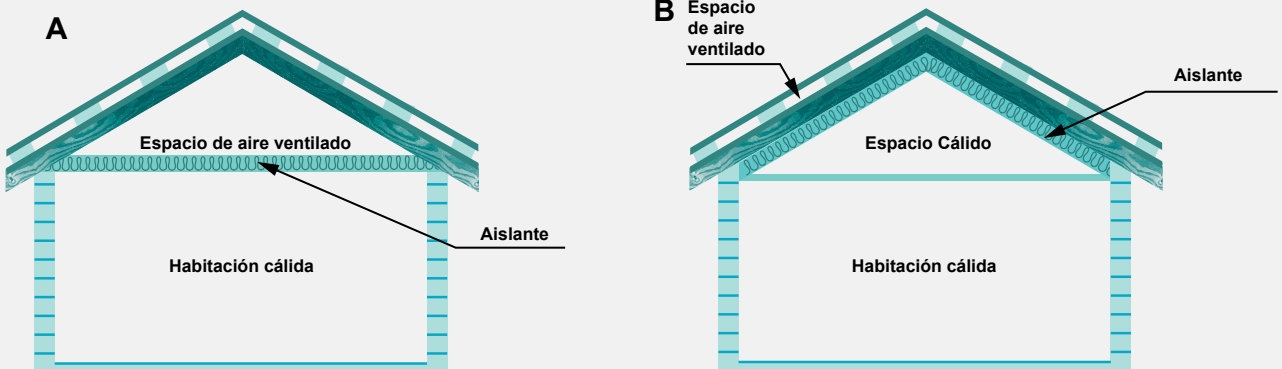


Figura 5.11: a) Techumbre fría; b) Techumbre caliente

Fuente: Manual de Humedad – Documento técnico CDT N°33, Corporación de Desarrollo Tecnológico, CDT, 2012.

Se pueden usar como aislante planchas o rollos de los distintos materiales vistos en la sección 5.1 (como poliestireno expandido, lana mineral o lana de vidrio), ya que son de fácil y rápida instalación. También se pueden utilizar materiales proyectados, como el poliuretano (figura 5.11), con lo que se asegura una continuidad del aislante.

Figura 5.12: Instalación aislante proyectado



Se debe cuidar que el aislante térmico no se humedezca para que mantenga sus propiedades térmicas, en especial que no se vea afectada su conductividad. Las techumbres requieren de ventilación para lo cual deben contar con entradas y salidas de aire, ya sea en techumbre o muros, con el fin de evitar condensaciones al renovar en forma constante el aire, removiendo la humedad.

La barrera de humedad dependerá de la materialidad de la cubierta y si corresponde se coloca entre la cubierta y el aislante.

La barrera de vapor se debe colocar protegiendo la aislación térmica de la humedad del interior de la vivienda, es decir entre el revestimiento interior (cielo) y el aislante.

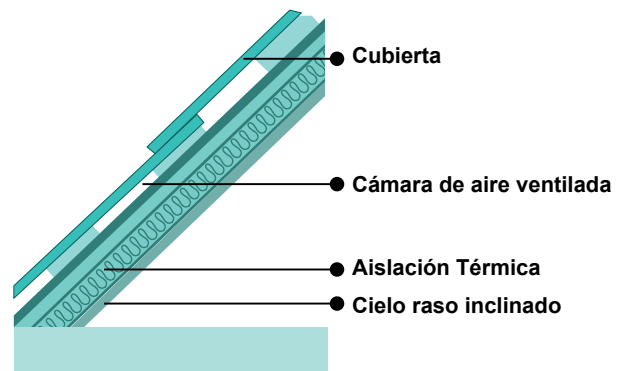


Figura 5.13: Correcta ventilación en techumbre caliente

Fuente: Manual de Reacondicionamiento térmico de viviendas en uso, Corporación de Desarrollo Tecnológico, CDT, 2010.

5.4.1.1. Recomendaciones generales al instalar el aislante en techumbre

La manera de instalar el aislante depende de cada proyecto, sobre o bajo cielo o losa, bajo cubiertas etc. La mejor forma de aislar es que el material aislante descansa sobre el cielo horizontal o losa (5.11a), de esta forma se evita calefaccionar un espacio que no se utiliza, y además la superficie a aislar es menor, disminuyendo los costos de material.

No se deben dejar espacios semiventilados o ventilados entre el aislante y el cielo, es por ello que el material aislante se debe instalar sobre o bajo el cielo.

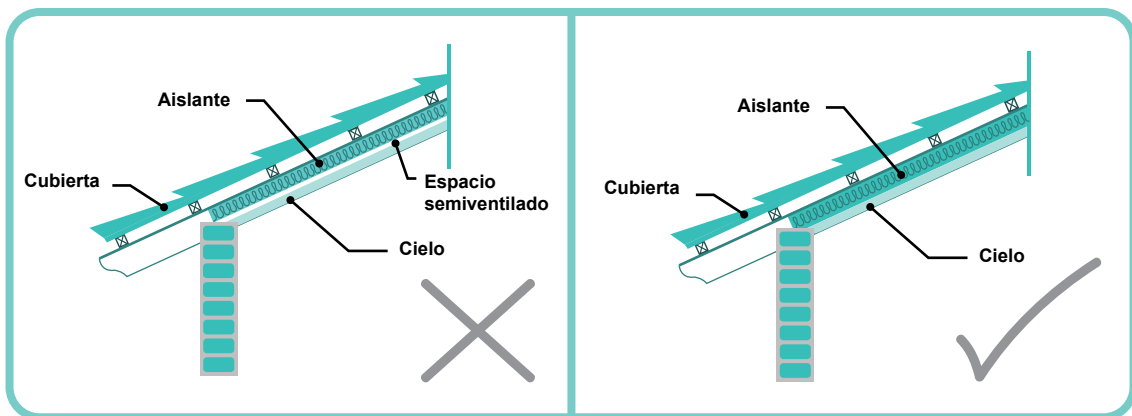


Figura 5.14: Correcta instalación del aislante sin dejar espacios semiventilados, techumbre caliente

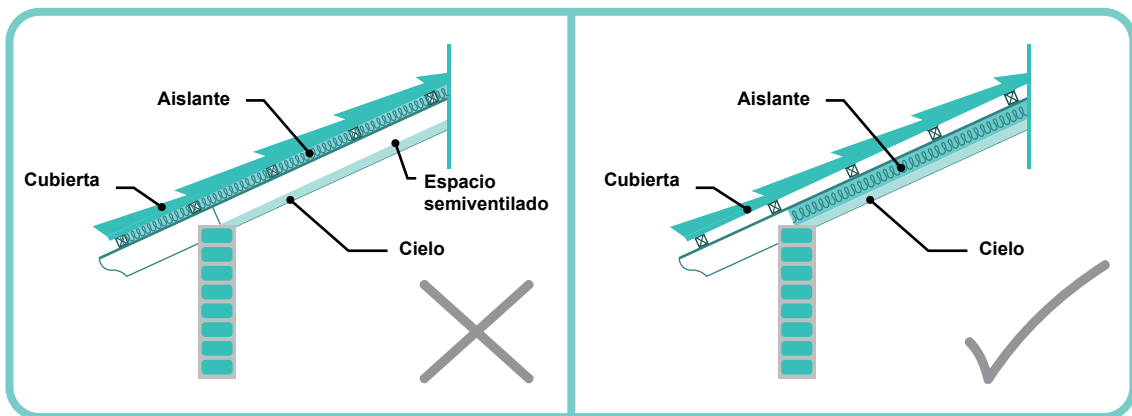


Figura 5.15: Correcta instalación del aislante sobre el cielo, techumbre caliente

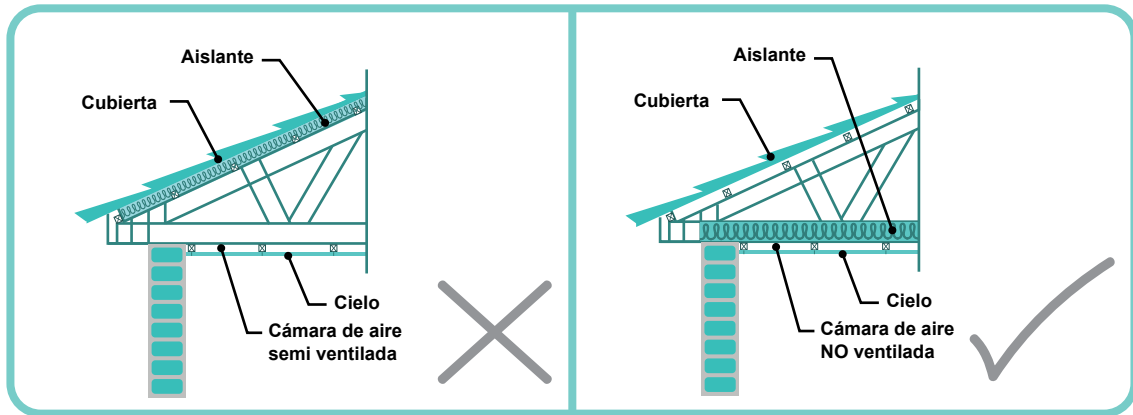


Figura 5.16: Correcta instalación del aislante sobre el cielo, techumbre fría

La instalación del aislante debe ser continua y homogénea, no deben existir sectores sin aislación térmica y se debe mantener constante el espesor del aislante, por tanto en cielo con cerchas la aislación se debe prolongar sobre las cadenas y soleras para que queden aisladas y no contituyan puentes térmicos.

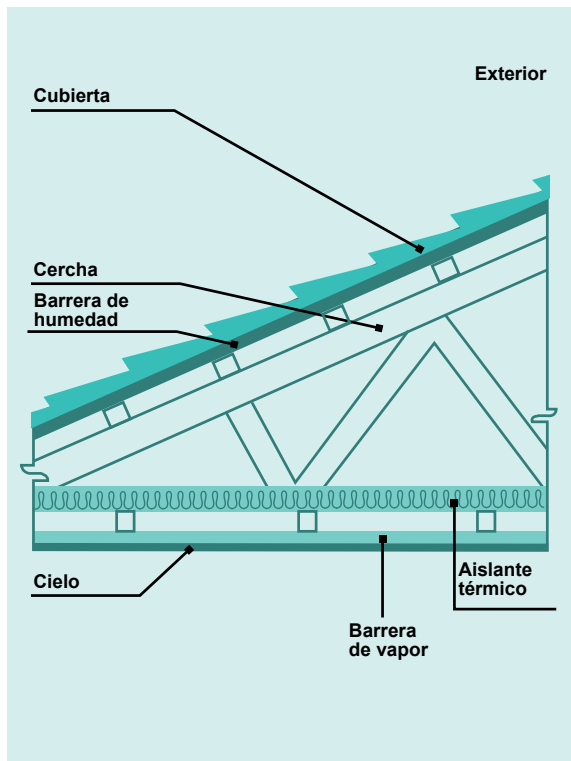


Figura 5.17: Aislante en techumbre fría con cámara de aire
Fuente: Manual de Reacondicionamiento térmico de viviendas en uso, Corporación de Desarrollo Tecnológico, CDT, 2010.

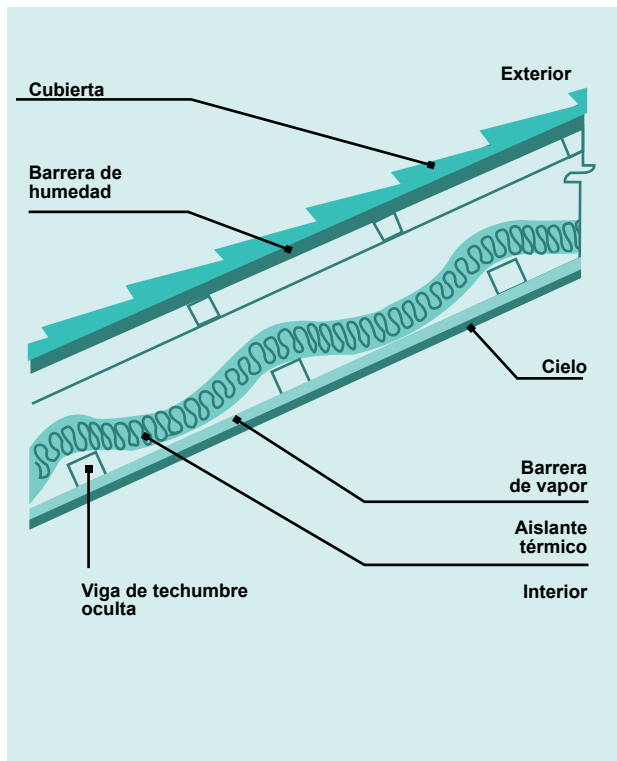


Figura 5.18: Aislante en techumbre caliente con vigas ocultas
Fuente: Manual de Reacondicionamiento térmico de viviendas en uso, Corporación de Desarrollo Tecnológico, CDT, 2010.

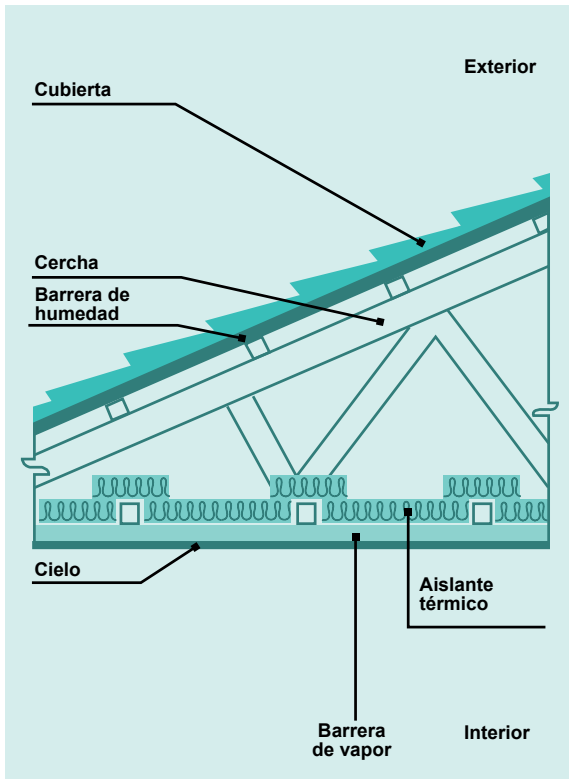


Figura 5.19: Aislante rígido en techumbre fría

Fuente: Manual de Reacondicionamiento térmico de viviendas en uso, Corporación de Desarrollo Tecnológico, CDT, 2010.

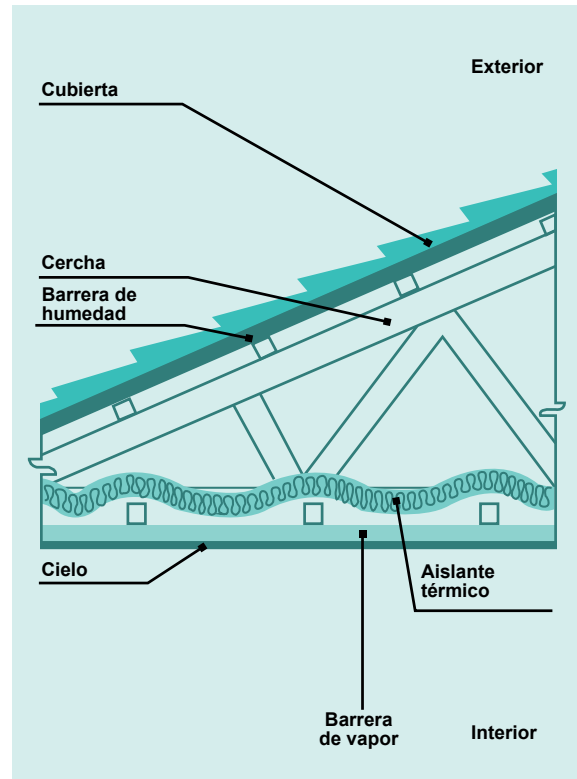


Figura 5.20: Aislante flexible en techumbre fría

Fuente: Manual de Reacondicionamiento térmico de viviendas en uso, Corporación de Desarrollo Tecnológico, CDT, 2010.

En losa de HA, la aislación puede ir sobre o bajo de esta, idealmente sobre la losa si se desea aprovechar la inercia térmica del HA.

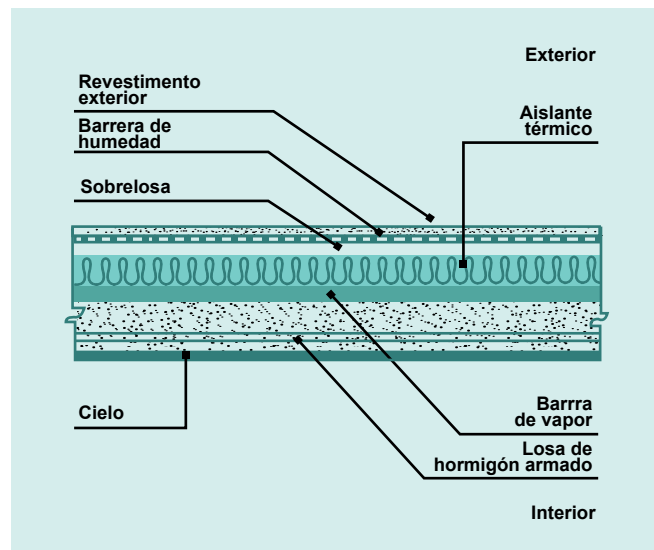


Figura 5.21: Aislante en losa de hormigón armado

Fuente: Manual de Reacondicionamiento térmico de viviendas en uso, Corporación de Desarrollo Tecnológico, CDT, 2010.

Los encuentros también deben incluir la aislación térmica:

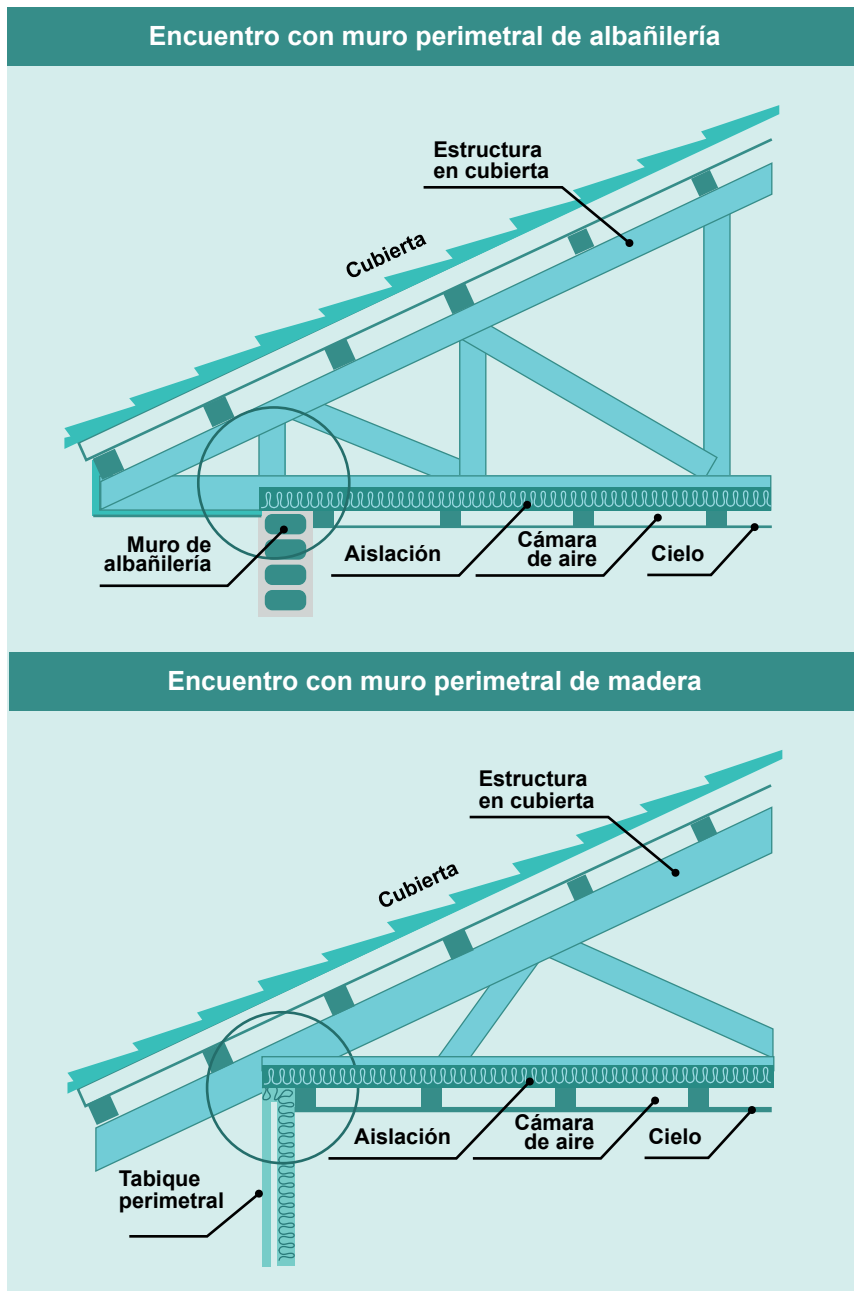


Figura 5.22: Aislación en encuentro de techumbre con: muro de albañilería (arriba) y muro de madera (abajo)
Fuente: Manual de reglamentación térmica, parte 3: Aplicación práctica artículo 4.1.10, Instituto de la Construcción, 2006.

Si bien existen en el mercado espesores de hasta 160 mm, para optimizar la instalación pueden utilizarse varias capas de menor espesor (por ejemplo: dos capas de 80 mm en vez de una de 160 mm), para instalarlas de forma traslapada y así cubrir las uniones o elementos de discontinuidad, como por ejemplo ductos, cañerías de las instalaciones domiciliarias o las mismas cerchas.



Figura 5.23: Instalación del aislante entre y sobre las vigas en techumbre fría.

Fotografía: Salón online de la arquitectura y el diseño: Archi Expo [www.archiexpo.es], [consulta 05-07-2105]

5.4.2. Muros

Los elementos que se deben aislar son los muros que están en contacto con el exterior. Los que están en contacto con una vivienda vecina, llamados paredados o medianeros, no lo necesitan, puesto que se supone que las viviendas poseen la misma temperatura y no hay transferencia de calor entre ellas.

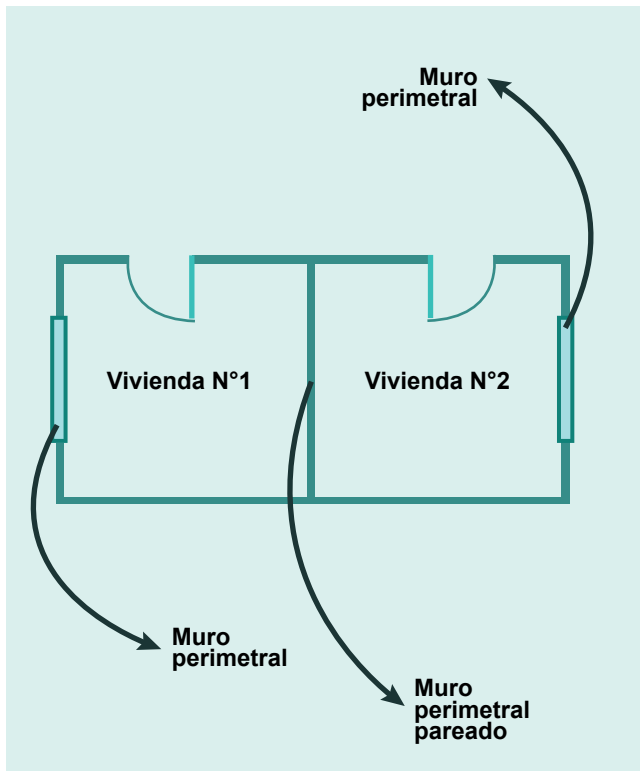


Figura 5.24: Muros perimetrales y paredados en una vivienda

Fuente: Manual de Reacondicionamiento térmico de viviendas en uso, Corporación de Desarrollo Tecnológico, CDT, 2010.

La aislación térmica puede ser por el exterior o interior del muro, con lo cual se obtiene la misma resistencia térmica total que ofrecerá la envolvente, debido a que la sumatoria de las resistencias parciales es igual. No obstante la aislación por el exterior tiene ciertos beneficios que deben ser destacados.

5.4.2.1. Aislación exterior

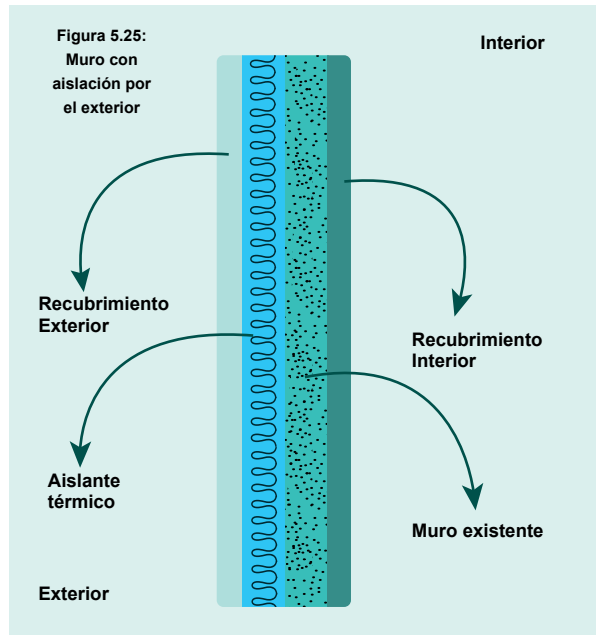
- Disminuye riesgo de condensación intersticial en la envolvente.
- Posibilita la solución de los puentes térmicos existentes en la envolvente.
- Mejora el aprovechamiento de la inercia térmica de la envolvente
- Permite conservar la superficie útil interior del recinto a reacondicionar.
- Permite “rejuvenecer” el aspecto exterior de la fachada de la vivienda.
- Permite proteger la envolvente de la penetración de agua lluvia.
- Se puede instalar en viviendas ocupadas, sin alterar el funcionamiento interior de las mismas.

Sin duda el aislamiento por el exterior del muro, modifica el aspecto de la vivienda. La principal ventaja es que elimina los puentes térmicos y el muro si es que tiene alta densidad como el hormigón armado, albañilería o adobe, mantiene su inercia térmica, con lo cual es capaz de captar, acumular y mantener calor liberándolo en forma paulatina posteriormente, con lo cual se obtienen temperaturas estables y menor oscilación de temperatura dentro de la vivienda.

Aislación exterior tipo “EIFS”

El sistema EIFS “Exterior Insulation and Finishing System”, es un sistema de aislamiento de muro por el exterior resistente al agua y con un sistema de terminación integrado, en Europa son conocidos como ETICS.

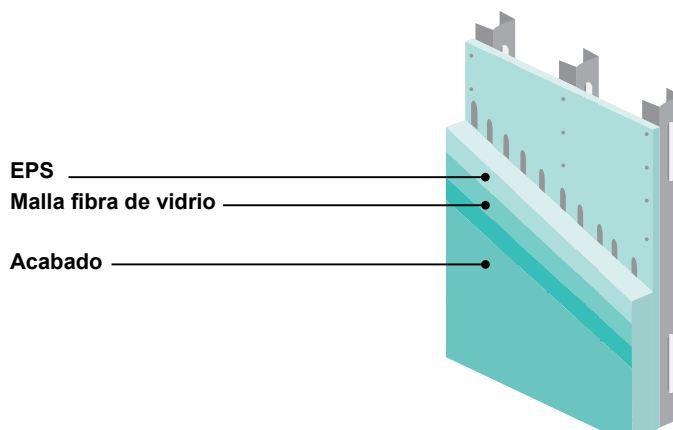
Es un sistema de revestimiento exterior, que consiste en una solución aislante que se adhiere al muro, revestida por una malla de refuerzo, dentro de un mortero elastomérico.



Fuente: Manual de Reacondicionamiento térmico de viviendas en uso, Corporación de Desarrollo Tecnológico, CDT, 2010.

En invierno gracias a la inercia térmica de los muros, todo el calor que absorben durante el día lo liberan en la noche hacia el interior de la vivienda.

En verano ayuda a que capturen parte del calor que ingresa a la vivienda durante el día, y durante la noche los muros deben ser enfriados (ventilación nocturna) para que sean capaces de absorber el calor del siguiente día, de esta forma se reducen los requerimientos de aire acondicionado.



Fuente: Cursos Mi Casa Confortable, Curso N°2, Envolvente y calificación energética, Corporación de Desarrollo Tecnológico, CDT, 2014.

Para la instalación del EIFS, se debe considerar que:

- La superficie sobre la que se coloque sea totalmente lisa o con irregularidades menores.
- Las planchas aislantes se instalan desde abajo hacia arriba, además la adhesión de ellas debe quedar sin espacios, por lo que el adhesivo debe ir por todo el perímetro (ver figura 5.24).
- En las esquinas se debe reforzar con perfiles de aluminio o de PVC. Las juntas de dilatación se deben respetar y los contornos de los huecos (como de ventanas o puertas) se deben reforzar con malla de fibra de vidrio.
- Se debe cuidar el espesor del material aislante, que no sea excesivo, para evitar la aparición de grietas o fisuras en el revestimiento.
- El revestimiento exterior o acabado puede ser cualquier material que se encuentre en el mercado, por ejemplo, un mortero de cemento, una imitación de madera de PVC (Vinyl siding) o un tablero de fibra de madera.
- Se debe tener cuidado con las uniones a otros materiales, perforaciones por instalaciones eléctricas.
- No se debe instalar sobre muros con problemas de humedad, especialmente en el caso de la albañilería.



Figura 5.27: Colocación del adhesivo en la plancha aislante

5.4.2.2. Aislación interior

Aislar por el interior de la fachada (figura 5.26) es otra opción. Es más económica que la aislación exterior, pero se debe considerar que produce una pérdida de espacio habitable en el interior de la vivienda, debido al espesor de los materiales. Además, pueden existir molestias para los usuarios durante los trabajos y problemas en la instalación eléctrica, ya que enchufes e interruptores deben ser movidos de su lugar original.

Este tipo de aislación se ocupa cuando no se pueden hacer remodelaciones en las fachadas por el exterior, además se puede realizar en zonas localizadas de la vivienda, como piezas, salas de estar, living o comedor.

Cuando el aislamiento se realiza por el interior de la vivienda, se utilizan paneles que consisten en un “sándwich”, el cual está formado por una placa de yeso-cartón (como revestimiento interior), la barrera de vapor y el aislante térmico, de material y espesor según el proyecto y considerando las indicaciones vistas en el capítulo 3. Este panel se pega sobre el sustrato base (que puede ser hormigón armado, albañilería o madera) y se utilizan adhesivos en base a yeso o cualquiera que tenga compatibilidad con los materiales.

Al realizar la instalación se debe considerar lo siguiente:

- Los puentes térmicos en divisiones interiores son inevitables, con riesgo de condensación superficial e intersticial, por lo que es muy importante la instalación de la barrera de vapor por el interior de la vivienda, entre el revestimiento interior y el aislante, para evitar acumulación de humedad.
- Antes de instalar la aislación por el interior, se debe revisar el estado de la pared, que debe estar lisa y limpia, habiendo extraído cualquier tipo de residuo aceitoso y saturación de humedad, por el lado que se adosa el aislante (al interior de la vivienda).
- Se debe evitar cubrir cables con el material aislante, ya que se impide la disipación de calor.
- Se debe verificar que la fachada se encuentre en buen estado, para asegurar que no hayan futuras filtraciones de humedad, de lo contrario se debe realizar una reparación de ésta y colocar la barrera de humedad.
- Se debe cuidar especialmente no dejar espacios no sellados de aire entre la aislación y el muro, y considerar terminaciones adecuadas, para así evitar que el aire húmedo llegue al muro frío y condense.

5.4.2.3 Interior de tabique

La recomendación es que el material sea instalado de manera homogénea en toda la superficie a cubrir y considerar las barreras de vapor (que van siempre por el lado más caliente). Uno de los beneficios del uso de aislantes en base a fibras (como lo son la lana de vidrio y la lana mineral), es que permite lograr una continuidad del material en las uniones, ya que incluso si es mal cortado, se pueden unir los cortes (ver figura 5.27). Esta aislación se realiza sólo cuando hay trabajos de remodelación considerados, ya que se debe retirar el revestimiento del tabique para ello.

Se debe utilizar un espesor de aislante equivalente al ancho de la estructura. Es decir, si se usa una estructura de 90 mm, debiese utilizar un aislante de 90 o 100 mm. Esto facilitará la instalación, y se aprovechará, en el caso de las estructuras metálicas, la geometría de los montantes, los que al tener pestañas (perfil C), ayudan a afirmar el material.

Al aislar tabiques perimetrales (en contacto con el exterior), se deben aislar igualmente los muros estructurales, considerando las barreras de vapor y humedad. El aislamiento de tabiques interiores se usa en zonas localizadas de la vivienda, como lo son piezas y salas de estar.

Se debe tener especial cuidado con los siguientes puntos, que producen los errores de instalación más comunes.

- Verificar la hermeticidad al viento e infiltraciones de aire.
- Instalar la barrera de vapor de acuerdo a lo visto en la sección 5.2.
- Si el aislante es blando (como lana mineral o de vidrio), se debe fijar adecuadamente para que no se asiente, y quede discontinuidad de la aislación.

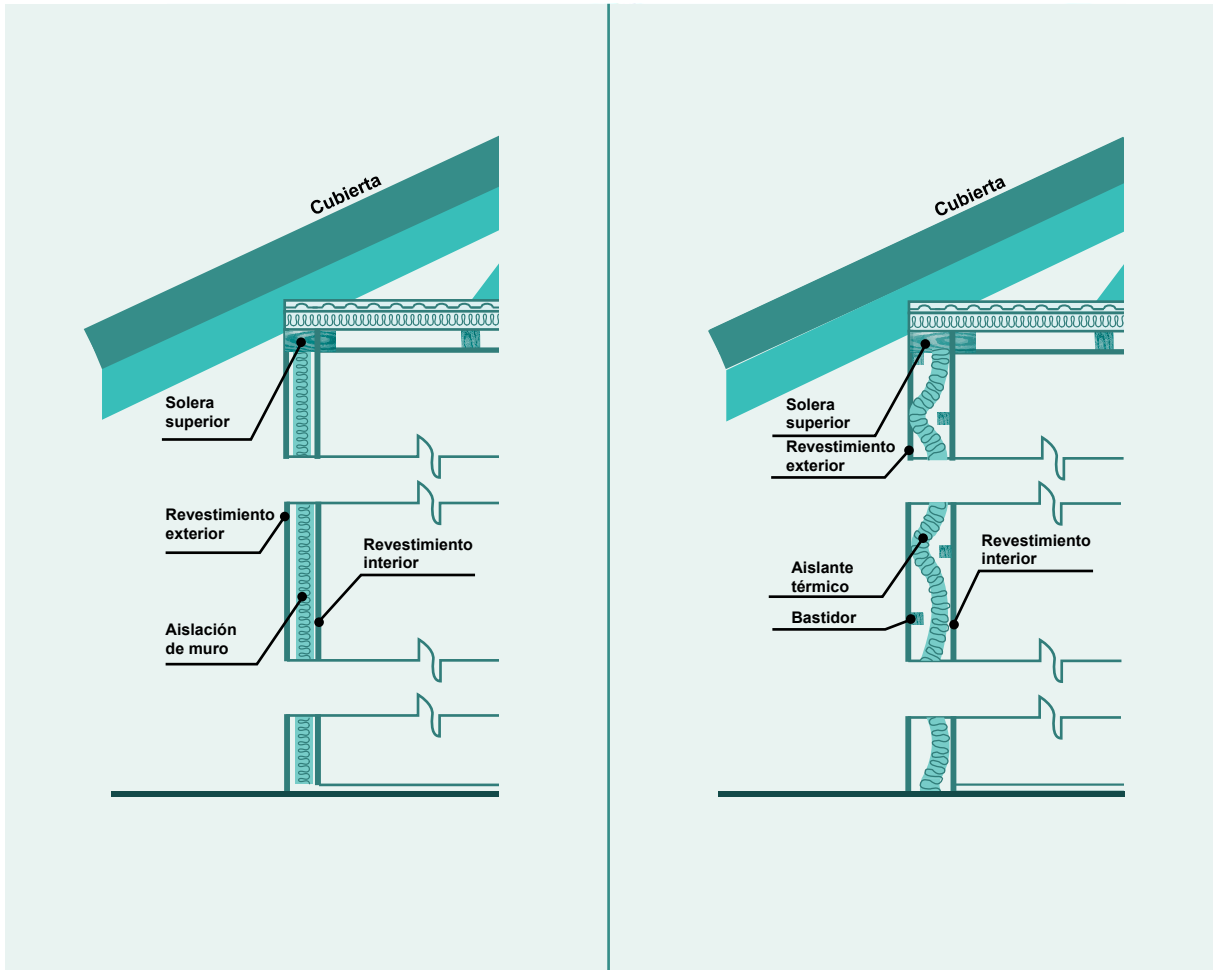


Figura 5.28: Asentamiento del material aislante en un muro

Fuente: Manual de reglamentación térmica, parte 3: Aplicación práctica artículo 4.1.10, Instituto de la Construcción, 2006.



Figura 5.29:
Instalación del aislante
en tabique interior

Fotografía: Catálogo de arquitectura [www.catalogoarquitectura.cl] [04-07-2015]

5.4.3 Pisos

La aislación de pisos en una vivienda existente puede ser relativamente complicada, pero esto depende del tipo de piso existente y cómo se pretende reacondicionar. El piso se puede encontrar de dos formas, en contacto con el terreno o como piso ventilado. Siempre es importante recordar que para minimizar la existencia de puentes térmicos en pisos, el material aislante debe ser interrumpido sólo por elementos estructurales, ya sean del piso o de las instalaciones domiciliarias (como vigas, tuberías o ductos). A continuación se presentan los principales tipos de pisos y las medidas a considerar para su correcta aislación.

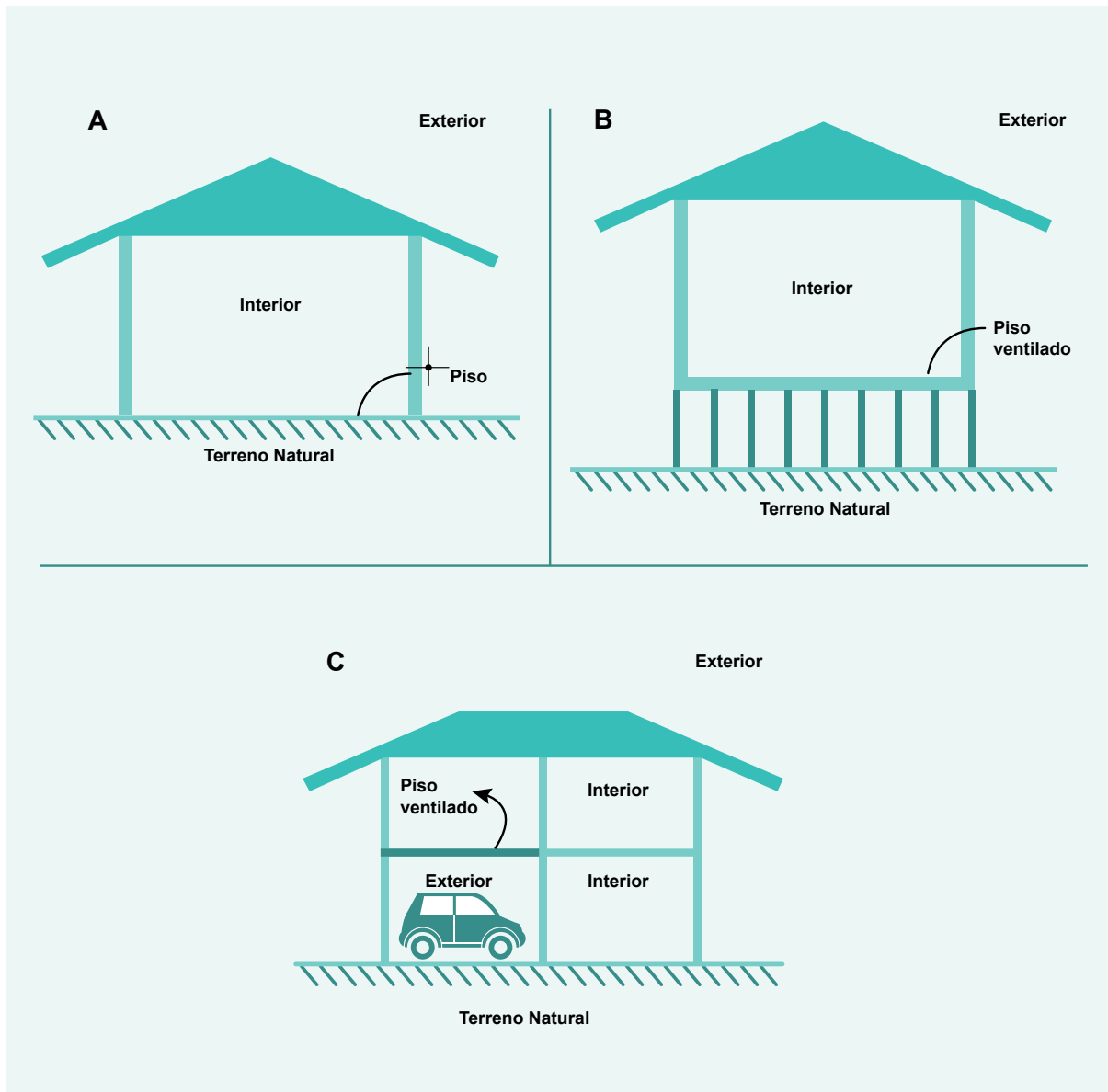


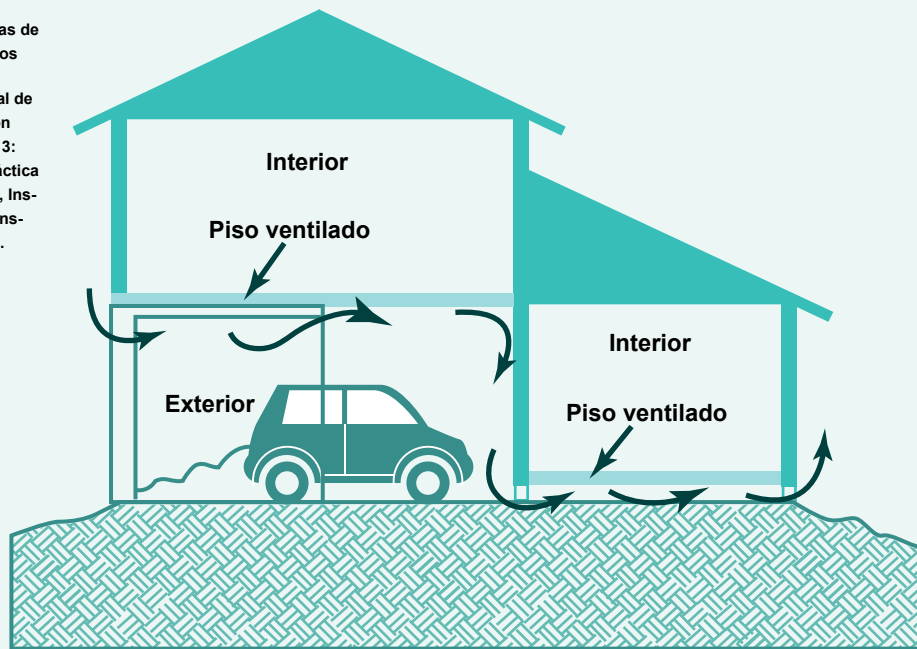
Figura 5.30: A) Losa en contacto con el terreno; B, C) Casos de losas ventiladas

Fuente: Manual de Reacondicionamiento térmico de viviendas en uso, Corporación de Desarrollo Tecnológico, CDT, 2010.

Aislar piso en contacto con terreno en viviendas existentes es complejo. Se entregan recomendaciones para losas ventiladas.

Figura 5.31:
distintas formas de
pisos ventilados

Fuente: Manual de
reglamentación
térmica, parte 3:
Aplicación práctica
artículo 4.1.10, Ins-
tituto de la Cons-
trucción, 2006.



Losas Ventiladas

Las losas ventiladas corresponden a pisos de hormigón, madera u otro, cuya parte inferior esta en contacto con el exterior, y no en contacto directo con el suelo, ya sea porque la casa es de tipo “palafito” o porque existe algún subterráneo o estacionamiento bajo el suelo de la vivienda, bodega, espacios no calefaccionados u otro (ver figura 5.28 B, C, D).

Lo más práctico es aislar por el exterior de la losa, con solución EIFS u otra, se debe evitar los puentes térmicos y la aislación debe ser continua. Se debe utilizar barrera de humedad en caso sea necesario.

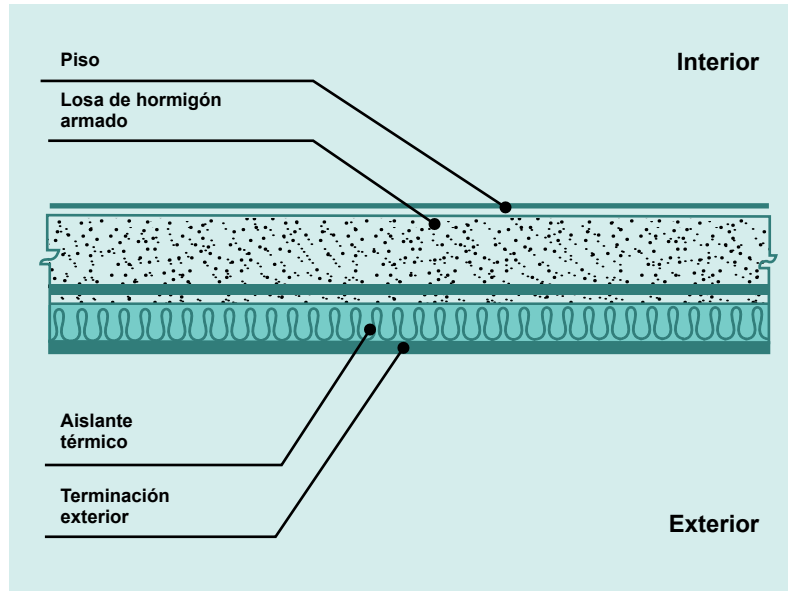


Figura 5.32: Aislación térmica del piso por el exterior de la vivienda, con losa de hormigón armado
Fuente: Manual de Reacondicionamiento térmico de viviendas en uso, Corporación de Desarrollo Tecnológico, CDT, 2010.

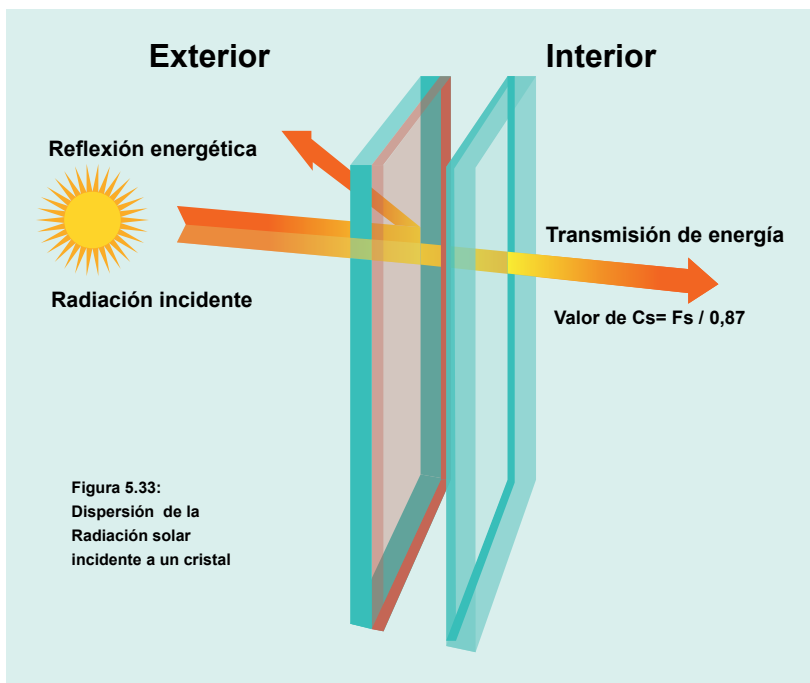
5.5. Elección de los componentes de la ventana

El desempeño energético de una ventana depende de los componentes que la conforman. Una adecuada elección de estos componentes depende de las exigencias energéticas de la vivienda y de los resultados que se quiera obtener.

Existen soluciones de ventanas para climas fríos que retienen el calor dentro de la vivienda (ventanas con un valor U siempre lo más bajo posible). Estas ventanas permiten la entrada de radiación solar a través del vidrio por tener vidrios con un coeficiente de sombra (CS) alto.

Al revés, cuando se trata de climas cálidos, se deben buscar vidrios con el menos CS posible, para evitar la entrada de radiación solar y evitar sobrecalentamientos en la vivienda.

Existen vidrios con diferentes valores de CS, se debe seleccionar el más adecuado dependiendo de los requerimientos de iluminación natural, calefacción y refrigeración.



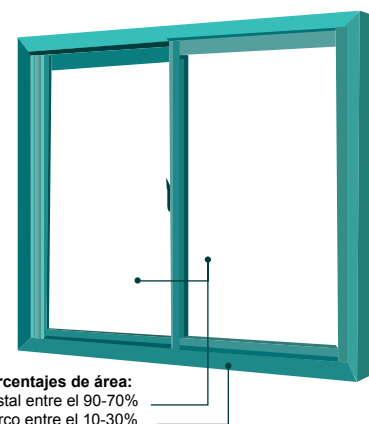
Coefficiente de sombra (CS):

Capacidad del cristal de filtrar el calor producido por los rayos directos del sol (en la figura 5.31, transmisión de energía). Mientras menor sea este valor, su capacidad de filtrar el calor es mayor.

El valor U de una ventana es el resultado del valor U de cada uno de sus componentes (marco y cristal) y que cada componente tiene sólo un porcentaje (P) de la superficie total de la ventana, una forma simplificada de obtenerlo es la siguiente:

$$U_{Total} = U_{Cristal} * P_{Cristal} + U_{Marco} * P_{Marco}$$

Figura 5.34:
Porcentaje de área de los componentes de una ventana



A continuación se analizará el comportamiento de los diferentes elementos que componen una ventana y las ofertas de cada uno de esos elementos en el mercado nacional.

5.5.1. Marcos o perfiles de aluminio

Una ventaja de este perfil es que no se decolora ni se oxida, además de ser de menor espesor. Su desventaja es tener una transmitancia térmica mayor, aunque existe una solución de menor transmitancia, además de ayudar a eliminar pérdidas por puentes térmicos, estos son los perfiles de aluminio con “ruptura de puente térmico” (RPT) (ver figura 5.33).

Perfiles con ruptura de puente térmico: Son aquellos perfiles de aluminio que poseen una pieza de material aislante térmicamente (poliamida), ubicada en la parte central del perfil dividiéndolo en dos, con lo que se impide el paso del calor. Es por esto que el valor del coeficiente U de un perfil con RPT es mucho más bajo al que presenta un perfil sin RPT (ver tabla 5.9).

En términos porcentuales, los perfiles de aluminio que componen una ventana constituyen alrededor de un 16% de su superficie total en el caso de una ventana piso-cielo, y de alrededor de un 22% en el caso de una ventana de antepecho. Esto muestra que el vidrio es, sin duda, la parte más relevante de la ventana en cuanto a superficie, sin embargo la ocupada por los perfiles no es despreciable (ver figura 5.32).



Figura 5.35: Perfiles de aluminio SIN RPT (izquierda) y CON RPT (derecha)

Fotografía: Extruperfil [www.extruperfil.es] [04-08-2015]

5.5.2. Marcos o Perfiles de PVC

En general los perfiles de PVC (Policloruro de Vinilo) tienen valores de transmitancia térmica cercanas a $2 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, por lo que serían un mejor aislante que el aluminio (ver tabla 5.9). Además no se ven afectados por condensaciones superficiales. Este material no es propenso a corrosión ni cambios físicos, como pudrirse o astillarse como la madera. Sin embargo, se debe poner atención a su calidad, ya que las ventanas que no tienen refuerzos metálicos en todos sus perfiles pueden sufrir deformaciones con las presiones y el viento y pueden aumentar en forma considerable las infiltraciones en las viviendas.

Actualmente, en el mercado nacional existen dos tipos de perfiles de PVC; el americano y el europeo (ver figura 5.34), siendo sus principales diferencias las siguientes:



Figura 5.36: Perfiles de PVC Americano (izquierda) y Europeo (derecha)

Fotografía: Immeglass[www.immeglass.cl] [04-07-2015]
Fotografía: Aluminios Mercader [www.aluminiosmercader.com] [04-07-2015]

Tabla 5.8: Ventajas y desventajas de los perfiles de PVC americanos y europeos

Americano	Europeo
<ul style="list-style-type: none"> • Su valor U es de alrededor de 2.8 • Sus perfiles principales (como el marco), tienen incorporada una aleta que permite su fácil instalación en construcciones livianas. • El acristamiento se realiza por medio de una cinta de doble contacto. • En general, el junquillo se coloca por el lado externo de la ventana. • Utiliza refuerzos metálicos sólo en los traslapes. • Sólo permite el uso de cierres unipunto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Poseen un valor U que puede llegar a 1.8 en perfiles con tres cámaras (con una cantidad mayor de cámaras, este valor puede mejorar más). • Sus perfiles principales poseen internamente paredes de PVC que colaboran estructuralmente y con dos o más cámaras de aire, mejorando su performance en aislación térmica. • En los perfiles de hoja tienen incorporado un canal que le permite alojar los sistemas de herrajes con cierres multipunto, consiguiendo mejorar su hermeticidad. • Para acristalar usa junquillos interiores y burletes para los diferentes sellos. • Utilizan refuerzos metálicos en todos los perfiles de la ventana. • Posibilitan obtener diferentes colores además del blanco.

Tabla 5.9: Valores de transmitancia térmica (U) de los distintos perfiles y sus materiales.

Transmitancia térmica U [W/(m²·K)]	Perfiles					Madera
	Aluminio			PVC		
	Con RPT 12 [mm]	Con RPT 4 [mm]	Sin RPT	Americano	Europeo	
	3,2	4	5,7 - 5,8	2,8	1,8	2 - 2,2

Fuente: Manual de Reacondicionamiento térmico de viviendas en uso, tabla 3.4-B, Corporación de Desarrollo Tecnológico, CDT, 2010.

5.5.3. Vidrio monolítico

El vidrio monolítico está formado por una sola lámina de vidrio, el cual se puede encontrar tinteado en su masa o reflectivo para mejorar su valor de coeficiente de sombra. En términos de eficiencia energética, presenta el valor de transmitancia térmica más alto del mercado de 5,6 a 5,8 [W/(m²·K)] dependiendo de su espesor (ver tabla 5.10).

5.5.4. Doble vidriado hermético (DVH)

Cuando se habla de eficiencia energética, es decir, mejorar la transmitancia térmica, la mejor solución vidriada es el “doble vidriado hermético”, DVH o termopanel, consistente en dos vidrios con una cámara hermética de aire que los separa, la cual puede tener espesores desde 6 a a 15 mm, aunque se recomienda entre 10 a 15 mm (A mayor espesor menor transmitancia térmica U). La cámara de aire permanece hermética gracias a un doble sello perimetral que la aísla del exterior (ver figura 5.35). El doble vidriado se puede disponer con diferentes combinaciones de vidrio, ya sea con dos cristales comunes y una cámara de aire o un cristal común con un cristal Low-E. Además existe la solución en que la cámara de aire contenga gas argón, el cual ayuda a disminuir las transmisiones de calor.

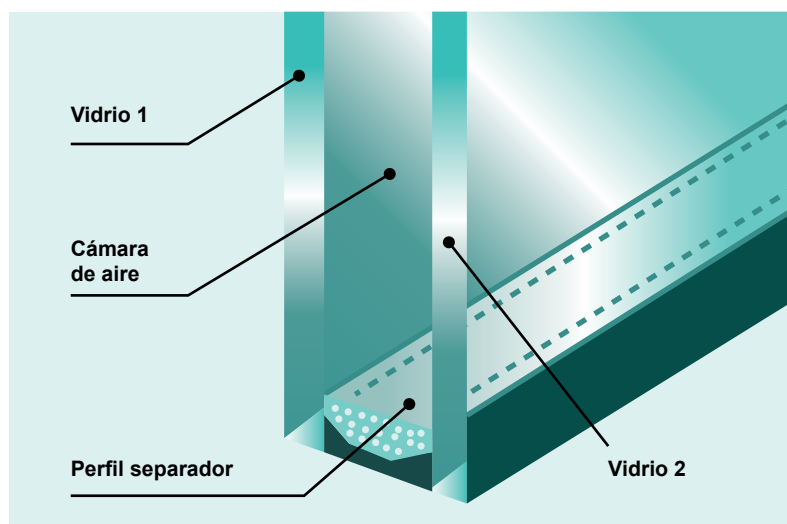


Figura 5.37: Sistema DVH

Las diferentes alternativas que entregan los DVH y vidrio monolítico, se pueden comparar en la siguiente tabla:

Tabla 5.10: Comparación de transmitancia térmica y coeficiente de sombra de los distintos vidrios disponibles

	Vidrios				
	Monolítico	Doble vidrio Hermético (DVH) con cámara de aire de 12 [mm]			
	6 mm	Con 2 cristales comunes de 6 mm	Con un cristal Low-e de 6 mm y un cristal común de 6 mm	Con 2 cristales comunes de 6 mm y gas Argón	Con un cristal Low-e de 6 mm, un cristal común de 6 mm y gas Argón
Transmitancia térmica U [W/(m ² *K)]	5,8	2,8	1,8	1,8	1,3
Coefficiente de sombra	0,98	0,81	0,51	-	0,28

Fuente: Loipon S.A. Multitec, Ingeniería aplicada, [http://www.loipon.com.ar/multitec_pvc_aislamiento_termico.php]. [Consulta: 02-09-2015]; Winko [http://www.winko.cl/energy_advantage_Low_E.pdf]. [Consulta: 02-09-2015].

5.5.5. Vidrio Low-E

Es un vidrio al que se le aplica un revestimiento de baja emisividad, en el proceso productivo, permitiendo disminuir las pérdidas de energía a través de él.

Emisividad:

Proporción de radiación térmica emitida por un objeto.

5.5.6. Herrajes

También conocidos como accesorios o quincallería, los herrajes son los elementos y/o mecanismos que permiten el movimiento y el funcionamiento de las ventanas, es por esto que, primero que todo se buscan herrajes que sean compatibles con el tipo de ventana a instalar. En general, se deben preferir aquellos herrajes fabricados o recubiertos por un material inoxidable (incluyendo tornillos de fabricación y de anclaje), de tal modo que en un futuro no existan problemas con la humedad.

Existen herrajes de armado y de funcionamiento. Aquí nos detendremos específicamente en los segundos.

5.5.6.1. Cierres

Tabla 5.11: Ventajas y desventajas de los tipos de cierre

Cierre	Unipunto	Cierre	Multipunto
			
	<ul style="list-style-type: none">• Como su nombre lo indica, estos cierres presentan un sólo punto de cierre. Existen de diversos tipos, siendo los más usados los cierres laterales y cierres centrales, para ventanas de correr y los cierres de manilla, para ventanas proyectantes y de abatir.• En general, este tipo de cierre no es el más adecuado cuando hablamos de aislación, tanto en términos térmicos como en términos acústicos, ya que no tienen la capacidad de producir un cierre completamente hermético.• Este tipo de cierre es el más usado en Chile, el cual se puede ver en toda solución de ventana debido a su menor precio.		<ul style="list-style-type: none">• Son aquellos que tienen más de un punto de cierre y los más comunes son de dos y de cuatro puntos de cierre. Existen también los cierres perimetrales (ventanas oscilobatientes).• En general son accionados por manillas y sus puntos de cierre pueden ser verticales (ventanas de correr, de abatir y correderas), como también horizontales (ventanas proyectantes).• Los cierres multipunto permiten una aislación mucho más eficiente, tanto térmica, acústica y estanqueidad siendo adicionalmente más recomendable por presentar mejores niveles de seguridad.

5.5.6.2. Brazos

Es importante que los brazos a instalar sean los adecuados a la ventana, tanto en su tamaño como en su capacidad de resistir el peso de la hoja. Si el brazo no tiene el tamaño adecuado, no permitirá un cierre completamente hermético. De la misma forma, si el peso de la hoja es mayor a la capacidad de resistencia del brazo, con el tiempo la hoja no quedará perfectamente nivelada y su cierre será deficiente (ver figura 5.36 y tabla 5.12).

Los brazos pueden ser de aluminio o de acero, preferentemente inoxidables o cromados para evitar la corrosión.

Siempre se debe procurar que el largo del brazo sea igual o similar a $\frac{3}{4}$ de la altura de la hoja de la ventana.

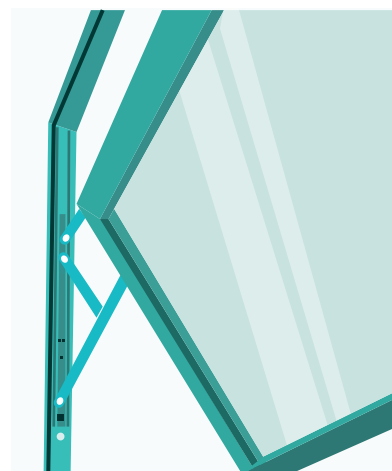


Figura 5.38: Brazo de ventana para abatir

Tabla 5.12: Ejemplo de Brazos existentes en el mercado con sus largos y peso máximo

		Largo	Peso máximo
		[mm]	[kg]
Aluminio	BRAA5BRP	600	45
	BRAN4B	500	12
Acero austenítico	DEFENDERSTD	615	40
Acero inoxidable	STORMB22	567	75
	STERLINGSPT12	313	50

5.6. Elección del tipo de ventana

5.6.1. Ventanas correderas

Aun cuando, desde el punto de vista de la eficiencia energética, son las ventanas de peor desempeño debido a su bajo nivel de estanqueidad al aire, son sin duda las soluciones que cuentan con una mayor aceptación en nuestro país (ver figura 5.37).

Considerando que resultaría difícil cambiar estas ventanas por otros tipos más eficientes, es aconsejable tomar nota de las siguientes sugerencias para mejorar su desempeño:

- Utilizar cierres con dos puntos de cierre en cada hoja móvil (superior e inferior).
- Utilizar “felpa fin seal” para mejorar el sello en los encuentros de hoja.
- Utilizar adecuados burletes y siliconas perimetrales para asegurar una excelente instalación y sellado.
- Utilizar las líneas de perfiles adecuadas para las dimensiones que tengan las ventanas, además de una correcta instalación, de modo que tengan la resistencia necesaria para evitar infiltraciones.

5.6.2. Ventanas de abatir

Con relación a la estanqueidad al aire, es una buena solución de ventana que debe complementarse con la instalación de los herrajes adecuados (ver figura 5.38).

Es aconsejable el uso de bisagras de muy buena calidad y de cierres con dos puntos de cierre (superior e inferior). En caso de que abran hacia el exterior, se recomienda el uso de limitadores de apertura para evitar los golpes originados por el viento.



Figura 5.39: Ventana corredera

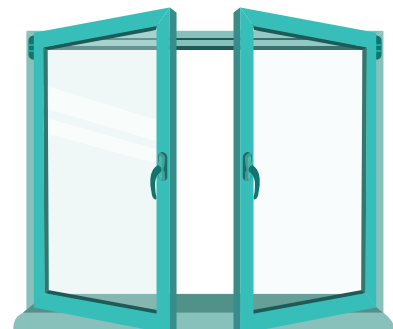


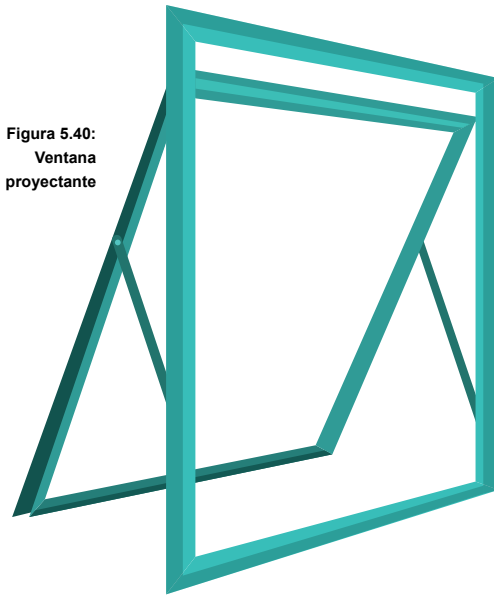
Figura 5.39: Ventana de abatir

5.6.3. Ventanas proyectantes

Este tipo de ventanas presenta muy buenas condiciones de estanqueidad al aire, su cierre a presión es muy efectivo y además son de fácil manejo. Es importante que no haya objetos que interfieran en su apertura (ver figura 5.39).

Es importante utilizar cierres multi-puntos para conseguir el mejor rendimiento posible. Asimismo se debe tener en cuenta la elección del brazo a colocar: debe poder resistir el peso de la hoja y, además, su largo debe estar entre $1/2$ y $2/3$ de la altura de la hoja de la ventana.

Figura 5.40:
Ventana
proyectante



5.7. Dimensiones de las ventanas

5.7.1. Ventanas correderas

El dimensionamiento máximo de las ventanas correderas estará definido por:

- El peso de la hoja y la resistencia de los rodamientos que la sustentan, así como la resistencia de los perfiles que la conforman.
- La fuerza requerida para cerrar una hoja de correr no debe ser superior a 50 N y, en cuanto a la apertura, no puede ser mayor a 100 N.
- En general, se recomienda que el ancho de la hoja nunca sea inferior a $1/3$ de su altura.

5.7.2. Ventanas y puertas de abatir

La dimensión mínima de este tipo de ventana y/o puerta abisagrada no presenta restricciones tanto en la altura como en el ancho.

Las dimensiones máximas están dadas por los herrajes que la sostienen.

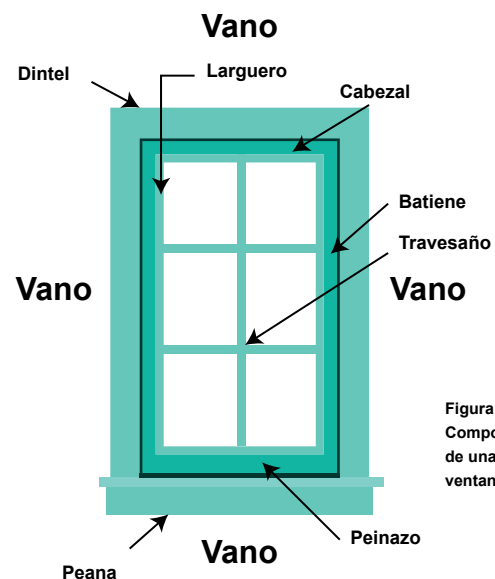


Figura 5.41
Componentes
de una
ventana

5.7.3. Ventanas proyectantes

El dimensionamiento mínimo de una ventana con brazos será función del largo del brazo que se utilice para la fabricación de la ventana.

La dimensión máxima será función del peso de la hoja de la ventana y de la capacidad de carga que acepte el brazo (con los perfiles adecuados). Para el caso de grandes dimensiones, se recomienda consultar con el proveedor de los brazos.

5.8. Precauciones en la instalación de la ventana

En primer lugar, se debe asegurar que todos los materiales seleccionados tengan compatibilidad química y física, de lo contrario, existirán problemas a corto plazo (por ejemplo al momento de instalar) o a largo plazo (por ejemplo filtraciones producidas por desencajes en las uniones de los materiales, por el mal uso de sellantes).

Para mayor información, la NCh2496. Of2000 “Arquitectura y construcción - Ventanas – Instalación en obra” presenta todas las especificaciones técnicas para la instalación de una ventana. A continuación se nombran los aspectos más importantes a considerar.

5.8.1. Vanos

Antes de realizar cualquier compra o pedido de la ventana, se deben tomar en cuenta las siguientes consideraciones. El vano es todo el perímetro del hueco del muro en el cual se instalará el marco. Para la buena instalación y funcionamiento de una ventana, es vital el estado en que se encuentre el vano antes de proceder a su instalación. Resulta fundamental que, antes de la instalación, se midan las diagonales del hueco donde irá la ventana. Para vanos o premarcos, la diferencia entre las diagonales no puede ser mayor a 5 mm cuando estos son mayores a 2 m y no puede ser mayor a 3 mm para cuando estos son menores o iguales a 2 m. En el caso de existir marco y premarco, la holgura entre estos debe ser entre 0-15 mm.

5.8.2. La base del vano debe estar seca e impermeabilizada

Cuando se instala una ventana, la base del vano debe estar totalmente seca, si este no es el caso, es muy probable que el sello exterior no quede perfectamente adherido al muro y, por lo mismo, se desprenda total o parcialmente en el corto plazo, permitiendo el paso de humedad y ruido al interior. Por similares motivos, la base de los vanos debe estar impermeabilizada (barrera de humedad) antes de la instalación de la ventana. De esta forma se asegura la hermeticidad de la unión en la base, entre el marco de la ventana, o en el caso que sea premarco, y el vano. El tercio inferior de la apertura es el lugar más vulnerable a humedades y vientos.

5.8.3. Plomos adecuados

Si el vano tiene sus lados verticales desaplomados y se instala la ventana, lo más probable es que, en primer lugar, el marco no quede perfectamente anclado al muro y, por otra parte, que se produzcan a futuro filtraciones de humedad. Todo esto atenta contra la estanqueidad de la ventana, influyendo negativamente en la performance tanto térmica como acústica de ella.

5.8.4. Base plana, sin deformaciones y perfectamente nivelada

Cuando el vano presenta una base imperfecta, ya sea por efectos de desniveles y/o de irregularidad, se producirán efectos similares a los arriba descritos, con la diferencia de que al apozarse el agua de lluvia, la humedad que penetrará al interior será severa y dañará en forma importante al muro por el interior de la vivienda, por lo que una adecuada pendiente o descargue de aguas, evitara problemas en la base del vano.

5.8.5. Ubicación del marco

El marco no debe ser acuñado en la parte inferior y debe quedar asentado totalmente sobre rasgo perfecto. La holgura máxima para la colocación de sellos y absorción de deformaciones (por dilatación diferenciales), debe ser de 5 a 12 mm. En el caso que la unión sea mediante adhesivos, se debe procurar que el material tenga compatibilidad, además de que la separación con el vano o premarco sea continua y este entre 5 a 20 [mm], para facilitar la inyección del adhesivo.

5.8.6. Juntas de dilatación

Es importante que, al medir un vano para fabricar la ventana, siempre se considere dejar una tolerancia entre el marco de la ventana y el vano, destinada a absorber las dilataciones y contracciones diferenciadas ante las variaciones de temperatura.

El espacio que se deja para dilataciones, debe rellenarse con un material capaz de absorber estos movimientos, generalmente algún tipo de silicona.

5.8.7. Sellos

Como se mencionó anteriormente, el material adhesivo para la realización del sello, ya sea del cristal a la estructura secundaria (largueros, cabezales, travesaños o batientes), del marco o pre marco al vano, debe ser compatible con los materiales a utilizar.

a) Siliconas: La silicona es el sellador más recomendado para carpinterías exteriores. Su fácil aplicación, durabilidad y compatibilidad con otros materiales la hace la más utilizada en el mercado. En la figura 5.41, se pueden observar los estragos que causa un sello mal elegido o mal aplicado.



Figura 5.42:
Patologías generadas por
humedades indeseadas
en un mal sellado

Fotografía: Aluvirefor [www. aluvirefor.es] [05-08-2015]

Para seleccionar la silicona a usar en cada circunstancia, es recomendable seguir las instrucciones contenidas en la tabla 5.13 a continuación.

Tabla 5.13: Siliconas a utilizar según el tipo de juntas

TIPO DE JUNTA	TIPO DE SILICONA
Perfiles de aluminio con vanos de hormigón o albañilería (materiales porosos)	Silicona de cura neutra
Perfiles de aluminio con cristal o con materiales lisos	Silicona de cura acética
Baños y cocinas	Silicona de cura acética con fungicida
Espejos	Silicona de cura neutra
Policarbonatos o acrílicos	Silicona de cura neutra
DVH para viviendas (bordes capturados en perfiles de aluminio)	Silicona neutra o polisulfuro
DVH con exposición directa a los rayos UV	Silicona estructural, cura neutra
Vidriado estructural (muro cortina)	Silicona estructural, cura neutra

En el caso de ventanas de PVC, solamente se puede utilizar silicona neutra para sellar.

5.8.8. Burletes

Los burletes son protectores que tienen como finalidad proporcionar estanqueidad al aire y agua en ventanas y puertas, generalmente son de goma y de diversas formas para las distintas necesidades. Deben presentar muy buenas condiciones de dureza, elasticidad, resistencia al frío y al calor, al ozono, a la luz y deformación remanente a la compresión, además de ser continuo en todo el largo, ya que en cualquier espacio donde no haya burlete, se generarán futuras filtraciones.

Se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Burletes para acristalamiento: deben estar fabricados con un material de excelente estabilidad a los rayos UV y ser resistentes a la intemperie. Se recomienda utilizar burletes de Epdm.
- Burletes de estanqueidad entre perfiles de ventanas de proyección, abatibles, puertas, etc (ver figura 5.41).



Fotografía: <http://i.ytimg.com>

Figura 5.43:
Burlete de
estanqueidad
de goma
acoplado al
vidrio

5.8.9. Felpas

Tienen como finalidad realizar el sellado para la impermeabilidad al aire y a la estanqueidad al agua, principalmente se usa en ventanas de corredera y puertas, está compuesto por una infinidad de pelos entrelazados de polipropileno que generan la impermeabilidad. Para mejorar esto, se usan las felpas “fin seal” y “high fin”, estos tienen una lámina de polipropileno más densa en la parte central de la felpa, para mejorar la impermeabilización (ver figura 5.42). La instalación debe ser de manera continua, sin dejar espacios donde pudiese filtrar aire o agua.

Se clasifican en:

- Tipo estándar (3 corridas de pelo).
- Alta densidad (4 corridas de pelo).
- De lámina a igual altura que los pelos (fin seal).
- De lámina alta, sobre los pelos (high fin).

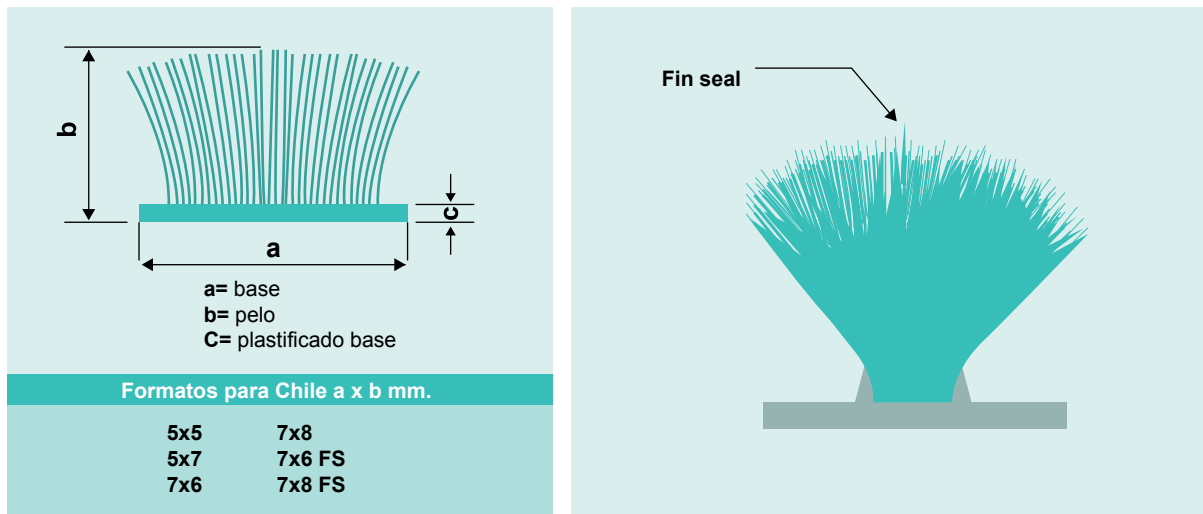


Figura 5.44: Dimensiones de los formatos de felpas para Chile

5.9. Instalación de la ventana en obra

En cualquier trabajo, ya sea de mantenimiento o reparación, es necesario seguir recomendaciones básicas de seguridad, para así asegurar la integridad física del trabajador. Se debe utilizar antiparras, guantes y zapatos de seguridad, además del uso de herramientas adecuadas para la ejecución del trabajo y para trabajos en altura, usar escaleras o andamios (uso de cinturón de seguridad), según sea necesario.

Para conseguir una adecuada instalación de las ventanas, es recomendable observar los siguientes detalles:

1. Verificar estado del vano, limpiar, medir (diagonales) y si es necesario reparar e impermeabilizar. La mayor cantidad de filtraciones se generan en la junta del marco/vano.
2. Elegir el sellador apropiado según la altura de la edificación, tamaño del marco, ancho de las juntas de dilatación y materiales que se estén utilizando.
3. Verificar que el marco quede separado del plomo interior del muro a la distancia recomendada o según especifique el plano para asegurar el ancho necesario en la junta de dilatación.
4. La profundidad de las perforaciones deben ser como mínimo de 25 mm en el elemento estructural, se deben hacer con taladro de percusión y broca de 7 mm separando los puntos de fijación a una distancia máxima de 500 mm aprox.
5. El número de puntos de fijación debe ser dos como mínimo. La separación máxima entre dos tornillos no puede ser superior a 50 cm y el primer punto debe situar como máximo a 25 cm de cada esquina del marco.
6. Los tarugos plásticos deben insertarse en las perforaciones hasta que queden embutidos en el muro.
7. Los tornillos deben ser zincados o inoxidable. Deben colocarse con un apriete inicial suave, de modo de permitir el reajuste del marco antes de proceder a su apriete final.
8. En el perfil inferior del marco, se debe colocar silicona antes del último apriete del tornillo para sellar la perforación y evitar el paso de agua (el tercio inferior de la apertura es el que está más propenso a humedades)
9. El marco puede acunarse contra el muro con cuñas de PVC, hasta conseguir plomos y niveles adecuados.
10. Se deben fijar los tornillos con un torque fuerte. Esta operación puede realizarse con atornillados manual o eléctrico, preocupándose de cumplir con la cantidad de tornillos especificados.
11. Si se van a instalar sólo los marcos en una primera etapa, el instalador deberá tomar las medidas necesarias para resguardar que no se dañen producto del tránsito de carretillas, cementos, etc.
12. Cuando se realicen instalaciones de ventanas en altura y con presencia de vientos fuertes, se recomienda al instalador tomar las debidas precauciones necesarias para asegurar las fijaciones de marcos y hojas, para evitar que se desprendan y caigan. Asimismo, deberá fijar una secuencia de instalación y entrenar a su personal.
13. Cuando se usan cierres tipo cremona (unipunto o bipunto), en una puerta ventana de corredera, se recomienda usar cajas fijas de rodamientos en las piernas, dejando las cajas regulables sólo para los traslapes.
14. Idealmente, los presupuestos deberían incluir el sellado exterior de las ventanas.



Figura 5.45:
Fijación de los
tornillos

Fotografía: Construguía [www.miconstruguía.com] [07-07-2015]

5.10. Entrega de los trabajos en la obra

Al término de los trabajos de instalación de las ventanas, el instalador deberá proceder a su entrega al administrador de la obra, en lo posible con un Formulario de Entrega, que deberá ser firmado por ambas partes. Este Formulario debería contener, a lo menos, los siguientes ítems:

1. Verificación de los tipos de ventanas instaladas, así como sus dimensiones y cantidades.	2. El marco debe estar firmemente instalado, sin daños, golpes o deformaciones y los tornillos en línea recta.
3. Los tornillos deben estar en el plomo de anclaje, distribuidos de acuerdo a lo especificado.	4. No se debe ver luz entre el marco y el vano.
5. Todos los elementos móviles se mueven sin esfuerzo.	6. Controlar el espesor de los cristales, así como que no presenten roturas ni escalladuras.
7. Verificar el buen funcionamiento de los accesorios.	8. Verificar que existan las pendientes necesarias en la base del vano, que no permitan apozamientos de agua ni flujos hacia el interior de la habitación.
9. Verificar que los sellos, tanto el exterior como los burletes y felpas, estén continuos.	10. Verificar que se cuenta con todas las certificaciones requeridas.

5.11. Condensación en ventanas

La transmitancia térmica de las ventanas podría ser mayor a la de los elementos de la envolvente, en consecuencia, las ventanas se podrían encontrar a menor temperatura que los muros o techumbres, por lo tanto, son estructuras vulnerables a la condensación superficial.

En este caso la condensación se da principalmente en invierno, debido a que las temperaturas en el exterior son inferiores a las del interior de la vivienda. Este es un problema en todas las viviendas, ya que debido a las actividades dentro de éstas y la poca ventilación, aumenta la humedad relativa del aire en el interior y cuando el aire con alta humedad entra en contacto con elementos que se encuentren a bajas temperaturas puede llegar a la temperatura de rocío y condensar, produciendo humedades indeseadas dentro de la vivienda que a final de cuentas generan patologías, tales como hongos, moho y manchas de hongos o afectan directamente al aislante térmico (ver sección 5.2 “Barreras de vapor y humedad”). Se debe tener en cuenta que para que aparezcan los hongos, no es necesario tener condensación, sino que largos períodos a altas humedades.

Esto es un problema difícil de evitar en ventanas existentes, ya que no hay soluciones externas que se puedan implementar para mejorar el coeficiente de transmitancia térmica, en consecuencia, las soluciones que existen para evitar las condensaciones intersticiales y las distintas patologías que estas conllevan son:

- Realizar ventilaciones cruzadas dentro de la vivienda en invierno. Esto se debe hacer por lo menos cuando se han realizado actividades que aumentan la concentración de vapor dentro de la vivienda, como uso de duchas o planchados de ropa, lo que hará que el vapor salga hacia el exterior, además de una renovación del

aire. El resto del tiempo, se debe mantener también una ventilación menor para mantener los niveles de humedad relativa bajo los niveles admisibles. Se debe dejar en claro también que una excesiva ventilación, puede producir el enfriamiento de los muros y/o ventanas desde el interior, y por tanto también puede ayudar a la condensación.

- Para los problemas de hongos o moho, se debe procurar que el sello de las ventanas sea hermético y los vanos del muro no tengan lugares donde se pueda apozar el agua.

La mejor solución para este problema es realizar el cambio de las ventanas existentes por unas nuevas que tengan una transmitancia térmica menor (soluciones vistas en las secciones anteriores), pero sólo en el caso que exista la posibilidad económica para realizar este cambio, de lo contrario, un buen control de la concentración del vapor dentro del hogar, puede ayudar a eliminar las patologías de la vivienda.

En todo caso, para las ventanas de vidrio simple existente, es prácticamente imposible evitar que en algunos momentos se produzca condensación. Sin embargo, se debe asegurar que el diseño de la ventana, permita que el agua escurra hacia la parte inferior y que salga hacia el exterior por orificios existentes en la parte baja del marco. Además, se deben mantener estos orificios libres de cualquier suciedad que pueda hacer impedir la evacuación del agua al exterior.

En el capítulo 2 la sección de condensación, se explica en detalle el cambio de estado y sus patologías.



Anexos

6. Anexos

6.1. Productos disponibles de los distintos materiales de aislación

Tabla 6.1: Productos disponibles para planchas de poliestireno expandido

Producto	Densidad [kg/m ³]	Conductividad térmica λ [W/(m*K)]	Usos
Plancha	10	0,043	Entretechos, mansardas y tabiques interiores.
	15	0,0413	Instalaciones a la vista, como cielos falsos.
	20	0,0384	Aislación de sistemas de calefacción y refrigeración.
	30	0,0361	Cámaras frigoríficas, cielos y muros. Aislación de pisos.

Tabla 6.2: Productos disponibles para lana mineral, según espesor, dimensiones, R100 y uso

Producto	Espesor [mm]	Dimensiones [m]	R100	Usos
Plancha libre	40	Ancho: 0,5 Largo: 1,2	94	Losas de hormigón, cielos falsos, tabiques y muros
	50		122	
	80		190	
Plancha con papel en 1 cara	40	Ancho: 0,5 Largo: 1,2	95	Losas de hormigón, cielos falsos, tabiques y muros, especialmente en zonas húmedas (costeras).
	50		122	
	80		190	
Plancha con papel en 2 caras	50	Ancho: 0,5	119	Losas de hormigón, cielos falsos, tabiques y muros, especialmente en zonas húmedas.
	80	Largo: 1,2	190	
Rollo	25	Ancho: 1,2	59	Cielos y forros laterales de galpones industriales, ductos o sistemas de aire acondicionado, mansardas
	50	Largo: 12,5	119	
Granulado	50	-	91*	Edificaciones antiguas, espacios o huecos de difícil acceso.

Fuente: Registro técnico de materiales, registro cdt, [<http://www.registrocdt.cl/registrocdt/www/adminTools/fichaDeProductoDetalle.aspx?idFichaPro=19>].
[Consulta: 02-09-2015].

Tabla 6.3: Productos disponibles para lana de vidrio, según espesor, dimensiones, R100 y uso

Producto	Espesor [mm]	Dimensiones [m]	R100	Usos
Rollo libre	40	Ancho: 0,6 – 1,2 Largo: 20	94	Tabiques interiores.
	80	Ancho: 0,6 – 1,2 Largo: 9,6	188	
	100	Ancho: 0,6 - 1,2 Largo: 7,5	235	
	160	Ancho: 1,2 Largo: 5,5	376	
Rollo con papel en una cara	40	Ancho: 1,2 Largo: 20	94	Techumbre, cielo falso, tabiques, muros perimetrales. Ideal para aislar evitando condensaciones.
	80	Ancho: 1,2 Largo: 9,6	188	
	120	Ancho: 1,2 Largo: 7,5	282	
	160	Ancho: 1,2 Largo: 5,5	376	
Rollo con aluminio en una cara	25	Ancho: 1,2 Largo: 20	61	Techos de galpones, ductos aire acondicionado.
	50	Ancho: 1,2 Largo: 12	122	
Panel libre	50	Ancho: 0,6 Largo: 1,2	131	Tabiques interiores.
	60	Ancho: 1,2 Largo: 5,5	158	
Panel con papel en una cara	50	Ancho: 0,6 Largo: 1,2	128	Tabiques y muros perimetrales. Recomendado para aislar evitando condensaciones.
	60	Ancho: 0,6 Largo: 1,3	154	

Tabla 6.4: Productos disponibles para el poliuretano y sus usos

Producto	Usos
Espuma rígida producida "in situ"	Aislamiento térmico en superficies de la construcción. Impermeabilización de cubiertas. Aislamiento térmico de instalaciones de frío o calor.
Panel con cara superior de acero y cara inferior con recubrimiento**	Panel de cubierta (cara exterior) y revestimiento (cara interior), para eliminar problemas de condensación

Fuente: *Praicon Ltda., aplicaciones en espuma de poliuretano, [www.poliuretanochile.cl]. [Consulta: 02-09-2015]. **Polchile, paneles aislados, [www.polchile.cl]. [Consulta: 02-09-2015].

Tabla 6.5: Productos disponibles para el corcho, según conductividad térmica, densidad, dimensiones, espesor y uso

Producto	Conductividad térmica [W/mK]	Densidad [kg/m ³]	Dimensiones [mm]	Espesor [mm]	Usos
Corcho natural en paneles	0.041	95 - 130	500x1000	20, 25,30, 40,50, 60, 80 y 100	Techos, paredes y bajo suelo.
Corcho proyectado	0.044	500 - 700			Revestimiento de fachadas, impermeabilización de cubiertas




Registro Instaladores

7. Registro de Instaladores

Nombre:	Carlos Eduardo Carrasco Villaón	
Dirección:	El Cairo # 779 / San Miguel	
Teléfono:	88662295	
E-mail:	carloscarrascov@hotmail.com	
Sitio web:	www.micasa-confortable.cl	
Nombre:	Claudio Alejandro Asenjo Asenjo	Sin Registro de Fotografía
Dirección:	Julio Cesar Gaueth # 1958 / San Ramón	
Teléfono:	83748282	
E-mail:	claudio_asenjo_1@hotmail.com	
Sitio web:	www.micasa-confortable.cl	
Nombre:	Enrique Vicente Beiza Huencho	
Dirección:	Vivaceta # 3775 / Conchalí	
Teléfono:	92404973	
E-mail:	ebeizah@gmail.com	
Sitio web:	www.micasa-confortable.cl	
Nombre:	Esteban Reyes Tapia	
Dirección:	Avenida Porvenir # 1965 / Puente Alto	
Teléfono:	6726 4775 - 2905 1935	
E-mail:	esteban_reyta@hotmail.es	
Sitio web:	www.micasa-confortable.cl	
Nombre:	Fuad Cuzmar Sanabria	
Dirección:	Jogelio Ugarte # 1828 / Santiago	
Teléfono:	225510944 - 94960942	
E-mail:	bienhechochile@gmail.com	
Sitio web:	www.bienhechochile.cl	
Nombre:	Héctor Manuel Hernández Rojas	
Dirección:	22 1/2 Poniente A0326, Talca	
Teléfono:	85950541	
E-mail:	hhernandez@ingemaule.cl	
Sitio web:	www.micasa-confortable.cl	

Nombre:	Héctor Aguilar Reyes	Sin Registro de Fotografía
Dirección:	Pasaje Generosidad # 8450 / Cerro Navia	
Teléfono:	9-4171122 - 8-3474021	
E-mail:	hvargas@hotmail.com	
Sitio web:	www.micasa-confortable.cl	
Nombre:	Javier Kunstmann Frick	
Dirección:	Hojas Secas # 6010 - H / Peñalolén	
Teléfono:	85293561	
E-mail:	jkpropiedades@gmail.com	
Sitio web:	www.micasa-confortable.cl	
Nombre:	John Paul Boche Fernández	Sin Registro de Fotografía
Dirección:	Los Evangelizadores # 1224 / La Florida	
Teléfono:	223182552 - 87746827	
E-mail:	jbochef@gmail.com	
Sitio web:	www.micasa-confortable.cl	
Nombre:	Jorge Tapia Arteaga	
Dirección:	Alhue # 3068 / Pedro Aguirre Cerda	
Teléfono:	77585565 - 225212346	
E-mail:	conta2jorge@gmail.com	
Sitio web:	www.micasa-confortable.cl	
Nombre:	José Rodríguez Jiménez	
Dirección:	El Abrani # 2920 / Puente Alto	
Teléfono:	95360350	
E-mail:	jose_ruden@hotmail.cl	
Sitio web:	www.micasa-confortable.cl	
Nombre:	Joselín Esteban Acosta Abadie	
Dirección:	Las Acacias # 318 / San Bernardo	
Teléfono:	65964280 - 227915210	
E-mail:	Jeaa1712@gmail.com	
Sitio web:	www.micasa-confortable.cl	

Nombre:	Leonardo Zambrano Parra	
Dirección:	Coronel Souper # 3924 / Estación Central	
Teléfono:	81873684	
E-mail:	leonardofzambrano@hotmail.com	
Sitio web:	www.micasa-confortable.cl	

Nombre:	Manuel Aguilera Inostroza	
Dirección:	Av. Joaquín Edwards Bello # 10318 / San Joaquín	
Teléfono:	98433568	
E-mail:	elecma2001@yahoo.com	
Sitio web:	www.micasa-confortable.cl	

Nombre:	Manuel Jaramillo Rivera	
Dirección:	13 Oriente # 2262 / Peñalolén	
Teléfono:	22798126 - 93499024	
E-mail:	manueljaramillorivera@gmail.com	
Sitio web:	www.micasa-confortable.cl	

Nombre:	Osvaldo Eugenio Bascur Prussinger	Sin Registro de Fotografía
Dirección:	Avenida San Luis de Macul # 4921 / Peñalolén	
Teléfono:	9-3669180	
E-mail:	gas.lallave@gmail.com	
Sitio web:	www.micasa-confortable.cl	

Nombre:	Pablo Eduardo Retamales Zamora	
Dirección:	Pasaje Arsobispo Errazuriz # 143 / Cerrillos	
Teléfono:	63660535	
E-mail:	pabloretamales.z@gmail.com	
Sitio web:	www.micasa-confortable.cl	

Nombre:	Patricio Becar Elissegaray	
Dirección:	El Hualle Sur # 9445 / La Florida	
Teléfono:	979316827	
E-mail:	contacto@arquitectochile.com	
Sitio web:	www.arquitectochile.com	

Nombre:	Patricio Enrique Figueroa Lagunas	
Dirección:	Pacifico Sur # 2046 / Puente Alto	
Teléfono:	97949369	
E-mail:	pef1969@hotmail.com	
Sitio web:	www.micasa-confortable.cl	
Nombre:	Pedro Llanos Cobos	
Dirección:		
Teléfono:	81582104	
E-mail:	pedrollanoscobos@gmail.com	
Sitio web:	www.micasa-confortable.cl	
Nombre:	Ramón Alfonso Hernández Lagos	
Dirección:	Recabarren # 1621 / Independencia	
Teléfono:	82443869	
E-mail:	revexchile@yahoo.com	
Sitio web:	www.revex.cl	
Nombre:	Roberto Enrique Moreno Recabarren	
Dirección:	Pedro Videla Riquelme # 2597 / San Bernardo	
Teléfono:	99401581	
E-mail:	fullservicehome@gmail.com	
Sitio web:	www.micasa-confortable.cl	

Les recordamos que el registro de instaladores está en constante actualización. Para mayores informaciones revisar nuestro sitio web: www.micasa-confortable.cl



Publicidad Soluciones constructivas



EMPRESA

STO CHILE LTDA



WEB

WWW.STOCHILE.COM



NOMBRE PRODUCTO

SISTEMA STO THERM EIFS



TELÉFONOS

SANTIAGO + 56 22 9493543 /
CONCEPCION +56 41 3250627

¿Quiénes son?

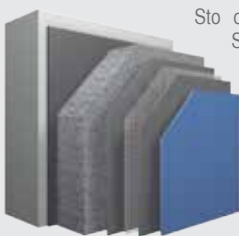


Sto es una empresa alemana, líder mundial de sistemas térmicos con recubrimientos para fachadas para la industria de la construcción.

honradez e integridad son la base en todo lo que hacen como parte integral de los valores de la empresa. Cuentan con un equipo versátil y especializado, que desarrolla productos de alta calidad con eficiencia energética y durabilidad.

La historia de Sto comenzó en Weizen, Alemania en 1934 con la fabrica de cal y cemento, al siguiente año nuestro fundador Wilhelm Stotmeister la adquiere, así durante 3 generaciones la familia ha construido Sto, conservando beneficios únicos como el contacto estrecho y personal con nuestros socios de negocio, sugerencias y apoyo en los proyectos desde la etapa de planificación hasta el último detalle durante el proceso de la construcción y garantías.

● Sistemas



Sto ofrece una gama de Sistemas de Revestimiento científicamente comprobados para satisfacer sus requisitos de diseño. Puede elegir entre sus Sistemas aislados

StoTherm® EIFS (de ahorro energético) y Sto Silt® (ahorro energético con terminación de enchape).

● Servicios Técnicos

Ya sea por Internet, teléfono o en persona, expertos podrán contestarle todas sus consultas o inquietudes. Igualmente, podrán sugerirle soluciones creativas de diseño en fachadas, detalles arquitectónicos, impermeabilización y ahorros de energía.



● Sto Studio

Por más de 25 años Sto Studio ha ofrecido sus servicios únicos a los clientes de países como Austria, China, Francia, Alemania, Suiza y Estados Unidos. Ahora, este servicio también está disponible en América Latina. Sto Studio ofrece una variedad de opciones de diseño que le ayudarán antes y durante el proceso de construcción de su proyecto.



- Generar imágenes de color para ayudar a los diseñadores, arquitectos e ingenieros a tener una imagen completa del proyecto cuando esté acabado.
- Realizar estas imágenes antes de comenzar el proyecto.
- Proporcionar sugerencias de acabados y colores, así como la estética completa de su edificio.
- Trabajar con todo tipo de proyectos, tanto comercial como residencial.

¿Qué ofrecen?

● Instituto Sto

En el Instituto Sto se ofrece educación continua a los profesionales de la industria de la construcción. Es un proveedor académico registrado en la Asociación Americana de Arquitectos y promueve las buenas prácticas en el sector de la construcción, asegurando el uso y manejo adecuado de los productos Sto. El Instituto prepara sesiones de una semana donde se enseña al detalle lo que son los productos Sto.



Las capacitaciones se imparten en grupos pequeños en inglés o español en nuestro Instituto en Atlanta, (Georgia, Estados Unidos).

Sto organiza seminarios y presentaciones en múltiples países de América Latina.

La capacitación considera todos los productos de Sto, además de demostraciones.

Sistema EIFS

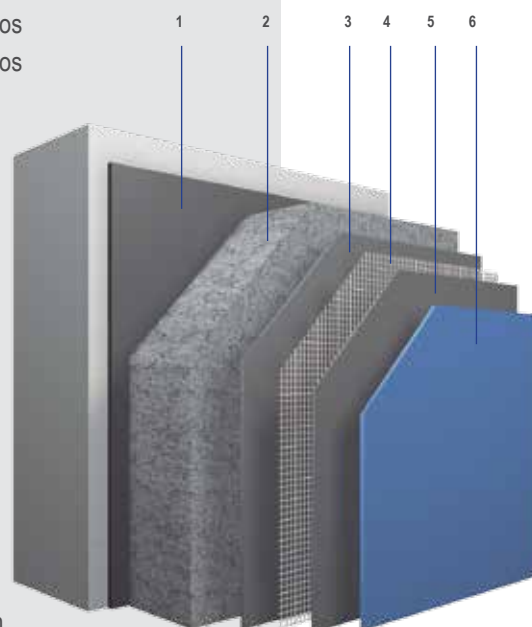
Solución en acondicionamiento térmico

El sistema EIFS es una solución que nació para el mejoramiento de edificios después de la segunda guerra mundial, sigue siendo la elección principal para los trabajos de mejoramiento de viviendas y edificios existentes.

El 98% de las viviendas en Chile no cuentan con algún grado de aislamiento en los muros y como consecuencia el gasto energético y el nivel de confort se ven muy perjudicados. Al aplicar un EIFS se logra una mejora estética que se puede adaptar a la casi totalidad de los tipos de muros incluyendo la opción de modificaciones arquitectónicas sin costo adicional.

El beneficio energético es muy grande y muy notorio para los habitantes quienes típicamente nos comunican su asombro y satisfacción ante el resultado. Un punto no menor es que la intervención se realiza sin ingresar al edificio y por consiguiente sin interrumpir el uso diario del espacio.

Actualmente en Alemania el mejoramiento térmico se ha vuelto obligatorio en muchos casos y siempre se exige con revestimiento exterior con la sola excepción de los edificios patrimoniales, los cuales exigen sistemas EIFS para el interior. Además Sto ofrece una gama de Sistemas de Revestimiento científicamente comprobados para satisfacer sus requisitos de diseño. Puede elegir entre sus Sistemas aislados StoTherm® EIFS (de ahorro energético) y Sto Silt® (ahorro



COMPONENTES DEL SISTEMA:

- 1 ADHESIVO STO PRIMER ADHESIVE
- 2 AISLANTE TERMICO EPS
- 3 ADHESIVO STO PRIMER ADHESIVE
- 4 MALLA FIBRA DE VIDRIO STO MESH
- 5 ADHESIVO STO PRIMER ADHESIVE
- 6 RECUBRIMIENTO STO DPR FINISH



energético con terminación de enchape).

Sus acabados vienen en una variedad de colores, texturas y diseños ofreciendo innumerables formas para los edificios, otorgándole su propio carácter distintivo.



E-MAIL

INFO@STOCHILE.COM



DIRECCIÓN

AVENIDA JOSE MIGUEL INFANTE 8456 –
RENCA – SANTIAGO
TUCAPEL 945 -CONCEPCIÓN



CONTACTO

FRANCISCO MARTINEZ -
FMARTINEZ@STOCORP.COM



EMPRESA

Solcrom S.A.



WEB

www.solcrom.cl



NOMBRE PRODUCTO

Sistema TERMOPLAC® (Exterior Insulation and Finish System).



TELÉFONOS

+56 2 27389393

¿Quiénes son?



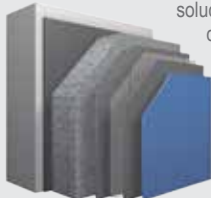
SOLCROM S.A., desde 1955, ha trabajado exitosamente en el desarrollo, producción y comercialización de soluciones y productos para la construcción.

La cercanía con nuestros clientes, un equipo de personas altamente comprometidas, la orientación a la calidad y la práctica de negocios sustentables, son pilares fundamentales que definen nuestro desempeño en la industria.

En SOLCROM S.A., somos, “Soluciones para Construir Mejor”.

● Sistemas Productos y Soluciones

SOLCROM S.A., a través de su línea de productos Termoplac® ofrece una amplia gama de soluciones y productos desarrollados para satisfacer los requerimientos de aislamiento térmico y ahorro energético en edificaciones. Sistemas para aislamiento térmico de muros con adhesivos de alto desempeño y terminaciones con granos elastómeros y revestimientos pesados (enchapes) nos destacan dentro de la industria.



● Servicios Técnicos

Desde la especificación, capacitación y control de obra, SOLCROM S.A., se compromete con cada proyecto entregando el mejor servicio y los mejores productos para su proyecto; tome contacto con nosotros en contacto@solcrom.cl.



● Desarrollo y Calidad

Los productos SOLCROM son desarrollados en atención a las necesidades más exigentes y específicas de la industria, lo cual resulta en materiales y soluciones reconocidas por clientes a nivel nacional e internacional.

La calidad de nuestros productos está validada bajo mediciones y exigencia de normas Chilenas NCh., destacando dentro de los parámetros exigidos por dichas normativas.

Los procesos de fabricación son monitoreados bajo estrictos controles de calidad, los cuales son realizados en laboratorio propio, el que se compone de profesionales expertos con reconocida experiencia en la industria.



¿Qué ofrecen?

- SOLCROM S.A., ofrece un programa de capacitación integral a quienes quieran desarrollarse en la especificación, control e instalación de soluciones constructivas para aislamiento térmico de muros (comúnmente conocida como EIFS), capacitación en soluciones de pegado de revestimientos interiores y exteriores, impermeabilizaciones y/u otras atinentes a nuestras familias de productos, las que se pueden revisar en www.solcrom.cl.



Soluciones en acondicionamiento térmico

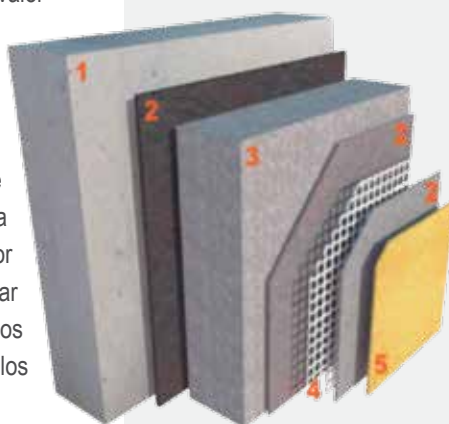
Desarrollados para satisfacer las necesidades de ahorro de energía y confort en la edificación, los productos para TERMOPLAC® otorgan, a su vez, variados tipos de terminación, con revestimientos de gran valor plástico a nivel de color y textura, aportando así a la calidad de la imagen arquitectónica dada por la fachada.

El sistema TERMOPLAC® ofrece impermeabilización al agua líquida, dejando permear el vapor de agua, efectos que permite evitar daños en la edificación, originados por condensación al interior de los elementos constructivos.

Las envolventes térmicas TERMOPLAC®, también otorgan la posibilidad ser terminadas con revestimientos pesados, solucionando temas estéticos y esculturales mediante una solución constructiva desarrollada considerando las variables de movimientos de la estructura que requiere en específico un país como Chile. Esta solución ha sido testeada por laboratorio de ensayos Chileno certificado, obteniendo excelente resultados de resistencias frente a solicitaciones estructurales considerables.

Detalle Solución Exterior Insulation and Finish System TERMOPLAC®

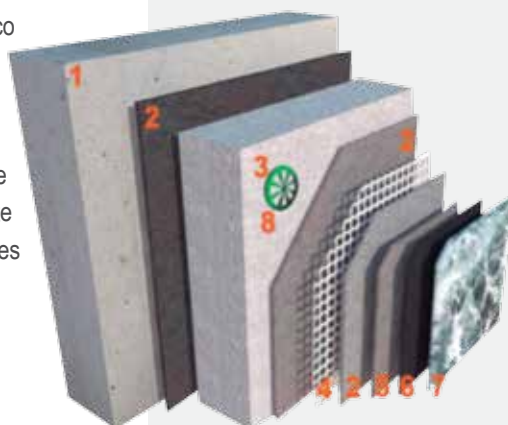
Revestimiento final grano elástico.



1. Sustrato
2. Termoplac® Base Coat o Pasta Pro
3. Aislamiento Poliestireno Expandido
4. Termoplac® Malla Fibra de Vidrio
5. Termoplac® Finish Texturado y Coloreado

Detalle Solución Exterior Insulation and Finish System TERMOPLAC®

Revestimiento final Enchape / Revestimiento pesado.



1. Sustrato
2. Termoplac® Base Coat o Pasta Pro
3. Aislamiento Poliestireno Expandido
4. Termoplac® Malla Fibra de Vidrio
5. Termoplac® Promotor de Adherencia
6. Termoplac® Adhesivo Piedra / Enchape
7. Enchape / Revestimiento pesado
- * Fijación Mecánica (Elemento verde en imagen)



E-MAIL

contacto@solcrom.cl



DIRECCIÓN

Calle El Lucero 244, Lampa, Santiago, Chile.



CONTACTO

Equipo Comercial -
contacto@solcrom.cl



EMPRESA

Metrogas S.A



WEB

www.metrogas.cl



NOMBRE PRODUCTO

Distribución y comercialización de gas natural y artefactos a gas natural



TELÉFONOS

23378000

¿Quiénes son?



Metrogas es una empresa nacional que suministra gas natural y entrega servicios que aporten valor a sus clientes, los cuales se encuentran en la región Metropolitana y desde este año también en la región de O'Higgins, entregando un servicio de excelencia y buscando ser un referente en soluciones energéticas eficientes y ambientalmente sustentables. La Compañía se caracteriza por tener una cultura de servicio que se ha forjado desde sus inicios, y que implica ir más allá de la entrega de servicios básicos, anticipándose a las necesidades de los distintos tipos de clientes y entregándoles soluciones concretas, efectivas y oportunas.

Hoy en día cuentan con más de 570.000 clientes residenciales.

Su Visión es ser referente en soluciones energéticas innovadoras, eficientes y ambientalmente sustentables, contribuyendo al desarrollo del país y mejorando la calidad de vida en todo lugar donde las personas lo necesiten.

¿Qué ofrecen?

Metrogas vende sólo artefactos a gas natural, ofreciendo una amplia gama de productos y variedades de ellos como, Calefones tiro natural y tiro forzado, cocinas, encimeras, calefactores tiro natural y tiro balanceado, secadoras, y calderas.

Asesórate solicitando la visita de un ejecutivo técnico capacitado técnicamente que te orientará sobre el funcionamiento de los artefactos a gas natural, la factibilidad de instalación en tu hogar o negocio y sobre los costos de venta e instalación llamando al **23378000**.



VEN Y CONOCE NUESTRA TIENDA DEL GAS

Te invitamos a conocer nuestra tienda del gas ubicada en El Regidor 54 piso -1, Metro el Golf.



● Ecowood: Calor limpio para el hogar

Este sistema busca fomentar el uso de gas natural y disminuir la contaminación en la capital.

Ecowood es el nombre de la nueva propuesta de **Metrogas** y **Ursus Trotter** para calefaccionar el hogar durante este invierno. Esta alternativa ofrece economía y sustentabilidad, combinando energía limpia con el diseño de una estufa clásica.

Esta innovación tecnológica no genera contaminación y se puede utilizar durante todo el invierno sin ninguna restricción, debido a que posee una turbina que propaga el calor pero no humedece el ambiente.

Moderno y de fácil instalación, otro de los puntos a favor de este producto es el impacto en el consumo de calefacción, ya que al comparar gas natural con gas licuado y parafina se obtienen ahorros de hasta un 23%.

Este artefacto está presente en dos versiones: **Ecowood M**, que regula el calor de forma manual con encendido piezoeléctrico, y **Ecowood D**, que cuenta con un control remoto y cinco intensidades de llama, lo que permite una propagación óptima del calor.

Este calefactor ya se encuentra a la venta en el mercado, los invitamos a recomendar entre sus conocidos esta buena alternativa para calefaccionar el hogar durante este invierno.



¿Por qué elegirnos?

Y ¿cuáles son los beneficios de ser cliente Metrogas?



Algunas de las ventajas del gas natural es que no es tóxico si es que fuera inhalado, es más liviano que el aire, lo que permite que se disipe en la atmósfera en caso de fuga, y es menos inflamable que otros combustibles.

Ofrecemos una mejor calidad de servicio a través de nuestros programas de beneficios tales como el Club Metrogas en el que se obtiene metropuntos por el consumo de Metrogas, con los cuales podrás canjear productos para ti y tu familia, disfrutar de descuentos, invitaciones a eventos y mucho más.

Nos preocupamos por tu seguridad, esto porque está en nuestra naturaleza cuidarte, ofrecemos una serie de consejos en caso de cualquier emergencia o inconveniente con tus artefactos de gas natural que podrían poner en riesgo tu seguridad y la de tu familia.

Ofrecemos suministro continuo, dándonos la posibilidad de otorgar mayor comodidad al evitar permitir la entrada de personas desconocidas a tu casa o negocio y evitando la preocupación de solicitar balones o camiones para llenar estanques.

Nos preocupamos por el medio ambiente al entregar energía limpia. El gas natural en combustión emite 30% menos de anhídrido carbónico que el petróleo y 45% menos que el carbón. Además, el gas natural no emite virtualmente ninguna partícula en la atmósfera, ayudando a reducir las emisiones de partículas de efecto invernadero y a disminuir los índices de la peligrosa contaminación intradomiciliaria.

Servicio Técnico:

Metrogas pone a disposición de sus clientes un completo programa de servicios, los cuales son realizados en su domicilio por técnicos especialistas para cuidar su sistema de calefacción y artefactos y así disfrutar de todo el calor y seguridad del gas natural.

Contamos con servicios de:

- Mantenimiento y reparación de artefactos a gas natural
- Instalación de artefactos a gas natural
- Sistemas de calefacción a gas natural
- Modificación y reparación de redes



DIRECCIÓN

El Regidor 54 – 66 , Metro el Golf
Las Condes



CONTACTO

23378000



Las recomendaciones de aislación térmica (techumbres, muros, pisos y ventanas) de una vivienda y el dimensionamiento del sistema de calefacción, dependen de la zona térmica en la que la vivienda se encuentre. Las recomendaciones que se entregan en este manual, consideran este aspecto. Para ello se utilizan tres tipologías; una vivienda aislada, una pareada y un departamento, que por su forma y elementos expuestos al exterior, tienen diferente desempeño energético.

El presente manual está dirigido principalmente a instaladores y técnicos, quienes pueden utilizarlo como un apoyo y guía en el proceso de acondicionamiento térmico de la vivienda.

Proyecto apoyado por

