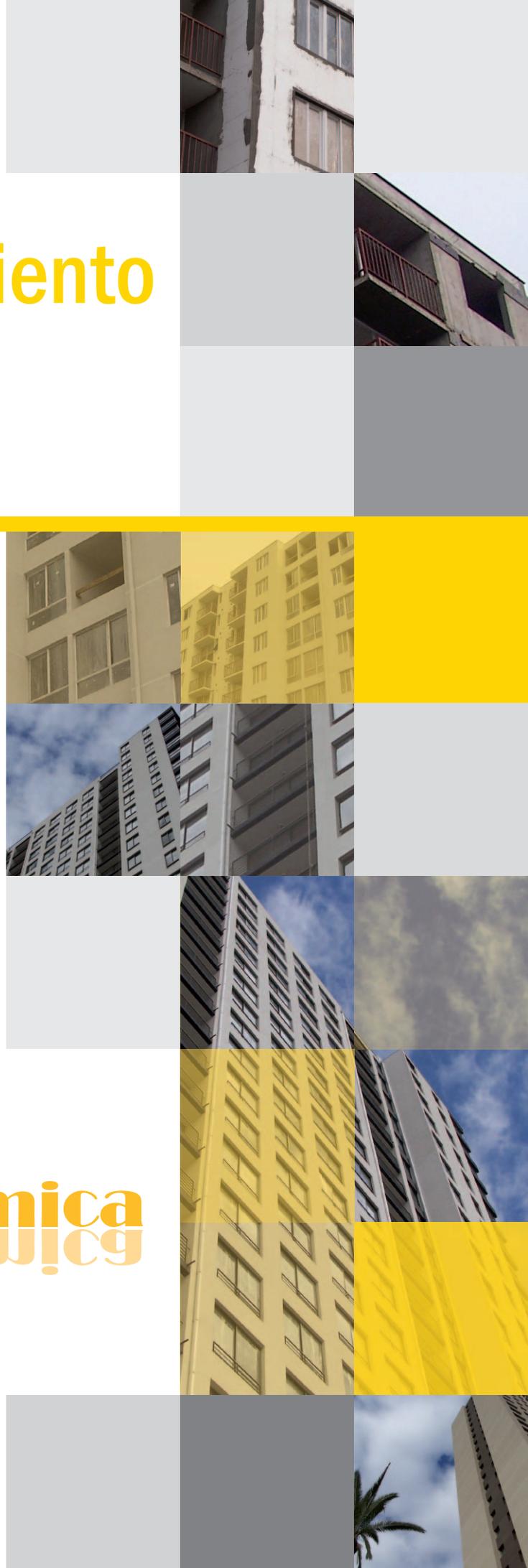


# Reacondicionamiento Térmico de Viviendas en Uso

 **Aislación Térmica**







## **manual técnico REACONDICIONAMIENTO TÉRMICO DE VIVIENDAS EN USO**

Proyecto desarrollado por:  
**CORPORACIÓN DE DESARROLLO TECNOLÓGICO**  
de la **CÁMARA CHILENA DE LA CONSTRUCCIÓN**

Con el apoyo de:  
**PROGRAMA PAÍS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA**  
de la **COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA.**

**Secretario Técnico:**  
Académico. Escuela de Construcción Civil.  
Pontificia Universidad Católica de Chile, Dr.  
Leonardo Meza Marín.

**Redacción:**  
Camila Parra Cuadra, Constructor Civil Pontificia  
Universidad Católica de Chile.

**Fecha:**  
Santiago de Chile, enero 2010.

Número de propiedad intelectual: 188529

I.S.B.N.: 978-956-7911-12-7

1° edición: Marzo 2010, 1.000 ejemplares.

**Dirección:** Marchant Pereira #221, Of. 11,  
Providencia, Santiago de Chile.

**Fono:** (56-2) 718 7500

**Fax:** (56-2) 718 7503

**Email:** [cdt@cdt.cl](mailto:cdt@cdt.cl)

**www.cdt.cl**

## Comité de Redacción

**Leonardo Meza Marín**

Académico Escuela de Construcción Civil, Facultad de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica de Chile.

**Camila Parra Cuadra**

Constructor Civil, Pontificia Universidad Católica de Chile.

**Carla Bardi Alvarado**

Arquitecta, PPEE - CNE.

**Yoselin Rozas Ubilla**

Constructor Civil, DITEC - MINVU.

**Cristián Yáñez Otárola**

Subgerente Área Eficiencia Energética y Construcción Sustentable, CDT.

**Daniela Burgos Mora**

Ingeniero Proyectos Área Eficiencia Energética y Construcción Sustentable, CDT.

## Comité Editorial

**Aislantes Nacionales S.A.**

Mario Corrales

**Akeron CAF**

Fernando Imasava

**Eurotec**

Alberto Dunker

**Exacta**

Alejandro López

**Knauf de Chile Ltda**

Alejandra Tapia

**Nova Chemicals**

Soledad García-Oldini

**Prosol System**

Álvaro De Carolis

**Sociedad Industrial Pizarreño S.A.**

Cecilia Larraín

**Sociedad Industrial Romeral S.A.**

Gonzalo Cuello

**Ventekö**

Carla Beltrán

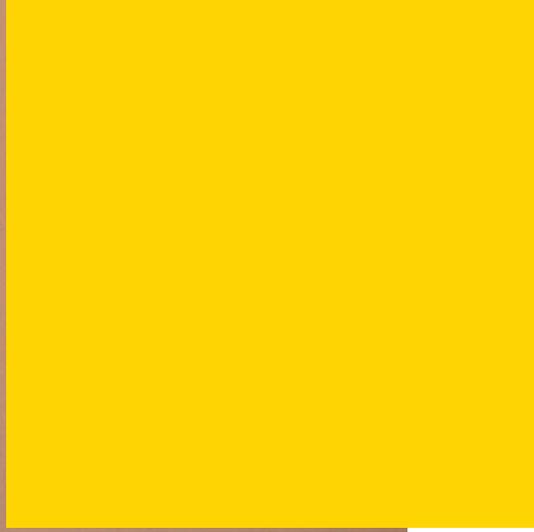
## Diseño

Paola Femenías Ravanal

## Edición Periodística

Geraldine Ormazábal Núñez









## Reacondicionamiento Térmico: el siguiente desafío de la construcción

En Chile, actualmente, contamos con una reglamentación térmica que nos obliga a construir viviendas con estándares mínimos de aislación térmica en toda su envolvente, pero ¿qué pasa con las construcciones antiguas?

Hoy en día existe, un gran campo de edificaciones, construidas antes del año 2000, que no cuentan con sistema alguno de aislación, siendo este el punto en el que debemos enfocar nuestros esfuerzos para un desarrollo sustentable y eficiente energéticamente. Por esta razón, la Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT) de la Cámara Chilena de la Construcción (CChC), en su misión de referente tecnológico de la construcción, en conjunto con el Programa País de Eficiencia Energética (PPEE) de la Comisión Nacional de Energía (CNE), han liderado la publicación “Reacondicionamiento térmico de viviendas en uso”, manual técnico imprescindible para profesionales encargados de las especificaciones técnicas en edificaciones. El documento consiste en un manual de buenas prácticas que entrega las herramientas necesarias sobre cómo diseñar y especificar soluciones de reacondicionamiento térmico de viviendas, presentando además información técnica relevante sobre productos y sistemas de construcción disponibles en el mercado local.

Esta nueva iniciativa de la CDT, que viene de la mano del documento “Aislación Térmica Exterior: Manual de diseño para soluciones en edificaciones”, apunta principalmente a incentivar las buenas prácticas constructivas

en términos de mejorar la eficiencia energética de las viviendas y su habitabilidad. En relación a los proveedores se busca expandir el mercado, siendo el manual una plataforma técnica de promoción de especificaciones de soluciones de reacondicionamiento térmico, fortaleciendo la competitividad del sector.

Por otra parte, la publicación otorga conocimientos y guías para mejorar la calidad de vida de los usuarios finales, dando recomendaciones de uso y mantenimiento de la vivienda, logrando así una mayor vida útil de las soluciones de reacondicionamiento implementadas y una aislación más eficaz.

La elaboración de este documento fue posible gracias al Grupo Técnico de Aislación Térmica, encabezado por el Área de Eficiencia Energética y Construcción Sustentable de la Corporación y al PPEE. Este Grupo respalda el rigor del contenido técnico de la publicación, ya que está compuesto por destacados especialistas que representan a las principales empresas de esta especialidad como Aislantes Nacionales, Knauf, Ventekö, Romeral, Pizarreño, Prosol System, Eurotec, Exacta, Nova Chemicals y Akeron-CAF, junto con el apoyo del Ministerio de Vivienda y Urbanismo y Minvu, quienes colaboraron con su visión práctica. Además, agradezco al prestigioso profesional Leonardo Meza, académico de la Pontificia Universidad Católica de Chile, quien fue responsable de la Secretaría Técnica y al apoyo brindado por Camila Parra, Constructor Civil de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

Para la Corporación de Desarrollo Tecnológico es un orgullo presentar el manual “Reacondicionamiento Térmico de Viviendas en Uso”, que seguramente se convertirá en material de consulta ineludible para el diseño de futuros proyectos y para la reformulación de las antiguas edificaciones. En resumen, con esta iniciativa aspiramos a más y mejor confort térmico para las viviendas del país.

**Juan Carlos León F.**  
Gerente General  
Corporación de Desarrollo Tecnológico  
Cámara Chilena de la Construcción

# ÍNDICE

## Capítulo I

### Introducción

CAPÍTULO I	21
Introducción	21

## Capítulo II

### Antecedentes Previos

CAPÍTULO II	27
Antecedentes Previos	27
2.1 Ventajas de reacondicionar	27
2.2 Confort térmico	27
2.3 Transferencia de calor	29
2.4 Conductividad y resistividad térmica	30
2.5 Resistencia y transmitancia térmica	31
2.6 Puentes térmicos	34
2.7 Humedad y condensación	34
2.8 Inercia térmica	36

## Capítulo III

### Soluciones Constructivas

CAPÍTULO III	41
Soluciones Constructivas	41
3.1 Techumbre	43
3.1.1 Ventilación	44
3.1.1.1 Techumbre fría y techumbre caliente	47
3.1.2 Techumbre con losas	48
3.1.2.1 Aislante térmico	48
3.1.2.2 Aislante térmico más cámara de aire	49
3.1.3 Techumbre con cerchas	49
3.1.3.1 Aislante térmico	50
3.1.3.2 Aislante térmico más cámara de aire	50
3.1.4 Techumbre con vigas	51
3.1.4.1 Aislante térmico	51
3.2 Muros	52
3.2.1 Aislante térmico por el interior	53

3.2.2 Aislante térmico por el exterior	53
3.2.3 Aislante térmico más cámara de aire	54
3.2.3.1 Cámaras de aire no ventiladas	54
3.2.3.2 Cámaras de aire medianamente ventiladas y ventiladas	54
3.3 Pisos	56
3.3.1 Pisos ventilados	56
3.3.1.1 Aislante térmico por el interior	57
3.3.1.2 Aislante térmico por el exterior	57
3.4 Vanos	57
3.4.1 Ventanas	58
3.4.1.1 Vidrios	58
3.4.1.2 Marcos	61
3.4.2 Puertas	63
3.4.2.1 Puertas con núcleo relleno	63
3.4.2.2 Puertas de PVC	64
3.4.2.3 Instalación	64
3.4.3 Sellos	65

## Capítulo IV

### Casos Reales de Reacondicionamiento

CAPÍTULO IV	71
Casos reales de reacondicionamiento	71
4.1 Casos	72
4.2 Otras alternativas de reacondicionamiento térmico	76
4.2.1 Techumbre	76
4.2.1.1 Poliestireno expandido	76
4.2.1.2 Espuma de poliuretano proyectada	76
4.2.1.3. Poliestireno extruido	77
4.2.1.4. Placas de yeso – cartón más lana mineral	77
4.2.1.5. Celulosa proyectada	78
4.2.1.6. Aerogel	78
4.2.1.7. Lana mineral granulada	79
4.2.2. Muros	79
4.2.2.1. Poliestireno expandido	79
4.2.2.2. Fachada ventilada con lana mineral	80
4.2.2.3. Poliestireno extruido	80
4.2.2.4. Espuma de poliuretano proyectado	80
4.2.2.5. Placas de yeso - cartón más lana mineral	81
4.2.2.6. Placas de fibrocemento más lana mineral	81
4.2.2.7. Aerogel	81
4.2.3. Pisos ventilados	82
4.2.3.1. Poliestireno extruido	82
4.2.3.2. Aerogel	83
4.2.3.3. Lana mineral más placa de fibrocemento	83
4.2.3.4. Lana de vidrio de alta densidad	83
4.2.4. Ventanas	84
4.2.4.1. Sellos	84
4.2.4.2. Vidrios	84
4.2.4.3. Marcos	84
4.2.5. Puertas	85
4.2.5.1. Doble puerta	85
4.2.5.2. Burletes	85
4.2.5.3. Aerogel	85

# Capítulo V

## Recomendaciones de Uso y Mantenimiento de la Vivienda

CAPÍTULO V	89
Reacondicionamiento de uso y mantenimiento de la vivienda	89
5.1 Consideraciones diarias	89
5.2 Mantenciones periódicas	90
5.3 resumen	91

# Capítulo VI

## Glosario

CAPÍTULO VI	95
Glosario	95

# Capítulo VII

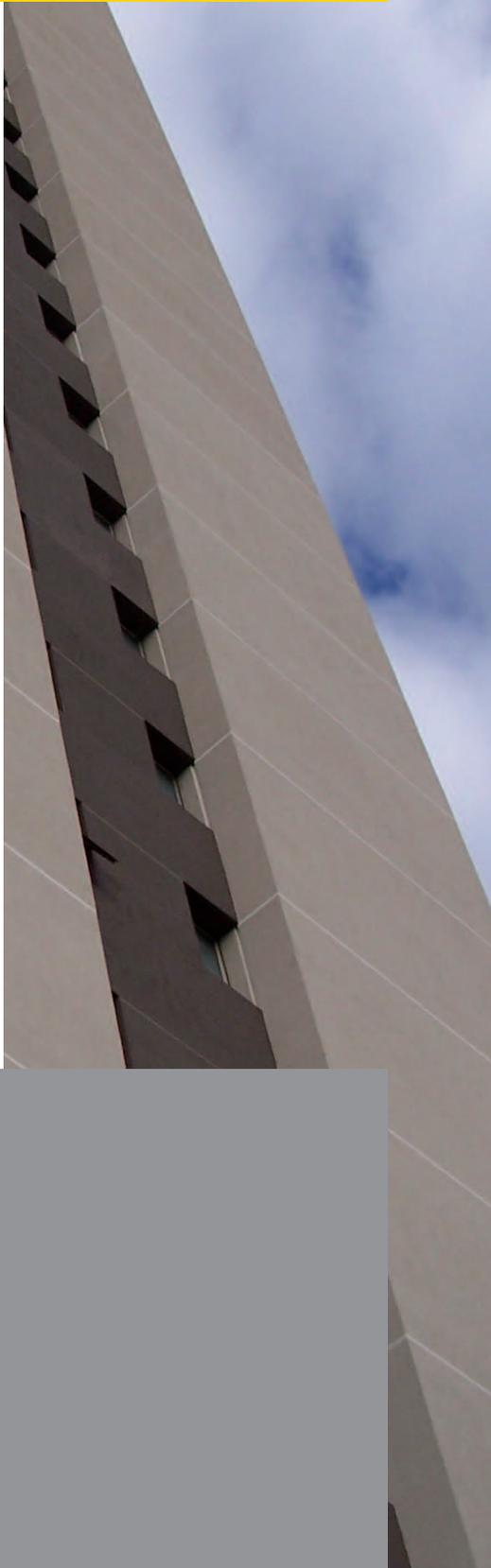
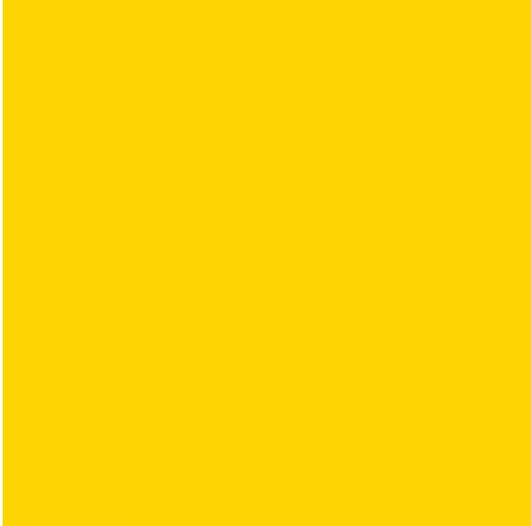
## Anexos

CAPÍTULO VII	101
Anexos	101
7.1 Anexo N° 1	102
7.2 Anexo N° 2	104

# Capítulo VIII

## Bibliografía

CAPÍTULO VIII	109
Bibliografía	109



## INFORMACIÓN DE CONTACTO

**nombre tipo de producto**  
Sistema de Aislamiento EIFS

**nombre del producto de la  
empresa**  
Sistema EIFS

**empresa**  
Aislantes Nacionales

**web**  
[www.aislantesnacionales.cl](http://www.aislantesnacionales.cl)

**teléfono**  
56 - 2 - 603 3007

## 1. DESCRIPCIÓN

### 1.1. Definición

El Sistema de aislamiento EIFS de Aislantes Nacionales presenta importantes ventajas:

- Aislamiento exterior. La colocación del sistema de aislamiento en la cara externa de la construcción no reduce la superficie interior, aportando de esta manera valor.
- No hay pérdidas de calor por la losa debido a que el perímetro está aislado.
- Resuelve el problema de la condensación interna.
- Permite una gama amplia de acabados.
- Excelente terminación exterior que aporta valor.
- Se adapta a diversos estilos arquitectónicos.
- Disponible en configuraciones que responden a las normas de aislamiento de todas las zonas del país.
- Rápida y fácil colocación.
- Sistema probado por más de 40 años en los climas más extremos de Estados Unidos y Europa.



El Sistema de Aislamiento exterior EIFS\* consiste en una instalación por capas de los siguientes materiales:

**BEMEZCLA® EIFS**

- Bomezcla EIFS, mortero seco bimatricial. Este mortero ha sido especialmente desarrollado para adherir paneles aislantes de poliestireno expandido a muros exteriores y para recubrir la superficie del panel aislante, entregando una base sobre la cual aplicar el revestimiento exterior final.

**TERMOPOL® EIFS**

- Termopol EIFS, paneles de poliestireno expandido, de densidad y espesores variables. Han sido reposados para asegurar dimensiones estables en el tiempo.

**BEMALLA® EIFS**

- Malla de fibra de vidrio Bemalla EIFS, de alta resistencia, no atacada por álcalis, para armar y reforzar estucos y revoques sobre paneles de Termopol EIFS.

Las herramientas de aplicación del sistema son simples y de uso común en la obra. El aprendizaje del sistema es sencillo y se registran buenos niveles de productividad. La calidad de la terminación y su eficiencia energética han sido probadas en climas extremos de Estados Unidos y Europa por más de 40 años.

La versatilidad del sistema permite obtener excelentes terminaciones en los más diversos estilos arquitectónicos. La colocación del aislante en la cara exterior del inmueble disminuye los problemas de condensación y aumenta la superficie útil. Por todas estas características, el Sistema EIFS de aislamiento, de Aislantes Nacionales aporta, de manera probada, valor a la obra.

## 2. INFORMACIÓN TÉCNICA

Recomendaciones de densidad y grosor de poliestireno expandido Termopol EIFS según Zonas Térmicas.

ESPEORES DE POLIESTIRENO EXPANDIDORECOMENDADOS SEGÚN ZONAS TÉRMICAS													
COMPLEJO TECHUMBRE													
ZONA 1		ZONA 2		ZONA 3		ZONA 4		ZONA 5		ZONA 6		ZONA 7	
DENSIDAD	ESPESOR	DENSIDAD	ESPESOR	DENSIDAD	ESPESOR	DENSIDAD	ESPESOR	DENSIDAD	ESPESOR	DENSIDAD	ESPESOR	DENSIDAD	ESPESOR
10 kg/m <sup>3</sup>	40 mm	10 kg/m <sup>3</sup>	60 mm	10 kg/m <sup>3</sup>	80 mm	10 kg/m <sup>3</sup>	100 mm	10 kg/m <sup>3</sup>	120 mm	10 kg/m <sup>3</sup>	140 mm	10 kg/m <sup>3</sup>	160 mm
15 kg/m <sup>3</sup>	40 mm	15 kg/m <sup>3</sup>	60 mm	15 kg/m <sup>3</sup>	80 mm	15 kg/m <sup>3</sup>	100 mm	15 kg/m <sup>3</sup>	115 mm	15 kg/m <sup>3</sup>	135 mm	15 kg/m <sup>3</sup>	155 mm
20 kg/m <sup>3</sup>	35 mm	20 kg/m <sup>3</sup>	55 mm	20 kg/m <sup>3</sup>	75 mm	20 kg/m <sup>3</sup>	90 mm	20 kg/m <sup>3</sup>	110 mm	20 kg/m <sup>3</sup>	125 mm	20 kg/m <sup>3</sup>	145 mm
25 kg/m <sup>3</sup>	35 mm	25 kg/m <sup>3</sup>	55 mm	25 kg/m <sup>3</sup>	70 mm	25 kg/m <sup>3</sup>	90 mm	25 kg/m <sup>3</sup>	105 mm	25 kg/m <sup>3</sup>	125 mm	25 kg/m <sup>3</sup>	140 mm
30 kg/m <sup>3</sup>	35 mm	30 kg/m <sup>3</sup>	50 mm	30 kg/m <sup>3</sup>	70 mm	30 kg/m <sup>3</sup>	85 mm	30 kg/m <sup>3</sup>	100 mm	30 kg/m <sup>3</sup>	120 mm	30 kg/m <sup>3</sup>	135 mm

MUROS													
ZONA 1		ZONA 2		ZONA 3		ZONA 4		ZONA 5		ZONA 6		ZONA 7	
DENSIDAD	ESPESOR												
10 kg/m <sup>3</sup>	20 mm	10 kg/m <sup>3</sup>	25 mm	10 kg/m <sup>3</sup>	35 mm	10 kg/m <sup>3</sup>	65 mm						
15 kg/m <sup>3</sup>	20 mm	15 kg/m <sup>3</sup>	35 mm	15 kg/m <sup>3</sup>	65 mm								
20 kg/m <sup>3</sup>	10 mm	20 kg/m <sup>3</sup>	10 mm	20 kg/m <sup>3</sup>	15 mm	20 kg/m <sup>3</sup>	20 mm	20 kg/m <sup>3</sup>	20 mm	20 kg/m <sup>3</sup>	30 mm	20 kg/m <sup>3</sup>	60 mm
25 kg/m <sup>3</sup>	10 mm	25 kg/m <sup>3</sup>	10 mm	25 kg/m <sup>3</sup>	15 mm	25 kg/m <sup>3</sup>	20 mm	25 kg/m <sup>3</sup>	20 mm	25 kg/m <sup>3</sup>	30 mm	25 kg/m <sup>3</sup>	60 mm
30 kg/m <sup>3</sup>	10 mm	30 kg/m <sup>3</sup>	10 mm	30 kg/m <sup>3</sup>	15 mm	30 kg/m <sup>3</sup>	20 mm	30 kg/m <sup>3</sup>	20 mm	30 kg/m <sup>3</sup>	30 mm	30 kg/m <sup>3</sup>	60 mm

PISOS VENTILADOS													
ZONA 1		ZONA 2		ZONA 3		ZONA 4		ZONA 5		ZONA 6		ZONA 7	
DENSIDAD	ESPESOR												
10 kg/m <sup>3</sup>	20 mm	10 kg/m <sup>3</sup>	45 mm	10 kg/m <sup>3</sup>	55 mm	10 kg/m <sup>3</sup>	65 mm	10 kg/m <sup>3</sup>	80 mm	10 kg/m <sup>3</sup>	105 mm	10 kg/m <sup>3</sup>	130 mm
15 kg/m <sup>3</sup>	20 mm	15 kg/m <sup>3</sup>	40 mm	15 kg/m <sup>3</sup>	55 mm	15 kg/m <sup>3</sup>	65 mm	15 kg/m <sup>3</sup>	80 mm	15 kg/m <sup>3</sup>	100 mm	15 kg/m <sup>3</sup>	125 mm
20 kg/m <sup>3</sup>	10 mm	20 kg/m <sup>3</sup>	40 mm	20 kg/m <sup>3</sup>	50 mm	20 kg/m <sup>3</sup>	60 mm	20 kg/m <sup>3</sup>	70 mm	20 kg/m <sup>3</sup>	95 mm	20 kg/m <sup>3</sup>	115 mm
25 kg/m <sup>3</sup>	10 mm	25 kg/m <sup>3</sup>	40 mm	25 kg/m <sup>3</sup>	50 mm	25 kg/m <sup>3</sup>	60 mm	25 kg/m <sup>3</sup>	70 mm	25 kg/m <sup>3</sup>	90 mm	25 kg/m <sup>3</sup>	110 mm
30 kg/m <sup>3</sup>	10 mm	30 kg/m <sup>3</sup>	35 mm	30 kg/m <sup>3</sup>	45 mm	30 kg/m <sup>3</sup>	65 mm	30 kg/m <sup>3</sup>	70 mm	30 kg/m <sup>3</sup>	90 mm	30 kg/m <sup>3</sup>	110 mm

Para información y asesoría técnica en su proyecto, contáctenos:



# ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2-I	Diagrama de confort.....	28
FIGURA 2-II	Tipos de transferencia de calor en una vivienda.....	29
FIGURA 2-III	Transferencia por conducción.....	29
FIGURA 2-IV	Transferencia por convección.....	29
FIGURA 2-V	Transferencia por radiación.....	30
FIGURA 2-VI	Condensación superficial e intersticial.....	35
FIGURA 2-VII	No existencia de riesgo de condensación.....	35
FIGURA 2-VIII	Existencia de riesgo de condensación (superficial e intersticial).....	35
FIGURA 2-IX	Comportamiento térmico de la envolvente de masa pesada no aislada.....	37
FIGURA 2-X	Comportamiento térmico de la envolvente de masa pesada aislada por el exterior.....	37
FIGURA 3-I	Envolvente compuesta por hormigón armado de densidad 2400 kg/m <sup>3</sup> .....	41
FIGURA 3-II	Envolvente compuesta por capas de distintos materiales.....	42
FIGURA 3-III	Envolvente compuesta por capas de distintos materiales.....	42
FIGURA 3-IV	Resistencia de la cámara de aire en función de su espesor.....	43
FIGURA 3-V	Techumbre compuesta por losa.....	44
FIGURA 3-VI	Techumbre compuesta por cerchas o techumbre fría.....	44
FIGURA 3-VII	Techumbre compuesta por vigas o techumbre caliente.....	44
FIGURA 3-VIII	Ejemplos de deterioro de la estructura de techumbre por falta de ventilación.....	44
FIGURA 3-IX	Ventilación de la techumbre mediante respiradero.....	45
FIGURA 3-X	Ventilación de techumbre por cámara de aire ventilada.....	45
FIGURA 3-XI	Ventilación de techumbre mediante cámara de aire ventilada en techumbres inclinadas.....	46
FIGURA 3-XII	Ventilación de techumbre mediante cámara de aire ventilada en techumbres planas.....	46
FIGURA 3-XIII	Ventilación de techumbre mediante doble cámara de aire ventilada.....	46
FIGURA 3-XIV	Techumbre caliente.....	47
FIGURA 3-XV	Techumbre fría.....	47
FIGURA 3-XVI	Techumbre caliente con barrera de humedad.....	47
FIGURA 3-XVII	Correcta ventilación en techumbres calientes.....	47
FIGURA 3-XVIII	Techumbres frías no ventiladas, existencia de condensación.....	48
FIGURA 3-XIX	Instalación aislante térmico entre losa y solución cielo.....	48
FIGURA 3-XX	Instalación aislante térmico entre losa y solución cubierta.....	49
FIGURA 3-XXI	Instalación aislante térmico entre losa y solución cielo más cámara de aire.....	49
FIGURA 3-XXII	Instalación aislante térmico entre losa y solución cubierta más cámara de aire.....	49
FIGURA 3-XXIII	Techumbre con cerchas (techumbre fría) con aislante térmico flexible.....	50
FIGURA 3-XXIV	Techumbre con cerchas (techumbre fría) con aislante térmico rígido.....	50
FIGURA 3-XXV	Techumbre con cerchas (techumbre fría) con aislante térmico cámara de aire.....	51
FIGURA 3-XXVI	Cámara de aire generada por elementos de amarre de vigas.....	51
FIGURA 3-XXVII	Techumbre con vigas a la vista con aislante térmico.....	51
FIGURA 3-XXVIII	Techumbre con vigas (techumbre caliente) ocultas con aislante térmico.....	51
FIGURA 3-XXIX	Muros perimetrales dentro de una vivienda.....	52
FIGURA 3-XXX	Solución aislante por el interior de la vivienda.....	52
FIGURA 3-XXXI	Solución aislante por el exterior de la vivienda.....	53
FIGURA 3-XXXII	Superficie interior sin reacondicionar vs reacondicionada.....	53
FIGURA 3-XXXIII	Disposición general solución reacondicionamiento con cámara de aire no ventilada.....	54
FIGURA 3-XXXIV	Cámara de aire ventilada o fachada ventilada.....	55

# ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 3-XXXV	Disposición General solución reacondicionamiento con cámara de aire ventilada o fachada ventilada.....	55
FIGURA 3-XXXVI	Pisos en contacto con terreno natural.....	56
FIGURA 3-XXXVII	Piso en contacto con el ambiente exterior.....	56
FIGURA 3-XXXVIII	Ejemplos de pisos ventilados.....	56
FIGURA 3-XXXIX	Piso ventilado con aislante térmico por el interior.....	57
FIGURA 3-XL	Piso ventilado con aislante térmico por el exterior.....	57
FIGURA 3-XLI	Ventana con un vidrio o cristal vs un mayor vidriado hermético....	59
FIGURA 3-XLII	Doble ventana de vidriado simple.....	59
FIGURA 3-XLIII	Instalación cristales de baja emisividad.....	59
FIGURA 3-XLIV	Vidrio con control solar.....	60
FIGURA 3-XLV	Correcta instalación de vidrios con recubrimiento pirolítico.....	60
FIGURA 3-XLVI	Aislación térmica transparente en superficies vidriadas.....	60
FIGURA 3-XLVII	Conductividades térmicas de los principales materiales utilizados en marcos de ventana.....	61
FIGURA 3-XLVIII	Marco combinado madera – aluminio.....	62
FIGURA 3- XLIX	Sistema RPT.....	62
FIGURA 3-L	Carpintería PVC.....	63
FIGURA 3-LI	Puerta de fibra de vidrio.....	64
FIGURA 3-LII	Corte puerta de abatir de PVC.....	64
FIGURA 3-LIII	Sellos necesarios para controlar probables filtraciones.....	65
FIGURA 3-LIV	Volumen de difusión de vapor de agua promedio de los distintos selladores (GR/M2.D).....	66
FIGURA 4-I	Esquema poliestireno expandido por el exterior en techumbres planas.....	76
FIGURA 4-II	Esquema poliestireno expandido por el exterior en techumbres inclinadas.....	76
FIGURA 4-III	Poliuretano por el exterior en techumbres planas.....	76
FIGURA 4-IV	Espuma de poliuretano por el exterior de la solución cubierta en techumbres inclinadas.....	77
FIGURA 4-V	Espuma de poliuretano por el exterior, entre la cubierta y la estructura de soporte, en techumbres inclinadas.....	77
FIGURA 4-VI	Poliestireno expandido por el exterior en techumbres planas.....	77
FIGURA 4-VII	Aislación en base a lana mineral y placa de yeso - cartón, por el interior de la vivienda en techumbres inclinadas.....	77
FIGURA 4-VIII	Aislación en base a lana mineral y placa de yeso – cartón, por el interior de la vivienda en techumbres planas.....	78
FIGURA 4-VIX	Aislación en base a aerogel por el exterior de la techumbre.....	78
FIGURA 4-X	Aislación en base a aerogel por el interior de la techumbre.....	78
FIGURA 4-XI	Aislación en base a lana mineral granulada en techumbres frías..	79
FIGURA 4-XII	Esquema poliestireno expandido por el exterior.....	79
FIGURA 4-XIII	Esquema poliestireno expandido por el interior.....	79
FIGURA 4-XIV	Ejemplo de fachada ventilada.....	80
FIGURA 4-XV	Poliestireno extruido por el exterior.....	80
FIGURA 4-XVI	Poliestireno extruido por el interior.....	80
FIGURA 4-XVII	Espuma de poliuretano por el exterior.....	81
FIGURA 4-XVIII	Placas de yeso – cartón con lana mineral.....	81
FIGURA 4-XIX	Placas de fibrocemento con lana mineral.....	81
FIGURA 4-XX	Aerogel por el exterior.....	82
FIGURA 4-XXI	Aerogel más placas de yeso – cartón.....	82

# ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 4-XXII	Poliestireno extruido en pisos ventilados.....	82
FIGURA 4-XXIII	Aerogel en pisos ventilados.....	83
FIGURA 4-XXIV	Aerogel más losa radiante.....	83
FIGURA 4-XXV	Lana mineral o de vidrio y placa de fibrocemento en pisos ventilados .....	83
FIGURA 4-XXVI	Lana de vidrio de alta densidad por el interior.....	84
FIGURA 4-XXVII	Lana de vidrio de alta densidad más calefacción mediante losa radiante.....	84
FIGURA 4-XXVIII	Burlete de puerta.....	85
FIGURA 4-XXIX	Marcos recubiertos con aerogel.....	85
FIGURA 5-I	Ventilación dentro de la vivienda.....	89
FIGURA 5-II	Correcta posición de aislación térmica en la techumbre.....	90
FIGURA 5-III	Reemplazo de sellos.....	91
FIGURA 5-IV	Verificar limpieza de marcos de las ventanas .....	91

# ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 2.2-A	Sensación térmica en un ambiente según temperatura, humedad y movimiento del aire.....	28
TABLA 2.4-A	Coeficientes multiplicadores de la conductividad térmica según ambiente húmedo en que se encuentren.....	31
TABLA 2.5-A	Transmitancia térmica de diferentes soluciones constructivas.....	33
TABLA 3.1-A	Exigencias mínimas de transmitancia y resistencia térmica total según zonificación.....	43
TABLA 3.2-A	Exigencias mínimas de transmitancia y resistencia térmica total según zonificación.....	52
TABLA 3.3-A	Resistencias térmicas mínimas de pisos ventilados según zona térmica.....	57
TABLA 3.4-A	Resistencias térmicas mínimas de pisos ventilados según zona térmica.....	58
TABLA 3.4-B	Transmitancias térmicas de materiales más utilizados como marcos para ventanas.....	61
TABLA 3.4-C	Combinaciones de selladores.....	66
TABLA 4.2-A	Transmitancias térmicas de marcos.....	85
TABLA 7.1-A	Conductividad térmica de los materiales.....	101
TABLA 7.1-B	Conductividad térmica de materiales no contemplados en NCh 853.....	103
TABLA 7.2-A	Factor de resistencia a la difusión de vapor de agua.....	104

# AKERON-CAF

## INFORMACIÓN DE CONTACTO

**nombre tipo de producto**  
Mantas Aislantes de Aerogel

**nombre del producto de la empresa**  
Spaceloft®

**empresa**  
Akeron-CAF.

**web**  
[www.akeroncaf.cl](http://www.akeroncaf.cl)  
[www.atekux.cl](http://www.atekux.cl)

**teléfono**  
56 - 2 - 848 0424

SPACELOFT® es una marca comercial propiedad de Aspen Aerogels, Inc.

## 1. DESCRIPCIÓN

### 1.1. Definición

Spaceloft® es el producto de “Aspen Aerogels”, empresa representada en forma exclusiva en Chile por **Akeron-CAF**, destinado al uso a media temperatura, en un intervalo entre -100°C y +200°C. Es ideal para el sector de la construcción y ofrece una relación costo prestaciones óptima cuando se usa a temperatura ambiente.

Spaceloft® es un aislante flexible y nanoporoso destinado a satisfacer las estrictas exigencias de las aplicaciones, comerciales y de las viviendas.

Las propiedades únicas de Spaceloft® (conductividad térmica sumamente baja, flexibilidad superior, resistencia a la compresión, hidrofobia y facilidad de uso) hacen que sea esencial para quienes buscan lo mejor en protección térmica.

Gracias a una nanotecnología patentada, Spaceloft® combina las propiedades del aerogel de silica con el refuerzo de las fibras fieltadas de PET, para ofrecer las prestaciones más eficientes así como seguridad de uso para el hombre y el ambiente.

Spaceloft® es un aislante probado y eficaz en el sector de la construcción y arquitectura sustentable, así como en las aplicaciones del sector aeroespacial y automovilístico, en la cadena del frío y en otras industrias que necesitan instalaciones aislantes con límites de peso y volumen.

El producto se suministra en bobinas de 1.450 mm de ancho en espesores de 5mm y 10mm, longitud de los rollos puede variar.

### 1.2 Usos principales

En construcción civil, Spaceloft® es un potente material para el Reacondicionamiento Térmico de Viviendas, Escuelas, Hospitales y todo tipo de edificio industrial, comercial o residencial, de uso público o privado. Al usar Spaceloft® es probado y destacable el impacto a la eficiencia energética y disminución de emisión de gases efecto invernadero (GEI)

Spaceloft® es una excelente solución para tratar la envolvente desde su interior, ya que permite esta aplicación con un mínimo de existencia de puentes térmicos, no afecta en forma importante el espacio interior y es de fácil y rápida instalación. También hay sistemas constructivos para aislación de muros desde exterior.



Spaceloft® es muy usado en lozas radiantes, ya que ahorra energía, no afecta espacios y a la vez actúa como atenuador de ruidos entre-pisos por impactos (aislación acústica)

Spaceloft® también es de uso práctico para aislar techumbres, con sistemas de instalación simplificados y de gran aporte a la Eficiencia Energética.

Para conocer diseños constructivos y soluciones de avanzada usando la nanotecnología de Spaceloft® entrar en contacto con el representante en Chile.

## 2. INFORMACIÓN TÉCNICA

### 2.1. Modelos o Tipos

#### 2.1.1 Spaceloft®

- Color: Blanco.
- Composición: Silica amorfa reforzada.
- Temperatura de uso: máximo +200 °C.
- Conductividad térmica:  $K = 0,013 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ .
- Reacción al fuego: Euroclase C (EN 13501-1:2007).
- Esp: 5mm y 10mm.
- Propiedades mecánicas: altamente resistente a la compresión, tan solo 10% de deformación @ 70 KPa

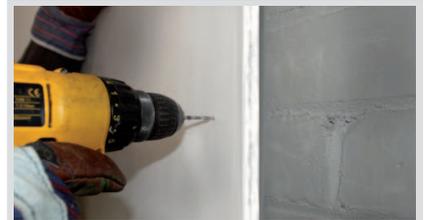
#### 2.1.2 Spaceloft® + placa de yeso-cartón

- Consulte por nuestras prácticas soluciones: paneles spaceloft/yeso-cartón combinados para una máxima productividad de montaje y con mínimo impacto al espacio interior.

### 2.2. Normas y estándares de Calidad que satisface

Ensayo	Descripción	Resultado
ASTM C 177	Thermal Conductivity via Guarded Hot Plate	13.1 mW/m <sup>2</sup> K @ 10 °C
EN 12667	Thermal Conductivity via Guarded Hot Plate	13.1 mW/m <sup>2</sup> K @ 10 °C
ASTM C 518	Thermal Conductivity via Heat Flow Meter	14.8 mW/m <sup>2</sup> K @ 2 °C (avg of 3 samples)
ASTM E 84	Flame and Smoke Spread	Class A: FSI <5, SDI 20
EN 13501-1:2007	Reaction to Fire Performance	Passed Euroclass C-s1,d0
ASTM C 165	Compressive Stress / Strain	8.0 psi @ 10% strain, 30.5 psi @ 25% strain
Specific Heat	Specific Heat	1.000 J/g*K @ 40 °C
ASTM E 96	Water Vapor Transmission Rate	1877 ng/Pa*s*m <sup>2</sup> (dry cup method)
ASTM E 228	Linear Coefficient of Thermal Expansion (@ 10 °C)	x: 1.06 x 10-5 K-1, y: 1.90 x 10-5 K-1
ASTM C 1104	Water Vapor Sorption	Mass Gain = 1.08%
ASTM C1101	Flexibility at ambient temperature	Classified as flexible
Density	Density	155Kg/m <sup>3</sup>
ASTM C1511	Water Retention, Repellency	Average weight gained = 3,9%
EN ISO 12087	Long Term Water Absorption by Total Immersion (@ 28days) = water absorption by volume = 6,3%	

Para informarse de resultados de otros ensayos, consultar al representante Akeron-CAF. info@akeroncaf.cl



#### VENTAJAS

**PERFORMANCE TÉRMICA SUPERIOR:** Es de 2 a 8 veces mejor aislante térmico cuando comparado a otros materiales sólidos.

Spaceloft® exige un tiempo de instalación menor, pues es fácil de cortar y adaptar a figuras complejas, a curvas cerradas y a espacios con acceso limitado.

Spaceloft® es suave, flexible y físicamente resistente, pero al mismo tiempo ofrece una excelente recuperación de la forma y las prestaciones incluso después de sufrir compresiones de hasta 50 PSI.

Gracias al volumen reducido de Spaceloft®, resulta más fácil enviarlo y almacenarlo, con lo que se reducen los costos logísticos. Las mínimas tasas de residuos pueden limitar los gastos en el lugar de trabajo y el espacio en los almacenes de los operadores.

Spaceloft® es hidrófobo: rechaza el agua pero permite la transpiración del vapor.

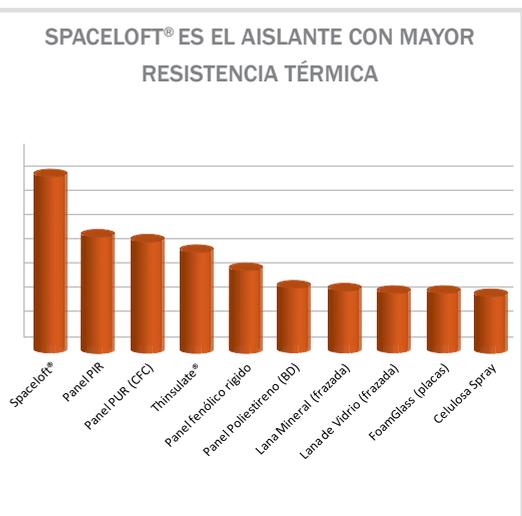
Spaceloft® se puede cortar con utensilios convencionales (tijeras manuales o eléctricas, o cuchillas bien afiladas).

Spaceloft® no es favorable al desarrollo de hongos (ensayo ASTM C1338, con valor "cero" para todas las cepas estudiadas)

Spaceloft® no es motivo de preocupación a la Salud Humana:

- Ausencia de toxicidad, mutagenicidad.
- No presenta riesgo de desarrollo de cáncer.
- No es irritante a la piel.

Spaceloft® es uno de los materiales aislantes más amables con el medio ambiente, con clasificación plata en el "Cradle to Cradle", y con importante influencia positiva en las auditorías de certificación de construcciones sustentables (por ejemplo, LEED)





# Introducción

# CAPÍTULO I

## Introducción



### Introducción

En la actualidad es indispensable disminuir el gasto de energía, debido a la escasez de recursos energéticos que hay en el mundo. Es por esto que el ámbito de la construcción no puede quedar indiferente a este fenómeno, por lo cual se deben tomar la mayor cantidad de medidas que mitiguen la crisis energética.

Ya en el año 1996 el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) estableció un Programa de Reglamentación sobre Acondicionamiento Térmico de Viviendas. Este Programa consta de tres etapas, de las cuales las dos primeras ya se encuentran en vigencia:

- 1ª Etapa: Aislación de techumbre
- 2ª Etapa: Aislación de muros, ventanas y pisos ventilados.
- 3ª Etapa: Certificación energética de las edificaciones.

Los objetivos que buscan satisfacer las dos etapas vigentes son disminuir al máximo el consumo de energía, utilizar y optimizar las ganancias internas y externas. Y, en el caso que se requiera calefaccionar o enfriar un recinto, utilizar sistemas no contaminantes, eficientes y de bajo costo.

La primera etapa entró en vigencia en marzo de 2000 mientras que la segunda en enero de 2007, ambas a través de modificaciones a la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, en el artículo 4.1.10, el cual establece exigencias

de aislación térmica dependiendo de la zona en que se emplace la vivienda.

Si bien la Reglamentación Térmica vigente ha generado beneficios para las viviendas acogidas a ésta, es decir, en el caso de techumbres para las viviendas construidas a partir del año 2000 y para muros, ventanas y pisos ventilados desde el año 2007, existe un gran número de viviendas que no cuentan con un sistema de aislación térmica adecuado, debido a que no existía legislación que les exigiera cumplir con requisitos mínimos de resistencia térmica en la envolvente.

En la actualidad, existe un 74% de viviendas que no se encuentran acogidas a ninguna exigencia térmica, las viviendas construidas antes del año 2000, y un 19% que sólo se encuentra acogida a la Primera Etapa de la Reglamentación Térmica, es decir, sólo cuentan con aislación de techumbre, correspondiente a las viviendas construidas entre los períodos marzo de 2000 y febrero de 2007.

Pero este gran número de viviendas que no se encuentran acogidas a la Reglamentación Térmica, ya sea en una o en sus dos etapas vigentes, pueden mejorar su aislación térmica por medio de un reacondicionamiento térmico.

El reacondicionamiento térmico busca mejorar las condiciones de confort térmico dentro de una vivienda, a través de la aplicación de sistemas, métodos y/o materiales, los cuales pueden ser ejecutados a través de una obra menor.

Pero si bien el reacondicionamiento térmico busca mejorar principalmente las condiciones de las viviendas que no se encuentren acogidas a la Reglamentación Térmica, las viviendas que se hayan construido acogiéndose a ésta última también pueden ser reacondicionadas, con el fin de aislar elementos que la Reglamentación Térmica vigente no considera, como por ejemplo puertas, o bien mejorar la aislación existente con el fin de conseguir un menor consumo de energía y un aumento del confort térmico, dado que la reglamentación establece temperaturas de confort inferiores a los estándares internacionales.

Cabe señalar que en el año 2009, el Ministerio de Vivienda y Urbanismo junto con el Programa País de Eficiencia Energética, han implementado un programa piloto de subsidios habitacionales destinados al reacondicionamiento térmico focalizado a viviendas de sectores vulnerables.

El objetivo de este subsidio es incentivar a las familias al reacondicionamiento térmico para disminuir el gasto energético.

Lo anterior significa un gran avance en materia de reacondicionamiento de viviendas en el país, ya que corresponde al primer programa de subsidios que busca incentivar el acondicionamiento térmico mediante la disminución del valor de la transmitancia térmica (U) para elementos verticales; barreras de vapor y/o humedad; revestimientos interiores y exteriores, marcos de ventanas, entre otras.

En el presente manual se mostrarán las posibles soluciones constructivas y/o materialidades que permiten reacondicionar térmicamente viviendas que ya se encuentren construidas.

Las soluciones consideradas en este documento técnico tendrán como condiciones mínimas de reacondicionamiento térmico las señaladas en la Reglamentación Térmica vigente, es decir, se considerará como base los requisitos térmicos señalados en ésta.

El manual considera soluciones para techumbres, muros, vanos y pisos: buscando ofrecer opciones factibles para todo tipo de viviendas, con el fin de incentivar el reacondicionamiento térmico en todos sus niveles.

Además, se demuestra mediante un caso práctico los beneficios en ahorro de energía que genera el reacondicionar una casa.

Por último, se entrega una planilla de cálculo y dimensionamiento de las soluciones planteadas, de fácil uso y aplicación: para todo tipo de usuarios.



## INFORMACIÓN DE CONTACTO

**nombre tipo de producto**  
Sistema E.I.F.S

**nombre del producto de la empresa**  
Promuro

**empresa**  
Industrial y Comercial Eurotec Ltda.

**web**  
[www.eurotec.cl](http://www.eurotec.cl)

**teléfono**  
56 - 2 - 949 3593

**fax**  
56 - 2 - 949 3595

## 1. DESCRIPCIÓN

### 1.1. Definición

Promuro es un sistema de revestimiento exterior que incorpora una capa de poliestireno expandido (EPS) adherida al muro y revestida con una malla de fibra de vidrio dentro de un mortero delgado elastomérico. Éste viene recubierto con un revestimiento texturizado elastomérico con color incorporado. Configuraciones de este tipo se llaman genéricamente E.I.F.S. (Exterior Insulation and Finish System) porque parten del muro en bruto y lo dejan protegido, aislado y con el acabado final.

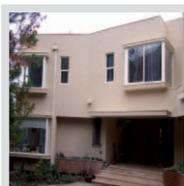


### 1.2 Usos principales

Para aquellas construcciones nuevas donde se necesite ejecutar un cerramiento exterior con una alta prestación en sus posibilidades estéticas, térmicas, y de bajo peso propio, Promuro es un sistema muy apropiado.

En estructuras de hormigón o ladrillo, el sistema agrega la aislación térmica necesaria sin ocupar espacio interior y maximiza el efecto de inercia térmica. Generalmente permite evitar completamente el estuco.

### 1.3 Imágenes



## 2. INFORMACIÓN TÉCNICA

### 2.1. Características cuantitativas y/o cualitativas

Con tan solo 25 mm de espesor de poliestireno expandido se llega, en el peor de las posibles configuraciones térmicas (muro de hormigón de 15 cm), a un valor de transmitancia térmica de U de 1.095 W/m<sup>2</sup> °C.

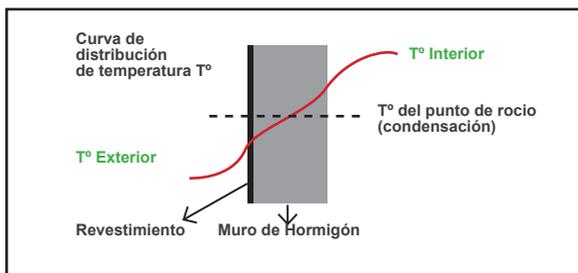
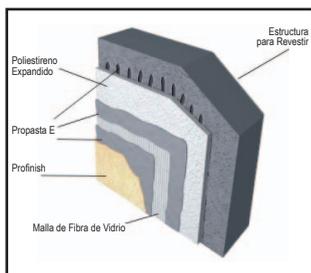
La nueva normativa chilena exige transmitancias térmicas acorde a las 7 zonas térmicas, en las que, el Sistema ProMuro es una forma muy eficiente para conseguir el cumplimiento, que cumple la exigencia con este espesor desde la zona 1 a la zona 6.

Para la zona 7, habría simplemente que subir el espesor de poliestireno expandido a 55 mm para asegurar el cumplimiento.

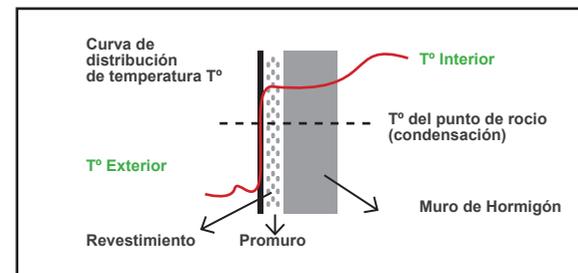
## 3. NORMAS Y ESTÁNDARES DE CALIDAD QUE SATISFACE

- El sistema está testado contra impacto según certificación IDIEM N° 266.288
- ProPasta E es impermeable al agua Nch1909.Of.1982 - informe IDIEM N° 386.040
- ProPasta E es permeable al vapor de agua ASTM E96 - informe IDIEM N° 386.040
- ProMuro es una solución en el Listado Oficial Ditec del MINVU en cumplimiento del Artículo 4.1.10 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC) - Aislación Térmica de la envolvente.

#### Transmitancia Térmica sin Promuro:



#### Transmitancia Térmica con Promuro:



**CÁLCULO TÉRMICO SEGÚN NCH 853**  
Ejemplo: Hormigón armado (2400kg/m<sup>3</sup>, 0.150 m de espesor)

#### Transmitancia Térmica

Resistencia térmica:  
 $R_a = 1/h_a = 1/8.3 = 0.12 \text{ (m}^2 \text{ °C/W)}$

$R_b = X_b/k_b = 150 \times 10^{-3}/1.63 = 0.092 \text{ (m}^2 \text{ °C/W)}$

$R_c = 1/h_d = 1/20 = 0.050 \text{ (m}^2 \text{ °C/W)}$

$R_{\text{promuro}} = X_p/K_p = 25 \times 10^{-3}/0.0384 = 0.651 \text{ (m}^2 \text{ °C/W)}$

#### Transmitancia Térmica sin Promuro:

Resistencia térmica:  
 $R_T = 0.120 + 0.092 + 0.050 = 0.262 \text{ (m}^2 \text{ °C/W)}$

Transmitancia Térmica:  
 $U = 1/R_T = 1/0.262 = 3.817 \text{ (W/m}^2 \text{ °C)}$

#### Transmitancia Térmica con Promuro:

Resistencia térmica:  
 $R_{TP} = 0.262 + 0.651 = 0.913 \text{ (m}^2 \text{ °C/W)}$

Transmitancia Térmica:  
 $U = 1/R_{TP} = 1/0.913 = 1.095 \text{ (W/m}^2 \text{ °C)}$



# Antecedentes Previos



# CAPÍTULO II

## Antecedentes Previos



### Antecedentes Previos

Se entiende como reacondicionamiento térmico todas aquellas soluciones, métodos y/o materiales que permiten disminuir el consumo energético, y en consecuencia, aumentar el confort térmico de los integrantes de una vivienda.

#### 2.1 Ventajas de reacondicionar

Al pensar en el concepto de reacondicionamiento térmico, es recurrente que sólo lo asociemos a un aumento o disminución de la temperatura (dependiendo de la época del año) en el interior de un recinto. Pero reacondicionar térmicamente una vivienda conlleva muchos otros beneficios.

Las principales ventajas que se pueden destacar al reacondicionar una vivienda son:

- Logro de un confort térmico para los habitantes de la vivienda.
- Disminución del consumo energético (eficiencia energética).
- Disminución de la ocurrencia de puentes térmicos.
- Disminución del riesgo de condensación en elementos perimetrales.
- Mejora de la calidad del ambiente interior de la vivienda.
- Disminución de enfermedades asociadas a los períodos críticos del invierno.

#### 2.2 Confort térmico

La definición de confort según la Real Academia Española corresponde a aquello que produce bienestar y comodidad. Como se puede observar esta definición es bastante amplia, al no especificar cuál es la comodidad que se está buscando. En el caso del reacondicionamiento térmico, éste busca la comodidad térmica.

La elección de las características térmicas de los materiales y/o soluciones constructivas tiene como objetivo conseguir condiciones de confort térmico en períodos fríos, sin descuidar los períodos calurosos para los usuarios de las viviendas.

El confort térmico es la condición que busca alcanzar cierta sensación de comodidad o satisfacción por parte de los usuarios de una vivienda. Este depende de la temperatura del aire, de la temperatura de radiación de los elementos interiores, de la humedad del aire y la velocidad del mismo. Pero a la vez, en el confort térmico influyen las condiciones ambientales existentes y del metabolismo de las personas.

Dado que el concepto de confort puede entenderse de variadas maneras según cada persona, existen autores que han tratado de establecer parámetros capaces de definir el estado de confort térmico.

P.O. Fanger plantea que el confort térmico depende de las siguientes variables: nivel de actividad, característica del vestido, temperatura seca, temperatura radiante media y velocidad del aire.

El método Fanger consiste en el cálculo del índice de un “voto medio estimado” que permite identificar la sensación térmica de un ambiente. Una vez obtenida la sensación térmica se puede establecer el “porcentaje previsible de insatisfechos”, que tal como lo indica su nombre permite fijar el número de personas que no considerarán confortable dicho ambiente. El cálculo se realiza mediante los parámetros enunciados anteriormente, los cuales son valorizados a través de estadísticas.

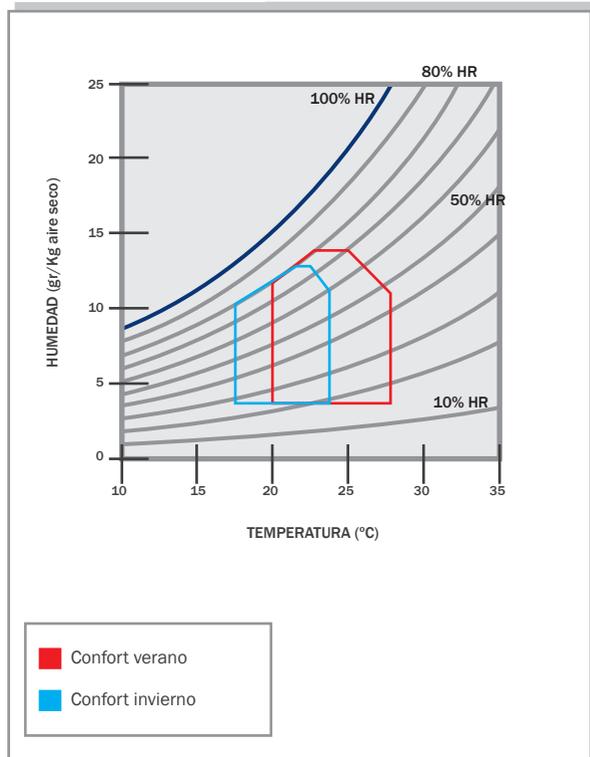
Un enfoque más antiguo pero igualmente útil, es el planteado por B. Givoni. Las condiciones de confort propuestas por Givoni, consisten en que para una actividad dada y suponiendo que las personas se encuentran vestidas de manera razonable para las condiciones existentes, el confort térmico puede ser logrado al

encontrarse al interior de una “Zona de Confort”. Esta “Zona de Confort” se encuentra definida por la temperatura en °C y la cantidad de humedad absoluta, es decir, la cantidad de gramos de agua por cada kilogramo de aire seco, además de considerar una velocidad del aire de 0,2 m/s.

FIGURA 2-1

DIAGRAMA DE CONFORT.

Givoni (1998)



Como se puede observar en la Figura 2 I, Givoni plantea que para la época de verano la temperatura máxima aceptada como confortable es de alrededor de los 27°C, teniendo una humedad relativa de entre 20 y el 50%. Mientras que en invierno la temperatura mínima considerada como confortable es de 17°C con una humedad relativa de alrededor del 30 al 80%. También se puede observar que las condiciones consideradas confortables en verano incluyen una zona considerable de las de invierno y viceversa, por lo que al encontrarse en el punto de intersección de ambas zonas se está cumpliendo con las condiciones consideradas como confortables tanto en invierno como en verano.

En la siguiente tabla también podemos observar límites establecidos para una sensación de confort tanto caluroso, tibio, agradable o frío:

TABLA 2.2-A

SENSACIÓN TÉRMICA EN UN AMBIENTE SEGÚN TEMPERATURA, HUMEDAD Y MOVIMIENTO DEL AIRE.

Fuente: Gabriel Rodríguez, Temperatura de Confort, Revista BIT n° 27, Septiembre 2002.

Temperatura aire °C	Humedad relativa del aire %	Velocidad del aire m/s <sup>1</sup>	Sensación térmica °C <sup>2</sup>	Sensación de confort
25	100	0,1	25	caluroso
25	100	0,5	24	caluroso
25	100	1	23	tibio
25	100	1,5	22,2	tibio
25	80	0,1	23,5	tibio
25	80	0,5	23	tibio
25	80	1	22	agradable
25	80	1,5	21,3	agradable
25	60	0,1	22,8	agradable
25	60	0,5	22	agradable
25	60	1	21,2	agradable
25	60	1,5	20,5	agradable
25	40	0,1	21,3	agradable
25	40	0,5	21,5	agradable
25	40	1	20	agradable
25	40	1,5	19	agradable
20	100	0,1	19	agradable
20	100	0,5	18,5	agradable
20	100	1	17,3	frío
20	100	1,5	16,2	frío
20	60	0,1	18	frío
20	60	0,5	17,1	frío
20	60	1	16	frío
20	60	1,5	15	frío

Por lo tanto, se puede definir como una temperatura confortable a 20°C aproximadamente, valor considerado como aceptable en países desarrollados, con una humedad relativa del aire de entre 35 y 75% y un movimiento del aire de 1 m/s.

Una vez establecidos los límites que se considerarán confortables térmicamente en el interior de una vivienda, se debe

<sup>1</sup> La velocidad en un recinto habitacional es 0,1 a 0,5; para mayor velocidad hay que usar ventiladores.  
<sup>2</sup> La sensación térmica se asimila a °C pues, en rigor, no es medible con un termómetro común.

buscar la manera de alcanzarlos. Es aquí donde nace una de las mayores interrogantes: el cómo lograr confort térmico considerando un adecuado uso de la energía. El reacondicionamiento térmico nos permite lograr esto, es decir, alcanzar condiciones confortables y a la vez ser eficiente energéticamente. Este reacondicionamiento puede ser realizado a todos los niveles de la envolvente de la vivienda, ya sea en techumbre, muros, vanos y piso.

Es importante entender que confort térmico no es sinónimo de eficiencia energética, ya que por medio de sistemas de calefacción y refrigeración se puede obtener confort térmico, pero lo ideal es conseguirlo mediante un gasto mínimo de energía.

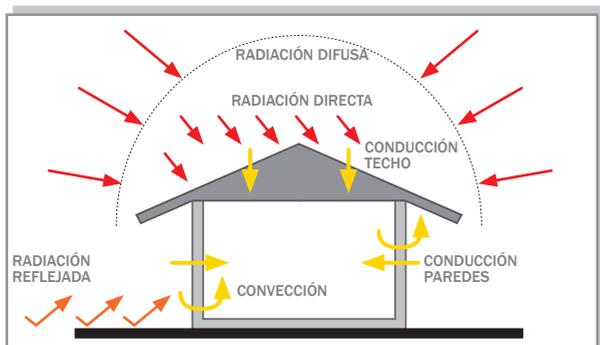
Una de las ventajas de reacondicionar una vivienda es el alcance de un confort térmico a través de un sistema que sea eficiente energéticamente. Esto quiere decir que, al utilizar soluciones que permitan mejorar la aislación térmica de una vivienda, se disminuirá el gasto en energía de la misma para lograr condiciones de confort térmico. Esto se debe principalmente a la pérdida de calor a través de la envolvente producto de la transferencia de calor, ya que al encontrarse a diferentes temperaturas el interior del exterior de una vivienda, se produce una transferencia de calor desde el ambiente más caliente hacia el más frío, ya sea en el caso de épocas frías donde la transferencia de calor ocurre desde el interior hacia el exterior de la vivienda, o bien en el caso de épocas calurosas, donde la transferencia ocurre en el sentido contrario.

## 2.3 Transferencia de calor

Si suponemos una situación típica en períodos fríos del año, el ambiente interior se encuentra más caliente que el exterior. La transferencia de calor puede ocurrir a través de los siguientes fenómenos:

FIGURA 2-II

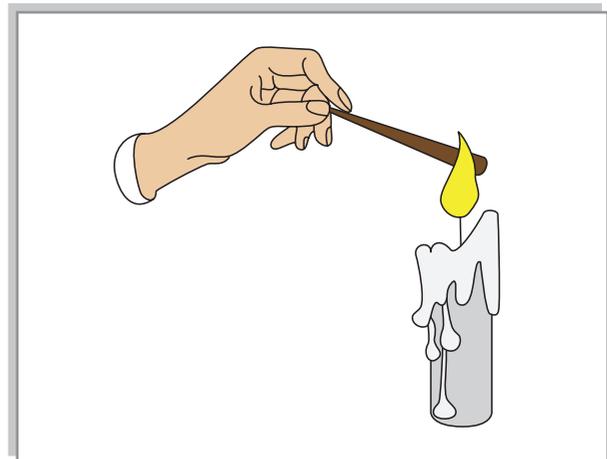
TIPOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR EN UNA VIVIENDA.



- **Conducción:** El calor es transferido entre dos sistemas a través del contacto directo de sus partículas, tendiendo a igualar la temperatura entre los diferentes cuerpos que se encuentren en contacto (figura 2-III).

FIGURA 2-III

TRANSFERENCIA POR CONDUCCIÓN.



- **Convección:** La transferencia de calor se produce por intermedio de un fluido (aire o agua) capaz de transportar el calor entre zonas con diferentes temperaturas. Esto ocurre ya que, los fluidos al calentarse, aumentan de volumen y en consecuencia disminuyen su densidad, y de esta forma ascienden desplazando al fluido que se encuentra en la parte superior a menor temperatura (figura 2-IV).

FIGURA 2-IV

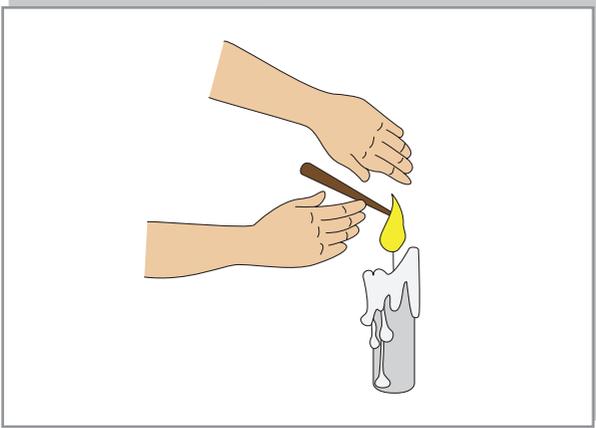
TRANSFERENCIA POR CONVECCIÓN.



- **Radiación:** El intercambio de calor ocurre en forma de ondas electromagnéticas o partículas subatómicas a través de un material o incluso en ausencia del mismo (figura 2-V).

FIGURA 2-V

TRANSFERENCIA POR RADIACIÓN.



Por lo tanto, si se logra disminuir la transferencia de calor se podrá hacer uso de la energía de manera más eficiente, ya que para mantener calefaccionado o refrigerado un recinto se necesitará de una menor cantidad de energía.

Para disminuir las pérdidas de calor a través de la envolvente, se deben elegir materiales o soluciones constructivas que disminuyan la transferencia de calor según cada una de sus formas:

- Los materiales de baja conductividad térmica disminuyen las pérdidas por conducción.
- La producción de flujos convectivos (deficientes sellos de puertas y ventanas, celosías de ventilación permanente, aberturas en cielos, chimeneas no controladas) aumentan las pérdidas por convección.
- Los materiales de baja emisividad, son capaces de reflejar las ondas y permiten disminuir las pérdidas por radiación.

Los materiales que permiten disminuir las pérdidas de calor producto del intercambio energético, principalmente a través de fenómenos de conducción, son denominados aislantes térmicos. Esto se debe a su alta resistencia al paso del calor.

Para comprender de mejor manera los mecanismos de transferencia de calor, se debe comprender el concepto de flujo de calor y densidad de flujo.

- El flujo de calor es la cantidad de calor cambiado por unidad de tiempo. Lo que se puede representar con la siguiente fórmula:

$$\Phi = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \left[ W \right]$$

Donde:

- $\Delta Q$ : cantidad de calor transmitido [ W ]
- $\Delta t$ : variación de tiempo [ S ]
- La densidad de flujo es el flujo de calor que pasa a través de una superficie. Lo que queda expresado de la siguiente manera:

$$\phi = \frac{\Phi}{S} \left[ \frac{W}{m^2} \right]$$

Donde:

- $\Phi$ : flujo de calor [ W ]
- S: unidad de superficie [ m<sup>2</sup> ]

## 2.4 Conductividad y resistividad térmica

La conductividad térmica es una propiedad física de los materiales, la cual caracteriza la transferencia de calor de una partícula a otra a través del contacto entre ambas. De lo anterior se puede deducir que los materiales que presenten una mayor conductividad térmica serán aquellos que generarán mayores pérdidas de calor.

La conductividad térmica de los materiales de caras planas y paralelas coplanares, se puede determinar mediante la siguiente fórmula:

$$\lambda = \frac{\Phi \cdot e}{2A \cdot (T_2 - T_1)} \left[ \frac{W}{mK} \right]$$

Donde:

- $\Phi$ : potencia [ W ]
- e: espesor promedio de las placas [ m ]
- A: área de la zona de calentamiento [ m<sup>2</sup> ]
- $T_2, T_1$ : temperaturas de las caras caliente y fría [ K ]

A continuación, se puede observar algunas conductividades térmicas de materiales utilizados en la construcción:

- Hormigón armado de densidad 2,400 kg/m<sup>3</sup>: 1,63 W/mK.
- Yeso-cartón de densidad 700 kg/m<sup>3</sup>: 0,26 W/mK.
- Lana mineral de densidad 50 kg/m<sup>3</sup>: 0,041 W/mK.
- Fibrocemento de densidad 1,250 kg/m<sup>3</sup> <sup>3</sup>: 0,230 W/mK

Para mayor información sobre conductividades térmicas de los materiales de construcción más utilizados en viviendas ver Anexo N° 1.

Pero los valores de conductividad térmica de los materiales recién expuestos se obtienen en condiciones secas. Al encontrarse en condiciones húmedas los valores de conductividad térmica aumentan, especialmente en los materiales de constitución porosa, ya que en los poros el aire se reemplaza por agua, teniendo ésta una conductividad 22 veces mayor que el aire (agua: 0,58 W/mK, aire: 0,026 W/mK).

El contenido de humedad de la envolvente de las viviendas se debe controlar porque la conductividad térmica varía según este contenido de humedad, por lo que es necesario realizar las correcciones correspondientes con el fin de predecir las condiciones en las que se encontrará el material in situ.

Es por esto que existen coeficientes de corrección propuestos para obtener el valor de la conductividad térmica en los ambientes reales en los que se instalará. Dichos coeficientes deben ser multiplicados por el valor teórico obtenido en laboratorio, con el fin de lograr una conductividad térmica más cercana a la realidad.

Sin embargo, la OGUC considera las conductividades de los materiales medidas en estado seco, tal como las conductividades expuestas en la NCh 853 (Anexo N° 1), que corresponden a conductividades en estado seco y a una temperatura media igual a 20°C.

Algunos de los coeficientes propuestos pueden observarse a continuación:

TABLA 2.4-A

COEFICIENTES MULTIPLICADORES DE LA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA SEGÚN AMBIENTE HÚMEDO EN QUE SE ENCUENTREN.

Fuente: Gabriel Rodríguez, Temperatura de Confort, Revista BIT n° 57, Noviembre 2007.

Material del muro	Clima seco	Clima templado	Clima húmedo
Hormigón	1,40	1,70	2,00
Yeso	1,30	1,60	2,15
Mortero	1,30	1,60	1,90
Ladrillo	1,20	1,45	1,65
Madera	1,16	1,19	1,25

A modo de ejemplo, si se considera Santiago, que tiene un clima templado, la conductividad térmica del ladrillo debe ser multiplicada por 1,45, aumentando el valor de 0,52 W/mK a 0,75 W/mK.

Lo planteado es de suma importancia, ya que va a incidir posteriormente en el cálculo de la transmitancia térmica de la envolvente, que expresa la cantidad de calor que se transmite por conducción a través de ésta; lo que se podrá ver en detalle más adelante.

El inverso de la conductividad es la resistividad térmica, la cual se determina de la siguiente manera:

$$\rho = \frac{1}{\lambda} \left[ \frac{\text{mK}}{\text{W}} \right]$$

Donde:

- $\lambda$ : conductividad térmica  $\left[ \frac{\text{W}}{\text{mK}} \right]$

## 2.5 Resistencia y transmitancia térmica

La capacidad para transmitir calor por conducción de un material está inversamente relacionada con la resistencia que éste ofrece al paso del calor. Esta resistencia térmica depende de la conductividad térmica del material y su

<sup>3</sup> Según NCh186/2 Of 86. Fibrocemento - Planchas - Parte 2: Planchas onduladas - Requisitos

espesor, lo que se ve expresado en la siguiente fórmula:

$$R = \frac{e}{\lambda} \left[ \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} \right]$$

Donde:

- e: espesor del material [ m ]
- $\lambda$ : conductividad térmica del material  $\left[ \frac{\text{W}}{\text{mK}} \right]$

En el caso de un elemento compuesto, la resistencia térmica total se puede determinar de la siguiente manera:

$$R_T = \sum \frac{e}{\lambda} \left[ \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} \right]$$

Donde:

- e: espesor del material [ m ]
- $\lambda$ : conductividad térmica del material  $\left[ \frac{\text{W}}{\text{mK}} \right]$

La resistencia térmica superficial por convección está dada por:

$$R_s = \frac{1}{h} \left[ \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} \right]$$

Donde:

- h: coeficiente superficial de transferencia térmica  $\left[ \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}} \right]$

Luego, de la determinación de la resistencia térmica un elemento compuesto por varias capas se debe realizar de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$R_T = R_{si} + \sum \frac{e}{\lambda} + R_{se} \left[ \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} \right]$$

Donde:

- $R_{si}$ : resistencia superficie interior  $\left[ \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}} \right]$

- e: espesor del material [ m ]
- $\lambda$ : conductividad térmica del material  $\left[ \frac{\text{W}}{\text{mK}} \right]$
- $R_{se}$ : resistencia superficie exterior  $\left[ \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}} \right]$

En el caso de contar con cámaras de aire la resistencia térmica total del elemento compuesto por distintas materialidades se debe calcular de la siguiente manera:

$$R_T = R_{si} + R_i + R_g + R_e + R_{se} \left[ \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}} \right]$$

Donde:

- $R_{si}$ : resistencia térmica superficie interior  $\left[ \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}} \right]$
- $R_i$ : resistencia térmica de elementos hacia el interior desde la cámara de interior  $\left[ \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}} \right]$
- $R_g$ : resistencia térmica cámara de aire  $\left[ \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}} \right]$
- $R_e$ : resistencia térmica de elementos hacia el exterior desde la cámara de exterior  $\left[ \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}} \right]$

A través de la tabla que presenta las principales conductividades térmicas de los materiales de construcción (Anexo N° 1) y sabiendo como calcular la resistencia térmica que ofrecen los materiales, se puede decir que para obtener dos muros de igual resistencia térmica, pero de distinta materialidad, por ejemplo uno de hormigón armado corriente ( $\lambda = 1,63 \text{ W/mK}$ ) y otro de lana mineral de densidad  $50 \text{ Kg/m}^3$  ( $\lambda = 0,41 \text{ W/mK}$ ), se debe tener los siguientes espesores para cada caso:

$$R_{\text{Hormigón}} = R_{\text{Lana Mineral}}$$

$$\frac{e_{\text{Hormigón}}}{\lambda_{\text{Hormigón}}} = \frac{e_{\text{Lana Mineral}}}{\lambda_{\text{Lana Mineral}}}$$

$$\frac{e_{\text{Hormigón}}}{1,63} = \frac{e_{\text{Lana Mineral}}}{0,041}$$

$$e_{\text{Hormigón}} = 39,8 \cdot e_{\text{Lana Mineral}}$$

De lo anterior, se puede concluir que para obtener la misma resistencia térmica que proporciona un aislante de 5 cm de espesor, se debe tener un muro de hormigón de aproximadamente 2 m de espesor.

Se puede deducir que al utilizar materiales con menores conductividades, es decir, mejores aislantes térmicos, se necesitará menores espesores, lo que implica soluciones constructivas que dejan mayores superficies libres para el uso de la vivienda.

Así como existe el concepto de resistencia térmica, su recíproco corresponde al concepto de transmitancia térmica ( $U$  [ $W / m^2 \cdot K$ ]), el que expresa la cantidad de calor que se transmite a través de cierto elemento por unidad de tiempo y superficie, cuando entre los ambientes que separa el elemento existe una diferencia de un grado Kelvin de temperatura.

De la definición anterior se desprende que mientras mayor sea la transmitancia térmica de un elemento, mayor serán las pérdidas de calor a través del mismo, y en consecuencia, mayores serán los gastos de energía para calefacción.

La transmitancia térmica se determina según la siguiente fórmula:

$$U = \frac{1}{R_{si}} \left[ \frac{W}{m^2 K} \right]$$

Donde:

- $R_{si}$ : resistencia térmica total  $\left[ \frac{m^2 K}{W} \right]$

A continuación se presentan transmitancias térmicas de algunas de las principales soluciones constructivas utilizadas en viviendas:

TABLA 2.5-A.

### TRANSMITANCIA TÉRMICA DE DIFERENTES SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS.

Fuente: Waldo Bustamante, Clima y viviendas: Fundamentos para el diseño, y Listado oficial de Soluciones Constructivas para Acondicionamiento Térmico, MINVU.

Solución constructiva	U W/m²K
Ladrillo hecho a máquina de 14 cm sin estuco	2,11
Ladrillo hecho a máquina de 14 cm, estuco (20 mm) ambos lados	1,99
Ladrillo hecho a máquina de 14 cm, poliestireno exp. de 25 mm, estuco (20 mm) ambos lados	0,92
Ladrillo hecho a máquina de 14 cm, lana mineral 50 mm, estuco (20 mm) ambos lados	0,57
Ladrillo hecho a mano, estuco (20 mm) ambos lados	2,01
Bloque de mortero 14 cm, estuco (20 mm) ambos lados	3,35
Bloque de mortero 14 cm, poliestireno exp. de 25 mm, estuco (20 mm) ambos lados	1,14
Hormigón 100 mm, estuco (20 mm) ambos lados	3,85
Hormigón 150 mm, estuco (20 mm) ambos lados	3,44
Hormigón 200 mm, estuco (20 mm) ambos lados	3,11
Estuco 20 mm, hormigón armado 200 mm, lana mineral 50 mm, contrachapado madera interior	0,62
Contrachapado madera 16 mm, lana mineral 50 mm, cámara de aire, yeso cartón	0,56
Hormigón 200 mm, estructura metálica (CA 60), lana mineral 70 mm, placa de fibrocemento 7,5 mm	0,70
Hormigón 200 mm, estructura metálica (CA 60), lana mineral 50 mm, placa de fibrocemento 10 mm	0,70
Placa fibrocemento (8 mm) ambos lados, estructura metálica (CA 90), lana mineral 50 mm	0,75

De la tabla 2.5-a. se puede desprender que las soluciones constructivas que incorporan la utilización de aislantes térmicos tienen menor transmitancia térmica que aquellas que no los consideran. Por ejemplo, el ladrillo hecho a máquina con estuco ( $U = 0,92 W/m^2K$ )

tiene una transmitancia de aproximadamente 62% mayor que al utilizar la misma solución pero con lana mineral de 50 mm ( $U = 0,57 \text{ W/m}^2\text{K}$ ).

Pero la resistencia y/o transmitancia térmica de la envolvente no es continua a lo largo de la misma. Esto se debe a la existencia de elementos necesarios para su construcción que interrumpen la continuidad de sus materiales, llamados puentes térmicos.

## 2.6 Puentes térmicos

En la envolvente de las viviendas existen zonas en las cuales se interrumpe su configuración habitual, ya sea por la modificación de su espesor o por la presencia de otros materiales.

Generalmente, estas zonas donde cambia la configuración habitual de la envolvente, representan una disminución de la resistencia térmica, por lo que generan áreas de salida rápida del calor dentro de una vivienda.

Estas zonas, llamadas puentes térmicos, favorecen la transmisión de calor entre el interior y el exterior de una envolvente, aumentando el riesgo de pérdidas de calor.

Los principales elementos donde se puede encontrar puentes térmicos son los siguientes:

- Marcos de puertas y ventanas.
- Ventanas con vidrio simple (monolítico).
- Cadenas de amarre.
- Vigas y pilares.
- Dinteles.
- Pies derechos.
- Cadenetas.
- Soleras.
- Losas.

Al existir zonas (puentes térmicos) donde se facilita el intercambio de calor por medio de la conducción, se genera una temperatura superficial inferior y por lo tanto, un mayor riesgo de condensación que en el resto de la envolvente, tal como se verá más adelante en el Capítulo 2.7.

Para determinar las pérdidas de calor a través de los puentes térmicos se debe evaluar el tipo de puente térmico y su longitud.

Los puentes térmicos tienen difícil solución, pero la mayoría de ellos pueden ser resueltos

mediante la ubicación de aislación térmica por el exterior.

No obstante, una mala instalación de la solución aislante también puede generar un puente térmico. Uno de los errores más comunes es la no utilización de traslapes en zonas donde no existe continuidad en la solución aislante.

## 2.7 Humedad y condensación

En una vivienda, el agua puede presentarse y transportarse a través de los siguientes mecanismos:

- Aguas subterráneas y lluvias.
- Movimiento de humedad por capilaridad.
- Humedad en el aire ambiente.
- Difusión de vapor.

Que el agua pase de un estado de vapor seco a vapor húmedo o saturado, va a depender de la presión de vapor y de la temperatura que se encuentre en el ambiente. Al proceso físico, donde el agua pasa de estado gaseoso a líquido, se le denomina condensación.

La temperatura de rocío es aquella donde comienza la condensación, es decir, en los casos donde exista una temperatura inferior a ésta, existirá riesgo de condensación.

Una manera para determinar si la temperatura de rocío es alcanzada es mediante la comparación de la presión de vapor por difusión, con la presión de vapor de saturación. En un elemento que separa dos ambientes que se encuentran a distinta presión de vapor de agua, se transfiere agua en estado de vapor, a través de él, en el sentido de mayor a menor presión de vapor.

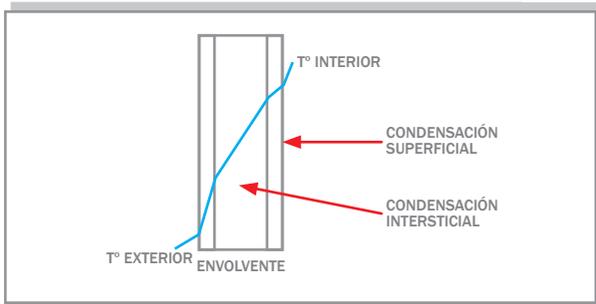
En períodos fríos del año, generalmente se calefaccionan los recintos, lo que genera que el vapor se traslade (difusión de vapor) desde el interior del recinto hacia el exterior.

Durante la difusión del vapor a través de la envolvente, éste puede condensarse en el interior del elemento, si encuentra en su interior temperaturas menores a la de rocío. Este fenómeno es denominado condensación intersticial.

Si la condensación ocurre en la superficie interior del recinto, ésta es denominada condensación superficial.

FIGURA 2-VI

CONDENSACIÓN SUPERFICIAL E INTERSTICIAL.



Para que exista riesgo de condensación, la presión de vapor de saturación debe verse superada, y dependiendo de la zona del elemento en la cual se vea superada ocurrirá condensación ya sea superficial o intersticial. Lo recién enunciado se puede ilustrar de la siguiente manera:

FIGURA 2-VII

NO EXISTENCIA DE RIESGO DE CONDENSACIÓN.

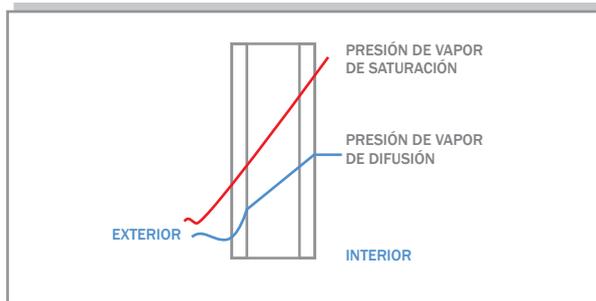
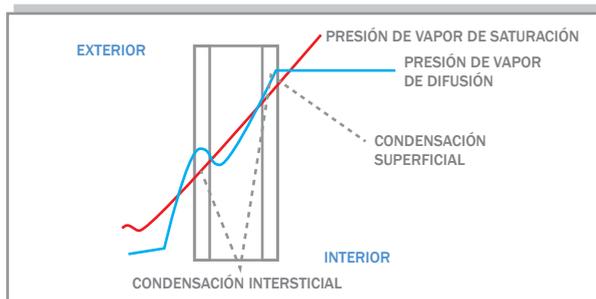


FIGURA 2-VIII

EXISTENCIA DE RIESGO DE CONDENSACIÓN (SUPERFICIAL E INTERSTICIAL).



Como se observa, al realizar un estudio de las presiones de vapor y al compararlas con las de saturación, es posible determinar el riesgo de condensación.

La condensación superficial debe evitarse, puesto que la existencia de humedad favorece la aparición de hongos y microorganismos que generan manchas en las paredes, alteran la pintura, deterioran los recubrimientos, aceleran la oxidación en el caso de superficies metálicas, etc.

La condensación intersticial reduce la resistencia térmica y deteriora los materiales de construcción, disminuyendo su vida útil y en consecuencia, genera los daños descritos anteriormente.

Para disminuir los riesgos de condensación, tanto superficial como intersticial, se debe incorporar o mejorar los aislantes térmicos existentes, por unos que ofrezcan mayor resistencia térmica.

Pero la resistencia térmica que ofrece un material, no es el único factor que se debe considerar al momento de elegir un aislante térmico, también se debe evaluar la facilidad que ofrece al paso del vapor. Para esto, se debe recurrir al coeficiente de permeabilidad o difusividad al vapor de agua [kg / m · s · Pa], que corresponde a la cantidad de vapor de agua que pasa a través de un m<sup>2</sup> de superficie de material, de espesor igual a un m<sup>2</sup>, cuando la diferencia de presión de vapor entre ambas caras es un Pascal.

Cuando el inverso de la permeabilidad es corregido por la permeabilidad de vapor de agua del aire respecto a la presión de vapor parcial, se habla de factor de resistencia al vapor de agua (Ver Anexo N° 2).

Ahora bien, en el caso de una envolvente, la mayor o menor dificultad que ofrece al paso del vapor de agua depende principalmente de la velocidad en que lo atraviesa, la que será muy alta en el caso de materiales que cuenten con resistencias o espesores pequeños, y muy baja en materiales con resistencias y espesores grandes.

Dado lo anterior, el cálculo del flujo de vapor de agua de un elemento se debe realizar de la siguiente manera:

$$g = \delta_0 \cdot \frac{\Delta p}{S_d}$$

Donde:

- $\delta_0: 2 \times 10^{-10} \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}} \right]$

Para ver factores de resistencia a la difusión de vapor de agua de algunos de los materiales más utilizados en la construcción de viviendas consultar Anexo N° 2.

La condensación superficial ocurre principalmente porque la superficie de la envolvente se encuentra demasiado fría, esto es habitual en muros mal aislados o marcos de ventanas, acristalamiento simple, puentes térmicos y/o bien cuando la humedad del aire es demasiado alta, como en cocinas o baños, es decir, debido al efecto conjunto de la temperatura de rocío y humedad interior. Por lo tanto, para evitar la ocurrencia de condensación superficial se debe actuar sobre alguna de las temperaturas recién nombradas.

Para elevar la temperatura superficial con el fin de que no descienda alcanzando la de rocío, se pueden incorporar materiales resistentes térmicamente, como los aislantes térmicos, tanto por el exterior como por el interior de la envolvente.

Ahora, si se quiere actuar sobre la temperatura de rocío, será necesario disminuir su valor para que sea inferior al de la superficie. Para lograr esto se debe actuar sobre la humedad existente en el ambiente, eliminando el vapor. La técnica más eficiente es la ventilación del recinto.

La condensación intersticial puede evitarse mediante el uso de materiales aislantes equilibrados higrotérmicamente, es decir, que son equivalentes en su resistencia al paso del calor y del vapor. También elimina riegos de condensaciones intersticiales la incorporación de aislante térmico por el lado exterior de la envolvente, generando muros calientes. Así se desplaza la curva de temperaturas de la envolvente y la curva de presiones de vapor por difusión, de manera tal de que no se ven superadas las presiones de vapor por saturación.

Además, existen en el caso de la condensación intersticial otras medidas que permiten disminuir su ocurrencia, aquellas que emplean materiales específicamente diseñados para actuar contra el vapor de agua como las barreras de vapor, estos se ubican sobre la cara interna del material aislante, puesto que de integrarse por el exterior provocaría un efecto desfavorable y contrario: condensación.

Otra posible solución para disminuir el riesgo de condensaciones intersticiales es la incorporación de una cámara de aire ventilada. La ventilación permite renovar el aire interior cargado de vapor, y en consecuencia alta presión, por aire con menor contenido de vapor y menor presión. De esta manera actúa como una barrera de vapor, debido a que fija

una presión del vapor menor al otro lado del elemento.

## 2.8 Inercia térmica

Uno de los principales problemas en una vivienda, es mantener un ambiente confortable siendo lo más eficiente energéticamente. En este sentido, resulta imprescindible tener claro el concepto de inercia térmica: capacidad de un cuerpo de almacenar energía calórica y cederla con retardo.

En invierno generalmente los recintos son calefaccionados durante el día, por lo que, durante la noche es importante mantener esa temperatura obtenida. En este caso, la inercia térmica permite ir liberando el calor acumulado en los elementos compuestos por materiales pesados en la vivienda, de manera tal que durante la noche, cuando la temperatura desciende, esta baja sea amortiguada por el calor cedido.

Por otro lado, en el verano durante el día la envolvente se ve expuesta al soleamiento y a la radiación del sol. En este caso, la envolvente debe ser capaz de almacenar el calor obtenido desde el exterior, y así evitar que la temperatura en el interior del recinto sea elevada durante el día, generando una sensación de discomfort.

La inercia térmica permite amortiguar los cambios de temperatura entre el día y la noche, siendo una de las formas para lograr esta propiedad la utilización de grandes masas de componentes capaces de almacenar el calor, para luego cederlo cuando sea necesario.

Si bien, mediante la utilización de materiales pesados se puede lograr un amortiguamiento, para obtener una mayor eficiencia en el uso de la inercia térmica que éstos proveen y en consecuencia, mayor aprovechamiento de la energía, es recomendable junto a la utilización de materiales pesados (alta inercia térmica) incorporar aislación térmica por el exterior de la vivienda.

La aislación térmica, al ser instalada por el exterior, permite que en el invierno el calor almacenado por calefacción durante el día, sea cedido al interior de la vivienda. Esto ocurre debido a que los aislantes térmicos presentan una mayor resistencia térmica que impide que gran cantidad del calor almacenado sea transmitido hacia el exterior. Y en verano, las ganancias térmicas de la envolvente por el exterior (soleamiento) son menores, haciendo que el elemento con alta inercia térmica capte energía.

FIGURA 2-IX

COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE LA ENVOLVENTE DE MASA PESADA NO AISLADA.

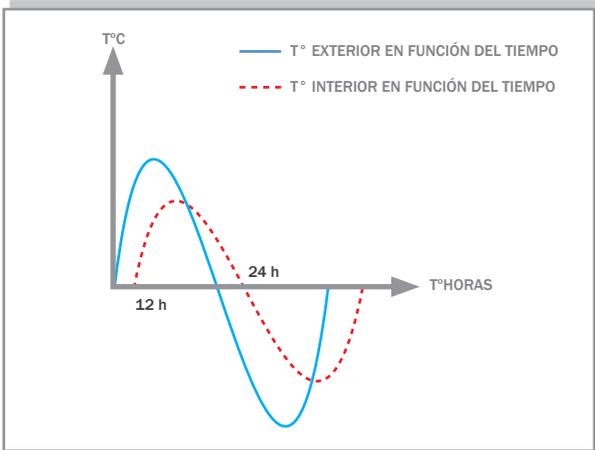
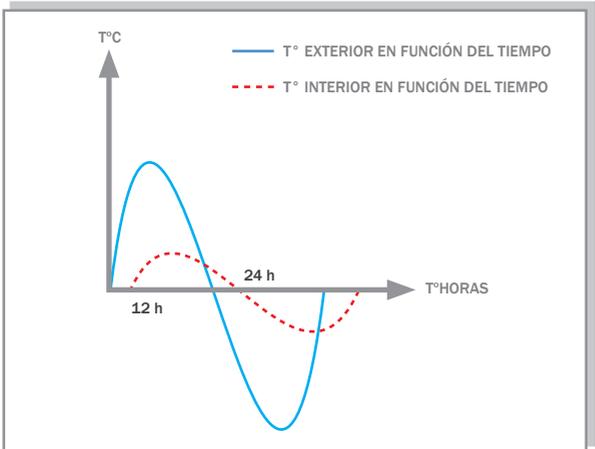


FIGURA 2-X

COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE LA ENVOLVENTE DE MASA PESADA AISLADA POR EL EXTERIOR.



En el caso de viviendas con envolventes que posean mayor poder de inercia, en tiempos fríos, para calefaccionar un recinto primero se debe calentar la envolvente que lo rodea y luego su interior. Lo mismo puede ser aplicable en el caso de tiempos calurosos al refrigerar un recinto. El tiempo que se tarda en alcanzar una temperatura deseada en el interior del recinto es mayor en el caso de contar con soluciones de envolventes que posean mayor inercia térmica. Además, el calor que se encuentra retenido en las envolventes será cedido una vez que la climatización utilizada sea desactivada, lo que genera la interrogante sobre qué tipología de viviendas se verán beneficiadas con la inercia térmica.

Se pueden distinguir dos tipos de uso de viviendas, aquellas de uso continuo donde generalmente se encuentra alguien las 24 horas del día, y aquellas de uso discontinuo donde su uso es solo en horarios establecidos, y no se encuentra habitada las 24 horas del día.

En el primer caso, las de uso continuo, resulta beneficioso el aprovechamiento de la inercia térmica de algunos materiales, debido a que éstas necesitan mantener una temperatura confortable las 24 horas del día, por lo que mediante el uso de materiales o soluciones que permitan una mayor inercia térmica se podrá conseguir una temperatura confortable con un menor gasto de energía.

En el caso de viviendas de uso discontinuo, se debe buscar una inercia lo más baja posible, puesto que éstas solo serán utilizadas por ejemplo durante la noche, es decir, unas 12 horas diarias, buscándose alcanzar una temperatura confortable lo más rápido posible y sin importar si es que durante las horas en que no se utilice exista una temperatura no confortable.

Por lo tanto, antes de confirmar la utilización de la inercia térmica como condición de diseño, se debe identificar el uso que la vivienda tendrá, verificando las horas en que se habitará, y así en el caso que sea necesario verse beneficiado de la misma o no hacer uso de ella.

## INFORMACIÓN DE CONTACTO

### nombre tipo de producto

Soluciones para techo, losas y muros con aislación térmica incorporada

### nombre del producto de la empresa

Placa exterior EXACTA®, Placa exterior EXACTA® con cámara de aire, Techo Exacta® TE- 130, Losa EXACTA® LE-160, Losa EXACTA® LE-185, Losa EXACTA® LE-225.

**empresa**  
Exacta® Ltda.

**web**  
[www.exacta.cl](http://www.exacta.cl)  
[www.termopared.cl](http://www.termopared.cl)

**teléfono**  
56 - 2 - 248 2868

## 1. DESCRIPCIÓN

### 1.1. Definición

El sistema de Placa exterior EXACTA®, es un sistema de terminación y aislación de muros que consiste básicamente en una placa de poliestireno expandido que se fija sobre los muros existentes por medio del Pegamento EXACTA® y fijaciones especiales para este fin.



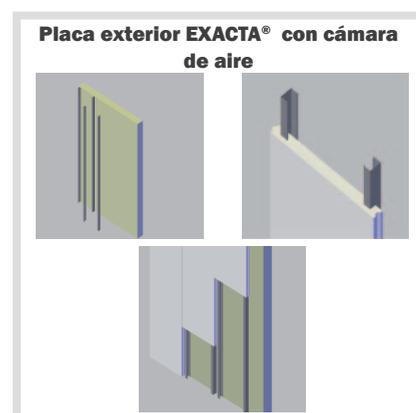
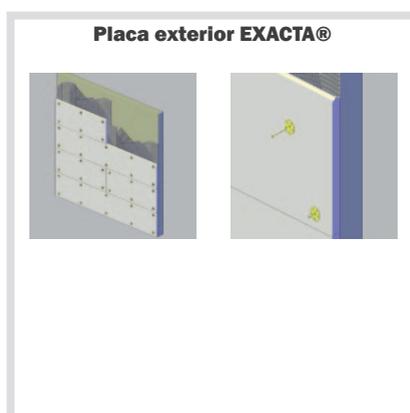
El sistema de Placa exterior EXACTA® con cámara de aire incorporada, es un sistema de terminación y aislación de muros exteriores que consiste básicamente en una placa de poliestireno expandido a la que se le insertan unos perfiles de acero galvanizado tipo C, los cuales se montan sobre los muros existentes.

El Techo Exacta® es una estructura de bovedillas de poliestireno expandido (EPS) más un refuerzo de acero galvanizado que se inserta in situ, quedando incorporado a la estructura, para la confección de techumbres de cualquier tipo, generando aislación térmica y acústica más una cámara de aire sin costo adicional.

El sistema de Losa Exacta® es un moldaje de poliestireno expandido (EPS) que se rellena de hormigón, para la fabricación in situ de losas nervadas de hormigón armado, quedando el moldaje incorporado a la estructura, aportando aislación térmica y acústica sin costo adicional.

Exacta® en conjunto con su transformador Aislapol (Grupo Basf) ofrece también un nuevo material en todos sus productos llamado Neopor (Mezcla de poliestireno y grafito). Este material cuenta con la particularidad de aumentar en un 25% la aislación térmica si necesidad de aumentar su densidad, llegando incluso a la construcción de viviendas pasivas debido a su gran aislación.

### 1.2 Imágenes





**Placa exterior EXACTA®, con cámara de aire**

PLACA EXACTA	
Densidad	15 Kg/m <sup>3</sup>
Peso Propio	2,65 Kg/m <sup>2</sup>
Absorción de Humedad	0%
Resistencia a lasT° Extremas	+100°C y -190°C

**Techo Exacta®**

PLACA EXACTA	
Densidad Bovedilla Poliestireno Expandido	15 Kg/m <sup>3</sup>
Peso Propio Bovedilla + Perfiles C	3,96 Kg/m <sup>2</sup>
Aislación Térmica Bovedilla	0,16 W/m <sup>2</sup> K
Absorción de Humedad	0%

## 2. INFORMACIÓN TÉCNICA

### 2.1. Características cuantitativas y/o cualitativas

Exacta® cuenta además con la solución ideal para revestir eficientemente el sistema de placas con o sin cámara de aire, Mortero Exacta® más una malla de fibra que le otorga gran resistencia a los impactos.

También contamos con el Pegamento Exacta® que facilita de sobremanera las labores de montaje.

**Solidez: Estructuras sólidas en todos sus productos**

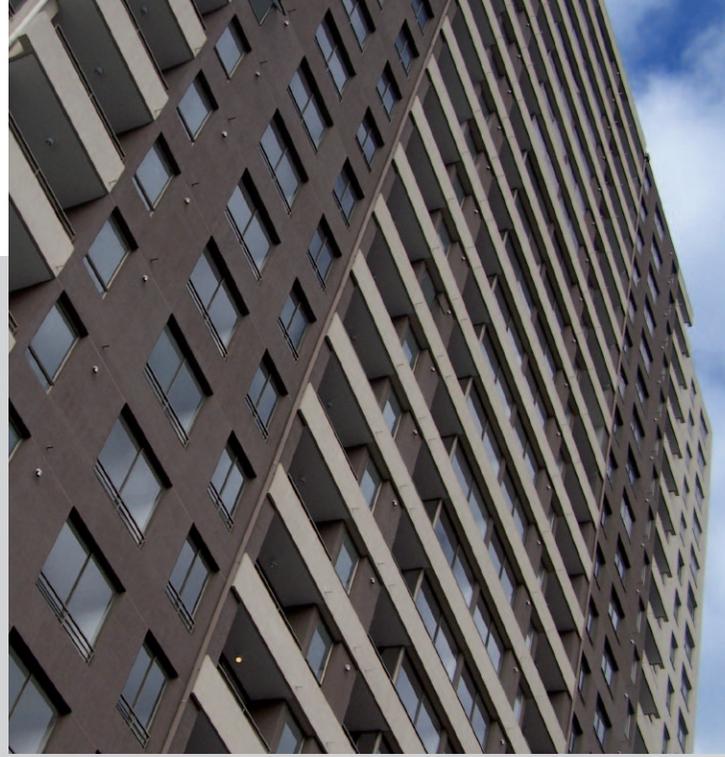
- Rapidez de ejecución: todos los productos Exacta® están diseñados para acelerar los procesos de montaje en obra.
- Excelente aislación térmica: Otorga un importante ahorro en el consumo de energía.
- Excelente aislación acústica: Disminuye considerablemente las emisiones sonoras.
- Ahorro energético: El ahorro energético que se genera al calefaccionar y enfriar la vivienda es tan importante, que la suma ahorrada en un año llega al 70 % de un consumo normal.
- Liviandad de los elementos: Esto permite mayor facilidad y rapidez en el ensamble de las estructuras.
- Compatible con cualquier acabado: Exacta admite revestimientos decorativos, enlucidos de yeso, placas pegadas o atornilladas y madera. No se deteriora y es de fácil mantenimiento.
- Eficiencia energética: Disminuye el consumo energético debido a la baja conductividad térmica.

Exacta® cuenta con productos que cumplen satisfactoriamente con la nueva normativa térmica, superando el mínimo exigido en todas las zonas sin necesidad de agregar otros elementos compensatorios.

La factibilidad técnica se revisa en cada proyecto para poder garantizar a nuestros clientes la mejor atención y rendimiento del sistema.

**Losa EXACTA®**

	LE-160	LE-185	LE-225
Densidad de Bovedilla Poliestireno Expandido	15 Kg/m <sup>3</sup>	Idem	Idem
Peso Propio Bovedilla + Hormigón	145,45 Kg/m <sup>2</sup>	145,45 Kg/m <sup>2</sup>	145,45 Kg/m <sup>2</sup>
Aislación Térmica Bovedilla + Hormigón	0,36 W/m <sup>2</sup> k	0,33 W/m <sup>2</sup> k	0,21 W/m <sup>2</sup> k
Absorción de Humedad	0%	0%	0%
Consumo de Hormigón	67 Lt./m <sup>2</sup>	80 Lt./m <sup>2</sup>	100 Lt./m <sup>2</sup>
Espesores Bovedilla + Hormigón	16 cm	18,5	22,5
Luces	3,50 Mt	4,25 Mt	5,50 Mt



# Soluciones Constructivas

# CAPÍTULO III

## Soluciones Constructivas



## Soluciones Constructivas

En la búsqueda de mejorar las condiciones térmicas en una vivienda y además, con el fin de incorporar medidas que permitan lograr la anhelada eficiencia energética, resulta indispensable realizar cambios a las envolventes de las viviendas, es decir, reacondicionarlas térmicamente. Este reacondicionamiento debe efectuarse en todos los niveles de la vivienda, tanto en elementos horizontales, como es el caso del complejo de techumbre y del piso, así como en elementos verticales, ya sean muros y vanos.

El reacondicionamiento térmico consiste básicamente en la incorporación de elementos y/o medidas que permitan lograr condiciones higrotérmicas confortables, basándose principalmente en la instalación de soluciones aislantes térmicas, capaces de aumentar la resistencia térmica de las envolventes, así como también, de disminuir los riesgos de condensación y puentes térmicos.

Al incorporar materiales aislantes térmicos a una envolvente, dada su baja conductividad térmica, se aumenta la resistencia térmica total de la envolvente, ya que la resistencia total de una envolvente compuesta por capas, corresponde a la sumatoria de las resistencias

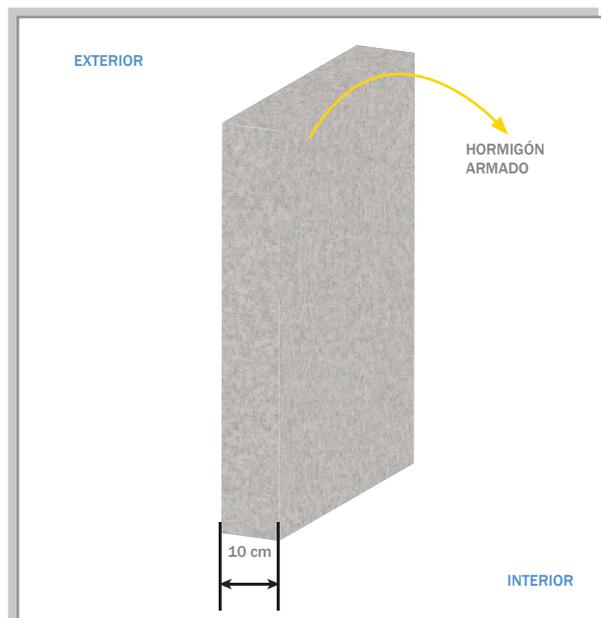
individuales de cada una de las capas (Capítulo 2.5.).

Si se toma como ejemplo un muro de hormigón armado de 10 cm de espesor de densidad 2,400 kg/m<sup>3</sup>, tal como se observa en la Figura 3-I, la resistencia térmica total de éste sería de:

$$R_T = 0,12 + \frac{0,10}{1,63} + 0,05 = 0,23 \left[ \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} \right]^4$$

FIGURA 3-I

ENVOLVENTE COMPUESTA POR HORMIGÓN ARMADO DE DENSIDAD 2,400 kg/m<sup>3</sup>.



Si a esta misma envolvente de hormigón armado se le agrega una capa de un aislante térmico, como lo es una lana mineral de densidad 50 kg/m<sup>3</sup>, y como recubrimiento interior una placa de yeso-cartón de densidad 650 kg/m<sup>3</sup> (Figura 3-ii), la resistencia térmica estaría dada por:

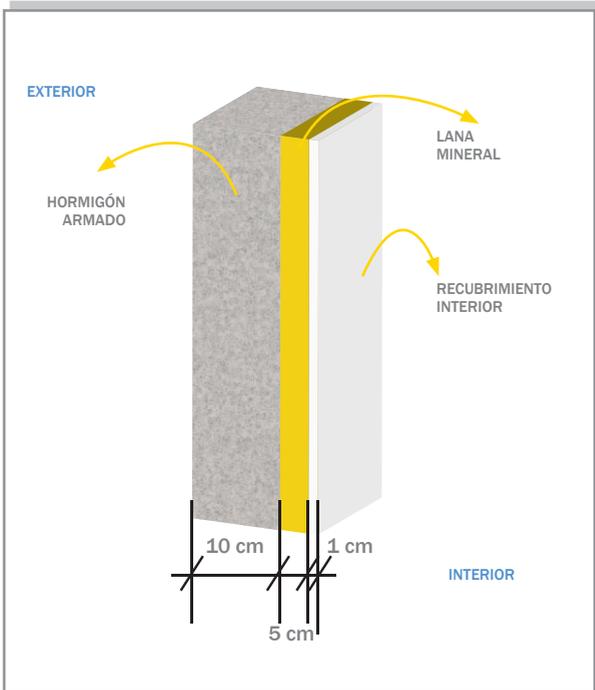
$$R_T = 0,12 + \frac{0,01}{0,24} + \frac{0,05}{0,041} + \frac{0,10}{1,63} + 0,05 = 1,49 \left[ \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} \right]^5$$

<sup>4</sup> Cálculo según Nch 853 Of. 2007

<sup>5</sup> Cálculo según Nch 853 Of. 2007

FIGURA 3-II

ENVOLVENTE COMPUESTA POR CAPAS DE DISTINTOS MATERIALES.



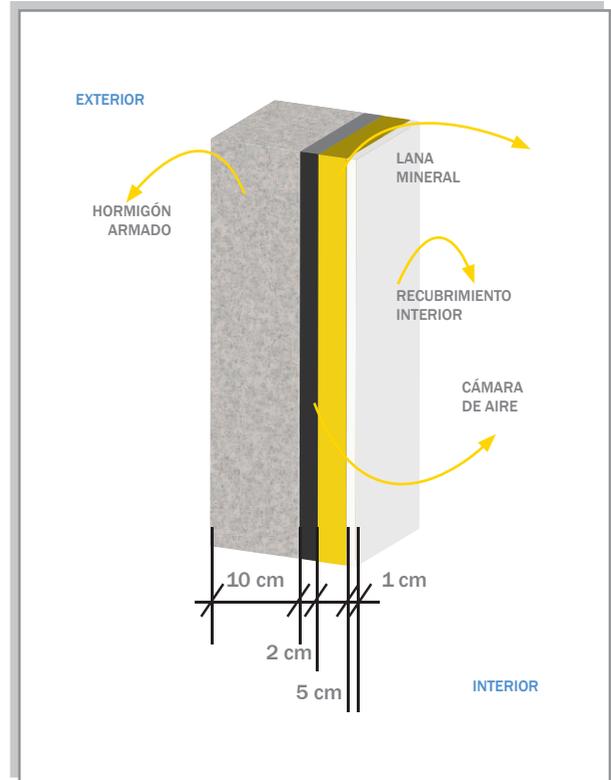
La resistencia térmica de la envolvente aumentó de manera significativa, ya que al incorporar la solución aislante térmico más el recubrimiento interior, se cuenta con una resistencia 6,45 veces mayor, aproximadamente, que al contar solo con la solución de hormigón armado. Esto quiere decir que la envolvente ahora se opone 6,45 veces más al traspaso de calor a través de la misma.

Pero como se vio en los Capítulos 2.4 y 2.5, los materiales que cuentan con una menor conductividad térmica ofrecen una mayor resistencia térmica. Uno de los elementos con menor conductividad térmica es el aire, que cuenta con una conductividad de 0,024 W/mK. Por lo que al incluir una capa o cámara de aire no ventilada en la solución expuesta en la Figura 3-ii, la resistencia térmica se vería aumentada en:

$$R_t = 0,12 + \frac{0,01}{0,24} + \frac{0,05}{0,041} + 0,25 + \frac{0,10}{1,63} + 0,05 = 1,74 \left[ \frac{m^2 \cdot K}{W} \right]^6$$

FIGURA 3-III

ENVOLVENTE COMPUESTA POR CAPAS DE DISTINTOS MATERIALES.



Queda a la luz el aumento significativo en la resistencia total que ahora ofrece la envolvente a través de la incorporación de una cámara de aire, siendo aproximadamente 1,17 veces mayor a la solución anterior y aproximadamente 7,57 veces mayor que la solución que solo considera la utilización de hormigón armado.

Cabe destacar que en el ejemplo se utilizó el caso de un muro, pero si se tratara de otro elemento, ya sea horizontal o vertical, al utilizar materiales aislantes térmicos y/o cámaras de aire, la resistencia térmica de la envolvente también se vería aumentada, aproximadamente en el mismo porcentaje, ya que las mayores variables son los valores de  $R_{si}$  y  $R_{se}$  respectivamente.

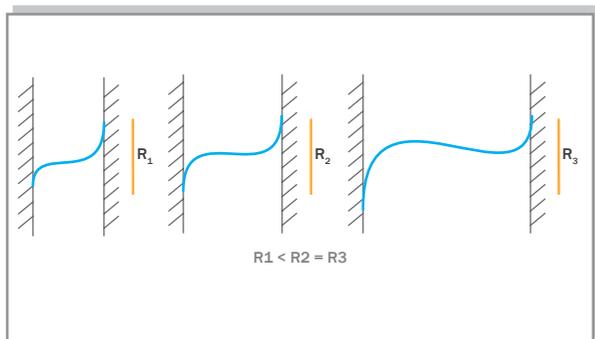
El beneficio de incorporar una cámara de aire no ventilada en la solución de acondicionamiento, radica principalmente en su baja conductividad térmica y en su baja convección. Es por esto que para maximizar la resistencia a la convección, se debe cuidar que el espesor de la cámara no sea grande, siendo capaz de generar movimiento del aire interior de la cámara, aumentando el riesgo

<sup>6</sup> Cálculo según Nch 853 Of. 2007

de convección. Para que esto no ocurra, se recomiendan cámaras de entre 20 mm mínimo para que actúe como aislante y 40 mm de espesor máximo, ya que por sobre este espesor la resistencia total que ofrece la cámara de aire no se ve aumentada, dada la mayor ocurrencia de transmisión por convección, siendo la resistencia total de la cámara de aire constante para espesores mayores de 40 mm (Figura 3-IV).

FIGURA 3-IV

RESISTENCIA DE LA CÁMARA DE AIRE EN FUNCIÓN DE SU ESPESOR.



¿Pero qué sucede si incorporamos las soluciones descritas anteriormente por el exterior de la envolvente de hormigón armado? Aparentemente esto no debería afectar el cálculo de la resistencia total, ya que la sumatoria de las capas sería igual si los espesores y los materiales utilizados son los mismos, y en consecuencia no lo hace. Pero la utilización de las soluciones por el interior o el exterior de la envolvente sí inciden en otro tipo de fenómenos como el riesgo de humedad por condensación intersticial, disminución de puentes térmicos y mejor aprovechamiento de la inercia térmica de los recintos.

Para determinar la influencia que tiene la incorporación de las soluciones aislantes térmicas por el exterior o el interior, o bien, qué medidas en particular se deben considerar para cada elemento de la vivienda, se hace imprescindible analizar cada elemento, tanto vertical como horizontal, en particular.

### 3.1 Techumbre

Según la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, la techumbre corresponde a la componente de una edificación que comprende desde el cielo del recinto más elevado hasta la cubierta.

La función de la techumbre es la de aislar a la vivienda del medio ambiente, protegiéndola del frío, calor, viento, lluvia y/o nieve.

Para cumplir con la función mencionada es necesario conocer todos los elementos que comprenden a la techumbre, destacando el cielo, las cadenetas, las vigas, la aislación térmica y la cubierta.

Uno de los elementos más influyentes y factibles de reacondicionar en el complejo de techumbre es la aislación térmica. Esto se debe a que muchas viviendas no cuentan con este elemento, o bien puede ser mejorado, lo que no implica una reestructuración de la techumbre, ya que existen numerosas soluciones y/o materiales que generan un aumento de la protección de la techumbre de una manera poco invasiva para la misma.

La Reglamentación Térmica exige condiciones mínimas de transmitancia térmica ( $U$ ) o resistencias térmicas totales ( $R_t$ ) para el complejo de la techumbre dependiendo de la zona en que se emplace la edificación (Tabla 3.1-a).

TABLA 3.1-A.

EXIGENCIAS MÍNIMAS DE TRANSMITANCIA Y RESISTENCIA TÉRMICA TOTAL SEGÚN ZONIFICACIÓN.

Fuente: Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones.

Zona Térmica	Techumbre	
	$U$ W/m <sup>2</sup> K	$R_t$ m <sup>2</sup> K/W
1	0,84	1,19
2	0,60	1,67
3	0,47	2,13
4	0,38	2,63
5	0,33	3,03
6	0,28	3,57
7	0,25	4,00

En el caso de edificaciones en altura, el complejo de techumbre sólo afecta a las viviendas emplazadas en el último piso, y generalmente corresponde a una solución constructiva del tipo con losas (Figura 3 V). Mientras que en el caso de las viviendas en extensión, las techumbres más comunes son aquellas que comprenden la utilización de cerchas (Figura 3 VI), dejando un espacio entre el cielo del último piso y la cubierta de la techumbre, o bien puede estar construida con vigas (Figura 3 VII), que pueden estar o no a la vista.

FIGURA 3-V

TECHUMBRE COMPUESTA POR LOSA.

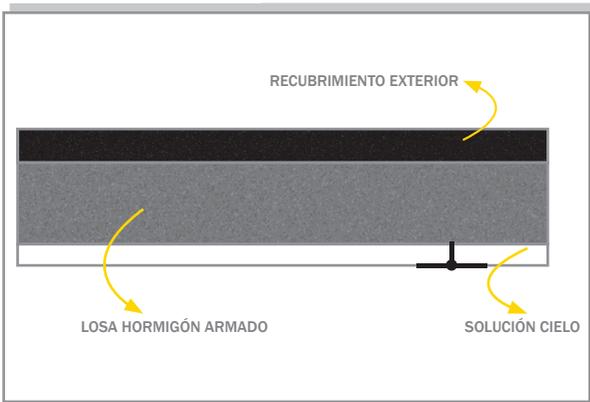


FIGURA 3-VI

TECHUMBRE COMPUESTA POR CERCHAS O TECHUMBRE FRÍA.

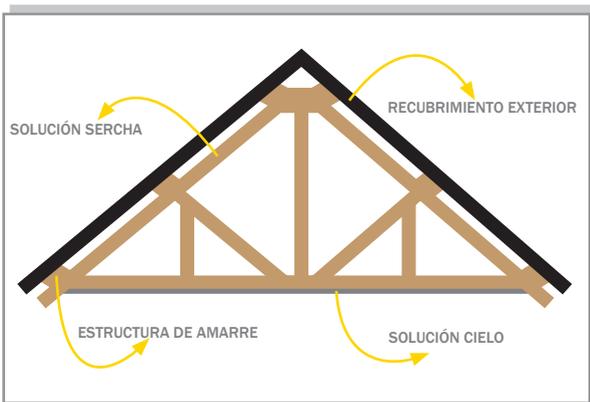
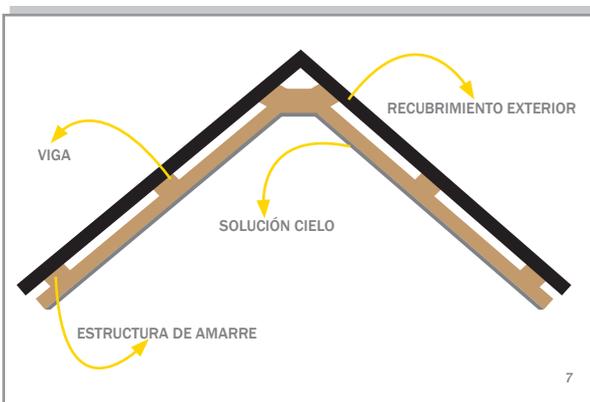


FIGURA 3-VII

TECHUMBRE COMPUESTA POR VIGAS O TECHUMBRE CALIENTE.



La clasificación recién descrita no restringe la existencia de otros tipos de casos, por ejemplo, una vivienda en extensión con techumbre con losa, o bien una edificación en altura con techumbre con cerchas, lo que se busca es una clasificación que permita identificar las posibles soluciones para cada uno de los casos planteados.

Para abordar el reacondicionamiento térmico de una vivienda, se debe actuar dando soluciones según la tipología constructiva de la techumbre existente.

Según el tipo de aislante térmico que se desee utilizar, varía su forma de instalación, pero se debe cuidar siempre la no existencia de puentes térmicos. Esto se logra principalmente mediante la continuidad en la instalación del aislante térmico, es decir, éste no debe presentar separaciones ni faltas de unión, sino más bien acomodarse a la superficie a cubrir de acuerdo a las características físicas que el aislante térmico posea.

### 3.1.1 Ventilación

Una de las variables que se debe controlar en mayor medida es la no existencia de humedad sobre el aislante térmico, con el fin de que éste se mantenga lo más seco posible y así sus propiedades térmicas, en especial su conductividad, no se vean afectadas.

FIGURA 3-VIII

EJEMPLOS DE DETERIORO DE LA ESTRUCTURA DE TECHUMBRE POR FALTA DE VENTILACIÓN.



<sup>7</sup> La solución cielo se instala sobre las vigas en el caso de que éstas sean a la vista, o bien bajo éstas en el caso de que sean ocultas.



Para disminuir el riesgo de condensación sobre el aislante térmico resulta fundamental la incorporación de una correcta ventilación, ya sea mediante respiraderos que permitan la entrada del aire, o bien a través de cámaras de aire ventiladas por debajo de la solución cubierta.

FIGURA 3-IX

VENTILACIÓN DE LA TECHUMBRE MEDIANTE RESPIRADERO.

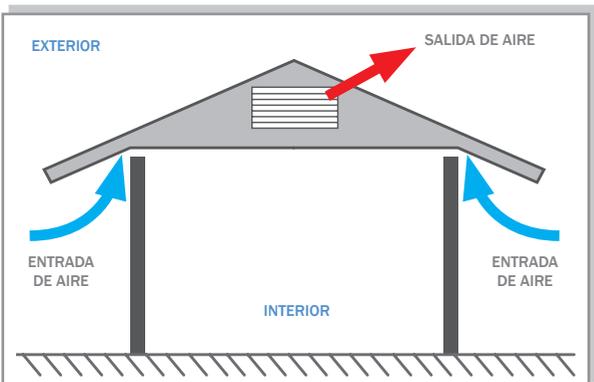
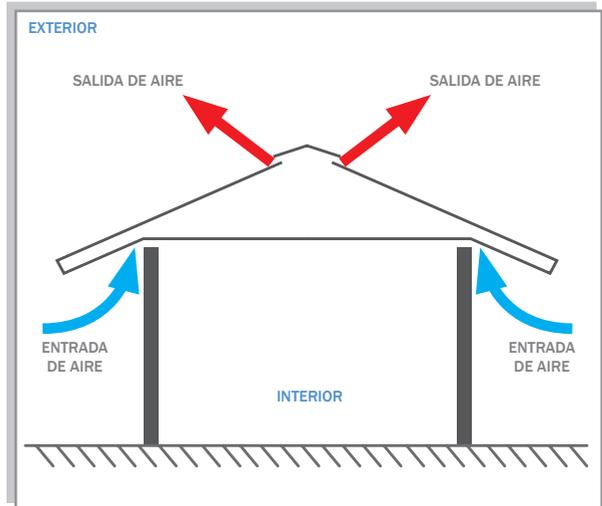


FIGURA 3-X

VENTILACIÓN DE TECHUMBRE POR CÁMARA DE AIRE VENTILADA.



Queda a la vista que el caso de ventilación mediante respiradero sólo puede ser incorporado a soluciones de techumbre del tipo cerchas, las cuales, comúnmente incorporan un entretecho no habitable (techumbre fría), por lo que dada su altura es posible la incorporación de respiraderos que permitan una ventilación constante.

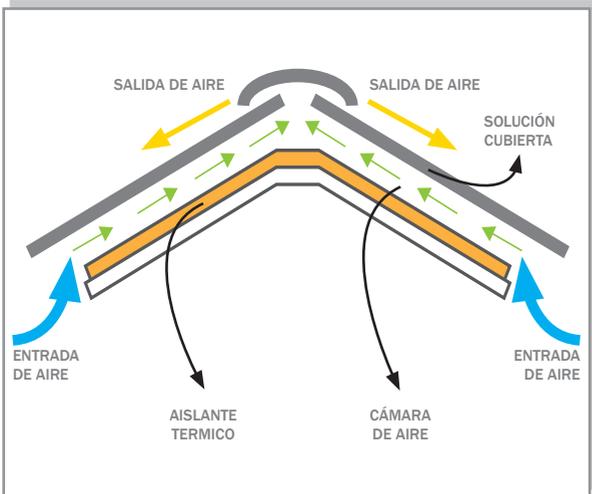
Mientras que la ventilación por cámaras de aire ventiladas, ubicadas por debajo de la cubierta, puede ser incorporada a todo tipo de techumbre, ya sea de losa, cerchas o vigas, debido al bajo volumen utilizado por la misma. Esta solución se basa en la diferencia de altura existente entre la entrada y la salida del aire, más una cámara de al menos 5 cm de espesor capaz de permitir convección.

Este tipo de ventilación consiste en la incorporación de una o dos cámaras de aire ventiladas, capaces de hacer que la corriente de aire exterior entre al complejo de techumbre y luego salga de manera tal que se obtengan renovaciones de aire en forma continua, reduciendo los riesgos de humedad y contribuyendo a disminuir las altas temperaturas en el interior de las viviendas en períodos calurosos.

Si se incorpora una sola cámara de aire ventilada el funcionamiento se basa en la entrada del aire por los aleros, subiendo, para luego salir por la cumbre. En este caso se llama cumbre ventilada. Tal como se puede observar en la Figura 3 XI, es importante verificar que exista la posibilidad de convección natural, por lo que debe haber espacio y/o canales por donde se produzca este fenómeno.

FIGURA 3-XI

VENTILACIÓN DE TECHUMBRE MEDIANTE CÁMARA DE AIRE VENTILADA EN TECHUMBRES INCLINADAS.

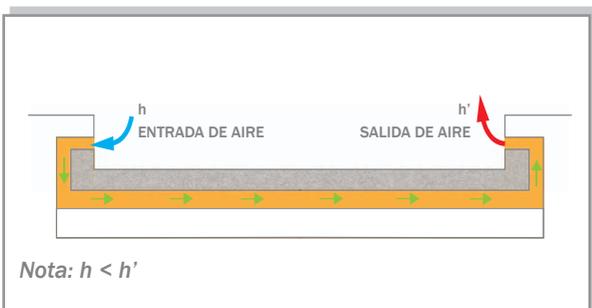


En la figura anterior, se puede observar cómo funciona la incorporación de una cámara ventilada para techumbres con dos o más aguas. Esta cámara de aire debe ser calculada con el fin de que exista convección.

Para efectuar la ventilación por debajo de la solución de cubierta en el caso de techumbres planas, como ocurre generalmente en edificaciones en altura, una de las posibles soluciones es la incorporación de una cámara de aire ventilada. Ésta actúa mediante la incorporación de una cámara de aire bajo la solución de cubierta, la que debe ser capaz de ventilarse por la acción del aire exterior a través de aberturas en los extremos de la techumbre. Éstas deben encontrarse lo suficientemente protegidas de riesgos de entrada de elementos ajenos al complejo de techumbre y/o aguas lluvias, tal como se ilustra en la Figura 3 XII. En este caso resulta necesaria la incorporación de ventilación forzada, si es que no es posible un rediseño de las entradas de aire para que estén a una cota inferior que las de salida, permitiendo la correcta circulación del aire.

FIGURA 3-XII

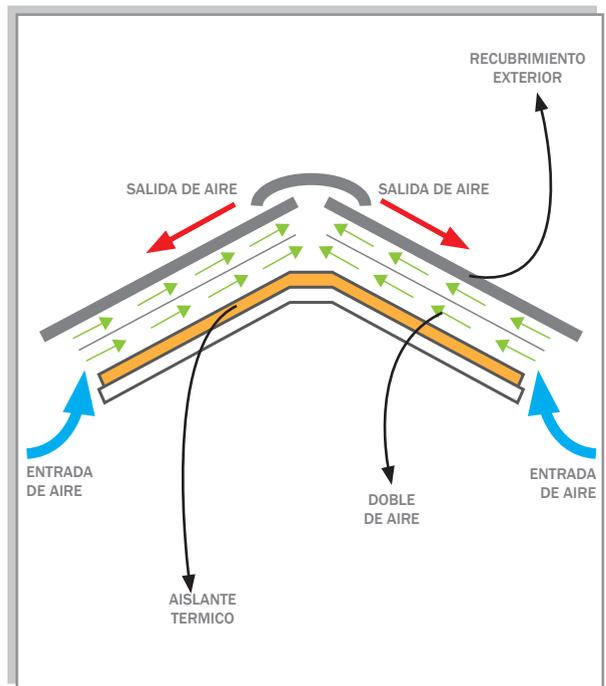
VENTILACIÓN DE TECHUMBRE MEDIANTE CÁMARA DE AIRE VENTILADA EN TECHUMBRES PLANAS.



En el caso de techumbres de dos o más aguas, como ocurre generalmente en viviendas en extensión, una solución que resulta sumamente útil es la de doble cámara de aire ventilada. Esta solución, al igual que la anterior, contempla la incorporación de una cámara de aire ventilada, pero la diferencia es que en este caso es doble. Esto se realiza para que la capacidad de entrada de corrientes de aire sea mayor, ya que, tanto por la primera como por la segunda capa puede entrar, logrando una renovación constante del aire en el interior del complejo de techumbre. La primera cámara debe ser de espesor entre 20 y 40 mm y se dispone de la siguiente manera:

FIGURA 3-XIII

VENTILACIÓN DE TECHUMBRE MEDIANTE DOBLE CÁMARA DE AIRE VENTILADA.



Este tipo de solución es más compleja que la de una sola cámara, dado que se usa para mansardas habitadas. La doble cámara tiene por función hacer que la cámara de aire inferior sea un aislante natural, luego en la separación de intercámaras lleva un material reflectivo y la cámara superior es básicamente convectiva, por lo que debe tener un espesor de 5 cm para que permita un flujo de aire constante.

La ventilación del complejo de techumbre es de vital importancia para el reacondicionamiento térmico de la misma, ya que en el caso de omitirla se cae en riesgos de existencia de humedad, afectando significativamente las propiedades de los aislantes térmicos y por ende, cancelando sus efectos térmicos sobre la solución en cuestión.

### 3.1.1.1 Techumbre fría y techumbre caliente

En conjunto con una correcta ventilación de la techumbre, la posición del aislante térmico dentro del complejo de techumbre resulta determinante en cuanto al comportamiento de las cubiertas frente al clima.

El aislante térmico puede ubicarse en contacto con la superficie interior de la cubierta (cubierta caliente, Figura 3-XIV), o bien separado de la misma (cubierta fría, Figura 3-XV).

Una correcta ejecución de la techumbre ya sea fría o caliente, permite disminuir riesgos de condensación producto de cambios bruscos de temperatura durante la noche o de aguas lluvias, además de disminuir la transferencia térmica en climas cálidos lo que provoca el calentamiento de los espacios interiores.

FIGURA 3-XIV

TECHUMBRE CALIENTE.

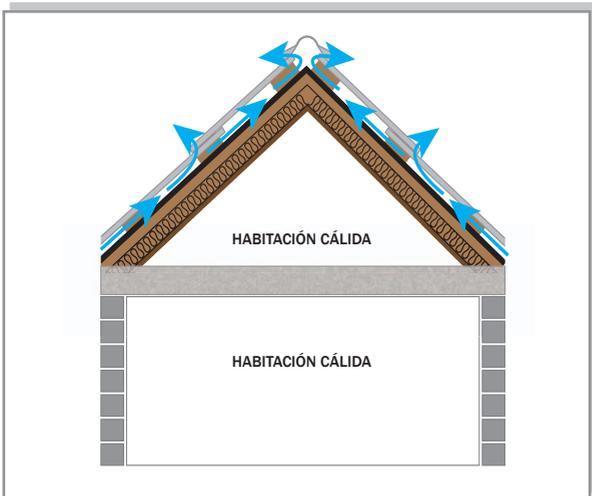
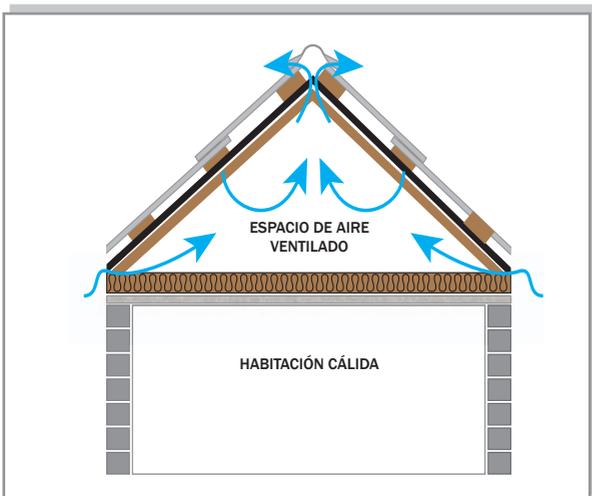


FIGURA 3-XV

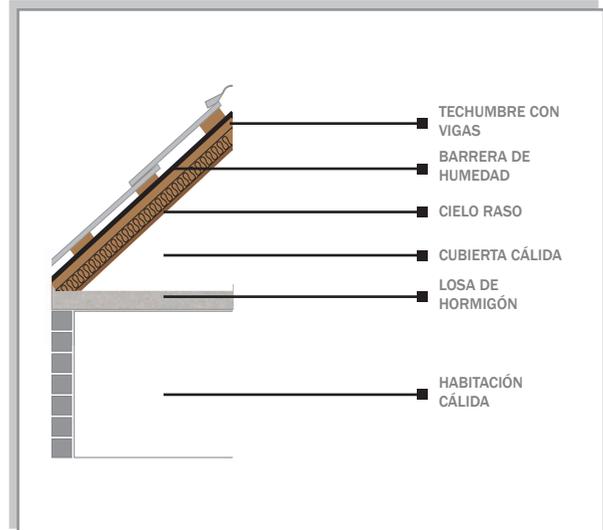
TECHUMBRE FRÍA.



En el caso de techumbres calientes, es necesaria la implementación de una barrera de humedad entre el interior de la cubierta y el aislante térmico, tal como se observa en la Figura 3-XVI.

FIGURA 3-XVI

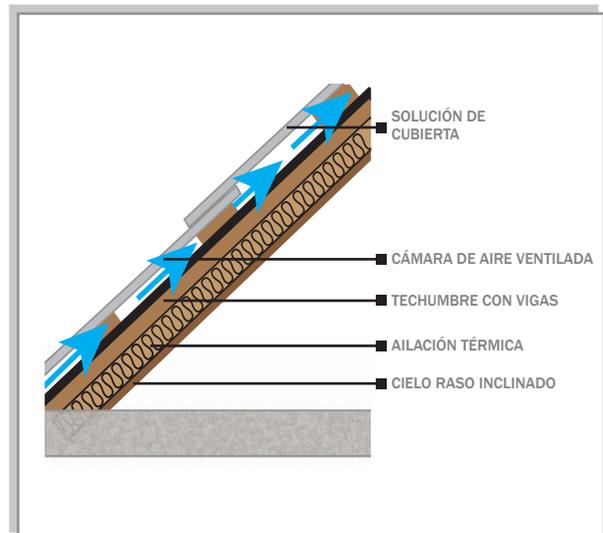
TECHUMBRE CALIENTE CON BARRERA DE HUMEDAD.



Las techumbres calientes deben tener ventilación entre el aislante térmico y la cubierta (Figura 3-XVII).

FIGURA 3-XVII

CORRECTA VENTILACIÓN EN TECHUMBRES CALIENTES.



Las techumbres frías requieren de ventilación provista por aberturas de entrada del aire y de salida del mismo, ya sean en la techumbre o muros, permitiendo una renovación constante del aire, removiendo la humedad y en consecuencia evitando la condensación (Figura 3-XVIII).

FIGURA 3-XVIII

TECHUMBRES FRÍAS NO VENTILADAS, EXISTENCIA DE CONDENSACIÓN.



Las techumbres frías resultan ideales para zonas de nieve, ya que permiten evitar el congelamiento de la nieve en los aleros y la infiltración de agua producto del derretimiento de la nieve sobre los mismos.

Una vez contemplada la ventilación de la techumbre, dependiendo de las características de la misma, se puede continuar con la solución de reacondicionamiento. El siguiente paso es disminuir la transmitancia térmica del elemento cielo, la solución a emplear dependerá del tipo de techumbre.

### 3.1.2 Techumbre con losas

En la solución constructiva de techumbre compuesta por una losa de hormigón armado, los posibles reacondicionamientos se remiten a actuar por el interior, es decir, entre la solución

cielo y la losa; por el exterior, donde el aislante térmico se ubicaría entre la losa y la solución de cubierta, o bien por ambos lados.

Otra posible medida a considerar es la incorporación de una cámara de aire en la solución de reacondionamiento.

Una de las limitantes que tiene la incorporación de la cámara de aire, en el caso de ser instalada por el interior, es el notable aumento de la altura de la solución de techumbre, disminuyendo la altura piso a cielo terminado, la cual no puede ser menor a 2,30 m según la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones. Por lo tanto, si la incorporación de una cámara de aire significara que la altura piso a cielo terminado disminuyera hasta ser menor que la mínima permitida, ésta no podrá considerarse como una solución posible de reacondionamiento.

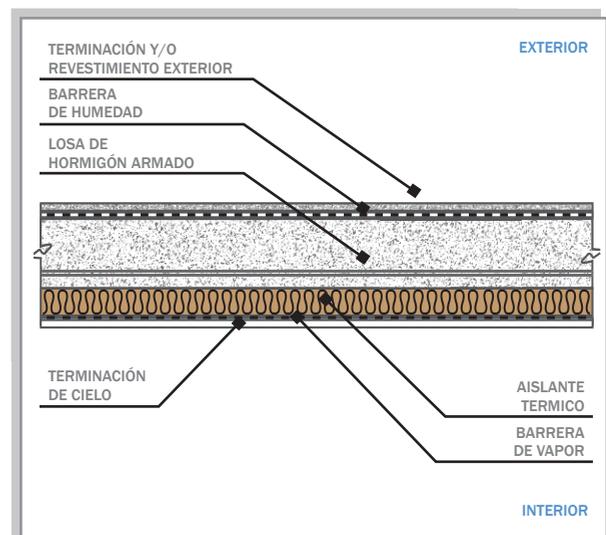
#### 3.1.2.1 Aislante térmico

La solución de aislante térmico puede ser instalada bajo la losa de hormigón armado y bajo ésta irá la terminación del cielo (Figura 3 XIX)<sup>8</sup>, o bien si es que el aislante es instalado por el exterior, debe ubicarse entre la losa de hormigón armado y la solución de cubierta (Figura 3 XX).

FIGURA 3-XIX

INSTALACIÓN AISLANTE TÉRMICO ENTRE LOSA Y SOLUCIÓN CIELO.

Fuente: Mart.

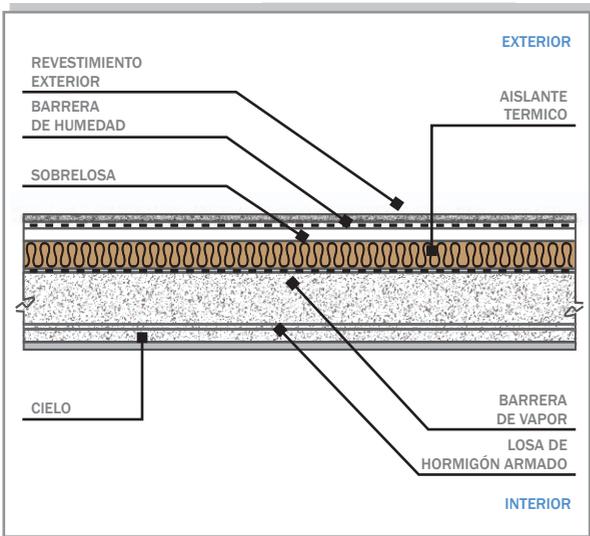


<sup>8</sup>En este caso se recomienda el uso de aislantes de bajos espesores, como lo son el poliestireno expandido de alta densidad, lana mineral aglomerada, aerogel, entre otros.

FIGURA 3-XX

INSTALACIÓN AISLANTE TÉRMICO ENTRE LOSA Y SOLUCIÓN CUBIERTA.

Fuente: Mart.



3.1.2.2 Aislante térmico más cámara de aire

Esta solución constructiva contempla la utilización de una cámara de aire entre la losa de hormigón armado y la solución de aislante térmico. La cámara de aire permite aumentar la resistencia total que ofrece la solución de techumbre dada su baja conductividad térmica.

Para incluir la cámara de aire en la solución, es necesario habilitar una estructura capaz de generar el espacio para la cámara de aire, integrando esta estructura secundaria, es decir, una cadeneta o un encintado de cielo, ya sea de madera o metálica, sobre la losa de hormigón.

FIGURA 3-XXI

INSTALACIÓN AISLANTE TÉRMICO ENTRE LOSA Y SOLUCIÓN CIELO MÁS CÁMARA DE AIRE.

Fuente: Mart.

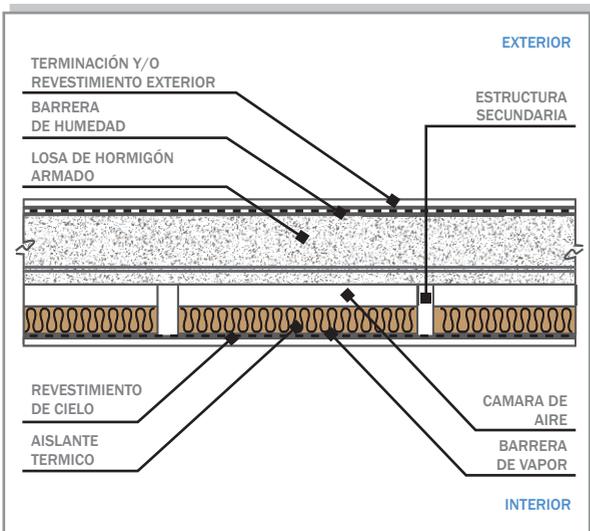
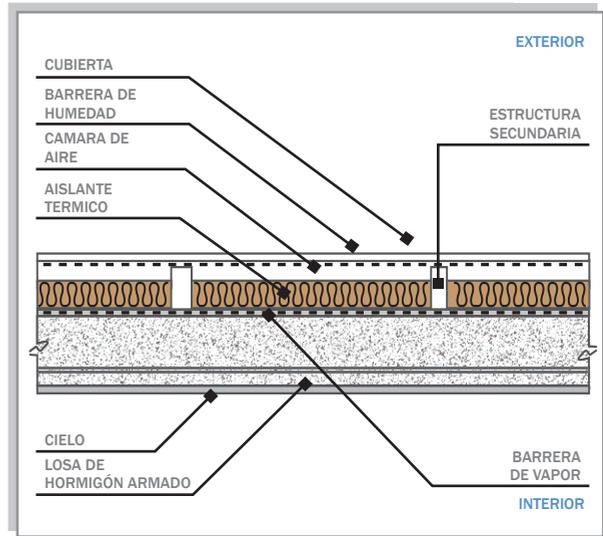


FIGURA 3-XXII

INSTALACIÓN AISLANTE TÉRMICO ENTRE LOSA Y SOLUCIÓN CUBIERTA MÁS CÁMARA DE AIRE.

Fuente: Mart.



El aislante térmico se puede instalar bajo o sobre el encintado según cada caso, o bien entre el encintado, con el fin de que el espacio existente entre éste y la losa de hormigón genere la cámara de aire.

El encintado o estructura secundaria hay que definirla teniendo la precaución de minimizar los puentes térmicos que podrían restar eficiencia a la solución.

Se debe recordar que esta solución solo puede ser ejecutada si es que la altura piso a cielo terminado lo permite, en el caso de emplazarse por el interior.

3.1.3 Techumbre con cerchas

La solución constructiva de techumbre con cerchas (techumbre fría) es aquella donde se utilizan tanto cerchas de madera como metálicas.

En este tipo de techumbre, la solución de aislación térmica debe instalarse entre la solución de cubierta y el cielo, ya que dada la estructura de las cerchas queda un entretecho que permite la ubicación del acondicionamiento térmico.

En este caso, existe la posibilidad de instalar el aislante térmico sobre la solución cielo y entre la solución cubierta y además se puede incorporar una cámara de aire, lo que no presentaría inconvenientes debido a que la altura piso a cielo terminado no se vería disminuida, la altura que se vería reducida sería la del entretecho.

En la solución techumbre con cerchas, las posibles alternativas de aislante térmico se basan principalmente en las características de la solución elegida y en la incorporación de una cámara de aire.

### 3.1.3.1 Aislante térmico

El aislante térmico debe situarse sobre la estructura soportante secundaria, encargada de soportar la solución cielo, y sobre el cielo propiamente tal.

La instalación del aislante térmico dependerá principalmente de su naturaleza rígida o flexible.

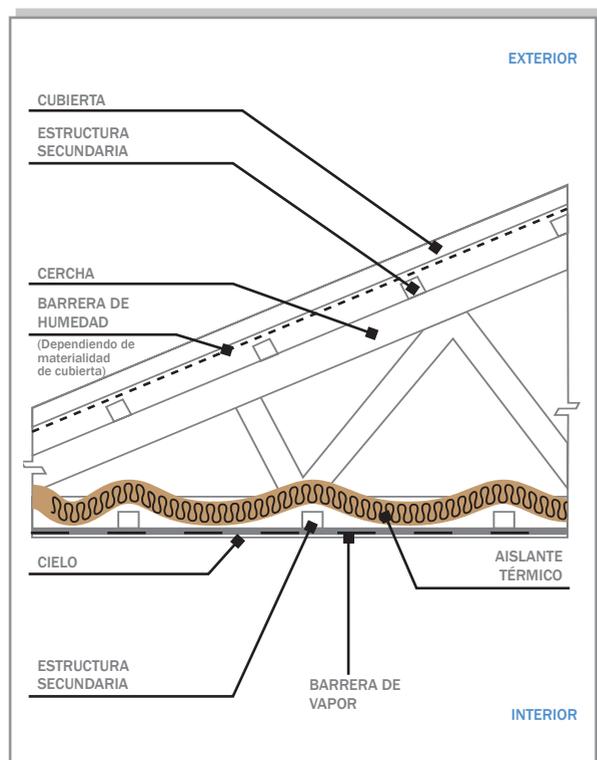
Los aislantes térmicos flexibles son aquellos que dada su docilidad son capaces de amoldarse sobre la solución de cielo y la estructura secundaria.

Se debe cuidar que la solución de aislante térmico mantenga su continuidad, es decir, resguardar que la solución sea instalada sobre el cielo y la estructura secundaria (listoneado) encargada de soportar, cuidando que no existan lugares en la superficie a aislar sin aislante térmico (Figura 3 XXIII).

FIGURA 3-XXIII

TECHUMBRE CON CERCHAS (TECHUMBRE FRÍA) CON AISLANTE TÉRMICO FLEXIBLE.

Fuente: Mart.

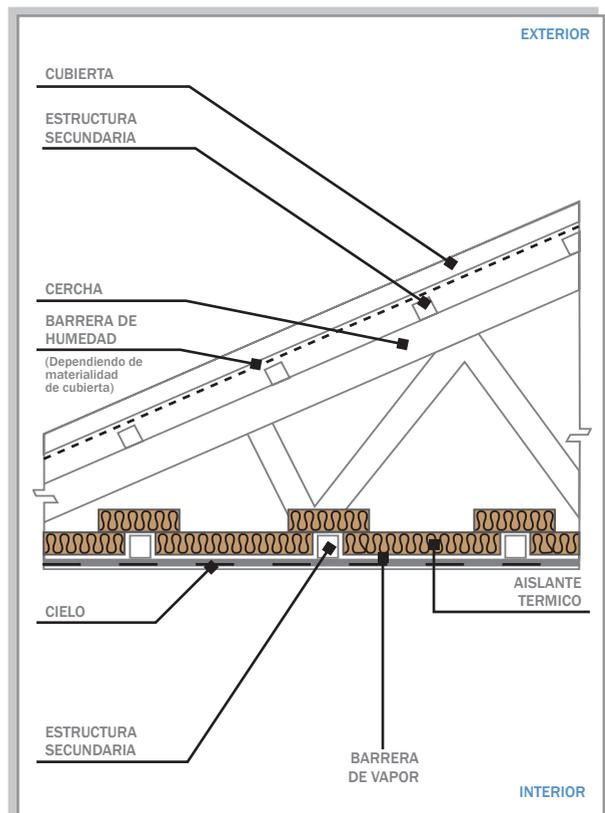


En el caso de que la solución de aislante térmico sea rígida, debe buscarse la forma de amoldar el aislante tanto sobre el cielo como sobre su estructura soportante. Para esto, se debe disponer de fragmentos rígidos del aislante térmico elegido, de manera tal que se pueda cubrir con exactitud los espacios existentes entre el listoneado de cielo. Con el fin de evitar la existencia de puentes térmicos, también se debe disponer de aislante térmico sobre cada pieza de listoneado, tal como se observa en la Figura 3 XXIV.

FIGURA 3-XXIV

TECHUMBRE CON CERCHAS (TECHUMBRE FRÍA) CON AISLANTE TÉRMICO RÍGIDO.

Fuente: Mart.



### 3.1.3.2 Aislante térmico más cámara de aire

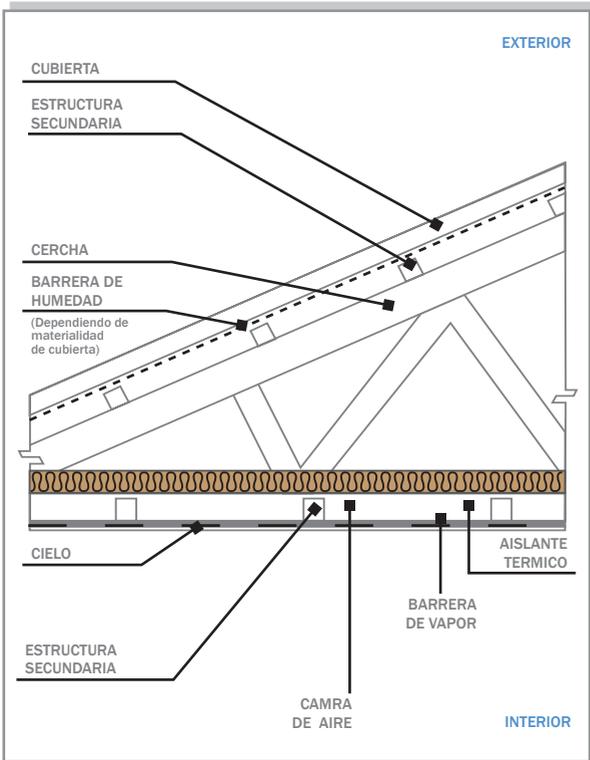
Son aquellas soluciones en que, dada la necesidad de la existencia de una cámara de aire, los aislantes térmicos son ubicados sobre la estructura secundaria soportante del cielo.

La cámara de aire es formada por el espacio que se genera entre la solución de cielo y el aislante térmico. Esto hace necesario la utilización de un aislante térmico rígido, ya que dicha rigidez genera que al ser instalado sobre la estructura secundaria, o listoneado encargado de soportar a la solución cielo, una la cámara de aire tal como se puede observar en la Figura 3 XXV.

FIGURA 3-XXV

TECHUMBRE CON CERCHAS (TECHUMBRE FRÍA) CON AISLANTE TÉRMICO Y CÁMARA DE AIRE.

Fuente: Mart.



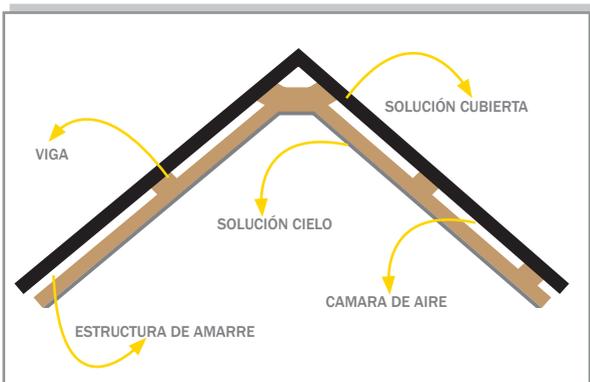
3.1.4 Techumbre con vigas

La solución constructiva de techumbre con vigas (techumbre caliente) es aquella que, tal como lo indica su nombre, su estructura soportante está formada por vigas, ya sean de madera o metálicas.

En este caso, la única solución factible es la instalación de un aislante térmico, ya que por su estructura natural cuenta con una cámara de aire incorporada. Los elementos de amarres de las vigas, dada su altura, generan una cámara de aire entre las vigas y la solución de cubierta.

FIGURA 3-XXVI

CÁMARA DE AIRE GENERADA POR ELEMENTOS DE AMARRE DE VIGAS.



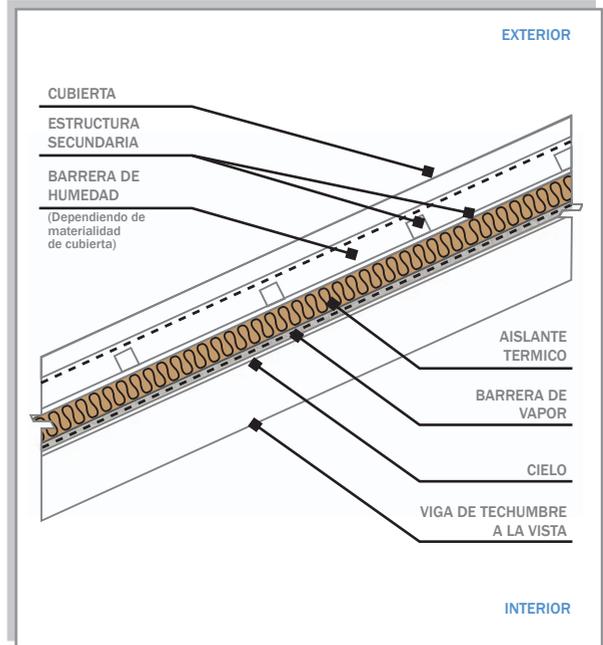
3.1.4.1 Aislante térmico

En el caso de que las vigas se encuentren a la vista, la solución aislante térmico debe ir entre el envigado, para luego ser cubierto por la solución de cielo escogida (Figura 3 XXVII).

FIGURA 3-XXVII

TECHUMBRE CON VIGAS A LA VISTA CON AISLANTE TÉRMICO.

Fuente: Mart.

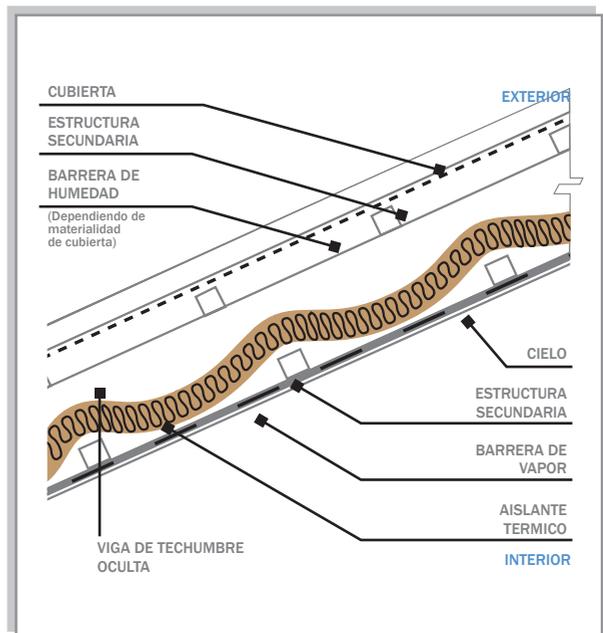


Mientras que cuando las vigas estén ocultas el aislante térmico se debe ubicar entre las vigas y la solución de cielo (Figura 3 XXVIII).

FIGURA 3-XXVIII

TECHUMBRE CON VIGAS (TECHUMBRE CALIENTE) OCULTAS CON AISLANTE TÉRMICO.

Fuente: Mart.



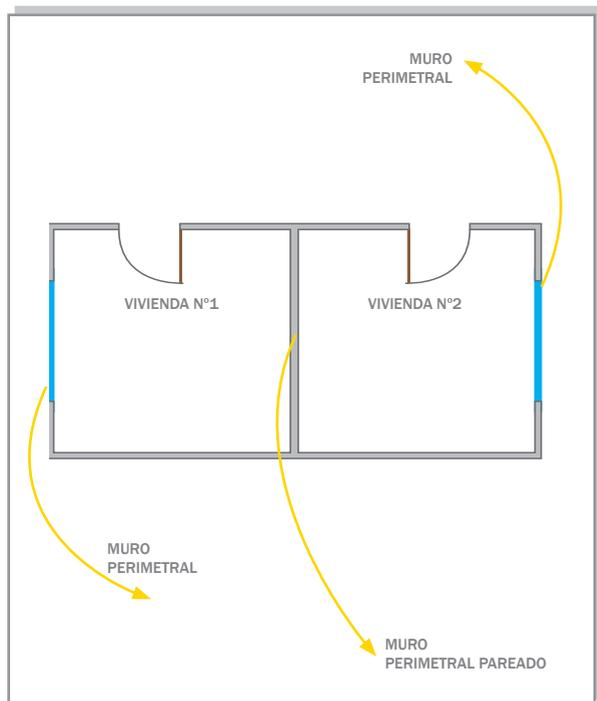
### 3.2 Muros

Se considera complejo de muro al conjunto de paramentos verticales, tanto estructurales como no estructurales, capaces de aislar una edificación del exterior o de una edificación vecina, así como de separar ambientes y/o recintos.

Los muros estructurales son los encargados de recibir las cargas de la techumbre y repartirlas en los cimientos. Mientras que los no estructurales, tienen una función más bien divisoria o separadora de ambientes.

Entre los muros perimetrales de una vivienda se pueden distinguir aquellos que se encuentran en contacto con el ambiente exterior, y aquellos que se encuentran en contacto con una vivienda vecina, llamados muros pareados (Figura 3 XXIX).

FIGURA 3-XXIX  
MUROS PERIMETRALES DENTRO DE UNA VIVIENDA.



Esta clasificación no es limitante en el caso de los muros perimetrales que tienen contacto con el exterior, ya que la solución aislante térmico puede ser ubicada tanto en el interior como en el exterior de la vivienda.

En enero de 2007 entró en vigencia la segunda etapa de la Reglamentación Térmica, la cual exige condiciones mínimas de transmitancia térmica (U) o resistencias térmicas totales ( $R_t$ ) para muros, dependiendo de la zona en que se emplace la edificación (Tabla 3.2-a).

TABLA 3.2-A

EXIGENCIAS MÍNIMAS DE TRANSMITANCIA Y RESISTENCIA TÉRMICA TOTAL SEGÚN ZONIFICACIÓN.

Fuente: Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones.

Zona Térmica	Muros	
	U W/m <sup>2</sup> K	$R_t$ m <sup>2</sup> K/W
1	4,0	0,25
2	3,0	0,33
3	1,9	0,53
4	1,7	0,59
5	1,6	0,63
6	1,1	0,91
7	0,6	1,67

Los muros se pueden encontrar en diferentes materialidades, destacando los tabiques con entramado de madera o metálicos, muros de hormigón armado, muros de albañilería, entre otros.

En función de la materialidad con la que se cuente, la principal decisión al momento de reacondicionar es la de ubicar la solución aislante térmico por el interior o el exterior del recinto a reacondicionar.

FIGURA 3-XXX  
SOLUCIÓN AISLANTE POR EL INTERIOR DE LA VIVIENDA.

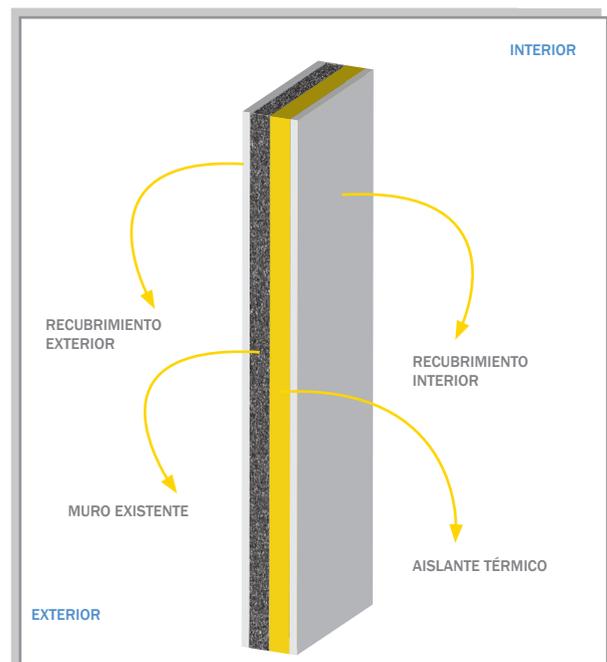
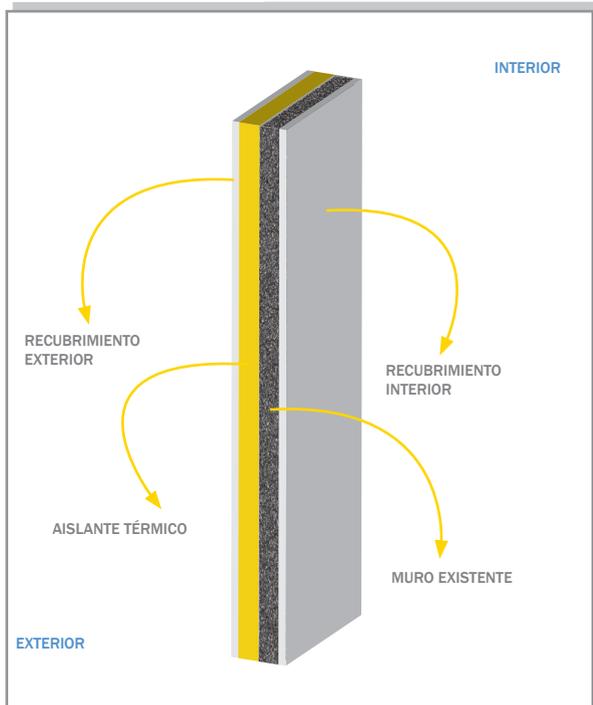


FIGURA 3-XXXI

SOLUCIÓN AISLANTE POR EL EXTERIOR DE LA VIVIENDA.



Además, al igual que en el caso de la techumbre, se puede considerar la incorporación de cámaras de aire, las que pueden ser no ventiladas, medianamente ventiladas o ventiladas.

### 3.2.1 Aislante térmico por el interior

La solución aislante térmico por el interior consiste en la instalación, por sobre la solución de muro existente, de un material con características aislantes térmicas por el interior del recinto a reacondicionar.

El objetivo de instalar un aislante térmico sobre la solución existente, al igual que en el caso del reacondicionamiento de techumbre, es aumentar la resistencia térmica total que presenta la envolvente del muro. Esta forma de aislación permite tener un rápido efecto en la calefacción y evita tener que encenderla con horas de anticipación para lograr una temperatura del aire agradable.

Las ventajas que presenta la instalación de la aislación térmica por el interior son las siguientes:

- En el caso de edificación en altura, permite el reacondicionamiento térmico

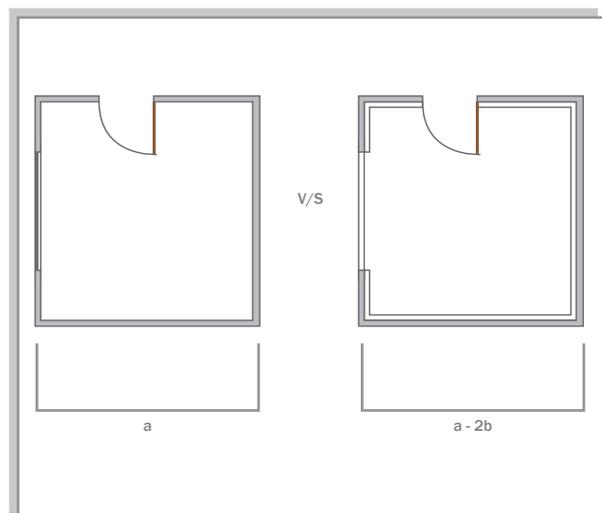
de cada vivienda de manera individual sin ser necesario intervenir la totalidad del edificio.

- Permite el reacondicionamiento térmico de algunas zonas o superficies de la vivienda, en el caso de que no fuese posible el reacondicionamiento en la totalidad del cerramiento.
- No interviene la fachada exterior de la vivienda, lo que permite conservar la terminación original existente.
- No es necesario el uso de andamios o escalas durante su instalación en el caso de viviendas de 2 o más pisos de altura.
- Permite corregir posibles problemas de plomo existentes en la estructura original del muro.

Una de las limitantes de reacondicionar por el interior es que, dependiendo del material aislante térmico a utilizar y del recubrimiento interior que éste necesitará, se disminuirá el área útil interior del recinto a reacondicionar (Figura 3 XXXII).

FIGURA 3-XXXII

SUPERFICIE INTERIOR SIN REACONDICIONAR<sup>9</sup> VS REACONDICIONADA<sup>10</sup>.



### 3.2.2 Aislante térmico por el exterior

La solución de aislante térmico por el exterior del muro existente consiste en la instalación de un material con condiciones aislantes térmicas por el exterior de la envolvente a reacondicionar.

Realizar el reacondicionamiento por el interior o por el exterior, no presenta diferencias en

<sup>9</sup>Suponiendo vivienda cuadrada con lados iguales a eje de largo "a".

<sup>10</sup>Suponiendo que el espesor de la solución de reacondicionamiento de aislación térmica es igual a "b".

cuanto a la resistencia térmica total que ofrecerá la envolvente, debido a que la sumatoria de las resistencias parciales es igual. Pero si hay que destacar los beneficios asociados al comportamiento higrotérmico dentro de la vivienda, cuando se usa el sistema de aislación térmica exterior (SATE)<sup>11</sup>, tales como:

- 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<sup>12</sup>.
- 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.

### 3.2.3 Aislante térmico más cámara de aire

Las cámaras de aire consisten en capas integradas a las envolventes, de manera tal que aumentan su resistencia térmica.

Las cámaras de aire pueden ser clasificadas en tres tipos:

- No ventiladas.
- Medianamente ventiladas.
- Ventiladas.

#### 3.2.3.1 Cámaras de aire no ventiladas

Las cámaras de aire no ventiladas, instaladas como solución aislante térmico para reacondicionar, consisten en la instalación de una capa de aire entre el material aislante y el material de muro existente.

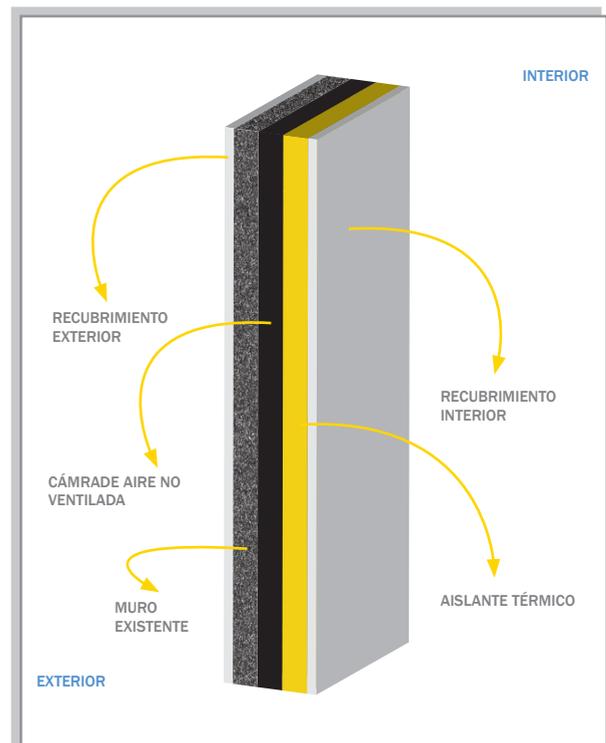
Para dar el espesor deseado a la cámara de aire es necesario disponer de una estructura o entramado, generalmente metálico o de madera, entre el aislante térmico y el muro original (Figura 3 XXXIII).

La nueva envolvente comprendería los siguientes elementos desde el exterior hacia el interior:

- Recubrimiento exterior.
- Muro existente.
- Cámara de aire no ventilada.
- Aislante térmico.
- Recubrimiento interior.

FIGURA 3-XXXIII

DISPOSICIÓN GENERAL SOLUCIÓN REACONDICIONAMIENTO CON CÁMARA DE AIRE NO VENTILADA.



Esta capa de aire se instala con el fin de aumentar la resistencia térmica total que ofrece la envolvente.

La cámara de aire es llamada no ventilada puesto que no permite el movimiento del aire en el interior, evitando de esta forma transmisiones de aire por convección a través de la misma.

#### 3.2.3.2 Cámaras de aire medianamente ventiladas y ventiladas

Las cámaras de aire medianamente ventiladas y ventiladas corresponden a capas de aire instaladas por el exterior del muro a reacondicionar.

A diferencia del caso anterior, estas cámaras se caracterizan por permitir la entrada del aire y en consecuencia, por contar con aire en movimiento al interior de la cámara.

<sup>11</sup>Ver “Aislación Térmica Exterior: manual de diseño para soluciones en edificación”, CDT.

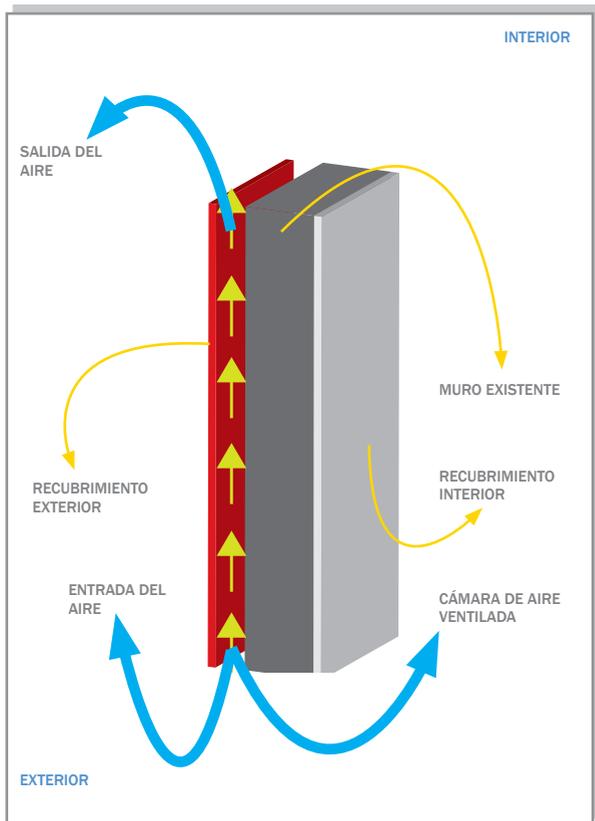
<sup>12</sup> Como se vio en el Capítulo 2.8, una mayor inercia térmica de las envolventes es beneficiosa en viviendas de uso continuo.

Para disponer del espacio para la cámara de aire, se debe incluir una estructura de capas metálicas capaz de dar el espesor necesario a la cámara. Las capas se encontrarán sujetas al muro por medio de sujeciones metálicas.

La entrada del aire se produce por la parte inferior del muro, debido a que la cámara se encuentra más caliente que el aire exterior, por lo que se produce un “efecto chimenea” (flujo convectivo), que genera la ventilación natural y continua de la cámara (Figura 3 XXXIV).

FIGURA 3-XXXIV

CÁMARA DE AIRE VENTILADA O FACHADA VENTILADA<sup>13</sup>.

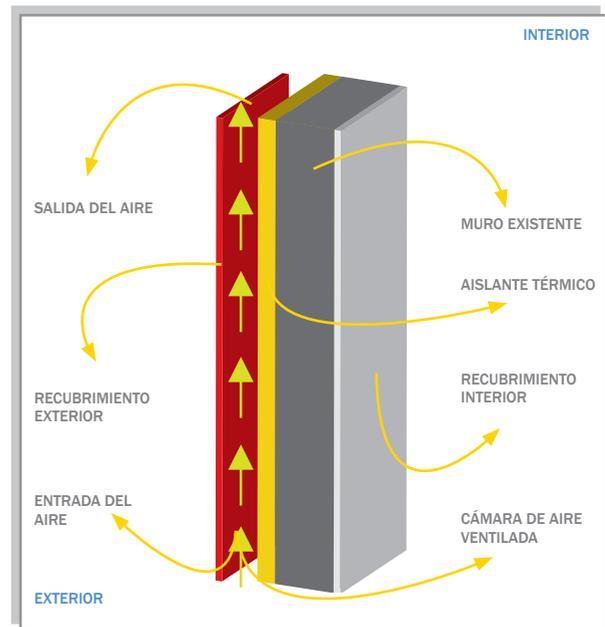


En este caso, la aislación térmica se ubicará por el exterior del muro existente, por lo tanto la disposición general desde el exterior hacia el interior de la solución será de la siguiente manera (Figura 3 XXXV):

- Recubrimiento exterior.
- Cámara de aire ventilada.
- Aislante térmico.
- Muro existente.
- Recubrimiento interior.

FIGURA 3-XXXV

DISPOSICIÓN GENERAL SOLUCIÓN RECONDICIONAMIENTO CON CÁMARA DE AIRE VENTILADA O FACHADA VENTILADA<sup>14</sup>.



La instalación del aislante térmico por el exterior más la incorporación de una cámara de aire, tiene numerosos beneficios, tales como:

- Disminuye la condensación intersticial

La instalación del aislante por el exterior en sí ya conlleva una disminución del riesgo de condensación intersticial, y mediante la incorporación de la cámara de aire ventilada se disminuye aún más, ya que ésta permite la difusión del vapor de agua existente en el muro original (“respiración” del muro).

- Elimina posibles puentes térmicos

La instalación del aislante térmico en la totalidad de la envolvente, por el exterior y de manera continua, permite la eliminación de fugas de calor por los posibles puentes térmicos existentes en la estructura original.

- Disipa el calor exterior

En períodos calurosos, el calor que penetra por las capas exteriores se ve disipado por el efecto de la ventilación convectiva generada por la cámara de aire. Se impide de esta manera que el calor traspase la estructura original y por consiguiente, al recinto interior.

<sup>13</sup>En la parte superior de la solución debe existir un cabezal protector con el fin de evitar la entrada de elementos ajenos a la solución. Y en la inferior protecciones contra la entrada de insectos.

<sup>14</sup>En la parte superior de la solución debe existir un cabezal protector con el fin de evitar la entrada de elementos ajenos a la solución. Y en la inferior protecciones contra la entrada de insectos.

- Aumenta inercia térmica

Que el aislante térmico se instale por el exterior permite aprovechar la inercia térmica, lo que resulta beneficioso tanto en invierno como en verano.

- Produce una cortina - corta lluvia

El revestimiento exterior aplicado a la envolvente actúa como una pantalla corta lluvia, que impide el paso de las aguas lluvias a la solución aislante y estructural existente del muro, protegiéndolo de los efectos de la humedad.

### 3.3 Pisos

Se entiende como piso a la envolvente inferior de una vivienda, la cual es la encargada de separar el interior de la vivienda del terreno natural (Figura 3 XXXVI) o bien del ambiente exterior (Figura 3 XXXVII).

FIGURA 3-XXXVI

PISOS EN CONTACTO CON TERRENO NATURAL.

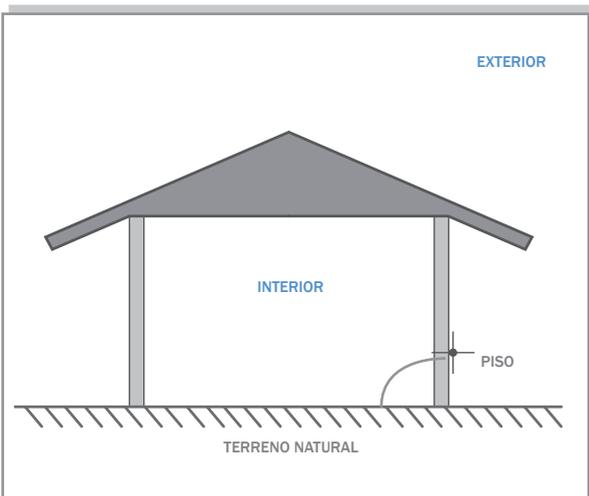
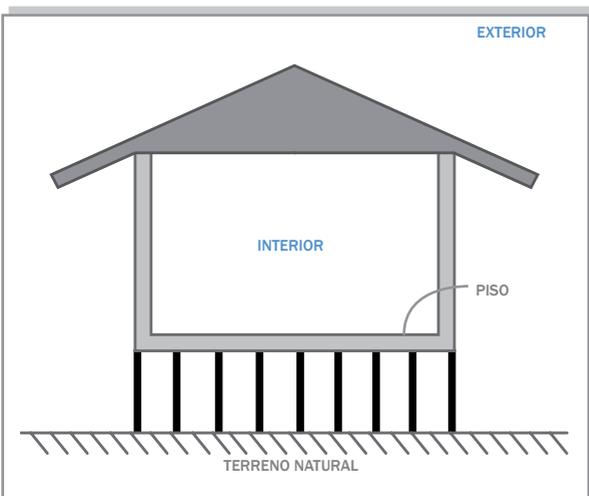


FIGURA 3-XXXVII

PISO EN CONTACTO CON EL AMBIENTE EXTERIOR.



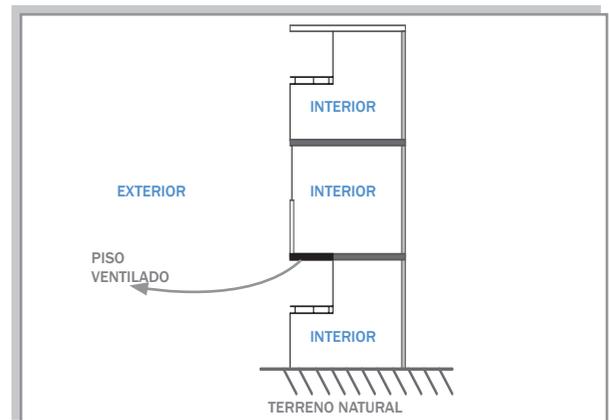
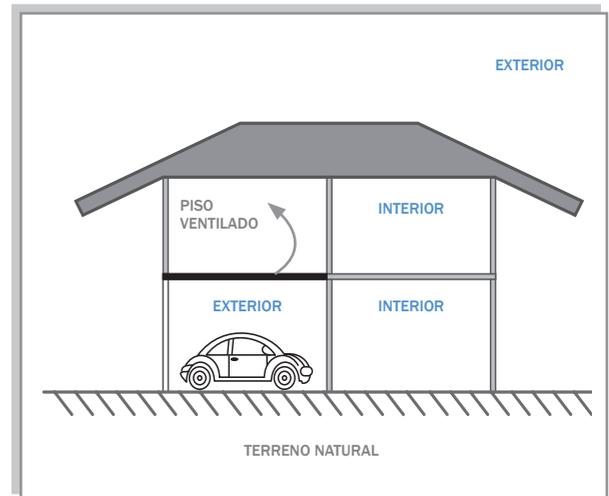
Si bien en los dos tipos de pisos identificados es posible considerar soluciones que permitan una mejor aislación térmica, el único caso que se encuentra reglamentado en cuanto a su resistencia térmica es el de la Figura 3 XXXVII, correspondiente a pisos ventilados.

#### 3.3.1 Pisos ventilados

Los pisos ventilados están definidos como el conjunto de elementos constructivos que no están en contacto con el terreno. Esto ocurre, por ejemplo, en viviendas donde el estacionamiento de la misma se encuentra techado y sobre éste existe un recinto habitable; o bien, en el caso de departamentos que se amplian hacia la terraza, dejándola como parte de la superficie útil, cuando el departamento inferior no ha realizado dicha ampliación (Figura 3 XXXVIII).

FIGURA 3-XXXVIII

EJEMPLO DE PISOS VENTILADOS.



Al igual que en el caso de la techumbre y muros, la manera de mejorar las condiciones térmicas del piso ventilado es mediante el aumento de la resistencia térmica total que ofrece la envolvente.

La exigencia para los pisos ventilados de la Reglamentación Térmica es:

TABLA 3.3-A

RESISTENCIAS TÉRMICAS MÍNIMAS DE PISOS VENTILADOS SEGÚN ZONA TÉRMICA.

Fuente: Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones.

Zona Térmica	Muros	
	U W/m <sup>2</sup> K	R <sub>t</sub> m <sup>2</sup> K/W
1	3,60	0,28
2	0,87	1,15
3	0,70	1,43
4	0,60	1,67
5	0,50	2,00
6	0,39	2,56
7	0,32	3,13

Para aumentar la resistencia térmica que ofrece el piso ventilado, las soluciones de reacondicionamiento pueden realizarse por el interior<sup>15</sup> de la vivienda o el exterior de la misma.

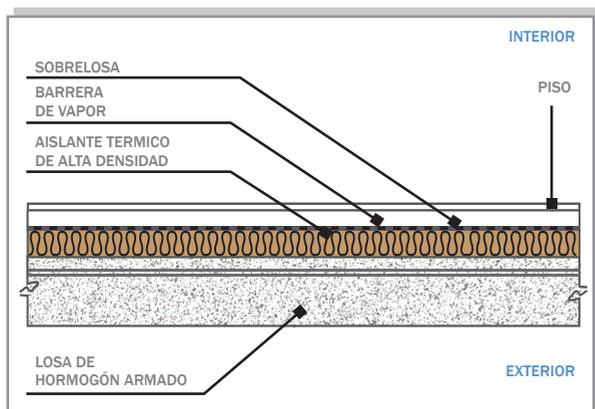
3.3.1.1 Aislante térmico por el interior

Consiste en instalar sobre la estructura de piso existente, un material aislante térmico que permita aumentar la resistencia térmica total de la envolvente, tal como se observa en la Figura 3 XXXIX.

FIGURA 3-XXXIX

PISO VENTILADO CON AISLANTE TÉRMICO POR EL INTERIOR.

Fuente: MART.



En el caso de departamentos, ésta es la única solución factible debido a que al instalar el aislante térmico por el exterior se estaría disminuyendo la altura piso a cielo terminado del recinto inferior. Por lo tanto, se recomienda escoger aislantes térmicos que proporcionen mayores resistencias térmicas en menores espesores, con el fin de respetar la altura mínima permitida legal.

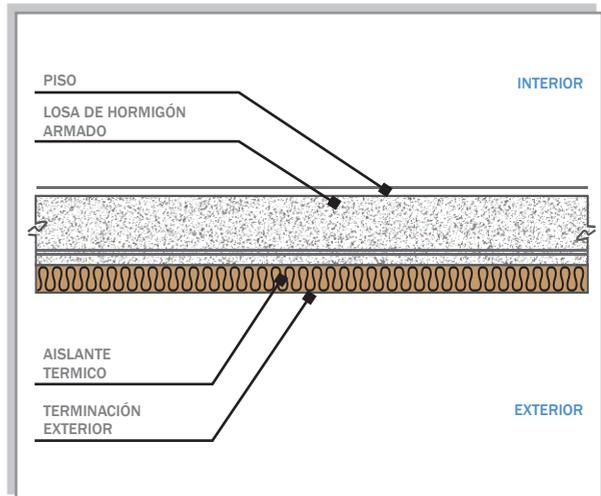
3.3.1.2 Aislante térmico por el exterior

Consiste en la instalación del material aislante térmico por la cara exterior del piso de la vivienda (Figura 3 XL).

FIGURA 3-XL

PISO VENTILADO CON AISLANTE TÉRMICO POR EL EXTERIOR.

Fuente: MART.



3.4 Vanos

Los vanos corresponden a todos aquellos espacios existentes en los cerramientos verticales ya sean de hormigón, albañilería, tabiquería, etc. que permiten la comunicación entre el exterior y el interior de la vivienda, así como también entre los distintos recintos que la componen.

Los vanos pueden ser tanto puertas como ventanas, incluyéndose también los elementos que permiten su instalación, como los marcos.

En el caso de las ventanas, éstas también pueden ubicarse en elementos horizontales como la techumbre, dado el diseño original de la vivienda.

<sup>15</sup>Sólo puede reacondicionarse por el interior en el caso de que el espesor de la solución escogida no sea lo suficientemente mayor para disminuir la altura piso a cielo terminado tanto que quede menor a 2,30 m.

### 3.4.1 Ventanas

Las ventanas tienen como función principal la entrada de luz natural al interior de las viviendas, así como la capacidad para ayudar en la ventilación de la misma. Dependiendo del modelo o solución de ventana utilizada se pueden obtener las siguientes ventajas:

- Disminuir costos de calefacción.
- Disminuir ruidos al interior de la vivienda.
- Aumentar seguridad.
- Mejorar iluminación natural.

La Reglamentación Térmica establece porcentajes máximos de superficies de ventanas respecto a paramentos verticales de la envolvente, dependiendo de la zona en la que se emplace la vivienda, tal como se puede ver en la siguiente tabla:

TABLA 3.4-A

RESISTENCIAS TÉRMICAS MÍNIMAS DE PISOS VENTILADOS SEGÚN ZONA TÉRMICA.

Fuente: Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones.

Zona Térmica	Ventanas		
	% Máximo de superficie vidriada respecto a paramentos verticales de la envolvente	DVH Doble vidriado hermético <sup>12</sup>	
	Vidrio monolítico <sup>11</sup>	$3,6 \text{ W/m}^2\text{K} \geq U > 2,4 \text{ W/m}^2\text{K}^{13}$	$U \leq 2,4 \text{ W/m}^2\text{K}$
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%

<sup>11</sup>Vidrio monolítico: De acuerdo a la Nch 132, se entenderá por aquel producto inorgánico de fusión, que ha sido enfriado hasta un estado rígido sin cristalización, formado por una sola lámina de vidrio.

<sup>12</sup>Doble vidriado hermético (DVH): De acuerdo a la Nch 2024, se entenderá por doble vidriado hermético el conjunto formado por dos o más vidrios paralelos, unidos entre sí, por un espaciador perimetral, que encierran en su interior una cámara con aire deshidratado o gas inerte.

<sup>13</sup>La doble ventana que forme una cámara de aire, se asimila al DVH, con un valor entre 3,6 y 2,4 W/m<sup>2</sup>K.

Como se puede observar, la única variable considerada en el acondicionamiento térmico de ventanas es el porcentaje de superficie vidriada y la utilización de uno, dos o más vidrios paralelos.

Pero para la instalación de los vidrios se debe incorporar una solución de marco, que puede ser de distintas materialidades. Dependiendo de la conductividad térmica de la materialidad utilizada, se pueden generar grandes puentes térmicos, provocando pérdidas por transmisión de calor muy significativas en algunos casos.

Otra variable que se debe evaluar al momento de reacondicionar térmicamente las ventanas de una vivienda, es el sellado de las uniones debidas a la instalación del marco. Esto para disminuir el riesgo de infiltraciones mediante una adecuada hermeticidad.

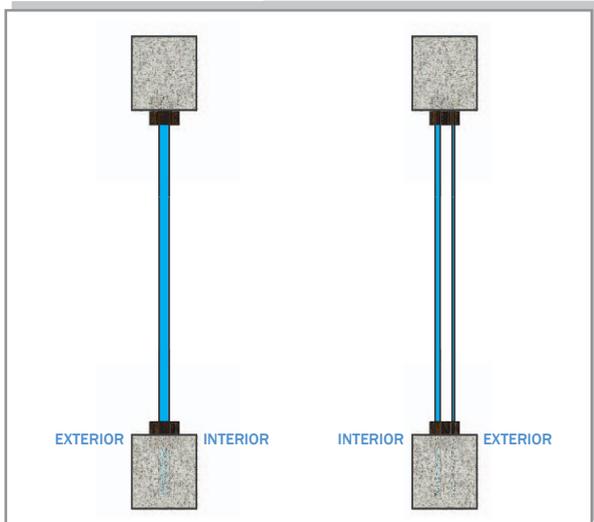
#### 3.4.1.1 Vidrios

Una de las formas más fáciles de reacondicionar las ventanas de una vivienda es mediante la incorporación de 2 o más hojas de vidrio paralelos.

La utilización de un doble o mayor vidriado hermético (Figura 3 XLI) permite aumentar la resistencia térmica que ofrece la ventana, dado el aumento en sus capas de vidrio y la incorporación de una o más cámaras de aire. Esta solución además de permitir un aumento en la transmitancia térmica, genera una mejora en la aislación acústica.

FIGURA 3-XLI

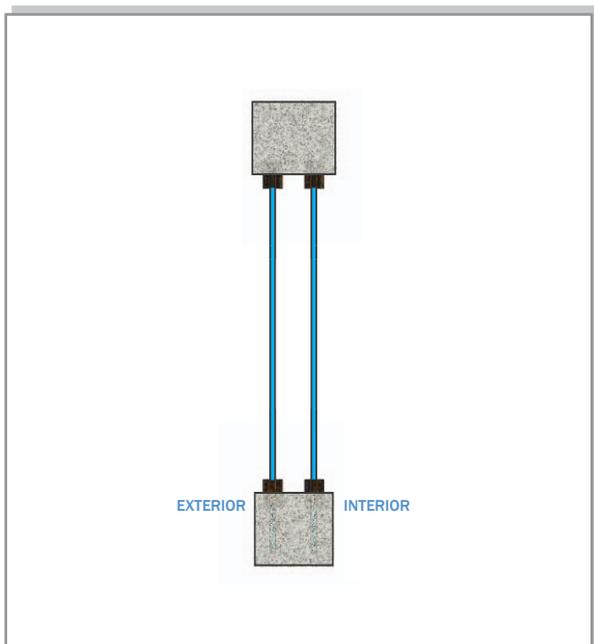
VENTANA CON UN VIDRIO O CRISTAL VS UN MAYOR VIDRIADO HERMÉTICO.



Otra opción que resulta muy conveniente, ya que permite conservar la estructura de ventana existente, es la instalación de una doble ventana, de vidrio simple. Esto se realiza fácilmente mediante la instalación de otra ventana monolítica junto a la existente (Figura 3 XLII). Si bien esta solución permite ahorrar costos en materiales, su desventaja es que disminuye la superficie útil del recinto. O bien, sólo puede ser considerada cuando se cuente con el espacio posible para la instalación de otro marco.

FIGURA 3-XLII

DOBLE VENTANA DE VIDRIADO SIMPLE.



Conjuntamente a las soluciones anteriores, existen vidrios o cristales que cuentan con mejores características permitiendo aumentar la aislación térmica ofrecida.

- Vidrios con recubrimientos

Existen vidrios a los que durante el proceso de fabricación se le aplican recubrimientos con el fin de mejorar sus propiedades, en este caso térmicas.

Para mantener la calefacción en el interior de un recinto, a través de una disminución en las pérdidas por los cristales de una ventana, se pueden utilizar vidrios que cuenten con un revestimiento de baja emisividad.

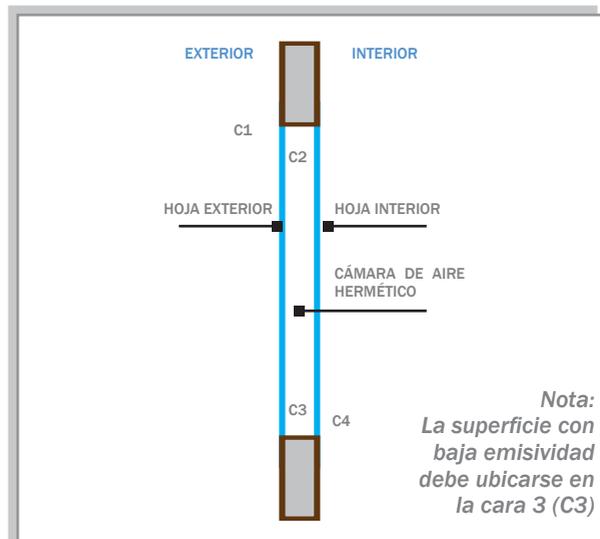
Los cristales con baja emisividad, también conocidos como “low e”, sólo pueden ser aplicados en soluciones de DVH, debido a que el objetivo es mejorar la resistencia térmica de la cámara de aire.

La baja emisividad implica que en el invierno se puede conservar alrededor del 66% de la energía que se vería perdida mediante un vidrio simple; y en el caso del verano, limita el ingreso de radiación solar debido a la utilización de un DVH, que mantiene el vidrio interior a menor temperatura.

Para que lo anterior ocurra, es importante cuidar en la instalación que la capa revestida con baja emisividad quede expuesta hacia la cámara de aire formada por el DVH (Figura 3 XLIII).

FIGURA 3-XLIII

INSTALACIÓN CRISTALES DE BAJA EMISIVIDAD.

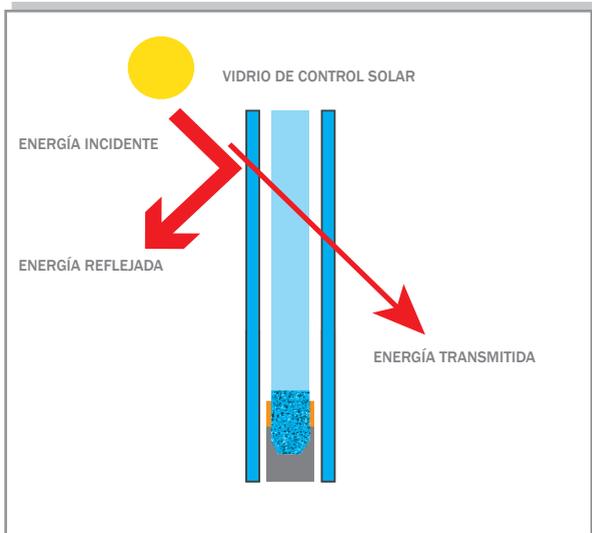


Otro revestimiento que mejora las características de los cristales es el revestimiento pirolítico, conocido como “solar e”, que tiene propiedades de control solar y baja emisividad. Este revestimiento se aplica en caliente durante la fabricación del vidrio en una de sus caras.

El control solar y la baja emisividad permiten disminuir los gastos de energía en calefacción y refrigeración en la vivienda.

FIGURA 3-XLIV

VIDRIO CON CONTROL SOLAR.

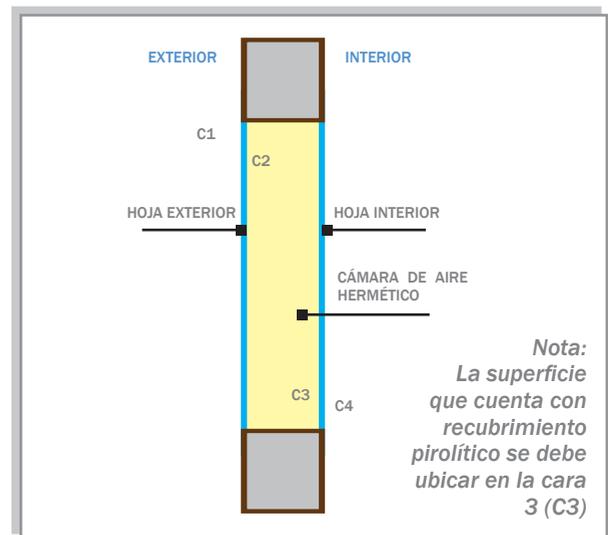
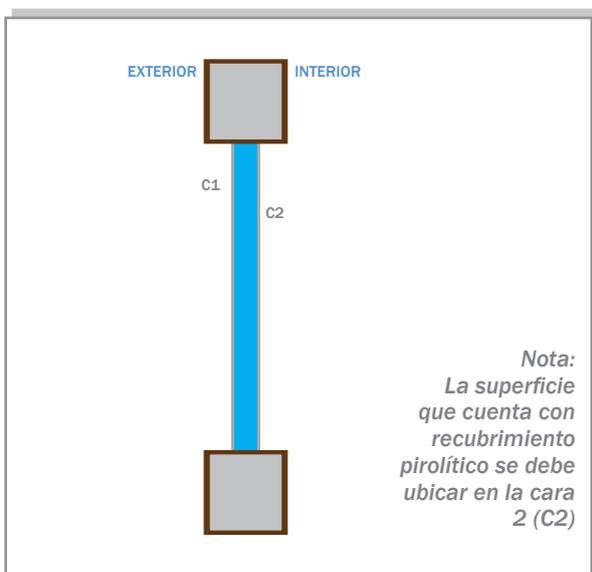


Si bien los vidrios con recubrimientos pirolíticos pueden ser utilizados como vidrio monolítico, para mejorar sus valores de aislación deben ser utilizados como DVH.

La manera correcta de instalar los vidrios con recubrimiento pirolítico, en el caso de contar con un vidrio monolítico, es con la cara revestida mirando hacia el interior del recinto. Mientras que en el caso de ser una ventana que cuente con DVH, las caras revestidas deben mirar siempre hacia la cámara de aire (Figura 3 XLV).

FIGURA 3-XLV

CORRECTA INSTALACIÓN DE VIDRIOS CON RECUBRIMIENTO PIROLÍTICO.

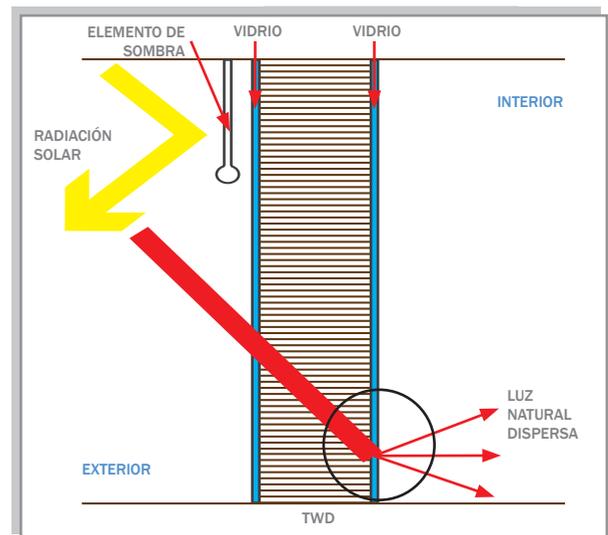


• Aislantes térmicos transparentes

Los aislantes térmicos transparentes presentan los mismos beneficios de los aislantes térmicos tradicionales, por ejemplo, bajos coeficientes de transmitancia térmica. Pero, además, permiten la entrada de iluminación natural al recinto, lo que resulta muy beneficioso y hace la diferencia al momento de elegir qué tipo de vidrio utilizar (Figura 3 XLVI).

FIGURA 3-XLVI

AISLACIÓN TÉRMICA TRANSPARENTE EN SUPERFICIES VIDRIADAS.



Las ventajas que presenta la utilización de aislantes térmicos transparentes son:

Mejor aprovechamiento de la iluminación natural:

- En comparación con las ventanas que cuentan con vidrios tradicionales, las ventanas con aislación transparente difunden la radiación solar directa, lo que elimina la posibilidad de encandilamiento.

- Mayor superficie vidriada, sin aumento de gastos en calefacción:

Debido a la menor transmitancia térmica en comparación a los vidrios tradicionales, las pérdidas de calor a través de las ventanas son menores.

- Aumento de sensación de confort:

Frente a ventanas que poseen un bajo soleamiento o durante la noche, las ventanas con aislación térmica transparente eliminan la sensación de bajas temperaturas por el interior del recinto.

El único inconveniente del uso de ventanas con aislación transparente es la baja visibilidad hacia el exterior que éstas presentan. Significando, que se haga necesario contar con aberturas adicionales que puedan garantizar la completa visibilidad con el exterior.

### 3.4.1.2 Marcos

Corresponden a la perfilería que permite el montaje de la o las hojas de vidrio en los vanos, o donde sea necesaria, según diseño, la instalación de ventanas.

Generalmente dependiendo del costo, o del diseño arquitectónico de la vivienda, la materialidad de los marcos de las ventanas varía.

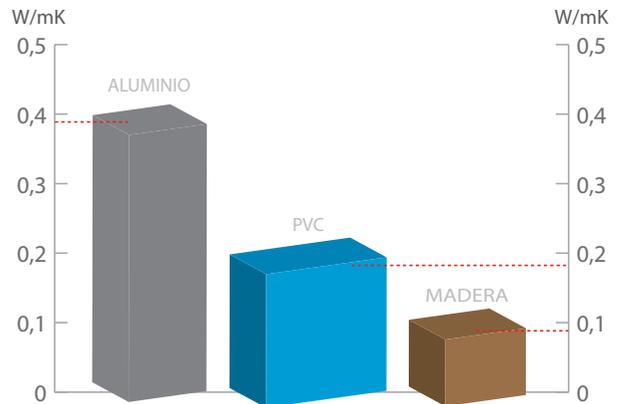
Debido a que la materialidad de los marcos no se encuentra sujeta a la Reglamentación Térmica, se suele elegir aquellos de menor costo, que habitualmente no implican mejores características térmicas, por lo tanto, todos los beneficios obtenidos por la incorporación de mejores características en los cristales de las ventanas pueden verse perjudicados por la utilización de marcos de peores características térmicas.

Dentro de las materialidades más comunes de marcos de ventanas destacan la madera, el aluminio y el PVC.

Un factor considerable en la elección del material a utilizar como marco para las ventanas de una vivienda es la conductividad térmica que éste posea. Cabe señalar que en conductividad térmica el PVC y la madera tienen una ventaja significativa en comparación al aluminio, tal como se ilustra en la Figura 3 XLVII.

FIGURA 3-XLVII

CONDUCTIVIDADES TÉRMICAS DE LOS PRINCIPALES MATERIALES UTILIZADOS EN MARCOS DE VENTANAS.



Como se sabe, una mayor conductividad térmica representa mayores pérdidas, pero éste no es el único factor a evaluar, puesto que para determinar la transmitancia térmica que ofrecen los distintos materiales también van a influir los espesores y la geometría de los perfiles utilizados. A modo de ejemplo, en el caso de ventanas tradicionales los valores de la transmitancia térmica de los perfiles se pueden observar en la Tabla 3.4-b.

TABLA 3.4-B

TRANSMITANCIAS TÉRMICAS DE MATERIALES MÁS UTILIZADOS COMO MARCOS PARA VENTANAS.

Material	U (W/m <sup>2</sup> K)
PVC	2,0
Madera	2,0 - 2,2
Aluminio RPT 12 mm	3,2
Aluminio RPT 4 mm	4,0
Aluminio	5,7

- Madera

El uso de la madera como material de marco para ventanas generalmente se debe a una preferencia por diseño arquitectónico.

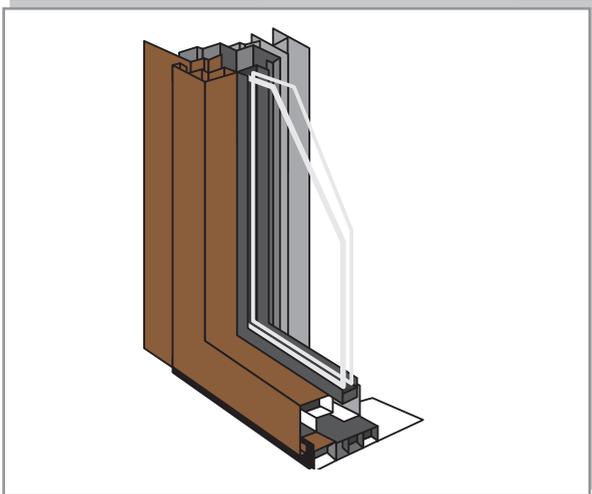
Se recomienda que la madera utilizada en este tipo de marco sea laminada para dar mayor estabilidad a la solución.

Dependiendo de la calidad del marco utilizado, se debe privilegiar aquellos que se encuentren protegidos frente al ataque de termitas y pudrición.

Existen soluciones de marcos que combinan el uso del aluminio con la madera. Se trata de un producto utilizado principalmente en edificios, ya que se compone de una estructura de madera por el interior de la vivienda y una de aluminio por el exterior (Figura 3 XLVIII).

FIGURA 3-XLVIII

MARCO COMBINADO MADERA – ALUMINIO.



Una desventaja de la madera es que necesita de mantenciones periódicas y constantes para que sus propiedades no se vean alteradas. Así se limitan los riesgos de que, por ejemplo, en condiciones de humedad la madera se hinche y en consecuencia, se curve. Esto provoca que el contacto entre la ventana y el marco no sea el adecuado, disminuyendo sus propiedades de barrera frente a la entrada del aire, y de aislamiento acústico.

- Aluminio

Una de las mayores ventajas del uso del aluminio como marcos para ventanas es que no se oxida ni cambia de color. Además, al ser de menor espesor permite una mayor iluminación y también disminuye el riesgo de tropezarse cuando se instalan con función de puerta – ventana.

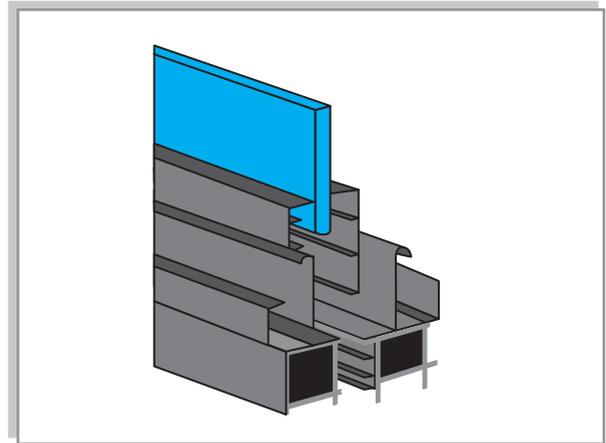
Una de las desventajas del aluminio es su alta conductividad térmica, lo que genera el efecto de temperaturas muy bajas en la superficie interior durante el invierno. Esto puede provocar condensación superficial, lo que significa que las ventanas se encuentren mojadas conllevando a riesgos aún mayores en el resto de los elementos que componen la vivienda.

Si bien el aluminio como solución es una de las que cuenta con mayor conductividad térmica, existen soluciones que buscan eliminar la transmisión del calor mediante un sistema de ruptura de puente térmico (RPT).

El RPT consiste en la incorporación de elementos separadores de baja conductividad térmica. Éstos conectan los elementos interiores y exteriores de la perfilería, permitiendo una disminución de la transmitancia térmica que ofrece el marco, mejorando a la vez su comportamiento térmico (Figura 3 XLIX).

FIGURA 3-XLIX

SISTEMA RPT.



Además, existen perfiles de aluminio cubiertos con PVC en una de sus caras, generalmente la cara que da hacia el interior del recinto.

- PVC

El PVC, policloruro de vinilo, utilizado como marco para ventanas es un aislante natural que se caracteriza por ser un mal conductor de calor. En comparación a otros materiales, tales como la madera y el aluminio, el PVC es el material que presenta menor transmitancia térmica, siendo ésta de alrededor de  $2 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Una ventaja del uso del PVC es que no se ve afectado por el clima o la contaminación, de manera tal que las ventanas que cuentan con este material se mantienen inalterables durante su vida útil, la que puede ser superior a los 50 años, y nunca se ve afectada su estabilidad estructural, a diferencia del aluminio que puede tener problemas de corrosión y la madera que corre el riesgo de pudrirse, astillarse, desconcharse o descascarillarse.

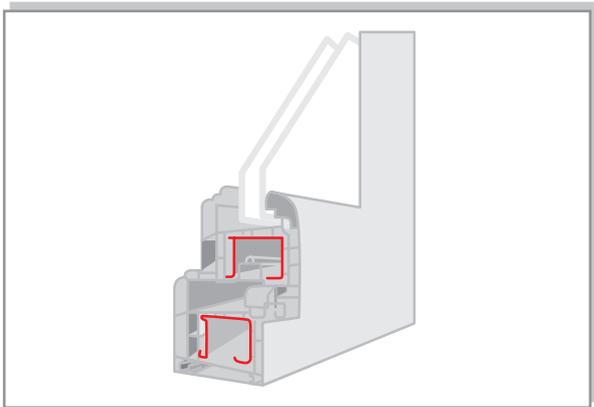
El PVC, a diferencia del aluminio, dada su baja conductividad térmica no tiene riesgos de condensación superficial. Por lo tanto, no necesita de rotura al puente térmico, ya que el perfil por completo rompe dicho puente térmico.

Las carpinterías de PVC presentan un mejor comportamiento térmico que otras de diferentes

materialidades, ya que son capaces de reducir en más de un 37% el consumo energético de un edificio en comparación a las de aluminio con RPT de 12 mm, y en más de un 50% en comparación a las de RPT de 4 mm. En algunos casos, incluso puede reducir el consumo en un 15% con respecto a carpinterías de madera.

FIGURA 3-L

#### CARPINTERÍA PVC.



En la actualidad, existen también perfiles de PVC rellenos con espuma de poliuretano. Esto se realiza mediante la inyección del poliuretano dentro del perfil, donde se expande, siendo capaz de sellarlo como una única masa, aumentando de esta manera las propiedades tanto térmicas como acústicas de la ventana.

Por lo tanto, las principales ventajas del PVC se pueden resumir en:

- Buen aislante térmico.
- Alto aislamiento acústico.
- Gran vida útil.
- Durabilidad del color.
- Baja permeabilidad al aire.
- Estanqueidad frente al agua.
- Bajo riesgo a condensación superficial.
- Fácil limpieza.
- No corre riesgos frente a la contaminación.
- Bajo mantenimiento.

### 3.4.2 Puertas

Las puertas tienen como función comunicar el interior con el exterior de una vivienda, o bien dos recintos dentro de la misma. Brindan protección frente a agentes climáticos y dan seguridad a los habitantes de la vivienda de manera estable.

Una función poco reconocida es el ahorro energético que puede otorgar una puerta si se visualiza como un elemento a reacondicionar térmicamente.

Ahora bien, en cuanto a aislamiento térmico,

las puertas que más influyen son aquellas encargadas de separar el interior del exterior, por lo tanto, son las que se deben reacondicionar térmicamente.

La Reglamentación Térmica actual no establece exigencias mínimas de resistencia térmica a puertas, pero en el caso de que éstas sean vidriadas o tengan parte de su superficie vidriada se equiparan a las ventanas y sí deben cumplir con ciertos requisitos: a las puertas vidriadas, en cuanto a reacondicionamiento térmico, se le aplican los mismos tipos de soluciones que a las ventanas, siendo los casos a evaluar las puertas de otras materialidades.

La mayor o menor aislación térmica que puede otorgar una puerta depende del material de la misma, dentro de los cuales destacan la madera, la fibra de vidrio y el PVC; o bien, la composición que ésta tenga, es decir, si está compuesta por un solo material o es un “sándwich” de materiales o componentes. Esto incide en la resistencia térmica total que la puerta oponga, dependiendo de las conductividades térmicas y espesores de cada una de las capas.

Por otro lado, al igual que en el caso de las ventanas, el asegurar un correcto cierre, hermético, mediante un adecuado sellado, impidiendo el ingreso de corrientes de aire y lluvia, también ayuda a mejorar las condiciones de aislación térmica al interior de la vivienda.

Las puertas se pueden clasificar en sólidas o con relleno. Las primeras son aquellas que están compuestas por un solo material homogéneo, generalmente madera, elaboradas con piezas de madera ensambladas con, en promedio, tres largueros verticales y cuatro piezas horizontales, ensambladas por tarugos, más seis paneles unidos a las piezas principales. Las puertas con relleno cuentan con placas de distintas materialidades fijadas mediante un bastidor y un cabezal perimetral, rellenas con distintos materiales dependiendo de la finalidad de la puerta.

#### 3.4.2.1 Puertas con núcleo relleno

Las puertas rellenas se pueden diferenciar según el material de sus placas o según el relleno con el que cuentan.

- Madera

Las puertas de madera pueden ser del tipo MDF (fibras de densidad media), HDF (fibras de alta densidad), tableros aglomerados, entre

otros. Para otorgarles resistencia se rellenan en su interior con cartón corrugado o honey comb (cartón tipo panel de abeja). Buscando una mayor resistencia térmica, también existen con relleno de poliestireno expandido.

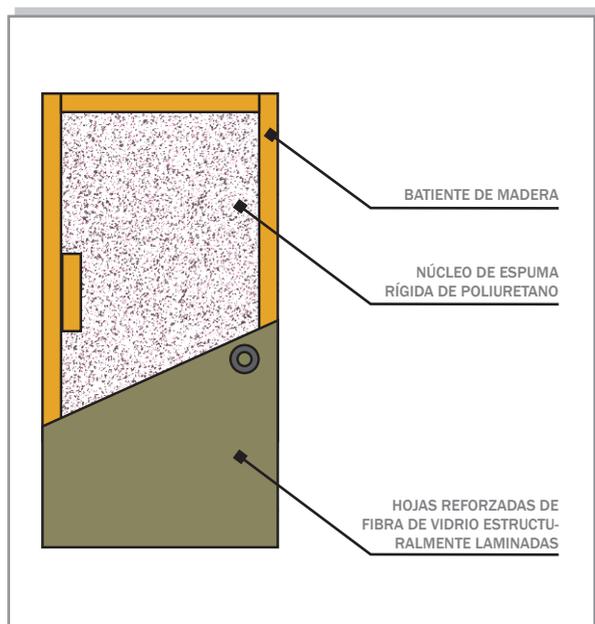
- Fibra de vidrio

Las puertas con tableros de fibra de vidrio se caracterizan por su alta resistencia mecánica y a impactos, lo que las hace perfectas para el uso en exteriores.

Se componen por dos hojas de fibra de vidrio unidas a través de batientes de madera, las que además pueden estar rellenas con poliuretano rígido, factor relevante ya que permite dar gran aislamiento térmico y acústico a la puerta (Figura 3 LI).

FIGURA 3-LI

PUERTA FIBRA DE VIDRIO.



### 3.4.2.2 Puertas de PVC

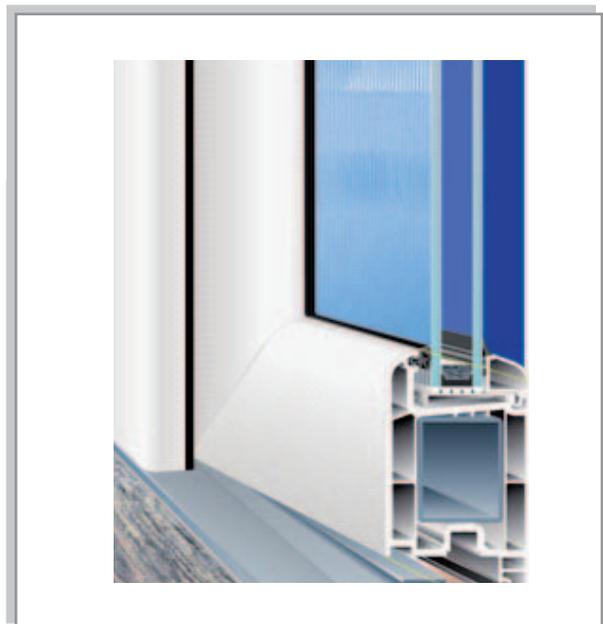
Al igual que en el caso de las ventanas, el PVC presenta numerosas características que hace preferible su utilización.

Existen puertas de PVC que, dada su alta capacidad de cierre, permiten lograr una gran hermeticidad impidiendo la entrada de corrientes de aire de manera incontrolada.

Por lo tanto, el elegir puertas con un excelente cierre, más las características propias del PVC (baja transmitancia térmica en comparación a otras materialidades) y sumándole un doble vidriado hermético, resulta de un gran beneficio térmico.

FIGURA 3-LII

CORTE PUERTA DE ABATIR DE PVC.



### 3.4.2.3 Instalación

Un factor de gran relevancia en la aislación térmica final que otorga la puerta, es su correcta instalación. Para esto es necesario tomar algunas medidas que se detallan a continuación:

- Aclimatación (puertas de madera):

Es recomendable que las puertas se encuentren en el lugar donde serán instaladas al menos 24 horas antes. Esto por las características higroscópicas de la madera, es decir, su capacidad de absorber o ceder humedad dependiendo del ambiente en que se encuentre. De este modo, en caso de hincharse o contraerse, esto ocurrirá de manera previa a su instalación, previniendo futuros problemas.

- Plomos y alineación:

Previo a la instalación del marco, se debe revisar que los muros donde se instalará se encuentren aplomados y a nivel. Además se debe contar con una holgura de 1 cm de ancho y 5 mm de alto en relación a las dimensiones del marco, así se asegura una correcta instalación.

- Instalación de acuerdo a indicaciones de proveedor:

La instalación de las puertas, ya sean tradicionales o pre-colgadas debe realizarse de acuerdo a lo indicado por el proveedor de las mismas.

- **Chequeo final:**

Se recomienda, una vez finalizada la instalación, revisar plomos y nivel de la puerta, así como la correcta apertura y cierre de la misma, para asegurar que no existan posibles fugas de aire entre sus uniones.

### 3.4.3 Sellos

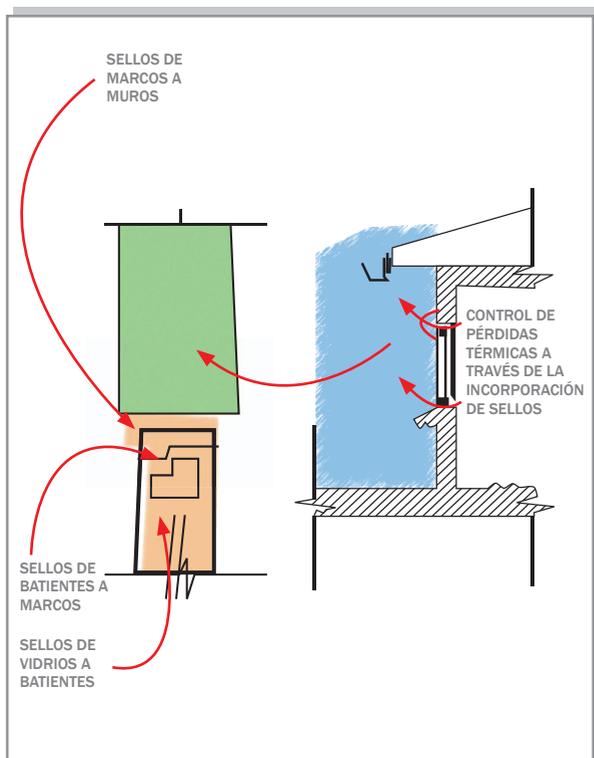
Los sellos, tanto en puertas como en ventanas, tienen como objetivo obtener la mayor hermeticidad posible de las uniones existentes entre los distintos componentes.

En el caso de no existir hermeticidad entre las uniones, se corre el riesgo de fugas térmicas debido a una infiltración incontrolada. Entonces, resulta indispensable la incorporación de sellos capaces de impedir la entrada de aire y agua en las uniones entre los distintos elementos.

En las ventanas, el número de sellos necesarios es mayor, puesto que la cantidad de elementos que las componen también es mayor. En este caso, se deben ubicar sellos entre vidrios y batientes, batientes y marcos, y entre marcos y muros (Figura 3 LIII). Mientras que en las puertas, los únicos sellos necesarios son entre la junta de marcos y muros.

**FIGURA 3-LIII**

**SELLOS NECESARIOS PARA CONTROLAR PROBABLES FILTRACIONES.**



En cuanto a los sellos entre muros y marcos, éstos son instalados en obra y dependen principalmente de la materialidad del marco, tanto en puertas como en ventanas.

Un correcto sellado de la junta de conexión entre muros y marcos implica tanto sellos interiores como exteriores, ya que al no sellar de forma correcta se arriesgan costos asociados, principalmente en un mayor consumo energético o en un futuro resellado.

Los principales riesgos asociados a un sellado deficiente son:

- Pérdidas de calor por infiltraciones de aire.
- Infiltraciones directas de aguas lluvias desde el exterior.
- Riesgos de condensación superficial, por efecto de la junta fría.

La junta de conexión entre el marco y el muro se ve enfrentada por distintas sollicitaciones, siendo diferentes las que afectan por el lado interior de la vivienda a las del exterior.

En el interior, la junta se ve solicitada por la humedad y la temperatura interior, mientras que por el exterior los factores son mayores, ya que afectan la lluvia, el calor, la radiación UV, el viento y los ruidos. Un sello apropiado debe ser capaz de enfrentar todos los factores enunciados, y dada la diferencia entre aquellos que afectan por el exterior y el interior, se debe sellar en ambos lados.

Un correcto sellado de la junta debe cumplir con las siguientes funciones:

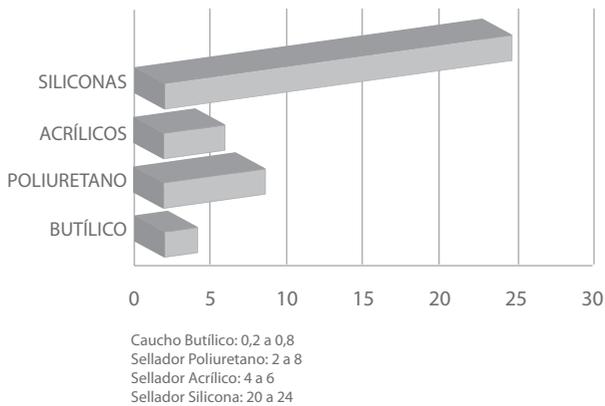
- Hermético al paso del aire.
- Tanto por el interior como por el exterior de la vivienda.
- La resistencia a la difusión del vapor de agua debe ser mayor por el interior que por el exterior.
- Previa a su instalación se debe verificar que las superficies se encuentren limpias, lisas y firmes.

Dependiendo de la naturaleza del sello, varía la capacidad que tenga para oponerse al paso del agua tal como se observa en la Figura 3 LIV.

FIGURA 3-LIV

VOLUMEN DE DIFUSIÓN DE VAPOR DE AGUA PROMEDIO DE LOS DISTINTOS SELLADORES (GR/M2.D)

Fuente: David Lavandero. Claudio Guzmán. Sellos en Puertas y Ventanas: Primeros Pasos Hacia la Especialización. Revista BIT N°29, Marzo 2003.



Tal como se enunció anteriormente, dependiendo si el sello es interior o exterior, las funciones a las que se ve solicitado varían. Por lo tanto, el sello interior como el exterior pueden ser de distintas materialidades. A continuación se presentan algunas combinaciones de sellos según la materialidad del marco en orden de prioridad.

TABLA 3.4-C

COMBINACIONES DE SELLADORES.

Fuente: David Lavandero, Claudio Guzmán, Sellos en puertas y ventanas: Primeros pasos hacia la especialización, Revista BIT n° 29, Marzo 2003.

Sellado Exterior con	Sellado Interior con	Ventana	Estructura
Sellador Poliuretano	Caucho Butílico	Aluminio	Hormigón, Estuco y Ladrillo Prensado
Sellador Poliuretano	Sellador Acrílico		
Silicona Neutra	Caucho Butílico		
Silicona Neutra	Sellador Acrílico		
Sellador Acrílico	Caucho Butílico		
Sellador Acrílico	Sellador Acrílico		
Poliuretano	Sellador Acrílico	Madera	Hormigón, Estuco y Ladrillo Prensado
Silicona Neutra	Sellador Butílico	PVC	Hormigón, Estuco y Ladrillo Prensado
Sellador Poliuretano	Sellador Poliuretano		
Sellador Poliuretano	Caucho Butílico		
Sellador Poliuretano	Sellador Poliuretano		
Sellador Poliuretano	Caucho Butílico	Aluminio, Madera y PVC	Metales protegidos contra la corrosión



## INFORMACIÓN DE CONTACTO

**nombre tipo de producto**  
Placa de yeso cartón con poliestireno expandido.  
Sistema W631

**nombre del producto de la empresa**  
Polyplac® Knauf

**empresa**  
Knauf de Chile Ltda.

**web**  
[www.knauf.cl](http://www.knauf.cl)

**teléfono**  
56 - 2 - 584 9400

**fax**  
56 - 2 - 584 9450

## 1. DESCRIPCIÓN

### 1.1. Definición

Polyplac® es un revestimiento para muros conformado por la unión de una placa de yeso cartón con borde rebajado y una plancha de poliestireno expandido de densidad 15 Kg/m<sup>3</sup> y espesores del material aislante de 10-20-30 y 60mm., según zona térmica.



Se utiliza como revestimiento interior en muros perimetrales de hormigón o albañilería, con el fin de mejorar su aislamiento térmico, de acuerdo al artículo 4.1.10 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones.

### 1.2 Usos principales

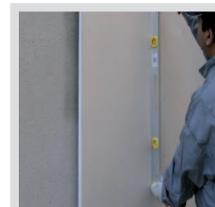
- Mejora el aislamiento térmico de muros.
- Permite ahorrar en calefacción.
- Reduce el riesgo de condensaciones.
- Sistema seco y limpio.
- Fácil y rápido de instalar.
- Permite incorporar instalaciones eléctricas fácilmente.
- Mejora la habitabilidad y por tanto la calidad de vida.

**Formatos:** Dimensiones: 1,20 x 2,40 mts.

Con placa de yeso cartón ST de 10 mm., y placa de yeso cartón RH de 12,5 mm., de espesor.

**Almacenamiento:** Se debe almacenar en un lugar seco, libre de la intemperie evitando el contacto directo con el piso para evitar que absorba humedad. No exponer a radiaciones.

### 1.3 Imágenes



## 2. INFORMACIÓN TÉCNICA

### 2.1. Características cuantitativas y/o cualitativas

EJEMPLOS DE ZONIFICACION TERMICA			
ZONA N°	CIUDADES	MUROS	
		RT m <sup>2</sup> k/W	U w/m <sup>2</sup> k
1	Arica, Iquique, Antofagasta, Copiapó, La Serena	0,24	4,0
2	Valparaíso	0,33	3,0
3	Santiago, Rancagua	0,53	1,19
4	Talca, Concepción, Los Angeles	0,59	1,7
5	Temuco, Villarrica, Osorno, Valdivia	0,63	1,6
6	Puerto Montt, Frutillar, Chaitén	0,91	1,1
7	Coyhaique, Punta Arenas	1,67	0,6

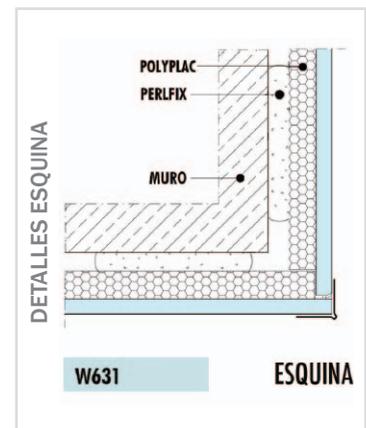
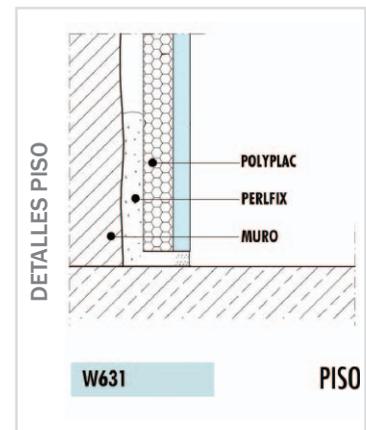
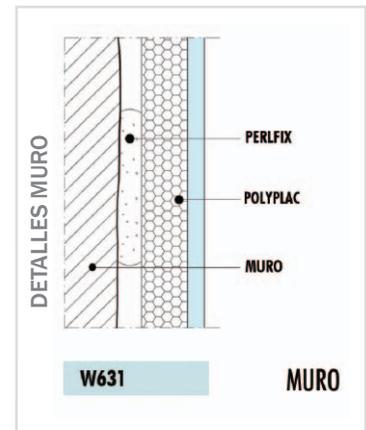
Cuadro referencial, una misma ciudad puede tener más de una zonificación térmica. Ej.: La Serena zona 1, sobre los 1000 metros sobre el nivel del mar es zona 3. Verificar el detalle de cada zona en [www.mart.cl](http://www.mart.cl)

POLYPLAC® ST		
ESPESOR mm	RT m <sup>2</sup> k/W	U w/m <sup>2</sup> k
20	0,2838	3,5236
30	0,5259	1,9014
40	0,7681	1,3020
70	1,4945	0,6691

Cálculo según NCH 853. OF91 "Acondicionamiento térmico - Envoltente térmica de edificios - Cálculo de resistencias y transmitancias térmicas". Los valores están referidos sólo al producto y no a la solución completa del muro.

POLYPLAC® RH		
ESPESOR mm	RT m <sup>2</sup> k/W	U w/m <sup>2</sup> k
22,5	0,2902	3,4458
32,5	0,5323	1,8785
42,5	0,7745	1,2912
72,5	1,5009	0,6663

Cálculo según NCH 853. OF91 "Acondicionamiento térmico - Envoltente térmica de edificios - Cálculo de resistencias y transmitancias térmicas". Los valores están referidos sólo al producto y no a la solución completa del muro.



## 3. NORMAS Y ESTÁNDARES DE CALIDAD QUE SATISFACE

**Normativa y Reglamentación:** NCh 2251 Of 94; NCh 853 Of 91  
O.G.U.C. Artículo 4.1.10. Acondicionamiento Térmico.

- El muro deberá estar limpio y libre de residuos. En muros de hormigón armado y albañilería, se recomienda lavar la superficie con ácido muriático diluido en agua antes de la aplicación (1/10).
- En el reverso de Polyplac®, por el lado del poliestireno expandido, aplicar pasta de pegamento Perfix® en porciones del tamaño de un puño aproximadamente, disponiéndolas en líneas en el perímetro cada 25cm., y en el centro dos corridas cada 35cm.
- Con un martillo de goma, golpear despacio para asentar la placa.
- Revisar niveles verticales, alinear y aplomar.
- La placa Polyplac® deberá quedar perfectamente vertical y deberán coincidir los niveles de las juntas.

### Tratamiento de juntas

En la unión entre planchas de Polyplac® se realizará el tratamiento de juntas sobre las placas de yeso cartón, éste se efectuará con masilla y cinta Knauf.

CONSUMO ESTIMADO POR M <sup>2</sup> POLYPLAC		
COMPONENTE	UNIDAD	CANTIDAD (*)
POLYPLAC®	M <sup>2</sup>	1
PERLIFIX®	KG	3,5
CINTA P/JUNTAS	ML	0,75
MASILLA KNAUF	KG	0,3

Nota  
Para mayor información sobre la instalación de Polyplac® ver instructivo "Montaje de Polyplac® Sistema W631"

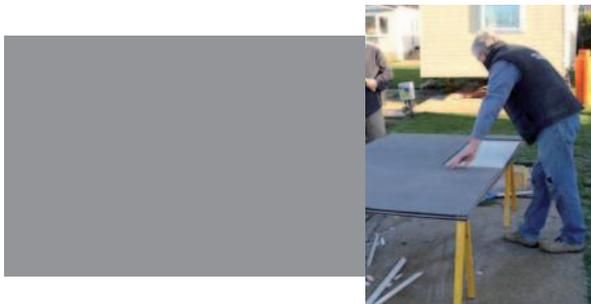
IDENTIFICACIÓN	
POLYPLAC® ST	
CÓDIGO	ESPESOR
97825	20 mm
97826	30 mm
97827	40 mm
97830	70 mm
POLYPLAC® ST	
103249	22,5 mm
103250	32,5 mm
103251	42,5 mm
103252	72,5 mm



# Casos Reales de Reacondicionamiento

# CAPÍTULO IV

## Casos Reales de Reacondicionamiento



### Casos Reales de Reacondicionamiento

Durante los años 2008 y 2009 , el Ministerio de Vivienda y Urbanismo, en conjunto con el Programa País de Eficiencia Energética, llevaron a cabo la ejecución de la primera etapa del subsidio de reacondicionamiento térmico en la IX región, específicamente en la comunas de Temuco y Padre las Casas.

Esta primera etapa consistió en el reacondicionamiento o mejoramiento térmico de viviendas de 504 familias, seleccionadas a través de la asignación de un subsidio correspondiente a UF 100, para viviendas con un valor inferior a UF 650.

A continuación se presentarán algunos casos de las viviendas que se vieron beneficiadas por este subsidio, las cuales se mejoraron a través de la intervención en el complejo de la techumbre, muros, pisos ventilados y ventanas.

## 4.1 Casos

**Nombre Proyecto:** Comité Mejoramiento Calidad de Vida

**Comuna:** Temuco

**Zona Térmica:** 5

**N° Viviendas Mejoradas Térmicamente:** 70

**Superficie Promedio Viviendas:** 38 m<sup>2</sup>

**Valor Projectado:** 7210 UF (210 UF ahorro + 7000 UF subsidio)

### PROYECTO ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO PROPUESTO

**Cielo:** Cambio de cubierta y/o reparación de esta, incorporación de lana de vidrio de 120mm (11kg/m<sup>3</sup> de densidad) con papel en la cara superior. Cambio de revestimiento de cielo yeso cartón.

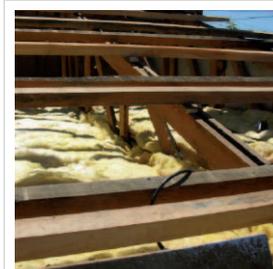
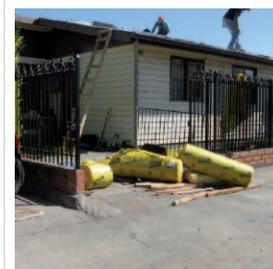
**Muros:** Incorporación de lana de vidrio 40mm (11kg/m<sup>3</sup> de densidad) y cambio de revestimiento exterior traslazo IPV.

**Piso:** Utilización de lana de vidrio de 11kg/m<sup>3</sup>, 80mm espesor, papel fieltro N°10, revestimiento de piso 1X4.

**Adicionalmente:** Incorporación de sellos comprimand (esponja alquitranada) en puertas y ventanas.

Descripción sistema constructivo	Proyecto Base		Valor U exigido (W/m <sup>2</sup> K)	Proyecto Mejorado térmicamente	
	Superficie aproximada (m <sup>2</sup> )	Valor U (W/m <sup>2</sup> K)		Valor U (W/m <sup>2</sup> K)	Reducción de U (%)
Muro	26	1,89	1,6	0,68	64%
Cielo	38	0,81	0,33	0,33	59%
Piso	38	2,2	0,5	0,47	79%

Sistema constructivo	Proyecto Base		% Permitido (O.G.U.C)	Proyecto Mejorado térmicamente	
	Superficie (% según O.G.U.C)	Valor "U" (W/m <sup>2</sup> K)		Superficie (% según O.G.U.C)	Valor "U" (W/m <sup>2</sup> K)
Ventana	16%	5,78	18%	...	...



AHORRO ESTIMADO EN LA DEMANDA DE CALEFACCIÓN: 35%\*

\* Valor referencial bajo los siguientes supuestos: calefacción las 24 hrs del día a 20°C, 1.0 volumen de renovación del aire hora y ganancias internas aproximadas de 150Wh/m<sup>2</sup> día.

**Nombre Proyecto:** Comité Nueva Generación

**Comuna:** Temuco

**Zona Térmica:** 5

**N° Viviendas Mejoradas Térmicamente:** 29

**Superficie Promedio Viviendas:** 37 m<sup>2</sup>

**Valor Projectado:** 2987 UF (87 UF Ahorro + 2900 UF Subsidio)

**PROYECTO ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO PROPUESTO**

**Cielo:** Cambio de cubierta y/o reparación de esta, incorporación de lana de vidrio de 120mm (11kg/m<sup>3</sup> de densidad) con papel en la cara superior. Cambio de revestimiento de cielo de yeso cartón.

**Muros:** Incorporación de lana de vidrio 40 mm (11kg/m<sup>3</sup> de densidad) y cambio de revestimiento exterior traslazo IPV. Cambio de revestimiento interior de yeso cartón.

**Piso:** Utilización de lana de vidrio de 11kg/m<sup>3</sup>, 80mm espesor, papel fieltro N°10, revestimiento de piso 1x4.

**Adicionalmente:** Cambio de puertas de acceso y cambio de algunas ventanas.

Descripción sistema constructivo	Proyecto Base		Valor U exigido (W/m <sup>2</sup> K)	Proyecto Mejorado térmicamente	
	Superficie aproximada (m <sup>2</sup> )	Valor U (W/m <sup>2</sup> K)		Valor U (W/m <sup>2</sup> K)	Reducción de U (%)
Muro	56	1,75	1,6	1,07	39%
Cielo	15	1,16	0,33	0,30	74%
Piso Ventilado	No aplica	No aplica	...	...	...

Sistema constructivo	Proyecto Base		% Permitido (O.G.U.C)	Proyecto Mejorado térmicamente	
	Superficie (% según O.G.U.C)	Valor "U" (W/m <sup>2</sup> K)		Superficie (% según O.G.U.C)	Valor "U" (W/m <sup>2</sup> K)
Ventana	8%	5,78	18%	...	...

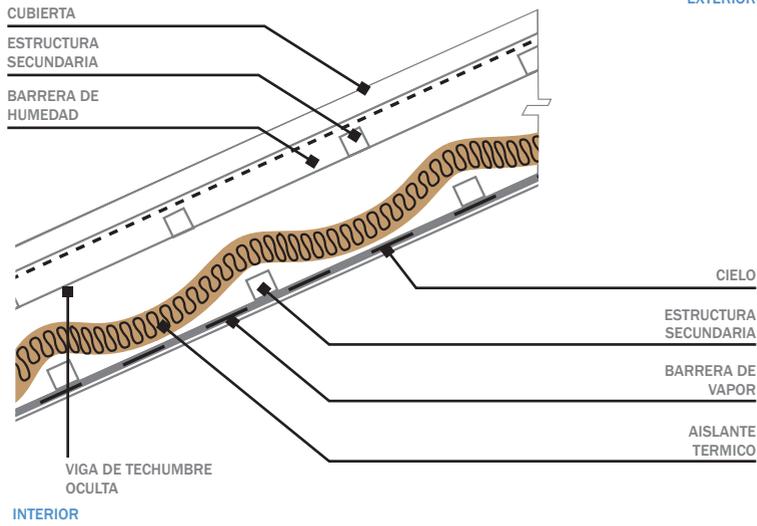


**AHORRO ESTIMADO EN LA DEMANDA DE CALEFACCIÓN: 30%\***

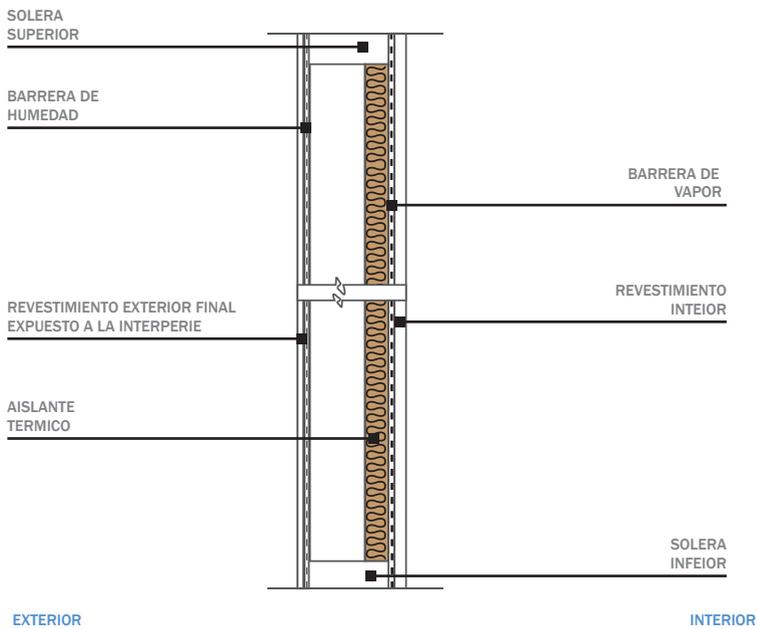
\* Valor referencial bajo los siguientes supuestos: calefacción las 24 hrs del día a 20°C, 1.0 volumen de renovación del aire hora y ganancias internas aproximadas de 150Wh/m<sup>2</sup> día.

**Soluciones Abordadas**

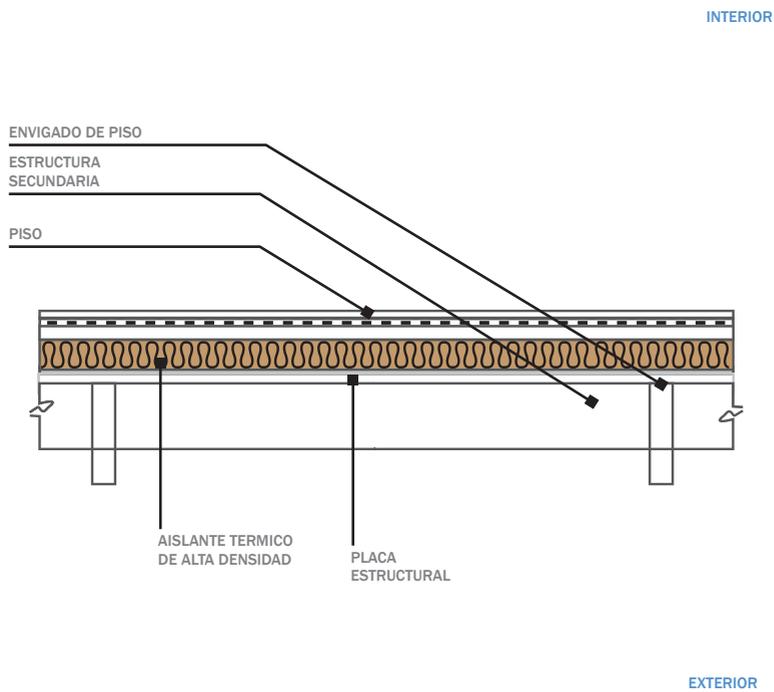
**AISLACIÓN TÉRMICA EN TECHUMRE**  
**Aislante Térmico Interior con Envigado Oculto**



**SOLUCIÓN TÉRMICA EN MUROS**  
**Tabique Perimetral con Aislante Térmico**



**AILACIÓN TÉRMICA EN PISOS VENTILADOS**  
**Piso con Vigas y Aislante Térmico Adosado en Cara Interior**

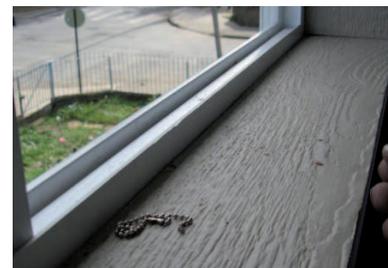
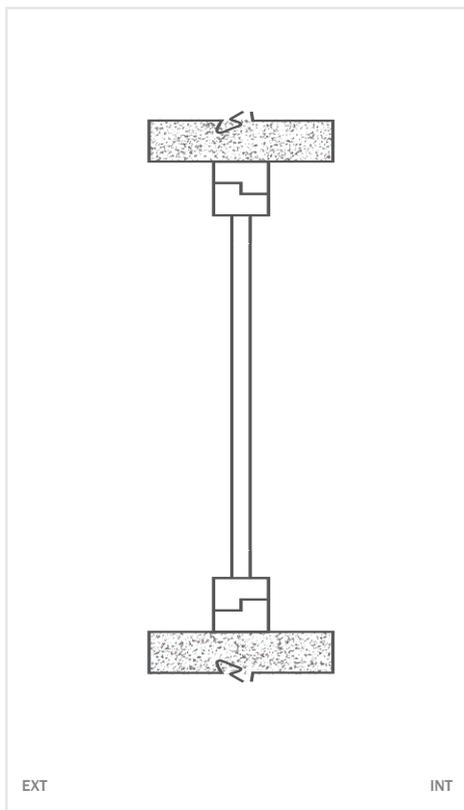


INTERIOR



EXTERIOR

**CAMBIO DE VENTANAS A DOBLE VIDRIO HERMÉTICO (DVH)**  
**Ventana Doble Vidrio Hermético (DVH)**



Si bien las soluciones adoptadas por la primera etapa implementada del subsidio de reacondicionamiento térmico permitieron mejorar las condiciones térmicas de las viviendas involucradas, existen otras alternativas de reacondicionamiento posibles de ejecutar, de diferentes materialidades y costos asociados.

A continuación se presentarán otras alternativas de reacondicionamiento térmico, con el fin de dar a conocer más tecnologías y así aumentar las opciones para los futuros beneficiarios del subsidio de reacondicionamiento térmico; o bien, para todos aquellos interesados en el mejoramiento térmico de su vivienda.

## 4.2 Otras alternativas de reacondicionamiento térmico

### 4.2.1 Techumbre

#### 4.2.1.1 Poliestireno expandido

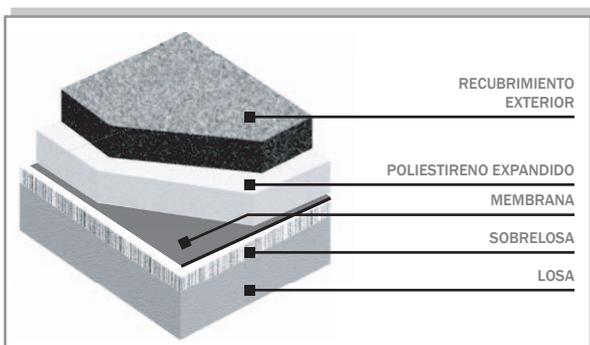
El poliestireno expandido, como solución de aislante térmico en el complejo de techumbre, puede instalarse por el exterior en techumbres planas e inclinadas.

En el caso de techumbres planas, que - como ya se ha enunciado - corresponden a la mayoría de los casos de edificación en altura, el poliestireno expandido debe instalarse por el exterior de la techumbre original, de acuerdo a la siguiente manera, desde el exterior hacia el interior:

- Revestimiento exterior.
- Aislación térmica en base a poliestireno expandido.
- Impermeabilización.
- Sobre losa.
- Losa de hormigón armado o estructura original de techumbre.

FIGURA 4-I

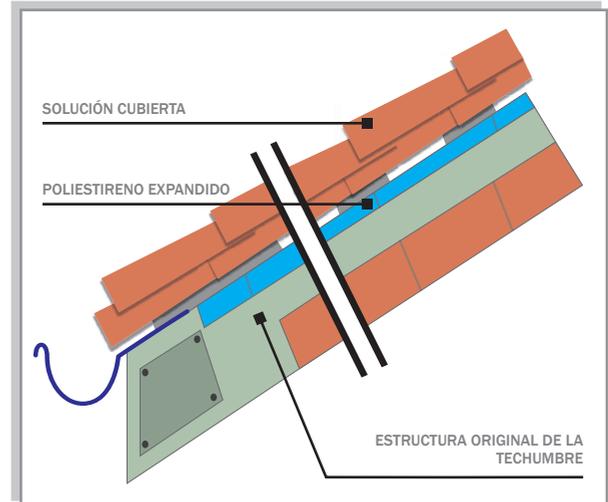
ESQUEMA POLIESTIRENO EXPANDIDO POR EL EXTERIOR EN TECHUMBRES PLANAS.



En el caso de cubiertas inclinadas, al instalarse el poliestireno expandido por el exterior, es decir, por bajo la solución de cubierta, ya sean tejas, planchas, etc., la disposición de la solución es la siguiente (Figura 4-II):

FIGURA 4-II

ESQUEMA POLIESTIRENO EXPANDIDO POR EL EXTERIOR EN TECHUMBRES INCLINADAS.



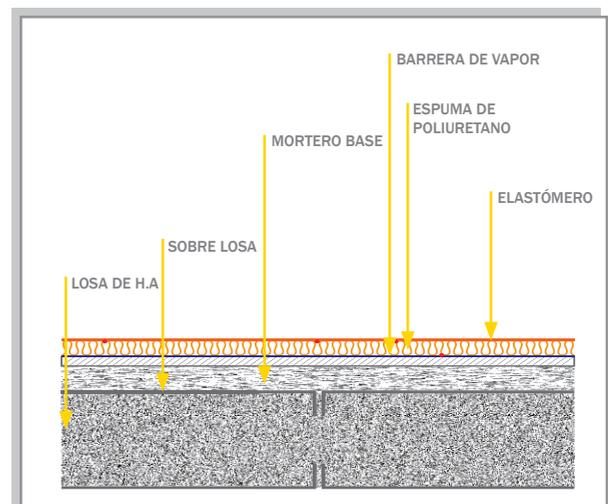
#### 4.2.1.2 Espuma de poliuretano proyectada

La espuma de poliuretano, puede ser utilizada tanto en techumbres planas como inclinadas, y el reacondicionamiento se realiza tanto por el exterior como por el interior de las mismas.

En el caso de techumbres planas, la solución consiste principalmente en la utilización de espuma de poliuretano más una protección contra los rayos UV, dada por una proyección con elastómero sobre la misma (Figura 4-III).

FIGURA 4-III

POLIURETANO POR EL EXTERIOR EN TECHUMBRES PLANAS.



En techumbres inclinadas, para utilizar como aislante térmico espuma de poliuretano proyectada por el exterior, existen dos opciones: ésta puede ser aplicada por sobre la solución de cubierta existente, o bien por bajo ésta y sobre la estructura soportante de la cubierta. En el primer caso es necesaria la utilización de una protección contra los rayos UV (Figura 4-IV), mediante una proyección de elastómero, mientras que en el segundo caso esta protección no resulta necesaria (Figura 4-V).

FIGURA 4-IV

ESPUMA DE POLIURETANO POR EL EXTERIOR DE LA SOLUCIÓN CUBIERTA EN TECHUMBRES INCLINADAS.

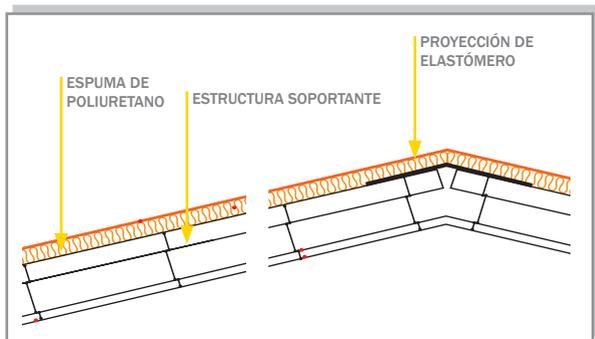


FIGURA 4-V

ESPUMA DE POLIURETANO POR EL EXTERIOR, ENTRE LA CUBIERTA Y LA ESTRUCTURA DE SOPORTE, EN TECHUMBRES INCLINADAS.



#### 4.2.1.3. Poliestireno extruido

El poliestireno extruido como solución de aislante térmico en techumbres puede ser instalado tanto por el exterior en cubiertas planas, como por el interior en cubiertas inclinadas y planas.

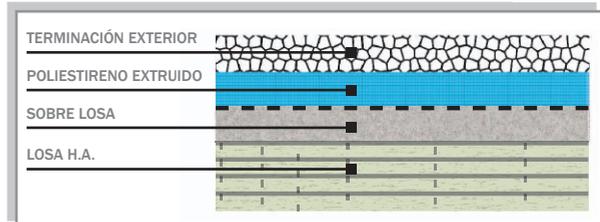
En complejos de techumbres planas, al instalarse el poliestireno extruido por el exterior, la solución se dispone de la siguiente manera, desde el exterior hacia el interior (Figura 4-VI):

- Revestimiento exterior.

- Aislante en base a poliestireno extruido.
- Impermeabilización.
- Sobre losa.
- Losa de hormigón armado u estructura original.

FIGURA 4-VI

POLIESTIRENO EXPANDIDO POR EL EXTERIOR EN TECHUMBRES PLANAS.



En caso de utilizar como aislante térmico poliestireno extruido por el interior de la vivienda, la ejecución de la solución resulta igual tanto para techumbres planas como inclinadas.

Esta solución consiste en la instalación de planchas de poliestireno extruido por el interior de la vivienda, las cuales son recubiertas con una terminación final que pueden ser placas de yeso - cartón. Este sistema consta de los siguientes elementos:

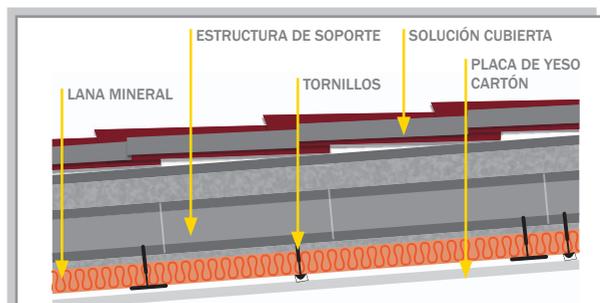
- Adhesivo por sobre el interior de la vivienda.
- Planchas de poliestireno extruido.
- Adhesivo sobre planchas de poliestireno.
- Placas de yeso - cartón.
- Tratamiento de juntas.

#### 4.2.1.4. Placas de yeso - cartón más lana mineral

Este sistema consiste en la instalación de aislante térmico en base a lana mineral (lana de roca o de vidrio) por el interior de la vivienda, para luego ser cubierta por placas de yeso - cartón a modo de protección de la misma, tal como se observa en la Figura 4-VII.

FIGURA 4-VII

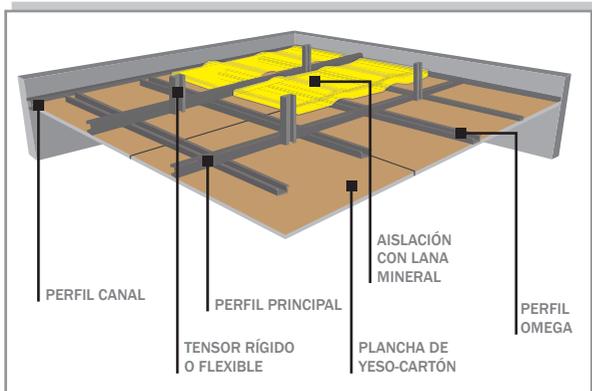
ASLACIÓN EN BASE A LANA MINERAL Y PLACA DE YESO - CARTÓN, POR EL INTERIOR DE LA VIVIENDA EN TECHUMBRES INCLINADAS.



Esta solución también puede ser adaptada en techumbres planas mediante la utilización de una estructura de acero bajo la losa del último piso, capacitada para soportar la instalación de la lana mineral y la placa de yeso-cartón, tal como se observa en la Figura 4-VIII.

FIGURA 4-VIII

AISLACIÓN EN BASE A LANA MINERAL Y PLACA DE YESO - CARTÓN, POR EL INTERIOR DE LA VIVIENDA EN TECHUMBRES PLANAS.



Una de sus mayores desventajas es la disminución de la altura de piso a cielo terminado en el último piso de la vivienda, en al menos 10 cm.

#### 4.2.1.5. Celulosa proyectada

La celulosa proyectada corresponde a un aislante en base a lana de fibra de celulosa, la cual es aplicada en techumbres por medio de proyección a través de mangueras.

Dada su docilidad y adaptabilidad a cualquier superficie, ésta puede ser instalada tanto en techumbres planas como inclinadas.

La instalación del producto se realiza por los distribuidores y de manera directa sobre la superficie a reacondicionar.

Resulta ideal en techumbres frías debido a su fácil instalación y baja intervención al resto de la vivienda. De igual forma, en techumbres planas puede ser instalada por el interior de la vivienda, para luego ser cubierta por la terminación del cielo, por ejemplo, placas de yeso-cartón.

#### 4.2.1.6. Aerogel

Utilizar como aislante térmico aerogel resulta de gran utilidad cuando se necesita aislar la techumbre por el interior de la vivienda, dada su baja transmitancia térmica en muy bajos espesores (Ver Anexo N°1). Esto no

significa que no puede ser utilizado para aislar techumbres planas o inclinadas por el exterior.

En techumbres planas éste puede ser instalado tanto bajo como sobre la losa de hormigón. En el caso de que se instale por bajo ésta, el aislante debe ser recubierto por una placa de yeso-cartón.

En techumbres inclinadas, el aerogel puede ubicarse tanto por el interior como por el exterior de la vivienda. En el primer caso, al igual que en techumbres planas, debe recubrirse con placas de yeso-cartón. Mientras que al instalarse por el exterior, éste puede ubicarse por bajo la cubierta y sobre las cerchas en techumbres calientes; y por bajo las cerchas y sobre la solución de cielo en caso de techumbres frías.

FIGURA 4-VIX

AISLACIÓN EN BASE A AEROGEL POR EL EXTERIOR DE LA TECHUMBRE.

Fuente: Akeron-CAF.



FIGURA 4-X

AISLACIÓN EN BASE A AEROGEL POR EL INTERIOR DE LA TECHUMBRE.



Con el fin de evitar los posibles puentes térmicos generados por las cerchas o vigas de la techumbre, el aerogel puede instalarse mediante cintas adhesivas de doble faz sobre cada una de ellas.

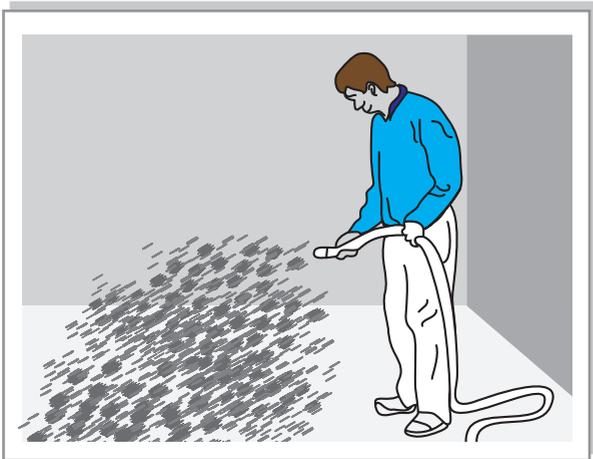
#### 4.2.1.7. Lana mineral granulada

La utilización de lana mineral o de vidrio granulada como aislante térmico para techumbres resulta ideal en techumbres frías, aplicándose en la superficie del entretecho.

El aislante debe ser aplicado mediante el uso de una máquina, tal como se observa en la Figura 4-XI.

FIGURA 4-XI

AISLACIÓN EN BASE A LANA MINERAL GRANULADA EN TECHUMBRES FRÍAS.



#### 4.2.2. Muros

##### 4.2.2.1. Poliestireno expandido

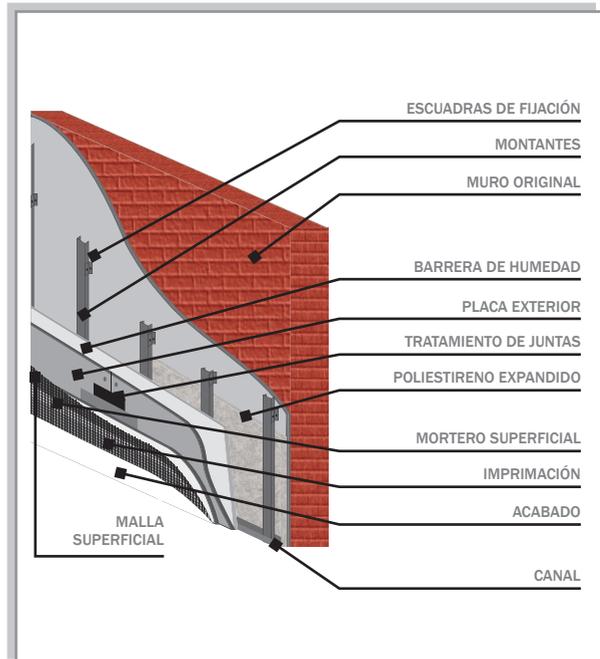
Una alternativa que permite dar refuerzo a la fachada de la vivienda, y además mejorar su aspecto exterior, es el aislamiento térmico en base a poliestireno expandido, instalado por el exterior.

En este caso, el sistema se encuentra compuesto por los siguientes elementos, tal como se ilustra en la Figura 4-XII:

- Imprimante opcional según sustrato.
- Aislamiento en base a poliestireno expandido adherido al muro portante.
- Fijación mecánica (opcional o según requerimientos).
- Malla de refuerzo (fibra de vidrio).
- Mortero base.
- Perfiles metálicos o plásticos en encuentros con los vanos del muro y en remates superiores e inferiores.
- Imprimante (opcional).
- Revestimiento o terminación exterior<sup>19</sup>.

FIGURA 4-XII

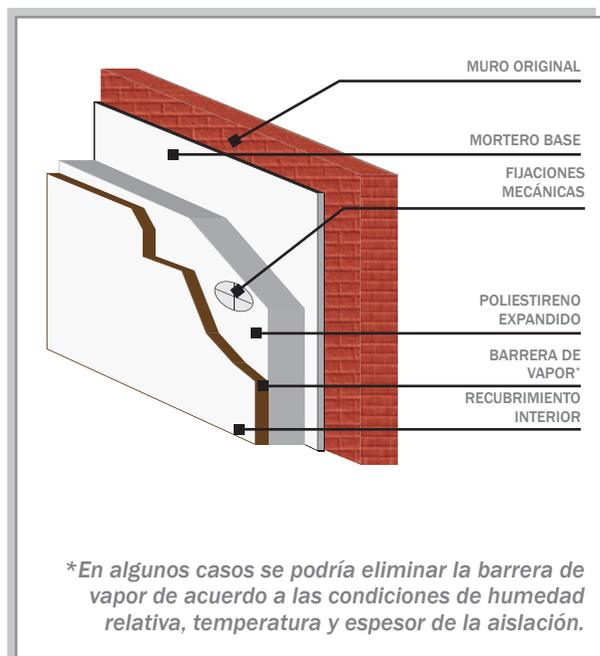
ESQUEMA POLIESTIRENO EXPANDIDO POR EL EXTERIOR.



La aislación en base a poliestireno expandido también puede ser instalada por el interior. En este caso, los elementos que componen la aislación disminuyen, tal como se ilustra en la siguiente Figura 4-XIII:

FIGURA 4-XIII

ESQUEMA POLIESTIRENO EXPANDIDO POR EL INTERIOR.



<sup>19</sup>Puede ser una placa de yeso-cartón o de fibrocemento.

#### 4.2.2.2. Fachada ventilada con lana mineral

El reacondicionamiento térmico mediante la utilización de un sistema de fachada ventilada, en base a un aislante de lana mineral (lana de vidrio o de roca), se debe instalar por el exterior del cerramiento original de la vivienda.

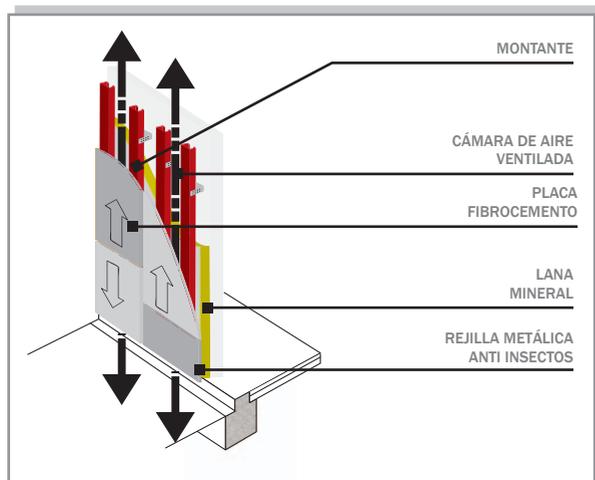
Este sistema está conformado por una lana mineral, la cual es fijada mediante placas o fijación mecánica al muro original, formando una cámara donde el aire circula por convección.

La composición de la fachada ventilada es básicamente la siguiente (Figura 4-XIV):

- Cerramiento original.
- Aislante térmico.
- Cámara de aire ventilada, que varía de entre 3 a 10 cm situada entre aislante y revestimiento.
- Sistema de fijación.
- Placa de revestimiento.

FIGURA 4-XIV

EJEMPLO DE FACHADA VENTILADA.



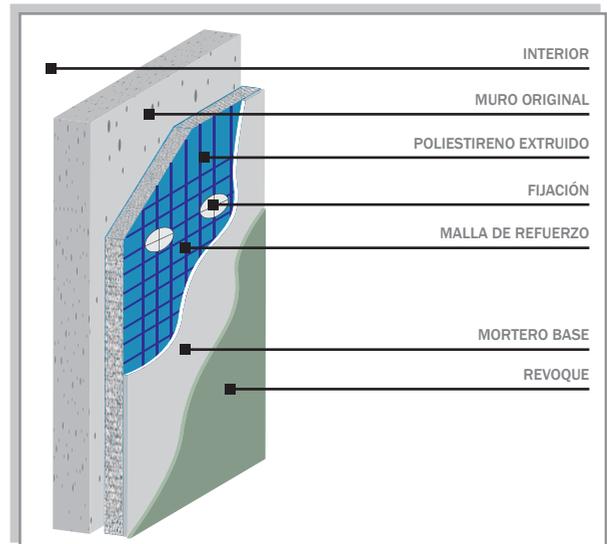
#### 4.2.2.3. Poliestireno extruido

El poliestireno extruido como solución de aislación térmica consiste en planchas que pueden ser instaladas tanto por el interior como por el exterior del cerramiento, al cual se le debe aplicar una terminación final para proteger al aislante.

Para instalar el poliestireno extruido por el exterior, la instalación de las planchas de poliestireno extruido se hace directamente sobre el cerramiento y sobre éstas va un acabado con morteros especiales (Figura 4-XV).

FIGURA 4-XV

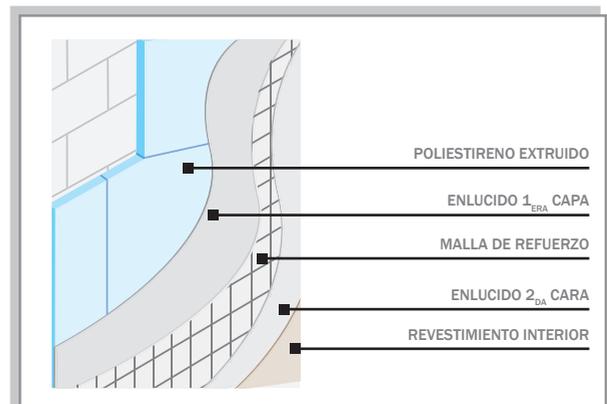
POLIESTIRENO EXTRUIDO POR EL EXTERIOR.



En caso de instalar la plancha de poliestireno extruido por el interior, al igual que en la instalación por el exterior, se aplica directamente sobre el cerramiento original, pero la protección final o terminación exterior puede ser en base a mortero o bien con yeso-cartón (Figura 4-XVI).

FIGURA 4-XVI

POLIESTIRENO EXTRUIDO POR EL INTERIOR.



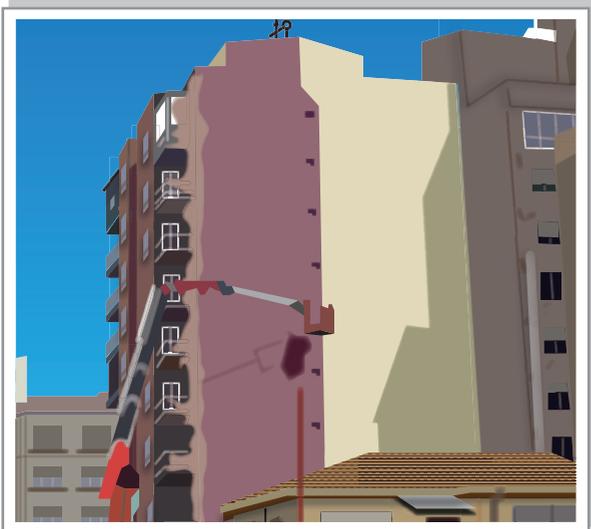
#### 4.2.2.4. Espuma de poliuretano proyectado

La espuma de poliuretano proyectado es una aislación aplicada tanto por el interior como por el exterior de la vivienda.

Si es aplicado por el exterior, este sistema se conforma por una capa de espuma de poliuretano proyectada, la que luego debe ser protegida por un elastómero de poliuretano, otorgando protección UV a la espuma y aumentando la permeabilidad de la solución. Resulta ideal para reacondicionar viviendas en altura, en su totalidad.

FIGURA 4-XVII

ESPUMA DE POLIURETANO POR EL EXTERIOR.



En caso de aplicar la solución por el interior, esta sólo estaría compuesta por la espuma de poliuretano proyectada, ya que no necesita la protección al no encontrarse expuesta a los rayos UV.

#### 4.2.2.5. Placas de yeso – cartón más lana mineral

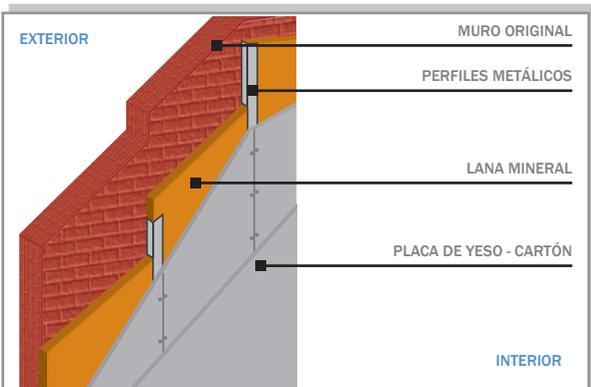
Este sistema consiste en la instalación por el interior de la vivienda de placas de yeso–cartón, las que son fijadas al muro original mediante perfiles metálicos que permiten su montaje.

El espacio interior generado entre el muro original y la placa de yeso–cartón es relleno con lana mineral, ya sea lana de roca o de vidrio.

Este sistema resulta de gran utilidad dado su fácil montaje, pero a la vez tiene el inconveniente de disminuir en alrededor de 6 cm el espacio interior, y dificulta la eliminación de los puentes térmicos.

FIGURA 4-XVIII

PLACAS DE YESO – CARTÓN CON LANA MINERAL.



#### 4.2.2.6. Placas de fibrocemento más lana mineral

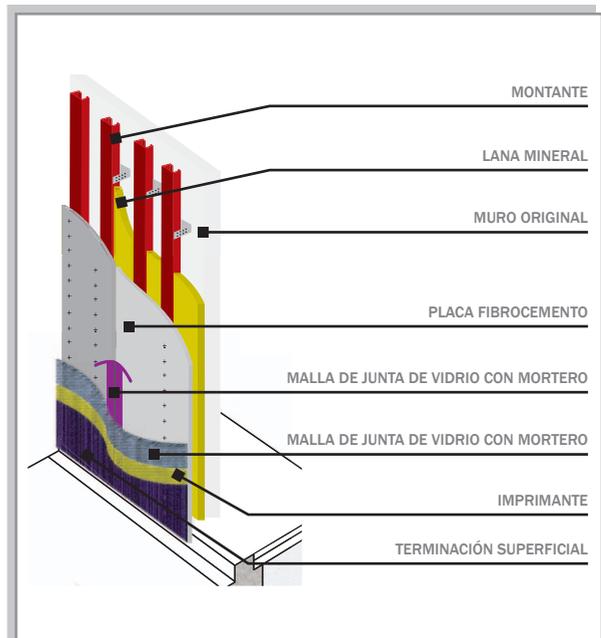
Este sistema es instalado por el exterior del muro existente y corresponde a la definición de EIFS (exterior insulation finish systems), lo que significa que es, a la vez, una solución de aislación y terminación de muros exteriores.

Este sistema se basa en los siguientes elementos:

- Cerramiento opaco original, donde se instalará el sistema EIFS.
- Capa de aislante térmico rígido.
- Capa base instalada directamente sobre el aislante térmico.
- Malla de refuerzo, incorporada para reforzar el sistema.
- Capa de terminación, que debe ser instalada una vez que la capa base se ha curado. Y sobre ésta, va una última capa de acabado o terminación superficial.

FIGURA 4-XIX

PLACAS DE FIBROCEMENTO CON LANA MINERAL.



#### 4.2.2.7. Aerogel

La solución con aerogel, como aislante térmico para muros, puede ser instalada tanto por el interior como por el exterior de la envolvente.

En el caso de reacondicionar por el exterior, el esquema desde el interior hacia el exterior es el siguiente:

- Muro original.
- Aislación en base a aerogel instalado directamente sobre el muro.
- Malla de refuerzo metálica.
- Mortero base.
- Recubrimiento exterior.

FIGURA 4-XX

AEROGEL POR EL EXTERIOR.



El utilizar aerogel como solución de reacondicionamiento por el interior, resulta beneficioso en comparación con otros sistemas de aislación interior, dado su bajo espesor, de 5 a 20 mm, reduciendo de manera significativa la transmitancia térmica de la envolvente. Al instalar aerogel por el interior de la vivienda, se debe disponer de la siguiente manera, desde el muro hacia el interior de la vivienda:

- Muro original.
- Aislación en base a aerogel instalado directamente sobre el muro.
- Malla de refuerzo de fibra de vidrio.
- Mortero base.
- Recubrimiento de terminación interior.

O bien en caso de recubrir con placa de yeso-cartón, el esquema sería el siguiente:

- Muro original.
- Aislación en base a aerogel instalado directamente sobre el muro.
- Placas de yeso - cartón fijadas mecánicamente a la pared (tornillos con golilla metálica y tarugos).

FIGURA 4-XXI

AEROGEL MÁS PLACAS DE YESO - CARTÓN.



En este caso se recomienda sellar la cabeza de los tornillos con 3 mm de aerogel, para minimizar los posibles puentes térmicos.

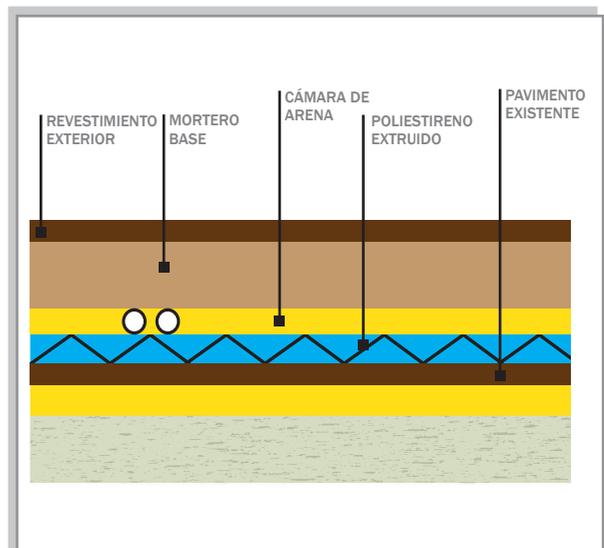
#### 4.2.3. Pisos ventilados

##### 4.2.3.1. Poliestireno extruido

Para utilizar el poliestireno extruido como aislante térmico en pisos ventilados, la manera fácil de ejecutarlo es por el interior del recinto, es decir, por sobre el pavimento existente. Cabe señalar que esta solución disminuye la altura piso a cielo terminado.

FIGURA 4-XXII

POLIESTIRENO EXTRUIDO EN PISOS VENTILADOS.



En caso de contar con losas radiantes, se recomienda la incorporación de una cámara de arena por sobre las planchas de poliestireno extruido; si es que no existiese calefacción en el piso, basta con la capa de mortero de un espesor mínimo de 40 mm.

#### 4.2.3.2. Aerogel

El aerogel como aislante térmico en pisos ventilados se instala por el interior de la vivienda.

Dado el bajo espesor del aerogel, la altura de piso a cielo terminado no se ve reducida de forma significativa. La instalación del aerogel se debe realizar de acuerdo a lo siguiente:

- Piso base.
- Aislante en base a aerogel instalado directamente sobre el piso base.
- Capa de mortero.

Junto con brindar una disminución en la transmitancia térmica que ofrece el piso ventilado, también se ve mejorada la aislación acústica del mismo.

Si se desea incorporar adicionalmente un sistema de calefacción al piso, el aerogel lo permite y se realiza de acuerdo a las Figuras 4-XXIII y 4-XXIV.

FIGURA 4-XXIII

AEROGEL EN PISOS VENTILADOS.

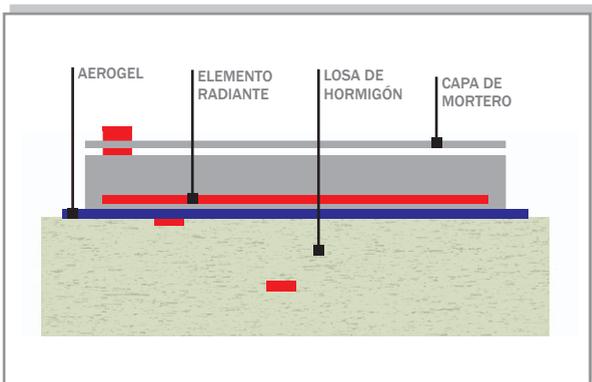


FIGURA 4-XXIV

AEROGEL MÁS LOSA RADIANTE.



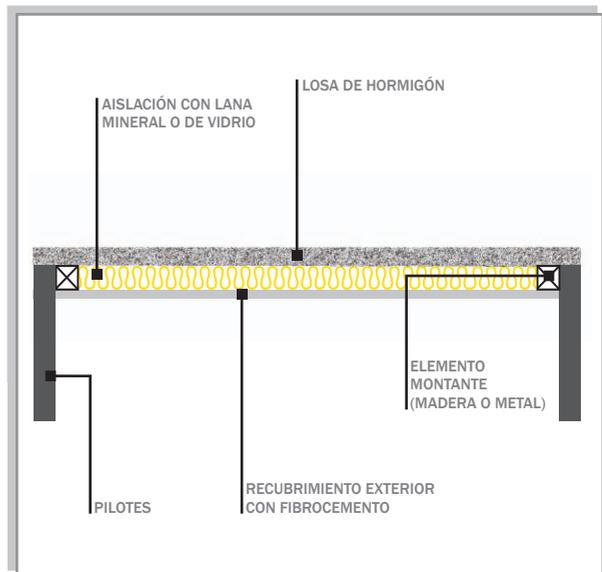
#### 4.2.3.3. Lana mineral más placa de fibrocemento

Al aislar un piso ventilado por el exterior, caso típico de losas voladizas de segundo piso, una posible solución es la utilización de lana mineral o de vidrio recubierta con placas de fibrocemento.

Para la instalación de la solución es necesario disponer de una estructura, de madera o acero, adosada al piso ventilado, que permita el soporte del aislante más la placa de fibrocemento (Figura 4-XXV):

FIGURA 4-XXV

LANA MINERAL O DE VIDRIO Y PLACA DE FIBROCEMENTO EN PISOS VENTILADOS.



#### 4.2.3.4. Lana de vidrio de alta densidad

Esta solución se basa en la utilización de un panel losa, consistente en colchonetas de lana de vidrio de alta densidad de  $80 \text{ kg/m}^3$ , instalada por el interior del piso ventilado.

FIGURA 4-XXVI

LANA DE VIDRIO DE ALTA DENSIDAD POR EL INTERIOR.

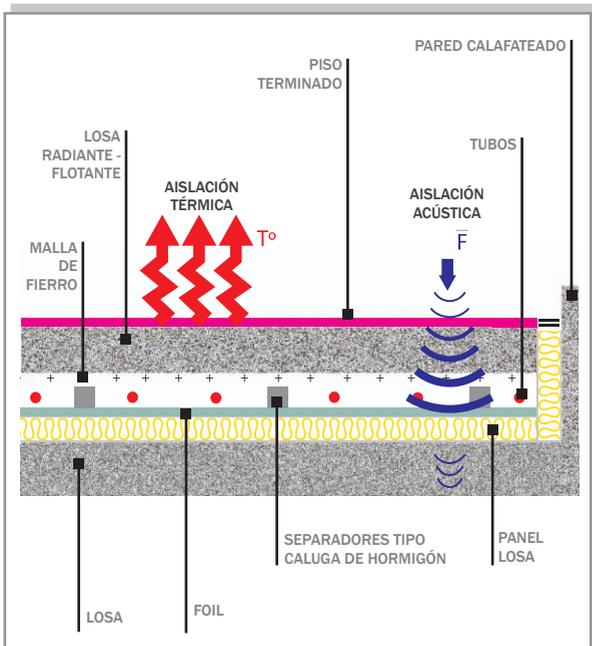


Este sistema puede ser adoptado en conjunto con calefacción del tipo radiante.

Adicionalmente, la utilización de panel losa aporta aislación acústica al piso ventilado.

FIGURA 4-XXVII

LANA DE VIDRIO DE ALTA DENSIDAD MÁS CALEFACCIÓN MEDIANTE LOSA RADIANTE.



#### 4.2.4. Ventanas

El reacondicionamiento térmico de ventanas, como se vio en el Capítulo 3.4.1.1., depende de la materialidad del marco y del tipo de vidrio existente.

##### 4.2.4.1. Sellos

Como primera medida de reacondicionamiento, dado su bajo costo y

fácil ejecución, se recomienda la renovación de sellos en todas las juntas y uniones existentes según la materialidad del marco.

Los sellos involucrados en una ventana son:

- Sello marco - cristal.
- Sellos muro - marco.

##### 4.2.4.2. Vidrios

Como segunda medida, ya más invasiva y también para generar mayor mejoramiento térmico, se recomienda una intervención ya sea al número de cristales o al tipo de los mismos.

Según lo expuesto con mayor detalle en el Capítulo referente a Ventanas, los principales cambios posibles a realizar al vidriado de las mismas corresponden a los siguientes:

- Incorporación de una segunda ventana

Esta solución no interviene la ventana existente, sino que consiste en la incorporación de una segunda ventana por el interior del recinto.

- Cambio de cristales

Consiste en el cambio de él o los cristales involucrados en una ventana, por uno que presente mejores propiedades térmicas, en particular por aquellos de baja emisividad o control solar.

##### 4.2.4.3. Marcos

El cambio de marcos corresponde generalmente a la medida más completa y con mayores beneficios térmicos. Esto, porque al cambiar la materialidad de los marcos existentes, se pueden también realizar los reacondicionamientos térmicos enunciados anteriormente, es decir, renovar los sellos e intervenir en los cristales.

Al realizar un recambio de los marcos de una vivienda, se deben verificar 2 variables influyentes en el cálculo de la transmitancia térmica que éste ofrecerá:

- Conductividad térmica del material.
- Geometría del marco.

Las principales materialidades, en orden de mayor a menor transmitancia térmica según UNE-EN ISO 10077-1, son:

**TABLA 4.2-A**

**TRANSMITANCIAS TÉRMICAS DE MARCOS**

Fuente: Guía de Rehabilitación Energética de Edificios de Viviendas, Madrid.

Perfil	Transmitancia Térmica U (W/m²K)
Metálico	5,7
Metálico RPT (4 mm ≤ d < 12 mm)	4,0
Metálico RPT d ≥ 12 mm	3,2
Madera dura (ρ = 700 kg/m³ y 60 mm de espesor)	2,2
Madera blanda (ρ = 500 kg/m³ y 60 mm de espesor)	2,0
Perfiles huecos PVC (2 cámaras)	2,2
Perfiles huecos PVC (3 cámaras)	1,8

Además, en conjunto con el cambio de marcos, es posible incorporar un doble o mayor vidriado hermético para mejorar las propiedades térmicas de la vivienda.

**4.2.5. Puertas**

**4.2.5.1. Doble Puerta**

La instalación de una segunda puerta, como solución de reacondicionamiento térmico, resulta de gran utilidad y facilidad debido a que no es necesario intervenir la solución anterior.

Una de las ventajas que presenta la incorporación de una segunda puerta, por el exterior de la existente, es la disminución del flujo convectivo al momento de abrir las puertas. El sistema consiste en abrir la primera puerta, y luego abrir la segunda, una vez que la primera se encuentre cerrada.

La mayor dificultad de este tipo de rehabilitación es que generalmente se necesita hacer una entrada o porche para albergar la futura puerta que va instalada por el exterior de la existente.

La elección de la materialidad de la puerta se recomienda según lo expuesto en Capítulo 3.4.2.

**4.2.5.2. Burletes**

Existen ocasiones donde el espacio inferior de la puerta con el piso terminado no es lo suficientemente exacto y permite una

entrada del aire de manera descontrolada, incomodando a los habitantes de la vivienda.

En estos casos se recomienda la incorporación de un burlete capaz de disminuir la corriente de aire entrante.

**FIGURA 4-XXVIII**

**BURLETE DE PUERTA.**



Dependiendo de la materialidad del pavimento existente será el tipo de burlete a utilizar. En caso de suelos duros, como pavimentos de madera y cerámica, se recomiendan burletes del tipo plástico, mientras que si se trata de pavimentos de alfombra se recomienda burletes del tipo escobillón.

**4.2.5.3. Aerogel**

El aerogel permite un efectivo aumento en la resistencia térmica en los marcos de puertas mediante su intervención en marcos de madera o metálicos.

Esta solución consiste en aplicar un delgado espesor de aerogel por sobre el marco, acción que se puede realizar fácilmente ya que el aerogel se puede encontrar en formato de cintas autoadhesivas de doble - faz (Figura 4-XXX).

**FIGURA 4-XXIX**

**MARCOS RECUBIERTOS CON AEROGEL.**



## INFORMACIÓN DE CONTACTO

**nombre tipo de producto**  
Safe Block - Isoblock-ICF -  
External Wall

**nombre del producto de la empresa**  
Safe Block - Isoblock-ICF -  
External Wall

**empresa**  
NOVA Chemicals Chile Ltda.

**web**  
[www.novachem.cl](http://www.novachem.cl)  
[www.syntheoninc.com](http://www.syntheoninc.com)

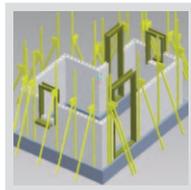
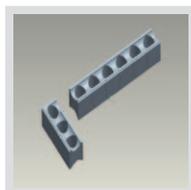
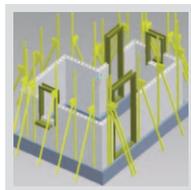
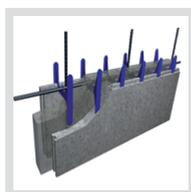
**teléfono**  
56 - 2 - 603 3359  
56 - 2 - 603 4394  
56 - 2 - 623 8890

## 1. DESCRIPCIÓN

### 1.1. Definición

#### Safe Block

Los paneles de Poliestireno Expandido (EPS) están diseñados en 40 cm de altura por 120 cm de longitud. Los paneles de EPS se ensamblan unos con otros y se fijan entre sí mediante conectores plásticos, espaciados cada 20 cm. La red de conectores permite retener el panel de EPS opuesto y a su vez, formar una cavidad en donde el acero de refuerzo y el concreto son colocados, creando muros continuos de hormigón armado.



Los paneles de EPS se fabrican mediante la inyección y expansión de perlas de poliestireno con densidad de 32 Kg/m<sup>3</sup>. Dichos paneles conforman un sistema constructivo en base a un moldaje permanente aislante para muros de concreto (ICF). Los muros conformados a partir de estos paneles pueden recibir carga al ser utilizados como muros estructurales, dinteles, muros de contención, muros para sótanos, etc.

El sistema constructivo puede lograr diferentes espesores de muros continuos de hormigón armado (10, 15, 20, 25 y 30 cm) y consta además de esquineros derecho e izquierdo para una mejor conformación del sistema.

#### Isoblock-ICF

Los bloques de Poliestireno Expandido (EPS) están diseñados en 30 cm de altura por 122 cm de longitud. Los bloques de EPS se ensamblan unos con otros formando un muro de hormigón armado con aislación térmica incorporada. El acero de refuerzo y el concreto son colocados en cada una de las cavidades horizontales y verticales que posee el bloque.

Los bloques de EPS se fabrican mediante la inyección y expansión de perlas de poliestireno con densidad de 22 Kg/m<sup>3</sup>. Este producto conforma un sistema constructivo en base a un moldaje permanente aislante para muros de concreto (ICF).

Los muros conformados a partir de estos bloques pueden recibir carga al ser utilizados como muros estructurales, dinteles, muros de contención, muros para sótanos, etc.

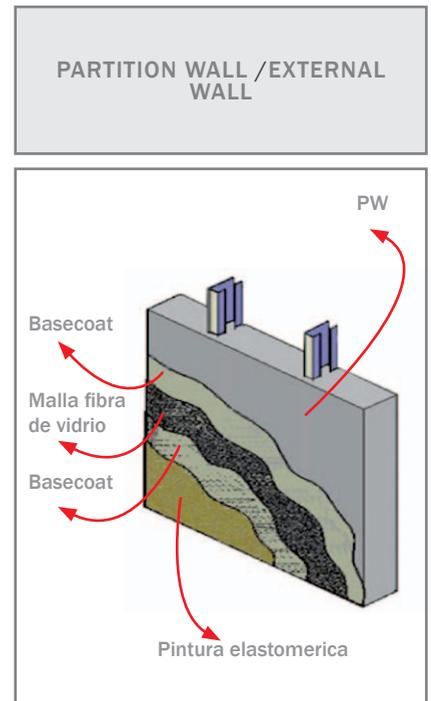
El sistema constructivo logra muros de hormigón armado de 20 cm de espesor y consta además de esquineros derecho e izquierdo para una mejor conformación del sistema.

### External Wall

Los paneles de Poliestireno Expandido (EPS) están diseñados en 6, 8, 10 y 12 cm de espesor por 60 cm de ancho y una longitud de hasta 12 m. Los paneles tienen una densidad de 20 Kg/m<sup>3</sup>. Cada panel aislante, cuenta en la parte interna con dos canales "C" de acero, separados a una distancia de 30 cm., los cuales son incluidos dentro de los paneles como soporte para el acabado que se requiera en las partes expuestas. Los canales "C" de acero galvanizado de 0,8mm de espesor poseen perforaciones para permitir el paso de las instalaciones.



El panel puede ser utilizado con el perfil de acero expuesto por ambas caras, como así también con una cara oculta con Poliestireno Expandido, esto último es recomendado para recubrimientos de fachadas ya que produce una superficie exterior continua y aislada lo que evita dilataciones por variaciones de temperatura en los diferentes materiales, riesgos de condensación, etc. y también facilita el uso de canterías u otros.



## 2. INFORMACIÓN TÉCNICA

### 2.1. Modelos o Tipos

#### Safe Block

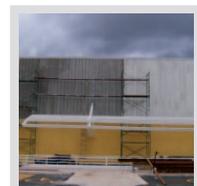
El sistema de moldaje permanente posee ventajas tales como: Aislación térmica, Aislación acústica, Protección contra la humedad, Construcción rápida, sencilla y limpia, Flexibilidad de construcción y Facilidad para las instalaciones hidráulicas y eléctricas. Este sistema cuenta además con importantes ventajas en el rendimiento de colocación del producto (100m<sup>2</sup>/día).

#### Isoblock-ICF

El sistema de moldaje permanente posee ventajas tales como: Aislación térmica y acústica, Protección contra la humedad, Flexibilidad de diseño, Construcción rápida y sencilla, Faenas más limpias y con menos residuos, Facilidad para las instalaciones hidráulicas y eléctricas, etc. Este sistema cuenta además con importantes ventajas en el rendimiento de colocación del producto (100m<sup>2</sup>/día).

#### External Wall

El sistema de fachada cuenta con las siguientes ventajas: Construcción rápida, sencilla y limpia, Aislación térmica, Protección contra la humedad, Flexibilidad de construcción y Facilidad para las instalaciones hidráulicas y eléctricas. Rendimiento de colocación del producto: 120 m<sup>2</sup>/día.

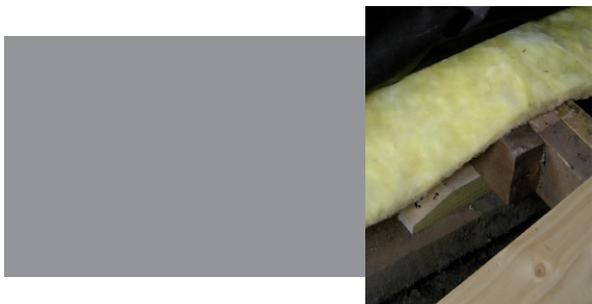




# Recomendaciones de Uso y Mantenimiento de la Vivienda

# CAPÍTULO V

## Recomendaciones de uso y mantenimiento de la vivienda



### Recomendaciones de uso y mantenimiento de la vivienda

El reacondicionamiento térmico de las viviendas permite mejorar las condiciones higrotérmicas al interior de las mismas, pero también existen medidas complementarias que se deben realizar por los usuarios para maximizar las propiedades de las soluciones de aislación térmica implementadas.

Un mal uso, o bajo mantenimiento de la vivienda, puede conllevar numerosos riesgos o desventajas, tales como:

- Disminución de la vida útil de la vivienda.
- Pérdida del valor de la propiedad.
- Mala apariencia de la vivienda.
- Altos costos de reparación o restauración por problemas menores no identificados a tiempo.
- Existencia de fallas prematuras en los materiales de construcción.

- Pérdida de funcionalidad en los elementos de la vivienda.
- Baja o nula sensación de confort, seguridad y salud en los habitantes de la vivienda.

Por lo anterior, resulta indispensable, una vez reacondicionada la vivienda, tomar medidas tanto diarias como periódicas que permitan mitigar los riesgos recién señalados.

#### 5.1 Consideraciones diarias

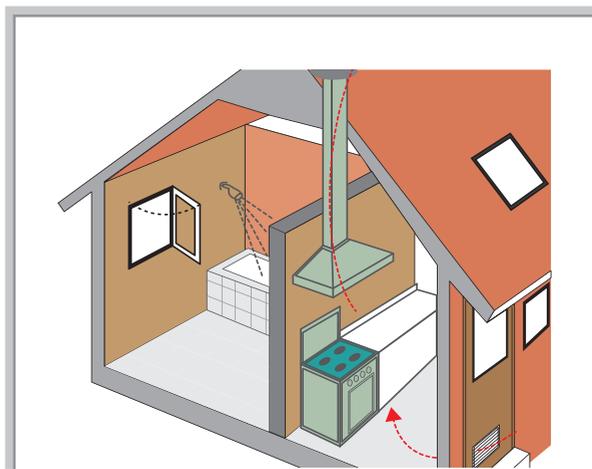
Corresponden a medidas que deben realizar los habitantes de la vivienda para incentivar un buen uso de la misma, y así maximizar su vida útil.

Dentro de las medidas que deben realizarse a diario se encuentra la ventilación de la vivienda. Ésta se basa en la renovación del aire que se encuentra al interior del recinto, ya sea por medio de perforaciones, rejillas de ventilación, extractores de aire, o por medio de la apertura de todas las ventanas de la vivienda. En invierno la renovación del aire permite disminuir el nivel de humedad, lo cual reduce el riesgo de condensación.

Debido a que la ventilación se realiza principalmente por medio de rejillas de ventilación, se debe cuidar que no existan elementos que impidan la correcta renovación del aire, ya sea por el interior o el exterior. En el caso de la ventilación por medio de la apertura de ventanas, se recomienda que éstas se abran por lo menos entre 10 a 15 minutos diarios en todos los recintos de la vivienda, y en especial ventilar después de la ducha el baño, ya sea por medio de la apertura de ventanas o a través de extracción mecánica (Figura. 5 I).

FIGURA 5-I

VENTILACIÓN DENTRO DE LA VIVIENDA.



Además, existen acciones o actividades que se realizan cotidianamente al interior de las viviendas que pueden resultar sumamente perjudiciales, tales como: secar ropa en el interior, dejar ollas o teteras en ebullición por períodos prolongados de tiempo, planchar ropa en recintos sin ventilación, entre otros. Este tipo de acciones resultan perjudiciales, ya que regularmente se realizan en un ambiente cerrado, entonces, al igual que en el caso de una escasa o nula ventilación, aumentan el riesgo de humedad por condensación al interior de la vivienda.

Otra actividad que implica riesgo de humedad es calefaccionar un recinto con estufas a parafina o gas, debido a que éstas generan gran cantidad de vapor de agua. Al utilizarlas se recomienda ventilar cada dos horas de uso o bien mantener alguna ventana abierta.

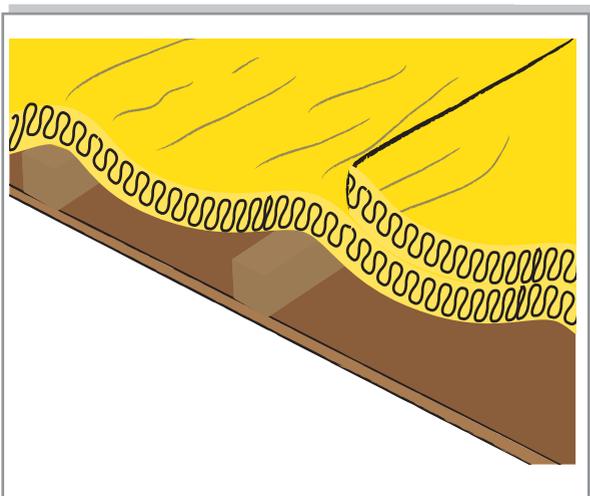
Los principales riesgos asociados a la existencia de humedad en el interior de la vivienda son:

- Eflorescencias.
- Hongos en muros y cielo.
- Soplado de revestimientos interiores.

En techumbres del tipo cerchas, que proporcionan un espacio de entretecho a la vivienda, que cuentan con aislación térmica, se recomienda no utilizarlas como bodega. Si se utilizan, cuidar de no deteriorar o mover la aislación térmica existente, ya que puede dañarse o bien desplazarse generando puentes térmicos. De la misma manera, se aconseja no transitar por sobre la aislación térmica, ya que se pueden ocasionar los daños anteriormente mencionados (Figura 5 II).

FIGURA 5-II

CORRECTA POSICIÓN DE AISLACIÓN TÉRMICA EN LA TECHUMBRE.



Se debe recordar que la existencia de humedad por sobre la aislación térmica resulta perjudicial, debido a que sus propiedades (conductividad térmica) se ven alteradas. Por esto, no se debe circular por la cubierta, y tampoco perforar ni eliminar las fijaciones con las cuales ésta se encuentre provista. Estas acciones permitirían la entrada de aguas lluvias al interior del complejo de techumbre.

Por último, en el caso de puertas y ventanas, resulta de gran relevancia el cuidado al cerrarlas, es decir, cerrar de manera suave, evitando posibles deformaciones producto de golpes en marcos y fijaciones.

En cuanto a los sellos, éstos deben tratarse con sumo cuidado ya que al alterar su continuidad e impermeabilidad se corre el riesgo de existencia de infiltraciones, provocando la entrada y salida del aire y agua de manera descontrolada (Capítulo 3.4.)

## 5.2 Mantenciones periódicas

Consiste en el mantenimiento que se le debe realizar a las viviendas para prolongar su vida útil y así, principalmente, se evita incurrir en costos de mayores proporciones antes de tiempo.

Una de las fallas más comunes en el caso de puertas de madera, es la dificultad frente a su apertura o cierre. Probablemente esto se deba a un problema de humedad o bien que la bisagra encargada de sostenerla se encuentre descolgada. Si se debe a un problema de aumento de volumen de la puerta producto de la humedad, nunca las cepille ni rebaje, ya que al deshumedecerse se generarán infiltraciones entre la puerta y el marco de manera incontrolada. Se debe esperar el comienzo del período de verano y aplicar un sello, ya sea en base a pintura o barniz por sobre todas sus caras, teniendo un especial cuidado en todos sus cantos.

Tal como se mencionó anteriormente, un sello en malas condiciones, tanto en puertas como en ventanas, puede provocar posibles infiltraciones. Por esto se debe revisar su estado de manera anual, y en el caso de encontrarse en malas condiciones debe reemplazarse por completo de acuerdo a las indicaciones del fabricante (Figura 5 III).

FIGURA 5-III

REEMPLAZO DE SELLOS.



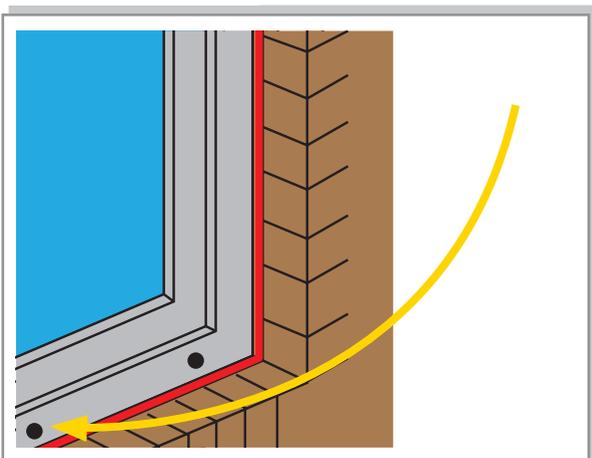
Así como es necesario tomar medidas para evitar la existencia de humedad en el interior de la vivienda, también se debe verificar la no existencia de ésta, periódicamente, en la superficie de la aislación térmica en entretechos y el buen estado de la misma. En conjunto, se debe verificar una vez al año el estado de la cubierta de la techumbre, de preferencia antes del invierno, revisando que ésta no presente fisuras o quebraduras que permitan la entrada del agua hacia el interior del complejo de techumbre.

En los baños se recomienda renovar la pintura hidrorrepelente de sus muros y cielo de manera regular, para evitar el desprendimiento de la pintura.

También, se debe verificar que se encuentren limpios y libre de elementos ajenos los marcos de las puertas, en especial en los elementos que permiten la evacuación de agua (Figura 5 IV).

FIGURA 5-IV

VERIFICAR LIMPIEZA DE MARCOS DE LAS VENTANAS.



## 5.3 Resumen

Las medidas básicas que permiten un adecuado uso y mantenimiento de la vivienda se pueden resumir en:

- No tapar, con ninguna clase de elementos rejillas o celosías que permitan la ventilación natural de recintos.
- Abrir ventanas de 10 a 15 minutos diariamente.
- No secar ropa al interior de la vivienda.
- No dejar ollas ni teteras en ebullición por periodos prolongados de tiempo.
- No planchar ropa en recintos sin ventilación.
- Ventilar cada dos horas en caso de utilizar estufas a parafina o gas.
- Evitar el uso del espacio proporcionado por el entretecho como bodega, y en lo posible no transitar por él.
- No transitar por sobre la cubierta de la techumbre, ni alterar su estructura original.
- No ocasionar alteraciones en sellos de puertas y ventanas.
- Pintar o barnizar puertas de madera en periodos de verano por sus 6 caras.
- Verificar el estado de sellos en puertas y ventanas de manera anual.
- Controlar periódicamente la aislación térmica en entretechos, verificando que se encuentre libre de humedad, perforaciones y/u otros daños.
- Revisar estado de la cubierta de la techumbre antes de comenzar el invierno.
- Renovar pintura hidrorrepelente en muros y cielos de baños.
- Mantener libre de elementos extraños los marcos de ventanas.

## INFORMACIÓN DE CONTACTO

**nombre tipo de producto**  
Fibrocemento - Revestimiento Cubiertas

**nombre del producto de la empresa**  
Pizarreño

**empresa**  
Sociedad Industrial Pizarreño S.A.

**web**  
www.pizarreño.cl

**teléfono**  
56 - 2 - 391 2430  
**fax**  
56 - 2 - 391 2488

## 1. DESCRIPCIÓN

### 1.1. Definición

Soluciones de aislación para el envolvente total de una vivienda con soluciones Pizarreño: TECHOS Y MUROS.

Considerando aislación tanto en techos como en muros se logra el máximo de eficiencia en los sistemas en una vivienda o un conjunto de viviendas en uso.



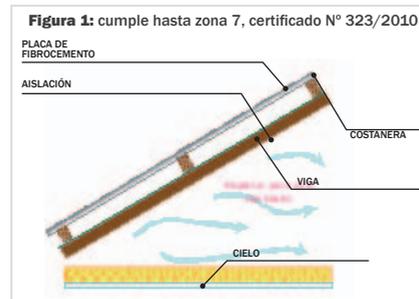
### 1.2. Usos Techos

Todos los productos Pizarreño, Planchas Onduladas, Tejas Chilenas, Teja Campanario, Teja Manquehue y Coloronda.

#### Complejo de Techumbres Frías

El aislamiento se instala directamente sobre el entpiso del ático/cielo raso.

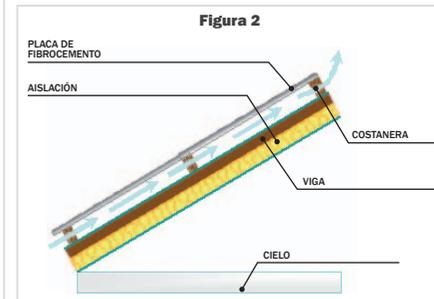
Solución más conveniente para techumbres planas o donde el ático no será utilizado como habitación.



#### Complejo de Techumbres Calientes

El aislamiento se instala sobre la estructura.

Solución más conveniente para techumbres inclinadas que permitan la utilización del ático o buhardilla como habitación.



### Tabla de comportamiento térmico para soluciones de cubierta caliente

COMPORTAMIENTO TÉRMICO PARA SOLUCIONES COMPLEJO DE TECHUMBRE								
CUBIERTA ORIGINAL	SOLUCIÓN AISLACIÓN TÉRMICA				RT (*) FINAL (M <sup>2</sup> *K/W)	U (**) FINAL (W/M <sup>2</sup> K)	ZONA	
	ESTRUCTURA	AISLACIÓN	REVEST. CIELO	ESPESOR TOTAL (MM)				
SOLUCIÓN CUBIERTA FRÍA (FIG. 1)	Fibrocemento P10, e= 4 mm	Pino 2" x 6"	Poliestireno 10 kg/m <sup>3</sup> , e = 170 mm	Yeso Cartón 10 mm	-	4.16	0.24	7

## 1.2. Usos de Muros EIFS - FACHADA VENTILADA

Soluciones de aislación exterior a la estructura: Fibrotec (DAFS) y Fachadas aisladas con revestimientos arquitectónicos.

### Ventajas de la aislación por el exterior

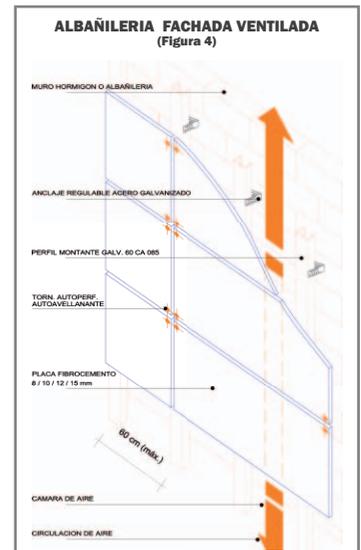
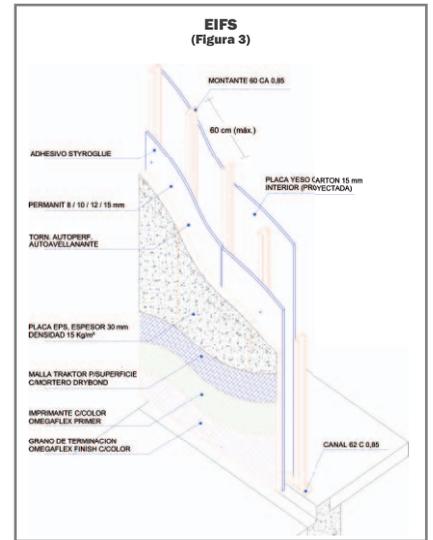
- Disminuye los puentes térmicos: Debido a la cobertura continua del aislante exterior pasando sin interrupción sobre las losas de entrepiso. Sin puentes térmicos se evitan hongos por condensación superficial.
- Aumenta la inercia térmica de la envolvente: El traspaso día - noche de el calor retenido por muros se produce paulatinamente en la noche amortiguando la baja de temperatura de esas horas. Lo opuesto ocurre en verano cuando el aislante exterior retiene o y almacena el calor colaborando en el confort del interior de la vivienda.
- Cortina - corta lluvia: Las placas de revestimiento arquitectónico o para revestir actúan en el exterior de la edificación como una pantalla o cortina corta lluvia y permiten mantener el muro estructural absolutamente seca y también el material aislante.
- Protegiendo la estructura principal y el muro estructural contra los cambios de temperatura: De acuerdo a que el material aislante se aplica al exterior de la edificación, los cambios de temperatura son mínimos, en comparación con aquellas convencionales, en donde el material aislante se aplica en el interior.
- Evita la condensación intersticial entre diferentes productos que componente el muro.

**Concepto Fachada Ventilada:** Concepto Fachada Ventilada: sistema constructivo que consiste en montar una fachada paralela a los muros del edificio o vivienda, produciendo una cámara de aire de mín 25 mm de ancho, comprendida entre el revestimiento de la vivienda y los muros base de éste. El revestimiento funciona como una "piel" independiente de la vivienda, que sirve para protegerla contra la lluvia, condensación, calor, ruido, etc. Además tiene la posibilidad de incorporar un elemento aislante en la cámara de aire, que refuerza el concepto de aislamiento térmico y consecuentemente acústico; se utiliza tanto para climas fríos como calurosos.

Productos: Pictura, Eterplac, Etercolor, Natura, Natura PRO.

**Concepto Sistema EIFS (Exterior Insulation Finish System):** solución constructiva para revestimiento de muros exteriores con aislación térmica, la cual en su conjunto, genera una excelente barrera entre el clima exterior y el interior de la edificación revestida con ella, puesto que corta la conexión entre los elementos del muro y el exterior. Además esta solución ofrece una amplia gama de aplicaciones con resistencia al fuego y a la humedad.

Productos: Permanit 8mm, 10mm, 12mm, 15mm.



COMPORTAMIENTO TÉRMICO PARA SOLUCIONES DE MUROS										
	MURO ORIGINAL	SOLUCIÓN AISLACIÓN TÉRMICA		ESTRUC-TURA	AISLACIÓN	REVESTI-MIENTO EXTERIOR	ESPESOR TOTAL(mm)	RT(*)	U(**)	ZONA
		INICIAL (M <sup>2</sup> *K/W)	INICIAL (W/M <sup>2</sup> K)					FINAL (M <sup>2</sup> *K/W)	FINAL (W/M <sup>2</sup> k)	
SISTEMA EIFS (FIG. 3)	Muro Perimetral	-	-	Montante - perfil Fe Galvanizado 60x38x0,85	-	Permanit 8 mm + Sist. EIFS + Poliuretano expandido alta densidad, e=30 mm	115	1.13	0.88	6
SISTEMA FACHADA VENTILADA (FIG. 4)	Muro de Albañilería 150 mm	0.50	2.02	Montante - perfil Fe Galvanizado 60x38x0,85	Lana Mineral 40 kg/m <sup>3</sup> , e 40 mm	Eterplac 10 mm	220	1.76	0.57	7

Permanit®

Permanit Ranurado®

Ceramic Base®

Internit®

Eterplac®

Natura®

Etercolor®



# Glosario

# CAPÍTULO VI

## Glosario



## Glosario

### a

#### Aislación térmica

Capacidad de oponerse al paso de calor de un material o conjunto de materiales. En construcción hace referencia al intercambio de energía en forma de calor entre el ambiente interior y el exterior.

#### Aislantes térmicos

Son aquellos materiales que cuentan con una conductividad térmica inferior a  $0,060 \text{ W/mK}$ .

### b

#### Barrera de humedad

Capa que impide tanto la difusión de vapor como la aspiración capilar durante la vida de servicio de un edificio.

#### Barrera de vapor

Lámina resistente a la difusión de vapor de agua. Cumple la función de prever y evitar la condensación que se produce principalmente al interior de un elemento constructivo. Presenta una resistencia a la difusión de vapor de agua comprendida entre  $10$  y  $230 \text{ MN s/gm}$ .

### c

#### Cerramiento

Elemento constructivo de la vivienda que la separa del exterior, ya sea aire, terreno u otras viviendas.

#### Complejo de Techumbre

Conjunto de todos los elementos constructivos que conforman la techumbre, tales como: cielo, cubierta, aislante térmico, cadenetas, vigas, etc.

#### Condensación

Proceso físico que consiste en el cambio de estado gaseoso a líquido.

#### Conducción térmica

Es el método de transmisión de energía térmica interna en cuerpos sólidos puestos en contacto.

#### Confort higrotérmico

Sensación de bienestar de los habitantes de una vivienda, en relación tanto a la temperatura ambiente como a la humedad relativa existente dentro de un recinto.

#### Convección térmica

Es el mecanismo de transmisión de calor que tiene lugar en un fluido provocado por los movimientos de la masa del mismo.

#### Conductividad térmica

Cantidad de calor que bajo condiciones estacionarias pasa en la unidad área de una muestra de material homogéneo de extensión infinita, de caras planas paralelas y de espesor unitario, cuando se establece una diferencia de temperatura unitaria entre sus caras. Se determina experimentalmente según NCh 850.

### e

#### Eficiencia energética

Buena utilización de los recursos energéticos disponibles.

#### Envolvente

Resultante exterior de los limitantes interiores de un edificio. Conjunto establecido por el complejo de techumbre, muros perimetrales y piso.

## f

### Flujo de calor

---

Cantidad de calor que pasa a través de una superficie unitaria de un elemento por unidad de tiempo, dada una cierta diferencia de temperatura entre sus caras.

## h

### Humedad absoluta

---

Es la cantidad de vapor de agua presente en el aire, se expresa en gramos de agua por kilogramos de aire seco (g/kg), gramos de agua por unidad de volumen (g/m<sup>3</sup>) o como presión de vapor (Pa o KPa o mmHg).

### Humedad relativa

---

Razón entre la fracción molar del vapor de agua contenida en el aire húmedo y la fracción molar del vapor de agua en el aire saturado a la misma temperatura y presión, se expresa en porcentaje.

## i

### Inercia térmica

---

Capacidad de un cerramiento o envolvente de una edificación de almacenar calor y transmitirlo con retardo.

### Infiltración

---

Entrada incontrolada de aire y/o agua exterior debido a la existencia de una apertura que lo permita.

## o

### Obra menor

---

Modificación en edificaciones existentes que no alteran su estructura, con excepción de las señaladas en el artículo 5.1.2. de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, y las ampliaciones que se ejecuten por una sola vez o de forma sucesiva en el tiempo, hasta alcanzar un máximo de 100 m<sup>2</sup> de superficie ampliada<sup>20</sup>.

## p

### Permeabilidad

---

Son los kilos de vapor que pasan, cada segundo, a través de una pared plana homogénea de un metro cuadrado de superficie y un metro de espesor, cuando la diferencia de vapor a ambos lados de la misma es un Pascal<sup>15</sup>.

### Puente térmico

---

Zona de un elemento o envolvente, donde debido a un cambio de densidad, la resistencia térmica se ve disminuida y en consecuencia es propensa a la ocurrencia de condensaciones y pérdidas energéticas.

## r

### Radiación térmica

---

Es una emisión de energía en forma de ondas electromagnéticas que se manifiesta en cualquier cuerpo por el simple hecho de encontrarse a una cierta temperatura.

### Resistencia a la difusión de vapor

---

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

### Resistencia térmica

---

Oposición al paso del calor que ofrece un material o elemento, de cierto espesor, bajo condiciones unitarias de superficie y de diferencia de temperatura. Se puede determinar en forma experimental según la Nch 851, o bien, mediante cálculo según la Nch 853.

### Resistencia térmica total

---

Inverso de la transmitancia térmica del elemento. Suma de las resistencias de cada capa del elemento.

### Resistividad a la difusión de vapor

---

Inverso de la permeabilidad.

<sup>14</sup>O.G.U.C. Mayo 2009

<sup>14</sup>S.I.

## t

### Temperatura de punto de rocío

---

Temperatura inferior a la ambiental, en un aire ambiente determinado en temperatura y humedad relativa, para la cual la humedad en estado gaseoso pasa a estado líquido.

### Transmitancia térmica

---

Flujo térmico que pasa por un área debido a la diferencia de temperatura entre los ambientes situados a cada lado de la envolvente. Se denomina con el símbolo U.

## V

### Ventilación

---

Aportación de aire nuevo desde el exterior para renovar el aire del interior del inmueble y extraer el aire viciado.

# PROSOL SYSTEM

## INFORMACIÓN DE CONTACTO

**nombre tipo de producto**  
SATE Sistema Aislación Térmica Exterior

**nombre del producto de la empresa**  
Prosol - Sate

**empresa**  
Prosol System

**web**  
[www.prosolssystem.cl](http://www.prosolssystem.cl)

**teléfono**  
56 - 2 - 622 2020  
**fax**  
56 - 2 - 621 3231

## 1. DESCRIPCIÓN

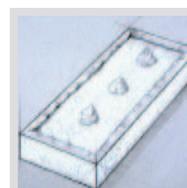
### 1.1. Definición

**Prosol-SATE** es un sistema de aislación térmica exterior para muros que consiste en un recubrimiento que incorpora una capa de poliestireno expandido (EPS) adherida al muro o tabique estructural con adhesivo Prosol Pasta-E1 y reforzada con una malla de fibra de vidrio Progard-150 embebida en una delgada capa de mortero elastomérico (mortero base), Prosol-Pasta E2 para luego ser terminada con una pintura de terminación la que puede ser texturizada o lisa ( terminación o finish). Genéricamente este sistema se llaman SATE (Sistema aislamiento térmico exterior) o en ingles EIFS (Exterior insulation and finish system).

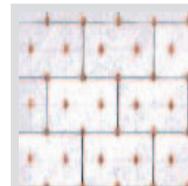


### 1.2 Imágenes

1 Sistema estándar con adhesivo Prosol Pasta E1.



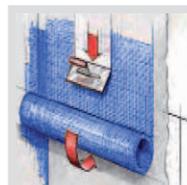
2 Sistema con fijación mecánica Fix-Ter P para albañilería u hormigón (especial para recuperación de viviendas).



3 Sistema con fijación mecánica Arandela Fix-Ter M para placa Fibro Cemento.



4 Instalación malla fibra de vidrio ProGard 150 con mortero base y textura de terminación.



PROSOL PASTA E-2

PASOS HASTA TERMINACIÓN

INSTALACIÓN DE FINISH

## 2. INFORMACIÓN TÉCNICA

### 2.1. Modelos o Tipos

- Sistema estándar con fijación adhesiva
- Sistema con fijación mecánica para albañilería y hormigón.
- Sistema con fijación mecánica para placa fibrocemento.

### 2.2. Características Cuantitativas y/o Cualitativas

El SATE es una de las técnicas las más utilizadas en el mundo desarrollado, por ser una solución eficiente, en edificaciones nuevas y en especialmente en reparaciones y remozamientos de fachadas antiguas.

Con esto, eliminamos los puentes térmicos que dan origen a molestos espacios donde se produce condensación del vapor de agua contenida en el aire, llevando el punto de rocío fuera del muro, aumentando la aislación de los estratos, y materiales que conforman la estructura de la edificación pudiendo aprovechar de mejor forma la inercia térmica del muro masivo en los casos que éste exista.

Por ejemplo: un muro albañilería de 14cm de espesor con un  $U$  2.1(W/m<sup>2</sup> °C), al instalar el sistema SATE con 5 cm. de poliestireno expandido de 15Kg/m<sup>3</sup>, cambia a un  $U$  de 0,6 (W/m<sup>2</sup> °C), esto quiere decir que este muro es capaz de cumplir en zona 7, según la tabla del artículo 4.1.10 de la OGUC.

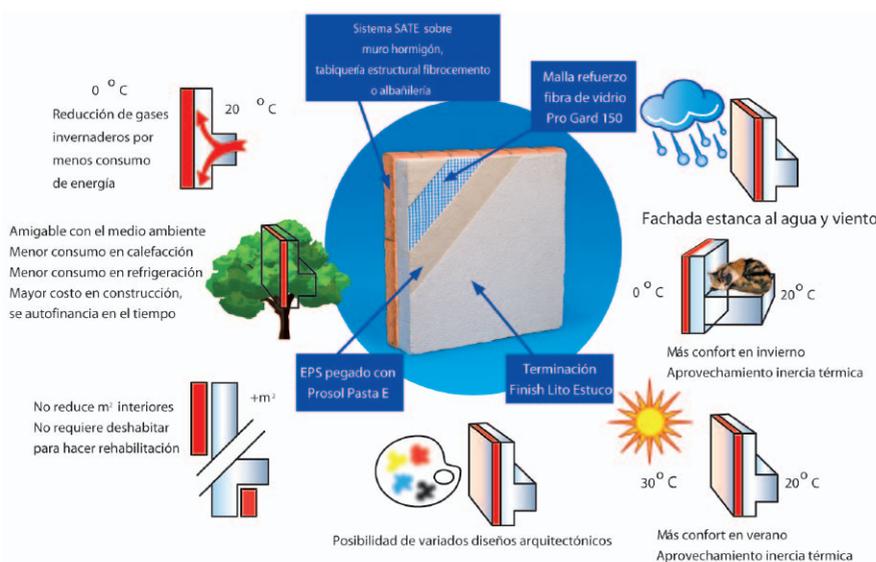
#### Normas y estándares de Calidad que satisface

#### PROSOL-SATE, CUMPLE CON LAS CERTIFICACIONES

Con la aplicación del sistema: PROSOL-SATE en cualquier sustrato y haciendo el cálculo de espesor de poliestireno expandido correspondiente, fácilmente se llega al valor  $U$  requerido según la zona geográfica, es decir cumple fácilmente la Ordenanza General de Construcción Art. 4.1.10 referente a reglamentación térmica. El resto de las normativas las deben cumplir la estructura portante su aislación interior y el revestimiento interior, por lo que el sistema cumple perfectamente con las normas que regulan la construcción en Chile.

La configuración de cada proyecto en particular debe estudiarse en forma especial, para garantizar el mejor rendimiento del sistema, para asesoría comuníquese a Dpto tecnico al 02-622 2020 o al email ventas@prosolystem.cl.

### Aislación exterior SATE - EIFS





Anexos

# CAPÍTULO VII

## Anexos



## Anexos

### 7.1 Anexo N° 1

TABLA 7.1-A

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DE LOS MATERIALES.

Fuente: NCh 853 Of 2007

Materiales	Densidad (Kg/m <sup>3</sup> )	Conductividad térmica W/mK
Alfombras	1000	0,0500
Azulejos	-	1,0500
Baldosas cerámicas	-	1,7500
Enlucido de yeso	800	0,3500
Fibro-cemento	1000	0,2300
Hormigón armado (normal)	2400	1,6300
<b>Hormigón en masa con grava normal:</b>		
Con áridos ligeros	1600	0,7300
Con áridos ordinarios, sin vibrar	2000	1,1600
con áridos ordinarios vibrados	2400	1,6300
Hormigón con escorias de altos hornos	800	0,2200
Hormigón liviano a base de poliestireno expandido	430	0,1340
Ladrillo macizo hecho a máquina	1000	0,4600
	1200	0,5200
	1400	0,6000
Ladrillo hecho a mano	-	0,5000
Linóleo	1200	0,1900

**TABLA 7.1-A (CONTINUACIÓN)**

**CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DE LOS MATERIALES.**

Fuente: NCh 853 Of 2007

Materiales	Densidad (Kg/m <sup>3</sup> )	Conductividad térmica W/mK
<b>Maderas:</b>		
Álamo	380	0,0910
Alerce	560	0,1340
Pino insigne	410	0,1040
Roble	800	0,1570
Maderas, tableros aglomerados de partículas	400	0,0950
	420	0,0940
	460	0,0980
Morteros de cal bastardos	1600	0,8700
Lana mineral, colchoneta libre	40	0,0420
	50	0,0410
	70	0,0380
Mortero de cemento	2000	1,4000
Poliestireno expandido	10	0,0430
	20	0,0384
	30	0,0361
Poliuretano expandido	30	0,0262
	40	0,0250
	50	0,0245
Vidrio plano	2500	1,2000
Yeso-cartón	650	0,2400
	700	0,2600

## Materiales aislantes no contemplados en la NCh 853 Of 2007

TABLA 7.1-B

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DE MATERIALES NO CONTEMPLADOS EN NCH 853.

Materiales	Densidad (Kg/m <sup>3</sup> )	Conductividad térmica W/mK
Aerogel*	130	0,0131
Lana de vidrio**	10	0,0440
	11	0,0424
	12	0,0410
	13,1	0,0400
Fibras de Celulosa***	25,8	0,0410

\*Ensayo: ASTM C 518

\*\*Informe de Ensayo IDIEM N° 409.927

\*\*\*Informe de Ensayo IDIEM N° 246.905

## 7.2 Anexo N° 2

TABLA 7.2-A

### FACTOR DE RESISTENCIA A LA DIFUSIÓN DE VAPOR DE AGUA

FUENTE: 12524:2000 Building materials and products. Hygrothermal properties. Tabulated design values.

Material	Densidad $\rho$ Kg/m <sup>3</sup>	Factor de Resistencia a la difusión del vapor de agua $\mu$	
		Seco	Húmedo
Hormigón armado	2.400	130	80
Aire	1,23	1	1
Vidrio	2.500	$\infty$	$\infty$
Aluminio	2.800	$\infty$	$\infty$
Zinc	7.200	$\infty$	$\infty$
PVC	1.390	50.000	50.000
Yeso	600 - 1.500	10	40
Tejas arcilla	2.000	40	30
Madera	700	200	50
Poliestireno expandido	10 - 50	60	60
Lana mineral	10 - 200	1	1



## INFORMACIÓN DE CONTACTO

**nombre tipo de producto**  
Revestimiento Térmico Interior

**nombre del producto de la empresa**  
Sistema Poligyp

**empresa**  
Sociedad Industrial Romeral S.A.

**web**  
[www.romeral.cl](http://www.romeral.cl)

**teléfono**  
56 - 2 - 510 6100

**fax**  
56 - 2 - 510 6123

## 1. DESCRIPCIÓN

### 1.1. Definición

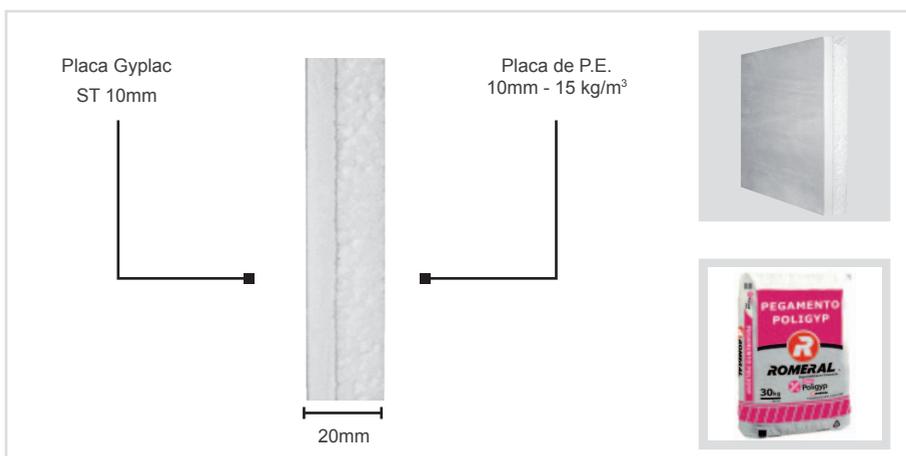
Sistema Constructivo que **mejora notablemente la aislación térmica** de la envolvente de una vivienda. Se trata de una **Placa de Yeso-Cartón** a la que se le adhiere una plancha de Poliestireno Expandido de 15 kg/m<sup>3</sup> y 10 mm de espesor (el espesor puede variar según el requerimiento térmico); el Poliestireno Expandido es pegado a la **Placa de Yeso-Cartón (ST o RH)** en fábrica mediante un pegamento especialmente formulado, obteniendo así una plancha conformada que ofrece una excelente solución como revestimiento térmico interior, pues a la habitual calidad y calidez de la **Placa de Yeso-Cartón** se le suman las bondades térmicas del Poliestireno Expandido.



### 1.2 Usos principales

El **Sistema Poligyp®** es un revestimiento térmico de muros perimetrales nuevos o antiguos de hormigón armado, albañilería u otros y es apto para todo tipo de soluciones habitacionales. Particularmente recomendado para todo tipo de ambientes, en especial de uso discontinuo, pues reduce notablemente el tiempo de puesta en régimen de calefacción o refrigeración según sea el caso. Recordando que al no poseer estructuras (perfiles metálicos) en su aplicación, elimina y controla perfectamente los puentes térmicos.

### 1.3 Imágenes



## 2. INFORMACIÓN TÉCNICA

### 2.1. Modelos o Tipos

La extraordinaria capacidad de aislar térmicamente una vivienda con **Sistema Poligyp®** viene dada por el coeficiente de conductividad térmica del material ( $\lambda$ ), el cual se define como la cantidad de calor (kcal o Watt) que pasa en 1 hora a través de una capa de material de 1 m<sup>2</sup> de superficie y de 1 m de espesor, en un régimen de flujo térmico constante, cuando la diferencia de temperatura entre ambas superficies es de 1 grado centígrado. Su unidad es kcal/mh °C o Watt/m °K y se rige bajo la Nch. 850.

La nueva modificación a la O.G.U.C., correspondiente a la 2° etapa de la Reglamentación Térmica de Viviendas establece los valores máximos de Transmitancia Térmica por zona que deberán cumplir los muros perimetrales.

ESPESOR DE PLACA GYPLAC (mm)	ESPESOR DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO (mm)	PESO APROX (kg/m <sup>2</sup> )	RESISTENCIA TÉRMICA R (m <sup>2</sup> °C/W)
10	10	7.0	0.2824
10	15	7.1	0.4043
10	20	7.2	0.5263
10	30	7.4	0.7702
10	40	7.6	1.0141
10	50	7.8	1.2580
10	60	8.0	1.5019

Para mayor información consulte a nuestro Departamento Técnico.

### 2.2. Características Cuantitativas y/o Cualitativas

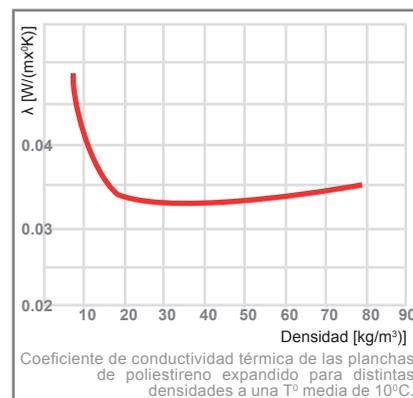
Las planchas del **Sistema Poligyp®** se presentan en dimensiones de 1.20 x 2.40 m y el espesor varía de acuerdo al requerimiento térmico. Los espesores de la plancha varían desde los 20 mm hasta los 70 mm. Para dimensiones especiales consulte con nuestro Departamento Técnico. Las planchas de **Sistema Poligyp®** son entregadas en pallets de 40 unidades.

Consultar por espesores y tipos de placas Gyplac® especiales (Placas Resistentes a la Humedad RH y Resistentes al Fuego RF de 12.5 ó 15 mm).  
Para requerimientos térmicos consulte con nuestro Departamento Técnico.

## 3. NORMAS Y ESTÁNDARES DE CALIDAD QUE SATISFACE

Las planchas cumplen con los requerimientos de: Las placas de yeso - cartón Gyplac se fabrican bajo la NCh 146, Parte 1 y Parte 2.

El **Sistema Poligyp®** se encuentra inscrito en el listado de Soluciones Constructivas para Cumplir con la Reglamentación Térmica del Ministerio de Vivienda y Urbanismo.



ZONA	U	RT
ZONA 1 Arica, Iquique, Antofagasta, Copiapó, La Serena	4.0	0.25
ZONA 2 Valparaíso	3.0	0.33
ZONA 3 Santiago, Rancagua	1.9	0.53
ZONA 4 Talca, Concepción, Los Angeles	1.7	0.59
ZONA 5 Temuco, Villarica, Osorno, Valdivia	1.6	0.63
ZONA 6 Puerto Montt, Frutillar, Chaitén	1.1	0.91
ZONA 7 Coyhaique, Punta Arenas	0.6	1.67

CONSUMO ESTIMADO POR M <sup>2</sup>		
Descripción	Unidad	Cantidad
Poligyp® Romeral 30 mm	m <sup>2</sup>	1.05
Pegamento del Sistema Poligyp® 30 kg*	kg	3.6
Cinta de celulosa papel microperforada	ml	1.65
Masilla Base Romeral 30 kg para juntas	kg	0.36

\* Se consideran 10 motas por m<sup>2</sup> de 10 cm de diámetro y espesor 5 cm.  
\*\* Esta cantidad dependerá del desajuste que presente el muro.



# Bibliografía

# CAPÍTULO VIII

## Bibliografía



## Bibliografía

- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. Guías Técnicas para la Rehabilitación de la Envolvente Térmica de los Edificios 2: Soluciones de Aislamiento con Poliestireno Extruido (XPS). Madrid, 2008, 46 p.
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. Guías Técnicas para la Rehabilitación de la Envolvente Térmica de los Edificios 3: Soluciones de Aislamiento con Lana Mineral. Madrid, 2008, 32 p.
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. Guías Técnicas para la Rehabilitación de la Envolvente Térmica de los Edificios 4: Soluciones de Aislamiento con Poliuretano. Madrid, 2008, 57 p.
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. Guías Técnicas para la Rehabilitación de la Envolvente Térmica de los Edificios 5: Soluciones de Acristalamiento y Cerramiento Acristalado. Madrid, 2008, 43 p.
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. Guías Técnicas para la Rehabilitación de la Envolvente Térmica de los Edificios 6: Soluciones de Aislamiento con Poliestireno Espumas Flexibles. Madrid, 2008, 50 p.
- HUENCHUÑIR, Marcelo. Sistemas de Fachada con Aislación Térmica Transparente. Revista BIT, (25): 54 - 56, Marzo 2002.
- Indalum. Indalum S.A. 27 Julio 2009. [www.indalum.cl/especialistas/admin/uploads/file\\_45d5a9528d80f.pdf](http://www.indalum.cl/especialistas/admin/uploads/file_45d5a9528d80f.pdf)
- INSTITUTO DE LA CONSTRUCCIÓN. Manual de Aplicación de la Reglamentación Térmica. Chile, Instituto de la Construcción, 2006. 61 p.
- INSTITUTO DE LA CONSTRUCCIÓN. Manual de Uso y Mantenimiento para una Vivienda Sana, Instituto de la Construcción / Innova Chile. 26 p.
- INSTITUTO Nacional de Normalización (Chile). Acondicionamiento térmico - Aislación térmica - Determinación de la ocurrencia de condensaciones intersticiales- NCH1980. Of 88. Santiago, Chile, 1988. 22 p.
- BEDOYA, César y NEILA, Fco. Javier. Las técnicas de acondicionamiento ambiental: Fundamentos Arquitectónicos. Madrid, Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas, 1992. 269 p.
- BUSTAMANTE, Waldo. Clima y viviendas: Fundamentos para el diseño. Santiago, Chile.
- CHAPPLE, Paula. Confort térmico en las viviendas. Revista BIT, (61): 38 - 41, Julio 2008.
- Dirección General de Industria, Energía y Minas. Guía de Rehabilitación Energética de Edificios de Viviendas. Madrid, 2008, 337 p.
- EN 12524:2000 Building materials and products. Hygrothermal properties. Tabulated design values.
- European Windows. Fourcade & Duijndam. 3 Agosto 2009. [www.europeanwindows.cl](http://www.europeanwindows.cl)
- GIVONI, Baruch. Climate considerations in building and urban design. New York, John Wiley & Sons, 1998. 464 p.

- INSTITUTO Nacional de Normalización (Chile). Acondicionamiento térmico – Envoltente térmica de edificios – Cálculo de resistencias y transmitancias térmicas – NCH853. Of 2007. Santiago, Chile, 2007. 43 p.
- JUTGLAR, Lluís. Aislamiento térmico. Barcelona, Grupo Editorial Ceac, 1998. 183 p.
- JUSTINIANO, Catalina. Criterios de uso y mantención de la vivienda reacondicionada. En: Capacitación Actores involucrados en Incentivo al Reacondicionamiento Térmico de Viviendas (1°, 2009, Rancagua, Chile). Sin editar.
- LAVANDERO, David y GUZMÁN, Claudio. Sellos en puertas y ventanas: Primeros pasos hacia la especialización. Revista BIT, (29): 62 – 64, Marzo 2003.
- LAVIGNE, Pierre. Arquitectura climática: una contribución al desarrollo sustentable. Talca, Universidad de Talca, 2003, Tomo 1.
- LAVIGNE, Pierre. Arquitectura climática: una contribución al desarrollo sustentable. Talca, Universidad de Talca, 2003, Tomo 2.
- MALDONADO, Daniela. Instalación de puertas: Cierre suave. Revista BIT, (67): 32 – 37, Julio 2009.
- MINVU. Listado Oficial de Soluciones Constructivas para Acondicionamiento Térmico del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Chile. Enero 2009.
- MINVU. Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, Chile. Mayo 2009.
- PAUSIC, Mónica. Ventanas: Abiertas a la innovación. Revista BIT, (42): 33 – 41, Mayo 2005.
- PAUSIC, Mónica. Incipiente Innovación: Puertas entreabiertas. Revista BIT, (43): 38 – 45, Julio 2005.
- Pilkington Energy Advantage. Vidrios Lirquén S.A. 27 Julio 2009. [www.pilkington.com/resources/finalpdf.pdf](http://www.pilkington.com/resources/finalpdf.pdf).
- RAMÍREZ, Claudia. Confort Térmico. Revista BIT, (50): 16 – 27, Septiembre 2006.
- RAMÍREZ, Claudia. Soluciones para pisos: Pasos confortables. Revista BIT, (54): 88 – 91, Mayo 2007.
- RAMÍREZ, Claudia. Ventanas: Abiertas a la tecnología. Revista BIT, (55): 74 – 77, Julio 2007.
- RODRÍGUEZ, Gabriel. Temperatura de Confort. Revista BIT, (27): 25 – 26, Septiembre 2002.
- RODRÍGUEZ, Gabriel. Aislamiento Térmico: Humedad en Elementos Envoltentes. Revista BIT, (57): 46 – 49, Noviembre 2007.
- RODRÍGUEZ, Gabriel y BURGOS, Daniela. Aislación térmica exterior: Manual de diseño para soluciones en edificaciones. Santiago, Corporación de Desarrollo Tecnológico de la Cámara Chilena de la Construcción, 2008. 139 p.
- SPENCE, William P. Cubiertas: materiales e instalación. Barcelona, Ediciones Ceac, 2006. 212 p.
- Ventekö. 3 Agosto 2009. [www.venteko.cl/aislamiento\\_termico.pdf](http://www.venteko.cl/aislamiento_termico.pdf)



## INFORMACIÓN DE CONTACTO

**nombre tipo de producto**  
Ventanas y Puertas de PVC

**nombre del producto de la empresa**  
Sistemas Eurodur Dina y Glasswin

**empresa**  
Venteko.

**web**  
[www.venteko.cl](http://www.venteko.cl)

**teléfono**  
56 - 2 - 947 2888  
56 - 2 - 248 2888

## 1. DESCRIPCIÓN

### 1.1. Definición

Aquí los nuevos criterios de confort, funcionalidad, adecuación a normativas de construcción y al entorno ambiental, exigen unos conocimientos técnicos y de materiales muy precisos. Por otro lado, la estética de las fachadas desempeña un papel fundamental en la arquitectura actual.

Hoy en día, la superficie acristalada aumenta constantemente, tanto en grandes edificios como en viviendas unifamiliares y los marcos de las ventanas ya no pueden ser considerados sólo como una estructura portante. Sistemas ampliamente probados por **Kömmerling**, permiten modular la apertura adaptándose al espacio habitable.



## 2. INFORMACIÓN TÉCNICA

### 2.1. Modelos o Tipos

**Kömmerling**, respondiendo a las exigencias del mercado y a necesidades puntuales, ha ido evolucionando en el desarrollo de sus sistemas de perfiles de acuerdo con los criterios de calidad del producto, variedad de soluciones, facilidad de elaboración, respuesta a las nuevas necesidades de cerramiento y ahorro en los costos energéticos.



### 2.2. El valor U de los perfiles Kömmerling

En el conjunto de la fachada de un edificio el punto débil lo constituyen los huecos, siendo de especial importancia elegir los valores adecuados.

La transmitancia térmica del hueco **UH** depende de dos elementos: el valor de transmitancia de la carpintería (**UH,m**) y del vidrio (**UH,v**), en función de sus superficies (véase fórmula). **FM** (fracción del hueco ocupada por la carpintería)  $UH = (1-FM) \cdot UH,v + FM \cdot UH,m$ .

De la fórmula anterior se deduce que necesitamos el valor de transmitancia de los perfiles (**UH,m**) y del acristalamiento (**UH,v**) que van a conformar la carpintería.

**Perfiles:** su transmitancia térmica depende del material y de la geometría de los perfiles. La norma Europea UNEEN ISO 10077-1 incluye una tabla con los valores U de los materiales más usuales utilizados para carpinterías (PVC, metal y madera). Estos son los valores “por defecto” que hay que utilizar a falta de ensayos realizado por laboratorio oficialmente reconocido.

Parte importante de la conformación de la ventana es el acristalamiento, su transmitancia térmica depende básicamente del tipo de vidrio y del espesor de la cámara interior que a partir de cierto espesor de cámara y dependiendo de la composición del acristalamiento puede reducirse la capacidad de aislamiento por fenómenos de convección en el interior de la cámara.

Para los tipos usuales de acristalamientos, los valores de la transmitancia térmica son, a título orientativo, los siguientes:

- Acristalamiento sencillo: **U=5,7 (W/m<sup>2</sup> K)**
- Doble acristalamiento tradicional.

COMPOSICIÓN	U (W/m <sup>2</sup> k)
4 - 6 - 4	3,28
4 - 9 - 4	3,01
4 - 12 - 4	2,85
4 - 15 - 4	2,70

El PVC tiene una baja conductividad térmica (**0'16 W/m • K**), unas mil veces inferior a la del aluminio. Por ello, los perfiles de PVC no necesitan rotura de puente térmico, pues es todo el perfil el que rompe dicho puente térmico. El puente térmico se produce en perfiles metálicos, cuya alta conductividad les convierte en malos aislantes.

**El valor U de los perfiles Kömmerling es aún mejor que el que ofrece la tabla de la norma UNE-EN ISO 10077-1. Por ejemplo Sistema Eurodur 3S: 1'8 W/m2K ó Sistema Dina: 2'0 W/m<sup>2</sup>K.**

### 2.3. El valor U de una ventana con perfiles Kömmerling

Como ya hemos visto, el vidrio tiene una influencia importante en el valor U global de la ventana, proporcional a la superficie que ocupa. Lo normal es que el vidrio ocupe alrededor de un 65 - 70% de la superficie total de la ventana. Con este dato y los valores de transmitancia térmica de los perfiles y el propio vidrio, podemos calcular el siguiente ejemplo:

Valor **UH** de una ventana con sistema **Eurodur 3S (UH,m=1,8)** y vidrio **4/15/4 (UH,v=2,7)**

$$UH = (1-0,35) \cdot 2,7 + 0,35 \cdot 1,8 = 1,755 + 0,63 = 2,38 \text{ W/m}^2\text{K.}$$

Este valor puede mejorarse todavía más con la elección de vidrios especiales (bajo emisivos, por ejemplo), si se precisara de un mayor aislamiento. Las normativas actuales, para determinadas zonas, orientaciones y superficies de huecos en fachada, exige valores muy elevados de aislamiento térmico, y los sistemas **Kömmerling** son la elección ideal por su reducido valor **U**.

Para los tipos usuales de ventanas, los valores de la transmitancia térmica de los perfiles son los siguientes:

MATERIAL DEL PERFIL	TRANSMITANCIA TÉRMICA U (W/m <sup>2</sup> k)
MADERA	2,50
METÁLICO	5,88
METÁLICO CON RATURA DE PUENTE TÉRMICO	4,00
PVC (2 cámaras)	2,20
PVC (3 cámaras)	2,00







# Aislación Térmica

