

# CATÁLOGO DE REHABILITACIÓN ENERGÉTICA

---

**EUSKO JAURLARITZA**



**GOBIERNO VASCO**

**ENPLEGUETA GIZARTE  
POLITIKETAKO SAILA**  
Etxebizitza Sailordetza  
Etxebizitza Zuzendaritza

**DEPARTAMENTO DE EMPLEO Y  
POLITICAS SOCIALES**  
Viceconsejería de Vivienda  
Dirección de Vivienda

Laboratorio de Control de Calidad  
en la Edificación del  
Gobierno Vasco  
-Área Térmica-

erman ta zabal zazu



Universidad  
del País Vasco

Euskal Herriko  
Unibertsitatea

Universidad del País Vasco  
Euskal Herriko Unibertsitatea

Julio de 2014

El presente documento ha sido impulsado por la Dirección de Vivienda, del Departamento de Empleo y Políticas Sociales del Gobierno Vasco, con la participación de:

**Equipo de redacción:**

Agustin De Lorenzo Urien, Arquitecto, Responsable del Servicio de Normativa y Control de Calidad de la Edificación.

César Escudero Revilla <sup>(1)</sup>.  
Ingeniero Industrial

Eider Iribar Solaberrieta <sup>(1)</sup>.  
Arquitecto

<sup>(1)</sup> Personal adscrito al Área Térmica del Laboratorio de Control de Calidad de la Edificación de La Dirección de Vivienda, según "Convenio de colaboración con la Universidad del País Vasco para el desarrollo del Área Térmica del Laboratorio de Control de Calidad de la Edificación del Gobierno Vasco."

1.- COMENTARIOS PRELIMINARES .....	1
1.1.- INTRODUCCIÓN .....	1
1.2.- OBJETIVOS .....	1
1.3.- ALCANCE DEL CATÁLOGO .....	2
2.- TIPOS DE ENSAYO .....	3
2.1- ENSAYO EN CAJA CALIENTE GUARDADA.....	3
2.2- ENSAYO PASLINK .....	6
3.- FICHAS TIPO: INSTRUCCIONES DE USO .....	10
4.- CAPACIDAD TÉRMICA .....	20
5.- LISTADO DE CERRAMIENTOS CATALOGADOS .....	27
6.- FICHAS DE LOS CERRAMIENTOS CATALOGADOS .....	29
7.- BIBLIOGRAFIA .....	61





## 1.- COMENTARIOS PRELIMINARES

### 1.1.- INTRODUCCIÓN

En estos últimos años el sector de la edificación se ha situado en el punto de mira de las políticas orientadas hacia la reducción del consumo de energía primaria, con el objetivo también de reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>. Ello es debido a que el consumo energético asociado a la vivienda y sus consiguientes emisiones constituyen una parte importante del consumo y emisiones totales. En la Comunidad Autónoma del País Vasco las viviendas son responsables de un consumo de 625,5 ktep, lo que representa el 11,7 % del consumo total y la emisión de 3,6 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> según el documento "Guía de Edificación y Rehabilitación Sostenible para la vivienda en la Comunidad Autónoma del País Vasco" [1].

Además, hay que tener en cuenta que los edificios son espacios para que en ellos viva la gente y pasen gran parte de su tiempo. Un mal diseño del edificio supone dificultades para alcanzar el nivel de confort y muchas veces, acarrea problemas de patologías, como son las debidas a condensaciones superficiales. Todo ello tiene una importante repercusión en la calidad de vida de quienes viven en edificios con este tipo de problemas, que en general son personas con pocos recursos económicos.

Por ello y otros motivos, las actuaciones de rehabilitación energética, tanto en la envolvente de los edificios como en las instalaciones térmicas son indispensables en una gran parte del parque edificatorio de la Comunidad Autónoma del País Vasco.

Conscientes de esta necesidad las Administraciones Públicas han empezado a tomar medidas tanto a nivel autonómico, como estatal.

A nivel estatal, la entrada en vigor del Real Decreto 314/2006 de 17 de marzo [2], por el que se aprueba la actualización del CTE-DB HE, la ley 8/2013 de 26 de junio de Rehabilitación, Regeneración y Renovación urbanas [3] o el Real Decreto 235/2013 por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética [4] de los edificios promueve la rehabilitación energética de la edificación existente.

A nivel autonómico también se han tomado medidas que activen la rehabilitación energética de los edificios de viviendas, entre otros aspectos, como la mejora de la accesibilidad. Estos últimos años se han puesto en marcha programas de ayudas dirigidos a comunidades de propietarios de viviendas para rehabilitar de forma integral conjuntos de edificios como el programa REVIVE (aprobado según ORDEN de 18 de Julio de 2012) [5] o como el plan RENOVE rehabilitación vivienda 2013-2016 (aprobado según ORDEN de 31 de Julio de 2013) [6]. También se ha publicado el DECRETO 80/2014, de 20 de mayo, por el que se regula la Inspección Técnica de Edificios en la Comunidad Autónoma del País Vasco [7] y que es una razón más para accionar la rehabilitación de edificios.

En este contexto, el Área Térmica del Laboratorio de Control de Calidad del Gobierno Vasco ha editado este Catálogo de Rehabilitación. Con ello se pretende hacer pública una herramienta para el desarrollo de proyectos de rehabilitación energética en el ámbito de la caracterización térmica de la envolvente. Dada la dificultad de caracterizar los cerramientos de la edificación existente a la hora de plantear una solución de rehabilitación, realizar certificaciones energéticas, etc. este catálogo aporta características térmicas medidas en cerramientos tipo existentes.

### 1.2.- OBJETIVOS

La idea de realizar un catálogo de rehabilitación surge con el fin de crear una herramienta para el técnico en Rehabilitación en el País Vasco que le facilite la caracterización térmica de



edificios existentes y de posibles soluciones de rehabilitación. En este contexto, los objetivos planteados para este catálogo son los siguientes:

- Identificación de las tipologías constructivas de fachada en el parque edificatorio del País Vasco.
- Caracterización térmica de diferentes tipologías constructivas de fachadas existentes en el País Vasco, representativas de diferentes épocas históricas.
- Caracterización térmica de tipologías constructivas de rehabilitación para los edificios en el País Vasco.

### 1.3.- ALCANCE DEL CATÁLOGO

El catálogo se estructura en dos bloques:

- Bloque 1: Caracterización y clasificación de soluciones constructivas existentes.
- Bloque 2: Caracterización y clasificación de soluciones constructivas de rehabilitación.

En el bloque 1 se muestran las fichas técnicas de tipologías constructivas de cerramientos característicos de la edificación existente en el País Vasco. Estas tipologías constructivas se clasifican en función del número de hojas, el tipo de la cámara de aire y el tipo de revestimiento de estas hojas.

En el bloque 2 se muestran las tipologías constructivas de rehabilitación de los cerramientos mostrados en el bloque 1. Se clasifican en función del tipo de ejecución, si es en la parte interior de la fachada, intermedia o exterior.

En el catálogo se han incluido tipologías de cerramientos de fachadas, aunque está sujeto a un proceso de ampliación a otros cerramientos. Por este motivo la estructura del catálogo se ha planteado de tal forma que quede abierta a un posterior desarrollo..

Todas **las características térmicas de los cerramientos** presentadas en las fichas técnicas **se han obtenido de las muestras ensayadas** en el Laboratorio de Control de Calidad del Gobierno Vasco.

Las muestras de los cerramientos existentes son reproducciones de los edificios reales ubicados en el País Vasco.



## 2.- TIPOS DE ENSAYO

Los ensayos de los cerramientos considerados se han realizado en un equipo de la Caja Caliente Guardada, según la Norma UNE EN ISO 8990:1997 [8] o en la célula de ensayos PASLINK según los procedimientos descritos en el documento "Van Dick, H.A.L. and Van Der Linden, G.P. PASLINK Calibration and component test procedures. TNO, Delf, 1995" [9] en función de las características del muro.

Mediante el ensayo PASLINK, a diferencia del ensayo en la Caja Caliente Guardada, se determina la transmitancia térmica y el factor de la ganancia solar de una fachada o cubierta en condiciones dinámicas reales. Por ello, los cerramientos en los que su comportamiento térmico, además de depender de las condiciones exteriores de viento, radiación solar y temperatura, resulta muy complejo por la presencia de una cámara de aire, como es el caso de la fachada ventilada (RH-FC04i01 o RH-FC04i02), ha sido necesario ensayarlos en esta célula PASLINK.

### 2.1- ENSAYO EN CAJA CALIENTE GUARDADA

El equipo de Caja Caliente Guardada consta básicamente de una cámara caliente (CC), una cámara fría (CF) y un anillo de atemperado (AT). En el interior de la cámara caliente se encuentra la caja de medida, que tiene una sección de medida de 1 m<sup>2</sup> y está aislada térmicamente. La muestra para ensayar (muro) se coloca entre la cámara caliente y fría, tal y como se muestra en la Figura 2.1.

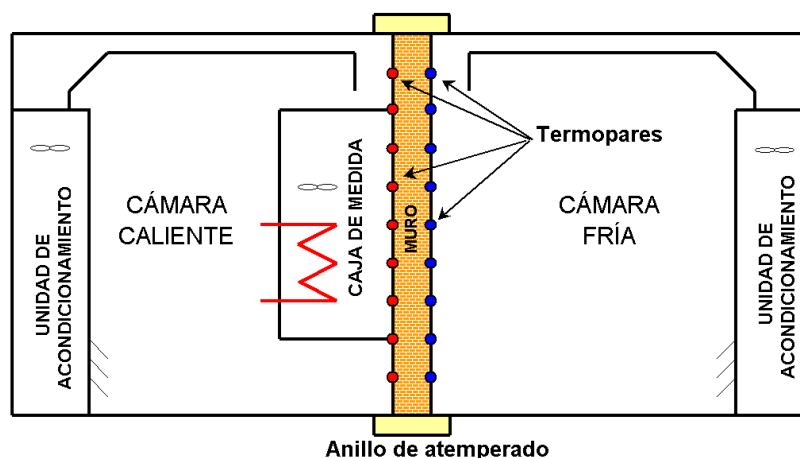


Figura 2.1 - Esquema del equipo de caja caliente guardada

En el interior de la caja de medida hay un potenciómetro, mediante el que se aporta una potencia eléctrica que se mide con precisión. Mediante el sistema de control se establece la misma temperatura entre la cámara caliente y el interior de la caja de medida, de manera que la potencia eléctrica aportada se transmite como un flujo de calor a través de la muestra. Midiendo este flujo de calor, con las pequeñas correcciones por la existencia de un flujo radial y las temperaturas a ambos lados de la muestra, se obtiene la resistencia térmica de la misma.

La resistencia térmica superficie a superficie (cara caliente a fría) del muro ( $R_s$ ) se obtiene, según la norma **UNE EN ISO 8990:1997** [8], de acuerdo con la siguiente expresión:



$$R_s = \frac{T_{si} - T_{se}}{\Phi/A} = \frac{\Delta T}{\Phi/A} \quad [2.1]$$

donde:

$T_{si}$  es la temperatura de la superficie interior o lado caliente (K).

$T_{se}$  es la temperatura de la superficie exterior o lado frío (K).

$\Phi$  es el flujo de calor a través de la probeta (W).

$A$  es la superficie de medida, perpendicular al flujo de calor (m<sup>2</sup>).

Por su parte la transmitancia térmica  $U$  (W / m<sup>2</sup>·K) vendrá dada por la expresión:

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_{si} + R_s + R_{se}} \quad [1.2]$$

donde:

$R_{si}$  es la resistencia térmica superficial interior (m<sup>2</sup>K/W) según la norma UNE-EN ISO 6946:2007 [10]

$R_{se}$  es la resistencia térmica superficial exterior (m<sup>2</sup>K/W) según la norma UNE-EN ISO 6946:2007 [10]

La muestra para ensayar se construye en el LCCE del Gobierno Vasco. Sus dimensiones son de 2 x 2 metros (superficie de la muestra 4 m<sup>2</sup>) y se levanta dentro de un cerco de madera, reforzado exteriormente por un perfil de acero. En las Figuras 2.2 a 2.5 se muestra el levante de la muestra de un muro de doble hoja de fábrica de ladrillo, en sus diversas etapas.



Figura 2.2 – Construcción de la muestra: muro de doble hoja de fábrica de ladrillo





Figura 2.3 – Construcción de la muestra: muro de doble hoja de fábrica de ladrillo



Figura 2.4 – Construcción de la muestra: muro de doble hoja de fábrica de ladrillo



Figura 2.5 – Construcción de la muestra: muro de doble hoja de fábrica de ladrillo



## 2.2- ENSAYO PASLINK

Como hemos dicho antes, otros ensayos se han realizado en la célula de ensayos PASLINK (figura 2.6.) según los procedimientos descritos en los documentos de la red Europea PASLINK EEIG, actualmente red DYNASTE. Estos documentos [9] [11] recogen los protocolos estándar de ensayo, así como el tratamiento de datos y la identificación de parámetros para la obtención de resultados fiables de los valores de transmitancia térmica, factor solar y capacidad térmica, en estado transitorio y en condiciones exteriores.

El ensayo en una célula PASLINK consiste básicamente en medir los flujos de calor a través de la muestra con gran precisión, así como la evolución de las temperaturas superficiales y de ambiente asociadas (Figura 2.7). Al mismo tiempo se registran todos los parámetros del ambiente exterior que afectan a la muestra durante el periodo de estudio y los del interior de la sala de ensayos. La sala de ensayos es básicamente un calorímetro que permite cuantificar con fiabilidad los intercambios energéticos, tanto ganancias como pérdidas, entre el ambiente interior, controlado, y el exterior, libre, discriminándose los intercambios de calor a través del elemento a ensayar de los que se producen a través del resto de paredes del equipo.

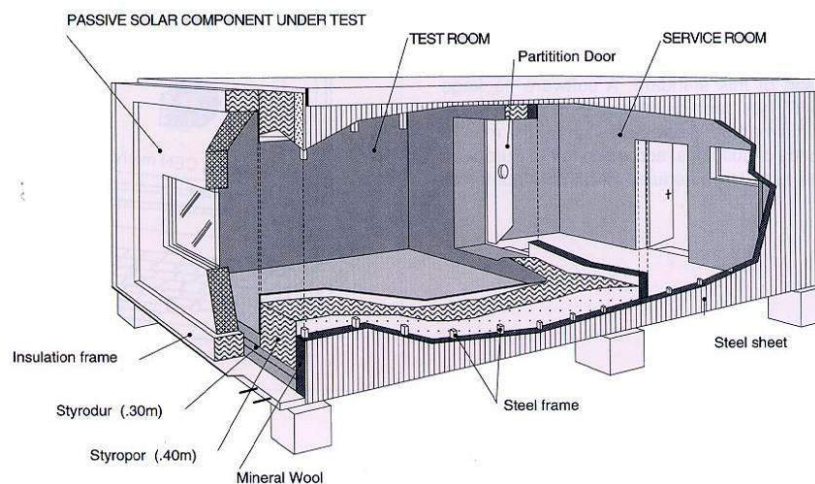


Figura 2.6 - Estructura general de una célula de ensayos PASLINK.

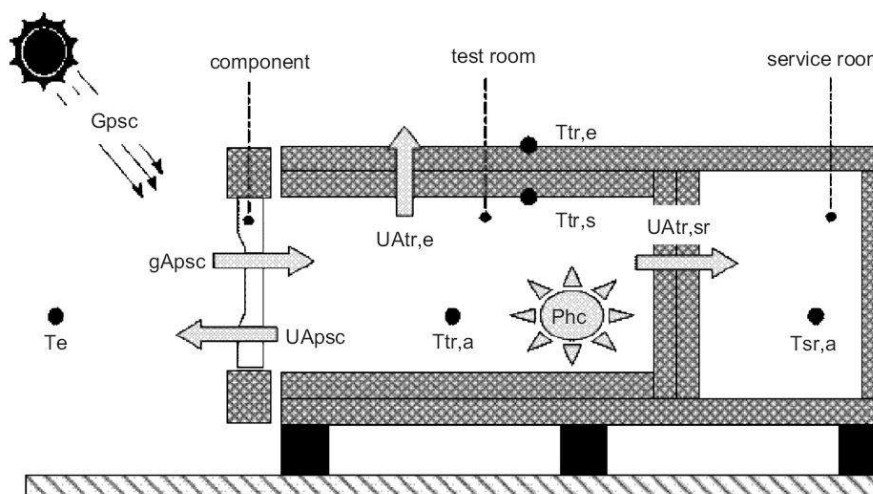


Figura 2.7 - Flujos de calor en una célula de ensayos PASLINK.



La ecuación en estado estacionario (2.1) muestra cómo calcular  $Q_{psc}$ , que es el calor que atraviesa el elemento constructivo a ensayar ( $psc =$  Passive Solar Component), siendo  $P_{hc}$  la potencia cedida por una resistencia calefactora para mantener el ambiente interior en unas condiciones controladas.

$$Q_{psc} = P_{hc} - (UA)_{tr,e} \times \Delta T_{tr,e} - (UA)_{tr,sr} \times \Delta T_{tr,sr} \quad (2.1)$$

Por tanto, conocido  $Q_{psc}$ , se puede determinar el valor  $UA$  (transmitancia térmica) y  $g$  (factor de la ganancia solar) del elemento constructivo bajo ensayo. Esta relación se muestra en la ecuación (2.2).

$$Q_{psc} = (UA)_{psc} \times \Delta T_{psc} - (gA)_{psc} \times G_{psc} \quad (2.2)$$

En el proyecto PASLINK se consiguió que, de la ecuación (2.1), la única incógnita fuera  $Q_{psc}$ , y se pudiera cuantificar en régimen dinámico. Esto se ha logrado con la introducción de los HFS Tiles en toda la superficie interior del cerramiento. Los HFS Tiles directamente evalúan el flujo de calor en cada instante a través de la envolvente, de forma, que empleando un adecuado patrón de la señal de excitación  $P_{hc}$ , potencia cedida o evacuada en el interior de la habitación de ensayos,  $Q_{psc}$  queda completamente definido.

La variable que se controla es la potencia cedida en el interior de la sala de ensayos. Dicha potencia es la suma del consumo de un ventilador, para la homogenización del ambiente interior, más la potencia cedida por la resistencia calefactora. El ventilador funciona el 100% del tiempo, evitando la estratificación del aire en la sala de ensayos, asegurando un gradiente máximo inferior a  $0,5^{\circ}\text{C}$ , en tanto que, la resistencia se utiliza para generar una señal dinámica.

El clima interno de la habitación de ensayos está monitorizada en detalle por:

- Vatímetro de potencia en sala de ensayos ( $uQSP = \pm 0,2\%$ ).
- 8 sensores de temperatura (PT100) de aire protegidos contra la radiación ( $uPT100 = \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ ).
- 9 sensores de temperatura (PT100) superficial ( $uPT100 = \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ ).
- 257 medidores de flujo de calor (HFS Tiles). Estos sensores están conectados en serie y generan 21 señales ( $uHFS = \pm 5\%$ ).
- Medida inicial y final en cada ensayo de las infiltraciones de aire ( $uQSP < 0,5\%$ )

Con el fin de monitorizar las condiciones reales de clima exterior lo más representativo y exactamente posible, se utilizan los siguientes sensores:

- 3 sensores de radiación solar (horizontal global, horizontal difusa y vertical global ( $uRad = \pm 3\%$ )).
- 5 sensores de temperatura (PT100) de aire ( $uPT100 = \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ ).
- 3 sensores de temperatura (PT100) superficial ( $uPT100 = \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ ).
- Humedad relativa ( $urH = \pm 2\%$ ).
- Velocidad y dirección del viento ( $ua-vel = \pm 1\text{ m/s}$  /  $ua-dir = \pm 10^{\circ}$ ).

La muestra para ensayar se construye en el LCCE del Gobierno Vasco. Sus dimensiones son de  $2,7 \times 2,7$  metros (superficie de la muestra  $7,3\text{ m}^2$ ) y se levanta dentro de un premarco aislante. En las figuras 2.8 a 2.13 se muestra el levante de la muestra de un muro de doble hoja de fábrica de ladrillo y la fachada ventilada, en sus diversas etapas.



Figura 2.8 – Detalle de ladrillo hueco doble con cámara de aire y ladrillo caravista



Figura 2.9 – Aplicación de revestimiento de mortero



Figura 2.10 – Anclaje atornillado sobre el ladrillo caravista



Figura 2.11 – Paneles de lana de roca sobre ladrillo caravista



Figura 2.12 – Lana de roca y listones sujetadores de aplacado cerámico



Figura 2.13 – Fachada ventilada con aplacado cerámico y chapas superior e inferior



### 3.- FICHAS TIPO: INSTRUCCIONES DE USO

El Catálogo de Rehabilitación Energética presenta una serie de fichas que incluyen las características térmicas de cada cerramiento ensayado. Las fichas se estructuran en dos bloques: cerramientos existentes (bloque 1) y soluciones de rehabilitación (bloque 2). La figura 3.1 presenta el ejemplo del bloque 1 y la figura 3.2 el del bloque 2.

FACHADA 1 hoja: 1/5 pie LADRILLO HUECO DOBLE "Otxarkoaga II"				EX-FC03a01	
<b>Descripción</b> Fachada formada por una hoja de 1.5 pie de ladrillo hueco doble con revoco de mortero de cemento al exterior y enfoscado y enlucido al interior.					
<b>capas (ext-int)</b>	<b>descripción capa</b>	<b>espesor [cm]</b>	<b>R [m² K/W]</b>		
MOR.Cem o MOR.Cal	Revoco de mortero de cemento o mortero de cal	1	0.007692		
LHD	1/2 pie de ladrillo hueco doble	10.5	0.21		
MOR.Cem	Enfoscado de mortero	2	0.007692		
ENL	Enlucido	0.5	0.016667		
<b>e<sub>t</sub></b>	14 cm	<b>R<sub>t</sub></b>	0.24 m² K/W	<b>U<sub>t</sub></b>	2.43 W/m² K
		<b>C</b>	0.11 MJ/m² K	<b>época construcción:</b> Desarrollismo (1960-1980)	
<b>Soluciones constructivas para rehabilitar (bloque 2)</b> RH-FC01i01; RH-FC02i01; RH-FC02i02; RH-FC02i03; RH-FC02i04; RH-FC02i05; RH-FC02i06; RH-FC03i01; RH-FC03k01; RH-FC03i01; RH-FC03m01; RH-FC04i01; RH-FC04i02; RH-FC05i01					

Figura 3.1- Ejemplo de ficha del bloque 1- cerramientos existentes

FACHADA VENTILADA aplacado ceramico				RH-FC04i02	
<b>Descripción</b> Fachada ventilada con paneles de lana de roca de 50mm, cámara de aire de 50mm y aplacado cerámico al exterior.					
<b>capas (ext-int)</b>	<b>descripción capa</b>	<b>espesor [cm]</b>	<b>R [m² K/W]</b>		
A.Cer	aplacado cerámico	1.2			
CAM.V	Cámara de aire ventilada	5			
LR	Paneles de Lana de Roca sustentada con espigas	5	1.6		
FE	Fachada existente	e <sub>fe</sub>	R <sub>fe</sub>		
<b>e<sub>t</sub></b>	11.2 + e <sub>fe</sub> cm	<b>R<sub>t</sub></b>	1.6 + R <sub>fe</sub> m² K/W	<b>U<sub>t</sub></b>	1 / [0.17 + 1.6 + R <sub>fe</sub> ] W/m² K
		<b>C</b>	0.035 + C <sub>fe</sub> MJ/m² K		

Figura 3.2- Ejemplo de ficha del bloque 2- soluciones de rehabilitación



Cada una de estas fichas contiene la siguiente información en ambos bloques:

1. Título
2. Código
3. Descripción
4. Sección constructiva
5. Espesor del cerramiento
6. Resistencia térmica del cerramiento
7. Transmitancia térmica del cerramiento
8. Capacidad térmica del cerramiento

En las fichas de los cerramientos existentes (bloque 1) además de la información mencionada se incluyen los siguientes aspectos:

9. Época de Construcción
10. Soluciones de Rehabilitación relacionadas

1. TÍTULO				2. CÓDIGO																					
<b>3. Descripción</b>  <table border="1"> <tr> <td>capa 1</td> <td>descripción capa</td> <td>espesor</td> <td>R</td> </tr> <tr> <td>capa 2</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>capa 3</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>capa 4</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>capa 5</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>				capa 1	descripción capa	espesor	R	capa 2				capa 3				capa 4				capa 5				<b>4. Sección Constructiva</b>	
				capa 1	descripción capa	espesor	R																		
				capa 2																					
				capa 3																					
				capa 4																					
capa 5																									
<b>5. espesor del aislamiento, <math>e_i</math></b>		<b>6. Resistencia térmica, <math>R_i</math></b>																							
<b>7. Transmitancia térmica, <math>U_i</math></b>		<b>8. Capacidad térmica, C</b>																							
<b>9. Época de Construcción:</b>																									
<b>10. Soluciones de Rehabilitación relacionadas</b> códigos de soluciones constructivas del bloque 2																									

### Título

Cada ficha contiene un título que identifica brevemente el cerramiento por su composición, tipo de material y, en algunos casos, incluye el nombre del edificio del cual se ha reproducido el cerramiento.

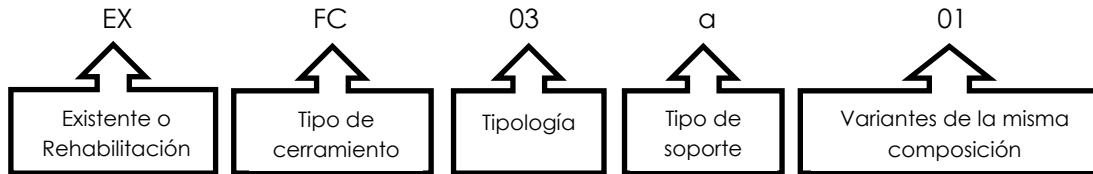
### Código

Cada ficha en ambos bloques contiene un código para su identificación. Dicho código identifica el cerramiento en función de 5 parámetros, en el siguiente orden:

- o Cerramiento existente (EX) o solución de rehabilitación (RH).
- o Tipo de cerramiento: fachada (FC)
- o Número de tipología en función de la composición del cerramiento (ver tabla 3.1 y 3.2).
- o Tipo de material de soporte (en el bloque 1) o de aislamiento (en el bloque 2).
- o Posibles variantes dentro de una misma composición (dimensiones de cámara, espesor de las hojas, acabados, etc)



Ejemplo:



- o Cerramiento existente (bloque 1)
- o Tipo de cerramiento: fachada
- o Tipología de cerramiento 03: cerramiento de una hoja con revestimiento exterior continuo
- o Tipo de material de soporte: Ladrillo Hueco Doble
- o Posibles variantes dentro de una misma composición: 01

hojas	Cámara de aire	revestimiento	identificación
1 hoja	-	Vista exterior+ sin revestimiento interior	EX-FC01
		Vista exterior+ revestimiento interior	EX-FC02
		revestimiento exterior continuo	EX-FC03
		revestimiento exterior discontinuo	EX-FC04
2 hojas	Cámara de aire estanca	Vista exterior	EX-FC05
		revestimiento exterior continuo	EX-FC06
		revestimiento exterior discontinuo	EX-FC07
	Cámara de aire ventilada	Vista exterior	EX-FC08
		revestimiento exterior continuo	EX-FC09
		revestimiento exterior discontinuo	EX-FC10

Tabla 3.1- Clasificación de tipologías de cerramientos existentes

aislante	sistema	identificación
aislante por el interior	trasdosado directo	RH-FC01
	trasdosado autoportante	RH-FC02
aislante por el exterior	Sistema Sate	RH-FC03
	Sistema fachada ligera ventilada con aislante sobre la hoja exterior	RH-FC04
	Sistema fachada ligera sin ventilar con aislante sobre la hoja exterior	RH-FC05
aislante intermedio en fachada de doble hoja	cubriendo cámara de aire al completo	RH-FC06
	con cámara de aire ventilada	RH-FC07

Tabla 3.2- Clasificación de tipologías de soluciones constructivas



A continuación se muestra los diferentes tipos de soporte resistente, en el caso de los cerramientos existentes (bloque 1) o el tipo de aislamiento en el caso de las soluciones de rehabilitación, indicando la letra asignada:

- o a: Hoja principal de Ladrillo hueco Doble

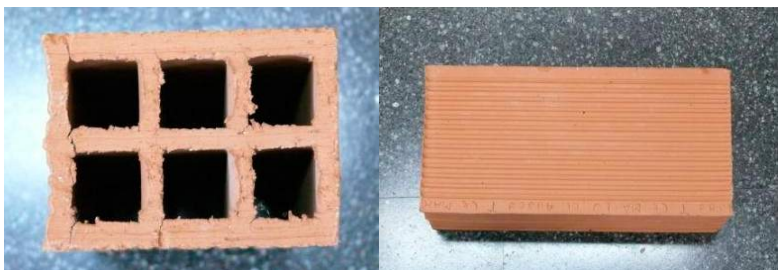


Figura 3.3 - Ladrillo Hueco Doble



Figura 3.4- Ladrillo Hueco Sencillo

- o b: Hoja principal de ladrillo perforado

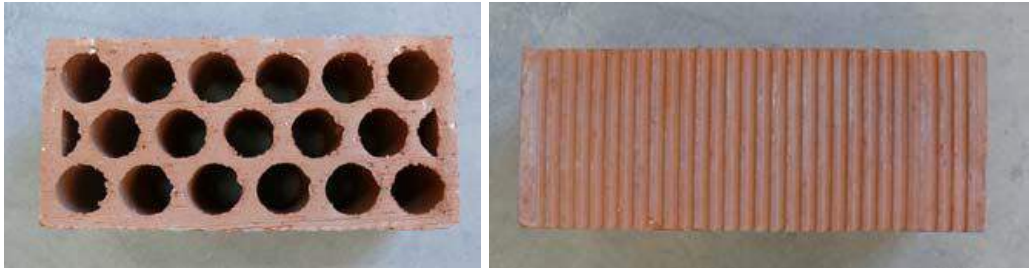


Figura 3.5- Ladrillo Perforado

- o c: Hoja principal de ladrillo macizo



Figura 3.6- Ladrillo Macizo



Figura 3.7- Ladrillo Macizo Aplantillado

- o d: hoja principal de ladrillo gafa



Figura 3.8- Ladrillo Gafa

- o e: hoja principal de piedra caliza mampostería



Figura 3.8- Piedra caliza

- o f: hoja principal de adobe



Figura 3.9- Bloque de adobe

- o g: hoja principal de bloque de hormigón



Figura 3.10- Bloque de hormigón

- o h: hoja principal de hormigón in-situ



- o i: lana de roca



Figura 3.11- Lana de Roca

- o j: poliestireno extruido XPS



Figura 3.12- Poliestireno extruido XPS

- o k: poliestireno expandido EPS



Figura 3.13- Poliestireno expandido EPS

- o l: lana de roca con tecnología aerogel



Figura 3.14- Panel de lana de roca con tecnología aerogel



- o m: corcho natural expandido



Figura 3.15- Corcho natural expandido

A continuación, el código continúa con una numeración seriada para identificar variantes dentro de una misma composición del cerramiento (dimensiones de cámara, espesor de las hojas, acabados, etc).

### Descripción

En este campo se presenta una descripción del cerramiento. Se define cada capa que compone el cerramiento del exterior al interior y se dan el espesor y la resistencia térmica [ $m^2K/W$ ] de cada una de ellas.

La nomenclatura utilizada en la definición de las capas es la siguiente:

<b>Pmamp</b>	Piedra Mampostería
<b>ADB</b>	Adobe
<b>LHS</b>	Ladrillo hueco sencillo
<b>LHD</b>	Ladrillo hueco doble
<b>LHT</b>	Ladrillo hueco triple
<b>LP</b>	Ladrillo perforado
<b>LM</b>	Ladrillo Macizo
<b>LMa</b>	Ladrillo Macizo Aplantillado
<b>LG</b>	Ladrillo Gafas
<b>BH</b>	Bloque de hormigón
<b>HA</b>	Hormigón armado
<b>CAM. SV</b>	Cámara de aire sin ventilar
<b>CAM. LV</b>	Cámara de aire ligeramente ventilada
<b>CAM. V</b>	Cámara de aire ventilada
<b>MOR.Cem</b>	Mortero de cemento
<b>MOR.Cal</b>	Mortero de cal
<b>ENL</b>	Enlucido de yeso
<b>GUAR</b>	Guarnecido de yeso
<b>LR</b>	Lana de Roca
<b>EPS</b>	EPS
<b>EPS NEOPOR</b>	EPS Neopor
<b>AERG</b>	Aerogel
<b>COR</b>	Corcho Natural Expandido
<b>PYL</b>	Placa de yeso
<b>P</b>	Perfil
<b>B.Ais</b>	Bandas aislantes
<b>TR.Dir</b>	Trasdosado directo
<b>P.Cem</b>	Panel cementicio
<b>A.Cer</b>	Aplacado cerámico



## Sección Constructiva

En este apartado se presenta una descripción gráfica del cerramiento, en formato de sección constructiva.

### Espesor

Aquí se da el espesor total del cerramiento expresado en cm.

Entre los cerramientos existentes, hay dos tipos de fachadas en las que el espesor del cerramiento no es estándar y suele variar de un edificio a otro: el muro de piedra de mampostería (EX-FC02e01) y el muro de bloques de adobe (EX-FC01f01). Por ello, en estas fichas no se refleja el espesor total del cerramiento y en consecuencia, las características térmicas (resistencia térmica, transmitancia térmica y capacidad calorífica) se dan en función del espesor.

### Resistencia Térmica

Aquí se define la resistencia térmica total del cerramiento que caracteriza el comportamiento estático del mismo, expresada en  $m^2 K/W$ . Este valor se obtiene de las muestras ensayadas en el Laboratorio de Control de Calidad de Edificación (véase la expresión 2.1).

La resistencia térmica total del cerramiento es igual a la suma de las resistencias térmicas de cada capa homogénea.

$$R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n = R_t$$

El valor de la resistencia térmica del cerramiento varía en función del espesor. Por ello, en las fichas en las que no se establece un valor fijo del espesor, EX-FC02e01 y EX-FC01f01, el valor de la resistencia térmica,  $R_t$ , se calcula multiplicando el valor de la resistividad por el espesor del cerramiento que se está estudiando.

Por ejemplo, en el caso del muro de adobe, en la ficha EX-FC01f01, se expresa mediante las siguientes celdas:

$e_t$	variable cm	$R_t$	$1,24 [mK/W] \times e[m]$	$m^2 K/W$
-------	-------------	-------	---------------------------	-----------

Supóngase que se está analizando un muro de adobe de 40cm, la resistencia térmica total del muro sería el valor de la resistividad, 1,24 mK/W, multiplicado por el espesor total del muro, 0,40 m.

$$R_t = 1,24 [mK/W] \times 0,40 [m] = 0,496 m^2K/W$$

### Transmitancia Térmica

La transmitancia térmica del cerramiento, expresada en  $W/m^2 \cdot K$ , también caracteriza el comportamiento estático del mismo. Es igual a la inversa de la resistencia térmica del muro, más las dos resistencias térmicas superficiales normalizadas (véase la expresión 2.2).

En las fichas EX-FC02e01 y EX-FC01f01, en las que las características térmicas se dan en función del espesor del cerramiento que se está estudiando, la transmitancia térmica se define en base a la resistencia térmica obtenida.



Por ejemplo, en el caso del muro de adobe, en la ficha EX-FC01f01, se expresa mediante las siguientes celdas:

$e_t$	variable cm	$R_t$	$1.24 \text{ [mK/W]} \times e[\text{m}]$ $\text{m}^2 \text{ K/W}$	$U_t$	$1/(R_t+0.13+0.04)$ $\text{W/m}^2 \text{ K}$
-------	-------------	-------	--	-------	---

Siguiendo con el ejemplo anterior, un muro de adobe de 40cm y con resistencia térmica obtenida de 0,496 m<sup>2</sup>K/W, la transmitancia térmica,  $U_t$ , se calcula de la siguiente forma:

$$U_t = 1/(R_t + R_{si} + R_{se}) = 1/(0,496 + 0,13 + 0,04) = 1,5 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

### Capacidad térmica

Aquí se presenta el valor de la capacidad térmica total del cerramiento. Es la energía necesaria para aumentar la temperatura de un muro en un grado y por unidad de superficie (MJ/m<sup>2</sup>K). Contiene información sobre el comportamiento dinámico o transitorio del cerramiento. Más adelante se profundiza más en este parámetro y en su utilidad (véase apartado 4).

La capacidad térmica del cerramiento varía en función del espesor. Por ello, en las fichas en las que no se determina un valor fijo del espesor, EX-FC02e01 y EX-FC01f01, el valor de la capacidad térmica se da por unidad de superficie. Para obtener la capacidad térmica total,  $C_t$ , se debe multiplicar el valor dado por el espesor del cerramiento que se está estudiando.

Por ejemplo, en el caso del muro de adobe, en la ficha EX-FC01f01, se expresa mediante las siguientes celdas:

$e_t$	variable cm	$C$	$0.77$ $[\text{MJ/m}^3 \text{ K}] \times \text{MJ/m}^2 \text{ K}$ $e[\text{m}]$
-------	-------------	-----	---

Siguiendo con el ejemplo anterior, un muro de adobe de 40cm, la capacidad térmica,  $C_t$ , se calcula multiplicando el valor dado de capacitancia, 0,77 mK/W, por el espesor total del muro, 0,40 m:

$$C_t = 0,77 \text{ [mK/W]} \times 0,40 \text{ [m]} = 0,308 \text{ m}^2 \text{ K/W}$$

### Época de Construcción

En las fichas de los cerramientos existentes se define también la época de construcción de la tipología objeto. A la hora de identificar un cerramiento en un edificio existente, este dato ayuda a hacer analogías en función del año de construcción del edificio que se está estudiando. Se han considerado 5 periodos representativos:

- Siglo XIX o anterior
- Anterior a 1936
- Guerra Civil y Posguerra (1936-1960)
- Desarrollismo (1960-1980)
- NBE-CT-79 (1980-2006)



## **Soluciones de Rehabilitación relacionados**

En este campo se proponen diferentes posibles soluciones de rehabilitación, acordes a las características del cerramiento existente y cuyas características se presentan en el bloque 2 del catálogo,



#### 4.- CAPACIDAD TÉRMICA

En este catálogo de rehabilitación, además de aportar las propiedades térmicas que caracterizan el comportamiento estático de cada cerramiento, se presenta el valor de la capacidad calorífica, que representa su comportamiento dinámico.

La capacidad térmica calorífica de un cerramiento es la suma de las capacidades caloríficas de cada capa.

$$C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n = C_t$$

El valor de la capacidad térmica se suele referir por unidad de superficie del cerramiento. La capacidad térmica de cada capa es el producto de la densidad por m de espesor y el calor específico de la misma..

$$C[\text{J/m}^2\text{K}] = \rho[\text{kg/m}^3] \cdot c_p[\text{J/kg K}]$$

Recuérdese que el calor específico [ $c_p$ ] es la energía necesaria que hay que suministrar a la unidad de masa de un cerramiento para elevar su temperatura en una unidad.

A la hora de introducir características de un material en programas de simulación y de CEE, como por ejemplo el software LIDER-CALENER, reconocido por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo, para la capacidad térmica del material se define la densidad [ $\rho$ ] y el calor específico [ $c_p$ ].

A continuación se muestra una comparación del comportamiento térmico de un muro de doble hoja de fábrica de ladrillo (LHS 4,5 cm con revestimiento interior + cámara de aire 5cm + LHD 10,5cm con revoco de mortero exterior) con escasa capacidad térmica frente a un muro de mampostería de piedra caliza con una resistencia un poco más elevada, pero aproximadamente 6 veces más de capacidad térmica.

	R [ $\text{m}^2\text{K/W}$ ]	C [ $\text{J/m}^2\text{K}$ ]
Muro doble hoja ladrillo	0.52	130.000
Muro piedra mampostería 70cm	0.71	844.000

Tabla 4.1. Características de los cerramientos existentes estudiados

El análisis del comportamiento dinámico de los muros se ha realizado en condiciones climáticas de Vitoria. Los valores que se comparan son la transmitancia térmica dinámica  $U_{din}$ , las pérdidas térmicas y las ganancias térmicas de cada mes a lo largo de un año. Estos valores se han obtenido de un cálculo basado en el método de las diferencias finitas.

*Transmitancia Térmica Dinámica,  $U_{din}$ :*

En una situación ideal, las temperaturas interior y exterior de un cerramientos se mantendrían constantes, caracterizándose así el comportamiento del cerramiento al flujo de calor mediante la transmitancia térmica,  $U$ , que tiene un valor constante y determinado con precisión. En la práctica no se dan esas condiciones de estado estacionario, ya que las temperaturas exteriores e interiores varían. Por ello, surge la conveniencia de definir una transmitancia térmica dinámica equivalente,  $U_{din}$ , que caracteriza el comportamiento dinámico del cerramiento.

La transmitancia dinámica,  $U_{din}$  (expresada en  $\text{W/m}^2 \text{K}$ ) se obtiene a partir de la suma de los flujos de calor (expresado en  $\text{W/m}^2$ ) calculados por ejemplo para cada minuto, dividido por la suma de los valores de diferencia de temperatura de cada minuto durante el periodo de un



mes. Así se obtiene la transmitancia térmica equivalente de cada mes, que representa el comportamiento térmico dinámico del cerramiento en cada mes.

Mediante el método de diferencias finitas se puede calcular la transmitancia térmica en cada minuto a lo largo del año. Para ello se calcula el flujo de calor a través del cerramiento y la diferencia de temperatura entre las superficies interior y exterior del mismo para cada minuto.

*Ganancia Térmica* [kWh/m<sup>2</sup>K mes]:

El valor de la ganancia térmica se da para cada mes y es la energía total que entra a través de la superficie interior del cerramiento a lo largo del mes y por unidad de superficie del cerramiento.

*Pérdida Térmica* [kWh/m<sup>2</sup>K mes]:

Se puede decir lo mismo de las pérdidas térmicas pero a la inversa. Es la energía total que sale de la superficie interior del cerramiento, es decir, la suma del flujo de calor saliente a lo largo del mes a través de una unidad de superficie interior del cerramiento.

Estos dos últimos parámetros definen la demanda energética de la vivienda o espacio que se quiera analizar, debida al flujo de calor a través del cerramiento. Así, la demanda de calefacción de un espacio debida al cerramiento es:

$$D = (Q_{per} \times S_{env} - Q_{gan} \times S_{env}) / S_{esp}$$

donde:

- D es la demanda total de calefacción [kWh/m<sup>2</sup>] al mes o al año
- Q<sub>per</sub> Pérdidas Térmicas [kWh/m<sup>2</sup>] al mes (o al año) a través del cerramiento
- Q<sub>gan</sub> Ganancias Térmicas [kWh/m<sup>2</sup>] al mes (o al año) a través del cerramiento
- S<sub>env</sub> Superficie total [m<sup>2</sup>] del cerramiento
- S<sub>esp</sub> Superficie del suelo [m<sup>2</sup>] del espacio a acondicionar que envuelve el cerramiento

A continuación se presenta la evolución de la U dinámica, las ganancias térmicas y las pérdidas térmicas para el muro de doble hoja de fábrica de ladrillo y para el muro de piedra de mampostería a lo largo del año en función de las condiciones climáticas de Vitoria-Gasteiz, tanto en valores (tabla 4.2 y tabla 4.3), como graficados (figura 4.1, figura 4.2 y figura 4.3).

#### Muro de doble hoja de fábrica de ladrillo

MES	Ener	Febr	Marz	Abril	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	TOTAL
U DINAMICA (W/m <sup>2</sup> K)	1.19	1.19	1.15	1.19	1.24	1.27	1.50	1.62	1.50	1.29	1.16	1.22	
GANANCIAS (KWh/m <sup>2</sup> )	0.62	0.74	1.21	1.04	1.31	1.53	2.58	3.12	3.11	2.17	0.59	0.52	18.55
PERDIDAS (KWh/m <sup>2</sup> )	12.88	12.72	9.72	9.44	6.99	5.93	4.19	4.04	5.13	6.17	10.31	12.77	100.31

Tabla 4.2. U dinámica, Ganancias Térmicas y Pérdidas Térmicas a lo largo del año en el muro de doble hoja de fábrica de ladrillo

**Muro de Piedra de Mampostería**

MES	Ener	Febr	Mar	Abril	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dicr	TOTAL
U DINAMICA (W/m2K)	0.85	0.78	0.71	0.69	0.74	0.53	0.52	0.34	0.36	0.48	0.75	0.90	
GANANCIAS (KWh/m2)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.36	0.31	0.66	0.10	0.00	0.00	1.47
PERDIDAS (KWh/m2)	9.64	8.83	6.82	6.06	4.93	3.07	2.00	1.18	1.32	2.98	6.99	9.80	63.62

Tabla 4.3. U dinámica, Ganancias térmicas y Pérdidas térmicas a lo largo del año en el muro de piedra de mampostería

**U dinámica**

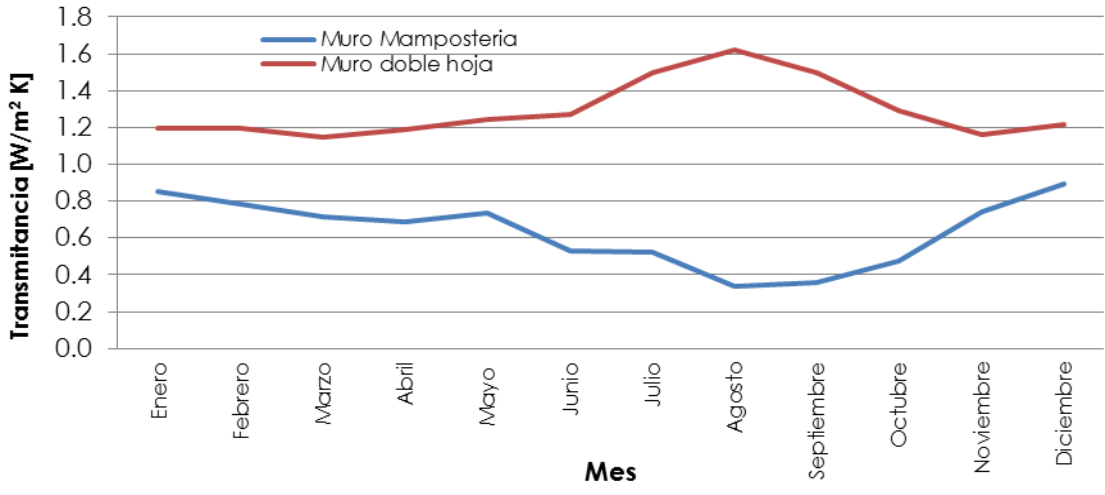


Figura 4.1. Transmitancia dinámica [W/m²K] a lo largo del año en los dos cerramientos existentes estudiados

**Pérdidas Térmicas**

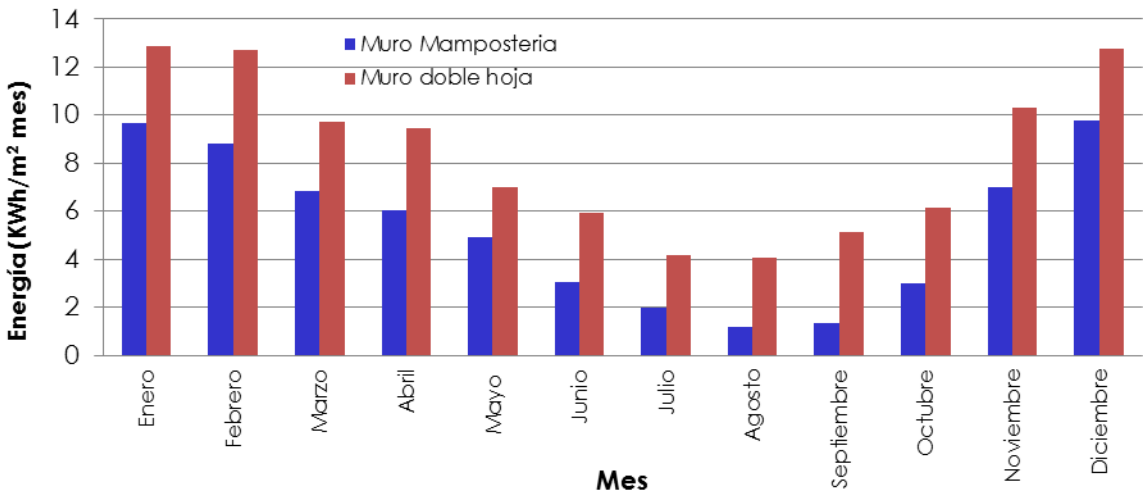


Figura 4.2. Pérdidas Térmicas [kWh/m² mes] a lo largo del año en los dos cerramientos existentes estudiados

### Ganancias Térmicas

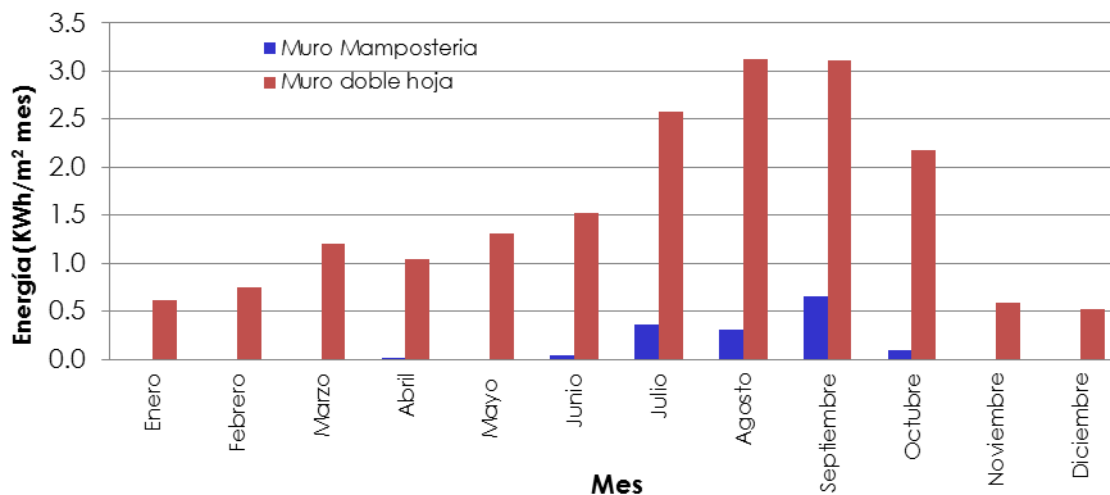


Figura 4.3. Ganancias Térmicas [kWh/m<sup>2</sup> mes] a lo largo del año en los dos cerramientos existentes estudiados

En estas tablas y figuras se puede observar que, debido a la capacidad calorífica del muro de piedra, las pérdidas térmicas (tabla 4.2 y tabla 4.3) se reducen en un 40% respecto al cerramiento de doble hoja de fábrica de ladrillo. Las ganancias térmicas casi se anulan en el muro de mampostería.

Además, en la gráfica de la transmitancia dinámica (figura 4.1) podemos observar que, en el caso del muro de doble hoja su valor aumenta de forma importante en los meses de verano, lo que implica un aumento de las ganancias térmicas. Mientras tanto, en el muro de piedra de mampostería se observa una disminución, ya que en éste las pérdidas y las ganancias térmicas prácticamente son despreciables.

Continuando con el análisis, se ha aplicado una solución de rehabilitación de igual resistencia térmica en estos dos muros y se ha realizado el mismo tipo de estudio. El muro de doble hoja de ladrillo se ha rehabilitado con un SATE de 5 cm con paneles de lana mineral. Al muro de piedra, en cambio, se le ha aplicado un trasdosado directo con paneles de 5 cm en total, compuestos de lana mineral y placa de yeso.

	R [m <sup>2</sup> K/W]	C [J/m <sup>2</sup> K]
Muro doble hoja ladrillo +SATE 50m	0.52+1.41	130.000 + 15.000
Trasdosado directo 50mm+ Muro piedra mampostería 70cm	1.41 + 0.71	13.000 + 844.000

Tabla 4.4. Características de los cerramientos rehabilitados estudiados

Aplicando una solución de rehabilitación de igual resistencia térmica en estos dos muros, la caracterización dinámica de ambos es la siguiente, reflejada tanto en tablas (tabla 4.5 y tabla 4.6) como graficada (figura 4.4, figura 4.5 y figura 4.6):



**Muro Doble Hoja + SATE 5cm**

MES	Ener	Febr	Mar	Abril	May	Jun	Jul	Agos	Sept	Oct	Nov	Dic	TOTAL
U DINAMICA (W/m2K)	0.36	0.34	0.30	0.31	0.30	0.25	0.27	0.25	0.24	0.25	0.33	0.37	
GANANCIAS (KWh/m²)	0.01	0.01	0.03	0.03	0.03	0.08	0.31	0.38	0.42	0.19	0.00	0.00	<b>1.49</b>
PERDIDAS (KWh/m²)	4.05	3.87	2.86	2.70	1.99	1.42	0.92	0.71	0.87	1.43	3.12	4.05	<b>27.97</b>

Tabla 4.5. U dinámica, Ganancias Térmicas y Pérdidas Térmicas a lo largo del año en el muro de doble hoja de fábrica de ladrillo con SATE de 5cm

**Muro Mampostería + trasdosado directo 5cm**

MES	Ener	Febr	Marz	Abr	May	Jun	Jul	Agos	Sept	Oct	Nov	Dic	TOTAL
U DINAMICA (W/m2K)	0.33	0.30	0.28	0.26	0.30	0.20	0.17	0.10	0.10	0.17	0.27	0.34	
GANANCIAS (KWh/m²)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.06	0.17	0.01	0.00	0.00	<b>0.28</b>
PERDIDAS (KWh/m²)	3.72	3.35	2.66	2.28	2.00	1.17	0.72	0.40	0.41	1.08	2.57	3.77	<b>24.13</b>

Tabla 4.6. U dinámica, Ganancias Térmicas y Pérdidas Térmicas a lo largo del año en el muro de piedra de mampostería con SATE de 5cm

**U dinámica**

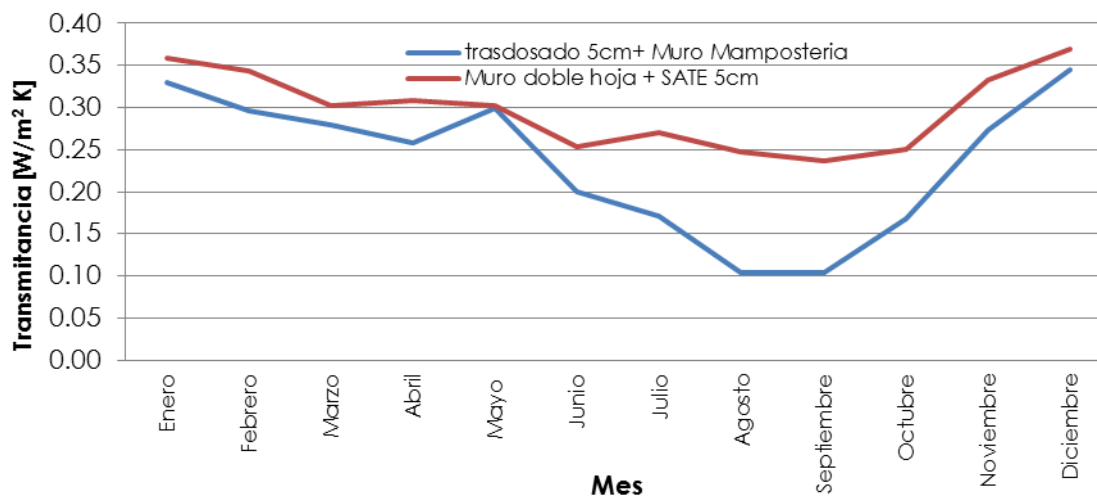


Figura 4.4. Transmitancia dinámica [W/m²K] a lo largo del año en los dos cerramientos rehabilitados estudiados

**Pérdidas Térmicas**

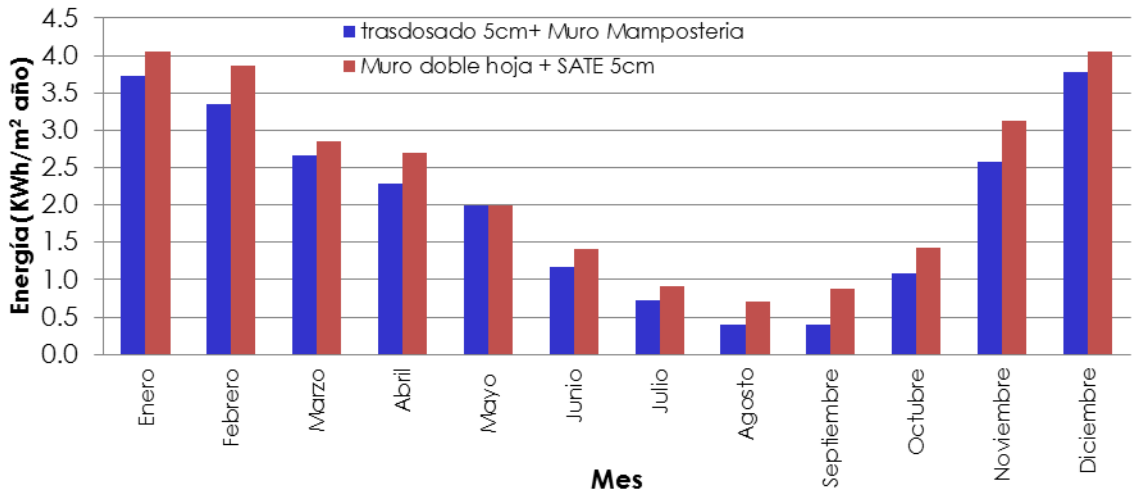


Figura 4.5. Pérdidas Térmicas [kWh/m² mes] a lo largo del año en los dos cerramientos rehabilitados estudiados

**Ganancias Térmicas**

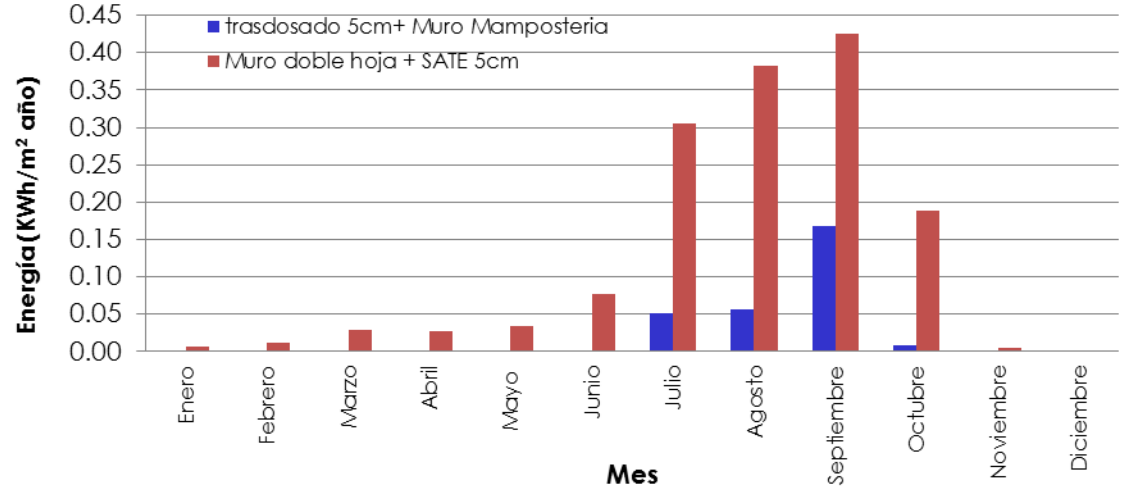


Figura 4.6. Ganancias Térmicas [kWh/m² mes] a lo largo del año en los dos cerramientos rehabilitados estudiados

Ambos muros tienen semejante resistencia térmica y en un análisis estático tendrían aproximadamente las mismas pérdidas térmicas. Sin embargo, teniendo en cuenta la capacidad calorífica y condiciones climáticas de Vitoria, se observa que el comportamiento real de los muros se aleja del análisis estático y hay diferencias entre los dos cerramientos.

Se observa que el muro de mampostería con el trasdosado directo de 5cm tiene menos pérdidas térmicas durante todo el año, 3.83 kWh/m² en total. También las ganancias térmicas totales anuales disminuyen en este muro respecto al de doble hoja de fábrica de ladrillo. Esto se



debe a la capacidad térmica del muro de piedra, que es casi 6 veces mayor que a la del muro de doble hoja de ladrillo.

Esta diferencia entre los dos muros se atenúa en los meses de verano, cuando la transmitancia del muro de piedra con el trasdosado disminuye considerablemente, en comparación con la transmitancia del muro de doble hoja con el SATE. El muro de piedra posee la capacidad de almacenar el calor absorbido por la radiación solar. Esta energía almacenada no se convierte en ganancia térmica al instante, puesto que cuando desciende la temperatura exterior esta energía que ha almacenado el muro es descargada al exterior. Por lo tanto, el flujo de calor disminuye y esto explica la mejora de la transmitancia térmica dinámica en verano.

La diferencia de transmitancia dinámica entre los dos muros se puede decir que es importante, ya que esa diferencia durante todo el año equivale aproximadamente a la mejora que podría aportar un aislamiento de 3 cm.

Este análisis de las cuatro tipologías constructivas demuestra la influencia en la demanda energética de la capacidad térmica que tiene el cerramiento objeto. Por ello, en este catálogo se ha aportado el valor real de la capacidad térmica, medida en los cerramientos reales, como una herramienta para la evaluación dinámica y real del cerramiento.



## 5.- LISTADO DE CERRAMIENTOS CATALOGADOS

A continuación se muestra el listado de los cerramientos que se han catalogado en el presente documento. Para ello, se ha utilizado la codificación y nomenclatura explicada anteriormente en el apartado 3.

### BLOQUE 1: Cerramientos Existentes

#### Fachada 1 hoja sin revestimiento

**EX-FC01f01:**

ADB

#### Fachada 1 hoja con revestimiento interior

**EX-FC02c01:**

LMa 15cm + MOR.Cal 1 cm

**EX-FC02c02:**

LM 11 cm+ MOR.Cal 2 cm

**EX-FC02e01:**

Pmam + MOR.Cal

#### Fachada 1 hoja con revestimiento a ambos lados

**EX-FC03a01:**

MOR.Cem o MOR.Cal 1cm/ LHD 10.5cm/MOR.Cem 2cm/ENL 0.5cm

**EX-FC03b01:**

MOR.Cem 4 cm/ LP 36.5 cm/MOR.Cem 2 cm/ENL 0.5cm

**EX-FC03c01:**

MOR.Cem 4 cm/ LM 24 cm/MOR.Cem 2 cm/ENL 0.5cm

**EX-FC03d01:**

MOR.Cem 2 cm/ LG 25 cm/MOR.Cem 2 cm

**EX-FC03d02:**

MOR.Cem 4 cm/ LG 36.5 cm/MOR.Cem 2 cm/ENL 0.5cm

**EX-FC03g01:**

MOR.Cem 1 cm/ BH 15.5 cm/GUAR 1 cm/ENL 0.5cm

#### Fachada 2 hojas con cámara estanca, vista al exterior y revestimiento interior

**EX-FC05b01:**

LP 10.5 cm/ MOR.Cem 1cm/ CAM.SV/ LHS 4.5cm/ GUAR 1cm/ ENL 0.5cm

**EX-FC05b02:**

LP 10.5 cm/CAM.SV 10cm/LHD 9cm/MOR.Cem 1cm/ENL 0.5cm

**EX-FC05b03:**

LP 10.5 cm/CAM.SV 7cm/LHD 7cm/MOR.Cem 1cm/ENL 0.5cm

**EX-FC05c01:**

LM 10.5 cm/CAM.SV 5cm/LHD 7.5cm/MOR.Cem 1cm/ENL 0.5cm

#### Fachada 2 hojas con cámara estanca y revestimiento a ambos lados

**EX-FC06a01:**

MOR.Cem 1.5cm/ LHD 10.5cm/CAM.SV 5cm/LHS 4.5cm/

MOR.Cem o MOR.Cal 1cm/ENL 0.5cm

**EX-FC06a02:**



MOR.Cem 1cm/ LHT 11.5cm/CAM.SV 5cm/LHD 4.5cm/  
MOR.Cem 1cm/ENL 0.5cm

**EX-FC06a03:**

MOR.Cal 1cm/ LHD 12cm/CAM.SV 8cm/LHS 4cm/GUAR 1cm/ENL 0.5cm

**EX-FC06a04:**

MOR.Cal 1cm/ LHD 9cm/CAM.SV 8cm/LHD 9cm/GUAR 1cm/ENL 0.5cm

**EX-FC06b01:**

MOR.Cal 1cm/ LP 12cm/CAM.SV 8cm/LHS 4cm/GUAR 1cm/ENL 0.5cm

**EX-FC06b02:**

MOR.Cal 1cm/ LP 9cm/CAM.SV 8cm/LHD 9cm/GUAR 1cm/ENL 0.5cm

**EX-FC06d01:**

MOR.Cal 4cm/ LG 24cm/CAM.SV 8cm/HA 10cm/ ENL 1cm

**Fachada 2 hojas con cámara ventilada, vista al exterior y revestimiento interior****EX-FC08c01:**

LM 10.5 cm/CAM.LV 5cm/LHD 7.5cm/MOR.Cem 1cm/ENL 0.5cm

**BLOQUE 2: Soluciones de Rehabilitación****Rehabilitación interior- trasdosado directo****RH-FC01i01:**

FE/ LR 4cm/PYL 1.3cm

**Rehabilitación interior- trasdosado autoportante****RH-FC02i01:**

FE/LR 4.5cm P4.8cm cada 600mmm/PYL 1.5cm

**RH-FC02i02:**

FE/LR 4.5cm P4.8cm cada 600mmm/PYL 1.5cm

**RH-FC02i03:**

FE/LR 4.5cm P4.8cm cada 400mmm/PYL 1.5cm

**RH-FC02i04:**

FE/LR 6cm P7cm cada 600mmm/PYL 1.5cm

**RH-FC02i05:**

FE/ LR 4.5cm/ LR 4.5cm P4.8cm cada 600mmm /PYL 1.5cm

**RH-FC02i06:**

FE/ LR 4.5cm/ CAM.SV 4.8cm P4.8cm cada 600mmm /PYL 1.5cm

**Rehabilitación exterior- SATE****RH-FC03i01:**

FE/LR 5cm/MOR.Cem 1cm

**RH-FC03k01:**

FE/EPS 5cm/0.8cm

**RH-FC03i01:**

FE/AERG 4cm/2cm

**RH-FC03m01:**

FE/MOR.Cem 2cm/COR 10cm/ MOR.Cem 2cm

**Rehabilitación exterior- fachada ligera ventilada****RH-FC04i01:**

FE/LR 5cm/CAM.V 5cm/ P.Cem 2cm

**RH-FC04i02:**

FE/LR 5cm/CAM.V 5cm/ P.Cer 1.2cm





### **Rehabilitación exterior- fachada ligera con cámara de aire estanca**

**RH-FC05i01:**

FE/LR 5cm/CAM.SV 5cm/ P.Cem 2cm

### **Relleno de cámara de aire con aislamiento**

**RH-FC06k01:**

FE/EPS 5cm/FE

## **6.- FICHAS DE LOS CERRAMIENTOS CATALOGADOS**

**EUSKO JAURLARITZA**



**GOBIERNO VASCO**

**ENPLEGUETA GIZARTE  
POLITIKETAKO SAILA**

*Etxebizitza Sailordetza  
Etxebizitza Zuzendaritza*

**DEPARTAMENTO DE EMPLEO Y  
POLITICAS SOCIALES**

*Viceconsejería de Vivienda  
Dirección de Vivienda*



Universidad  
del País Vasco

Euskal Herriko  
Unibertsitatea

**EUSKO JAURLARITZA**

**ENPLEGUETA GIZARTE  
POLITIKETAKO SAILA**

*Etxebizitza Sailordetza  
Etxebizitza Zuzendaritza*



**GOBIERNO VASCO**

**DEPARTAMENTO DE EMPLEO Y  
POLITICAS SOCIALES**

*Viceconsejería de Vivienda  
Dirección de Vivienda*

eman ta zabal zazu



Universidad  
del País Vasco

Euskal Herriko  
Unibertsitatea

# FICHAS- BLOQUE 1

---

Cerramientos  
Existentes

**EUSKO JAURLARITZA**



**GOBIERNO VASCO**

**ENPLEGUETA GIZARTE  
POLITIKETAKO SAILA**

*Etxebizitza Sailordetza  
Etxebizitza Zuzendaritza*

**DEPARTAMENTO DE EMPLEO Y  
POLITICAS SOCIALES**

*Viceconsejería de Vivienda  
Dirección de Vivienda*



Universidad  
del País Vasco

Euskal Herriko  
Unibertsitatea



En base a la clasificación de los cerramientos definido en el apartado 3- codificación, las fichas de los cerramientos existentes y sin ningún tipo de aislamiento se clasifican en dos grupos principales:

- o Fachadas existentes de una hoja
- o Fachadas existentes de dos hojas

Dentro de este último grupo se clasifican dos subgrupos:

- o Fachadas existentes de dos hojas con cámara de aire estanca
- o Fachadas existentes de dos hojas con cámara de aire ventilada

### FACHADAS EXISTENTES DE UNA HOJA

Las fachadas existentes de una hoja, en general, son las que menos resistencia térmica tienen. Por tanto, son las fachadas con mayor potencial de ahorro energético en vista de una rehabilitación energética.

A lo largo de la historia, las fachadas existentes de una hoja han evolucionado en función del material. En las fachadas de tipologías más antiguas se utilizaban materiales pesados, con mayor inercia térmica, como la piedra o el adobe. Sin embargo, en el siglo XIX con la aparición de nuevos materiales ligeros, fue posible el desarrollo de nuevos sistemas constructivos más ligeros y con menos coste económico de mano de obra. No obstante, estos cerramientos al ser materiales ligeros, tienen menos capacidad térmica, y en consecuencia, peor comportamiento térmico que los muros pesados. La capacidad térmica tiene una influencia importante en la reducción de la demanda, como se ha podido comprobar en el apartado 4.

#### EX-FC01: Fachada de 1 hoja sin revestimientos

FACHADA 1 hoja: MURO ADOBE				EX-FC01f01									
<p><b>Descripción</b></p> <p>Fachada formada por bloques de adobe dispuestas en aparejo inglés con juntas de agarre horizontales y verticales de tierra amasada con paja.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>capas (ext-int)</th> <th>descripción capa</th> <th>espesor [cm]</th> <th>R [m K/W]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ADB</td> <td>muro de adobe</td> <td>variable</td> <td>1.24</td> </tr> </tbody> </table>				capas (ext-int)	descripción capa	espesor [cm]	R [m K/W]	ADB	muro de adobe	variable	1.24		
capas (ext-int)	descripción capa	espesor [cm]	R [m K/W]										
ADB	muro de adobe	variable	1.24										
<b>e<sub>t</sub></b>	variable cm	<b>R<sub>t</sub></b>	1.24 [mK/W]x m <sup>2</sup> K/W e[m]	<b>U<sub>t</sub></b>	1/(R <sub>t</sub> +0.17) W/m <sup>2</sup> K								
			<b>C</b>	0.77 [MJ/m <sup>3</sup> K] x MJ/m <sup>2</sup> K e[m]	<b>época construcción:</b> Siglo XIX o anterior								
<p><b>Soluciones constructivas para rehabilitar (bloque 2)</b></p> <p>RH-FC01i01; RH-FC02i01; RH-FC02i02; RH-FC02i03; RH-FC02i04; RH-FC02i05; RH-FC02i06; RH-FC03i01; RH-FC03k01; RH-FC03i01; RH-FC03m01; RH-FC04i01; RH-FC04i02; RH-FC05i01</p>													



## EX-FC02: Fachada de 1 hoja con revestimiento interior

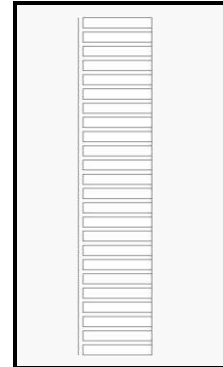
## FACHADA 1 hoja: LADRILLO MACIZO APLANTILLADO

## EX-FC02c01

## Descripción

Fachada formada por una hoja de ladrillo macizo aplantillado, con juntas de mortero , vista al exterior y con un revoco de mortero de cal al interior.

capas (ext-int)	descripción capa	espesor [cm]	R [m K/W]
MOR.Cal	revoco de mortero de cal	1	0.01
LMa	Ladrillo Macizo Aplantillado	15	0.25



$e_t$	16 cm
-------	-------

$R_t$	0.26 m <sup>2</sup> K/W
-------	-------------------------

$U_t$	1/(R <sub>t</sub> +0.17) W/m <sup>2</sup> K
-------	---

C	0.14 MJ/m <sup>2</sup> K
---	--------------------------

época construcción:  
Siglo XIX o anterior

## Soluciones constructivas para rehabilitar (bloque 2)

RH-FC01i01; RH-FC02i01; RH-FC02i02; RH-FC02i03; RH-FC02i04; RH-FC02i05; RH-FC02i06; RH-FC03i01; RH-FC03k01; RH-FC03i01; RH-FC03m01; RH-FC04i01; RH-FC04i02; RH-FC05i01

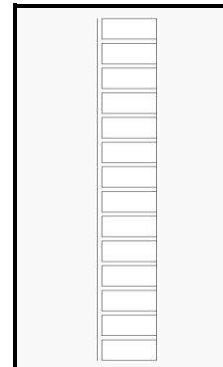
## FACHADA 1 hoja: LADRILLO MACIZO

## EX-FC02c02

## Descripción

Fachada formada por una hoja de ladrillo macizo aplantillado, con juntas de mortero , vista al exterior y con un revoco de mortero de cal al interior.

capas (ext-int)	descripción capa	espesor [cm]	R [m K/W]
MOR.Cal	revoco de mortero de cal	2	0.03
LM	Ladrillo Macizo	11	0.25



$e_t$	13.00 cm
-------	----------

$R_t$	0.28 m <sup>2</sup> K/W
-------	-------------------------

$U_t$	1/(R <sub>t</sub> +0.17) W/m <sup>2</sup> K
-------	---

C	0.155 MJ/m <sup>2</sup> K
---	---------------------------

época construcción:  
Anterior a 1936

## Soluciones constructivas para rehabilitar (bloque 2)

RH-FC01i01; RH-FC02i01; RH-FC02i02; RH-FC02i03; RH-FC02i04; RH-FC02i05; RH-FC02i06; RH-FC03i01; RH-FC03k01; RH-FC03i01; RH-FC03m01; RH-FC04i01; RH-FC04i02; RH-FC05i01



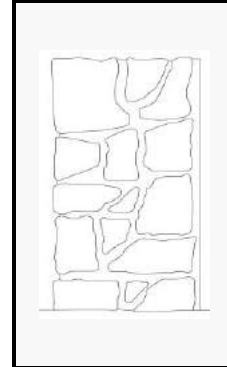
**FACHADA 1 hoja: MURO MAMPOSTERÍA**

**EX-FC02e01**

**Descripción**

Fachada formada por una hoja de piedra caliza de mampostería, las piedras colocadas con juntas de mortero y de manera que se formen menos huecos posibles, vista al exterior y con un revoco de mortero de cal al interior.

capas (ext-int)	descripción capa	espesor [cm]	R [m K/W]
Pmamp+ MOR.Cal	muro de piedra caliza con revoco de mortero de cal	variable	1.01



<b>e<sub>t</sub></b>	-	cm
----------------------	---	----

<b>R<sub>t</sub></b>	1.01 [mK/W]x e[m]	m <sup>2</sup> K/W
----------------------	-------------------------	--------------------

<b>U<sub>t</sub></b>	1/(R <sub>t</sub> +0.17)	W/m <sup>2</sup> K
----------------------	--------------------------	--------------------

<b>C</b>	1.22 [MJ/m <sup>3</sup> K] x e[m]	MJ/m <sup>2</sup> K
----------	---	---------------------

<b>época construcción:</b>	Siglo XIX o anterior
----------------------------	----------------------

**Soluciones constructivas para rehabilitar (bloque 2)**

RH-FC01i01; RH-FC02i01; RH-FC02i02; RH-FC02i03; RH-FC02i04; RH-FC02i05; RH-FC02i06;



EX-FC03: Fachada de 1 hoja con revestimiento a ambos lados

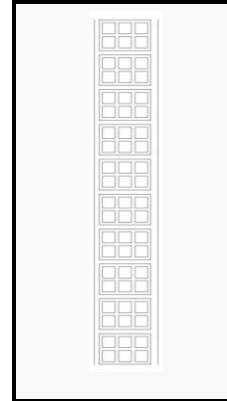
FACHADA 1 hoja: 1/5 pie LADRILLO HUECO DOBLE "Otxarkoaga II"

EX-FC03a01

Descripción

Fachada formada por una hoja de 1.5 pie de ladrillo hueco doble con revoco de mortero de cemento al exterior y enfoscado y enlucido al interior.

capas (ext-int)	descripción capa	espesor [cm]	R [m <sup>2</sup> K/W]
MOR.Cem o MOR.Cal	Revoco de mortero de cemento o mortero de cal	1	0.007692
LHD	1/2 pie de ladrillo hueco doble	10.5	0.21
MOR.Cem	Enfoscado de mortero	2	0.007692
ENL	Enlucido	0.5	0.016667



e <sub>t</sub>	14	cm
----------------	----	----

R <sub>t</sub>	0.24	m <sup>2</sup> K/W
----------------	------	--------------------

U <sub>t</sub>	2.43	W/m <sup>2</sup> K
----------------	------	--------------------

C	0.11	MJ/m <sup>2</sup> K
---	------	---------------------

época construcción:  
Desarrollismo (1960-1980)

Soluciones constructivas para rehabilitar (bloque 2)

RH-FC01i01; RH-FC02i01; RH-FC02i02; RH-FC02i03; RH-FC02i04; RH-FC02i05; RH-FC02i06; RH-FC03i01; RH-FC03k01; RH-FC03i01; RH-FC03m01; RH-FC04i01; RH-FC04i02; RH-FC05i01

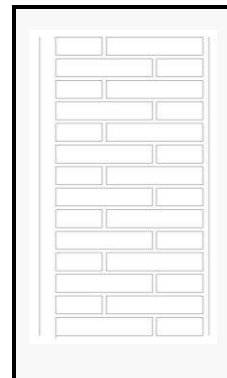
FACHADA 1 hoja: 1.5 pie LADRILLO PERFORADO "Solokoetxe"

EX-FC03b01

Descripción

Fachada formada por una hoja de 1.5 pie de ladrillo perforado con revoco de mortero de cemento al exterior y enfoscado y enlucido al interior.

capas (ext-int)	descripción capa	espesor [cm]	R [m <sup>2</sup> K/W]
MOR.Cem	Revoco de mortero de cemento	4	0.030769
LP	1,5 pie de ladrillo perforado	36.5	0.4234
MOR.Cem	Enfoscado de mortero	2	0.015385
ENL	Enlucido	0.5	0.016667



e <sub>t</sub>	43	cm
----------------	----	----

R <sub>t</sub>	0.49	m <sup>2</sup> K/W
----------------	------	--------------------

U <sub>t</sub>	1.52	W/m <sup>2</sup> K
----------------	------	--------------------

C	0.47	MJ/m <sup>2</sup> K
---	------	---------------------

época construcción:  
Anterior a 1936

Soluciones constructivas para rehabilitar (bloque 2)

RH-FC01i01; RH-FC02i01; RH-FC02i02; RH-FC02i03; RH-FC02i04; RH-FC02i05; RH-FC02i06; RH-FC03i01; RH-FC03k01; RH-FC03i01; RH-FC03m01; RH-FC04i01; RH-FC04i02; RH-FC05i01





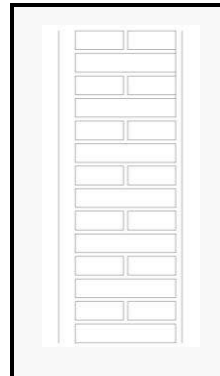
## FACHADA 1 hoja: 1 pie LADRILLO MACIZO

EX-FC03c01

## Descripción

Fachada formada por una hoja de 1 pie de ladrillo macizo con revoco de mortero de cemento al exterior y enfoscado y enlucido al interior.

capas (ext-int)	descripción capa	espesor [cm]	R [m <sup>2</sup> K/W]
MOR.Cem	Revoco de mortero de cemento	4	0.030769
LM	1 pie de ladrillo macizo	24	0.571429
MOR.Cem	Enfoscado de mortero	2	0.015385
ENL	Enlucido	0.5	0.016667



$e_t$	30.5	cm
-------	------	----

$R_t$	0.63	m <sup>2</sup> K/W
-------	------	--------------------

$U_t$	1.24	W/m <sup>2</sup> K
-------	------	--------------------

$C$	0.11	MJ/m <sup>2</sup> K
-----	------	---------------------

época construcción:  
Anterior a 1936

## Soluciones constructivas para rehabilitar (bloque 2)

RH-FC01i01; RHFC02i01; RH-FC02i02; RH-FC02i03; RH-FC02i04; RH-FC02i05; RH-FC02i06; RH-FC03i01; RH-FC03k01; RH-FC03i01; RH-FC03m01; RH-FC04i01; RH-FC04i02; RH-FC05i01

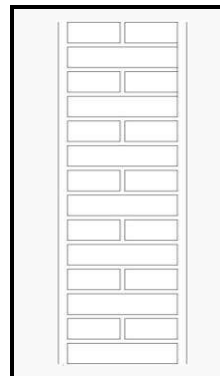
## FACHADA 1 hoja: 1pie LADRILLO GAFAS

EX-FC03d01

## Descripción

Fachada formada por una hoja de 1 pie de ladrillo gafa en aparejo inglés con revoco de mortero de cemento al exterior y enfoscado y enlucido al interior.

capas (ext-int)	descripción capa	espesor [cm]	R [m <sup>2</sup> K/W]
MOR.Cem	Revoco de mortero de cemento	2	0.015385
LG	1 pie de ladrillo gafa	25	0.36
MOR.Cem	Enfoscado de mortero	2	0.015385



$e_t$	29	cm
-------	----	----

$R_t$	0.39	m <sup>2</sup> K/W
-------	------	--------------------

$U_t$	1.77	W/m <sup>2</sup> K
-------	------	--------------------

$C$	0.29	MJ/m <sup>2</sup> K
-----	------	---------------------

época construcción:  
Anterior a 1936

## Soluciones constructivas para rehabilitar (bloque 2)

RH-FC01i01; RH-FC02i01; RH-FC02i02; RH-FC02i03; RH-FC02i04; RH-FC02i05; RH-FC02i06; RH-FC03i01; RH-FC03k01; RH-FC03i01; RH-FC03m01; RH-FC04i01; RH-FC04i02; RH-FC05i01



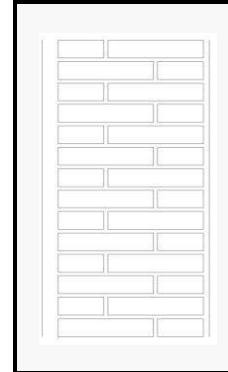
## FACHADA 1 hoja: 1.5 pie LADRILLO GAFAS

EX-FC03d02

## Descripción

Fachada formada por una hoja de 1.5 pie de ladrillo gafa con revoco de mortero de cemento al exterior y enfoscado y enlucido al interior.

capas (ext-int)	descripción capa	espesor [cm]	R [m <sup>2</sup> K/W]
MOR.Cem	Revoco de mortero de cemento	4	0.030769
LG	1,5 pie de ladrillo gafa	36.5	0.52998
MOR.Cem	Enfoscado de mortero	2	0.015385
ENL	Enlucido	0.5	0.016667



<b>e<sub>t</sub></b>	43	cm
----------------------	----	----

<b>R<sub>t</sub></b>	0.59	m <sup>2</sup> K/W
----------------------	------	--------------------

<b>U<sub>t</sub></b>	1.31	W/m <sup>2</sup> K
----------------------	------	--------------------

<b>C</b>	0.43	MJ/m <sup>2</sup> K
----------	------	---------------------

<b>época construcción:</b>	Anterior a 1936
----------------------------	-----------------

## Soluciones constructivas para rehabilitar (bloque 2)

RH-FC01i01; RH-FC02i01; RH-FC02i02; RH-FC02i03; RH-FC02i04; RH-FC02i05; RH-FC02i06; RH-FC03i01; RH-FC03k01; RH-FC03i01; RH-FC03m01; RH-FC04i01; RH-FC04i02; RH-FC05i01

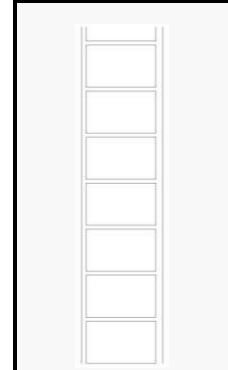
## FACHADA 1 hoja: Bloque de hormigón

EX-FC03g01

## Descripción

Fachada formada por una hoja de bloque de hormigón con revoco de mortero de cemento al exterior y enfoscado y enlucido al interior.

capas (ext-int)	descripción capa	espesor [cm]	R [m <sup>2</sup> K/W]
MOR.Cem	Revoco de mortero de cemento	1	0.007692
BH	hoja de bloque de hormigón	15.5	0.21
GUAR	Guarnecido	1	0.0125
ENL	Enlucido	0.5	0.016667



<b>e<sub>t</sub></b>	18	cm
----------------------	----	----

<b>R<sub>t</sub></b>	0.25	m <sup>2</sup> K/W
----------------------	------	--------------------

<b>U<sub>t</sub></b>	2.39	W/m <sup>2</sup> K
----------------------	------	--------------------

<b>C</b>	0.19	MJ/m <sup>2</sup> K
----------	------	---------------------

<b>época construcción:</b>	NBE-CT-79 (1980-2006)
----------------------------	-----------------------

## Soluciones constructivas para rehabilitar (bloque 2)

RH-FC01i01; RH-FC02i01; RH-FC02i02; RH-FC02i03; RH-FC02i04; RH-FC02i05; RH-FC02i06; RH-FC03i01; RH-FC03k01; RH-FC03i01; RH-FC03m01; RH-FC04i01; RH-FC04i02; RH-FC05i01



## FACHADAS EXISTENTES DE DOS HOJAS CON CÁMARA DE AIRE ESTANCA

En los años 60 se da una transformación importante en los sistemas constructivos. El muro de carga de fábrica de ladrillo que se construía en los años anteriores se separa en dos hojas, con una cámara de aire intermedia, con el fin de evitar la filtración de agua al interior. Se mejora también la resistencia térmica de la fachada tipo, debida a la resistencia térmica aportada por la cámara de aire. Sin embargo, en los comienzos de este tipo de cerramiento, la cámara de aire es estanca, y muchas veces, presenta el problema de las condensaciones intersticiales en la cámara.

Además, en sus comienzos, este tipo de muros también se ejecuta de forma que las dos hojas se apoyan sobre el forjado o la viga de hormigón armado, dejando a la vista su canto. De esta forma, el forjado o la viga es el elemento que genera gran parte de las pérdidas térmicas.

### EX-FC05: Fachada de 2 hojas caravista al exterior y con revestimiento interior

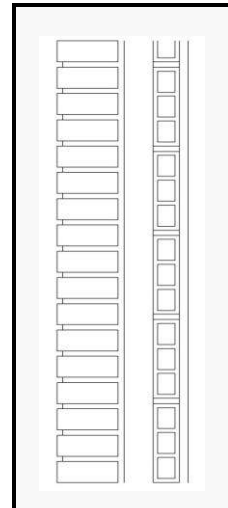
#### FACHADA 2 hojas CARAVISTA

EX-FC05b01

#### Descripción

Fachada de doble hoja con cámara intermedia de 5 cm sin ventilar. La hoja interior es un tabique de ladrillo hueco sencillo de 4,5 cm con guarnecido y enlucido al interior. La hoja exterior es de ladrillo macizo caravista al exterior y enfoscado de mortero de cemento en la parte interior de la cámara.

capas (ext-int)	descripción capa	espesor [cm]	R [m <sup>2</sup> K/W]
LP	1/2 pie de ladrillo perforado	10.5	0.12
MOR.Cem	Enfoscado de mortero de cemento	1	0.007692
CAM.SV	Cámara de aire sin ventilar	5	0.19
LHS	Tabique ladrillo hueco sencillo	4.5	0.10125
GUAR	Guarnecido	1	0.0125
ENL	Enlucido de yeso	0.5	0.016667



<b>e<sub>t</sub></b>	21.5	cm
----------------------	------	----

<b>R<sub>t</sub></b>	0.45	m <sup>2</sup> K/W
----------------------	------	--------------------

<b>U<sub>t</sub></b>	1.62	W/m <sup>2</sup> K
----------------------	------	--------------------

<b>C</b>	0.19	MJ/m <sup>2</sup> K
----------	------	---------------------

<b>época construcción:</b>	Desarrollismo (1960-1980)
----------------------------	---------------------------

#### Soluciones constructivas para rehabilitar (bloque 2)

RH-FC01i01; RH-FC02i01; RH-FC02i02; RH-FC02i03; RH-FC02i04; RH-FC02i05; RH-FC02i06; RH-FC03i01; RH-FC03k01; RH-FC03i01; RH-FC03m01; RH-FC04i01; RH-FC04i02; RH-FC05i01; RH-FC06k01



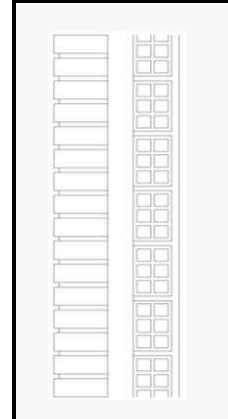
## FACHADA 2 hojas CARAVISTA "J.Gayarre II"

EX-FC05b02

## Descripción

Fachada de doble hoja con cámara intermedia de 5 cm sin ventilar. La hoja interior es un tabique de ladrillo hueco doble de 9 cm con enfoscado y enlucido al interior. La hoja exterior es de ladrillo perforado caravista al exterior.

capas (ext-int)	descripción capa	espesor [cm]	R [m <sup>2</sup> K/W]
LP	1/2 pie de ladrillo perforado	10.5	0.12
CAM.SV	Cámara de aire sin ventilar	10	0.24
LHD	Tabique ladrillo hueco doble	9	0.18
MOR.Cem	Enfoscado de mortero de cemento	1	0.007692
ENL	Enlucido de yeso	0.5	0.016667



$e_t$	31	cm
-------	----	----

$R_t$	0.56	m <sup>2</sup> K/W
-------	------	--------------------

$U_t$	1.36	W/m <sup>2</sup> K
-------	------	--------------------

$C$	0.20	MJ/m <sup>2</sup> K
-----	------	---------------------

época construcción:  
Desarrollismo (1960-1980)

## Soluciones constructivas para rehabilitar (bloque 2)

RH-FC01i01; RH-FC02i01; RH-FC02i02; RH-FC02i03; RH-FC02i04; RH-FC02i05; RH-FC02i06; RH-FC03i01; RH-FC03k01; RH-FC03i01; RH-FC03m01; RH-FC04i01; RH-FC04i02; RH-FC05i01; RH-FC06k01

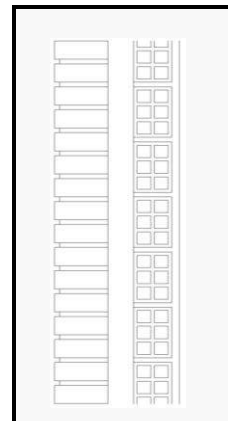
## FACHADA 2 hojas CARAVISTA

EX-FC05b03

## Descripción

Fachada de doble hoja con cámara intermedia de 7 cm sin ventilar. La hoja interior es un tabique de ladrillo hueco doble de 7 cm con enfoscado y enlucido al interior. La hoja exterior es de ladrillo perforado caravista al exterior.

capas (ext-int)	descripción capa	espesor [cm]	R [m <sup>2</sup> K/W]
LP	1/2 pie de ladrillo perforado	10.5	0.12
CAM.SV	Cámara de aire sin ventilar	7	0.21
LHD	Tabique ladrillo hueco doble	7	0.14
MOR.Cem	Enfoscado de mortero de cemento	1	0.007692
ENL	Enlucido de yeso	0.5	0.016667



$e_t$	26	cm
-------	----	----

$R_t$	0.50	m <sup>2</sup> K/W
-------	------	--------------------

$U_t$	1.50	W/m <sup>2</sup> K
-------	------	--------------------

$C$	0.19	MJ/m <sup>2</sup> K
-----	------	---------------------

época construcción:  
Desarrollismo (1960-1980)

## Soluciones constructivas para rehabilitar (bloque 2)

RH-FC01i01; RH-FC02i01; RH-FC02i02; RH-FC02i03; RH-FC02i04; RH-FC02i05; RH-FC02i06; RH-FC03i01; RH-FC03k01; RH-FC03i01; RH-FC03m01; RH-FC04i01; RH-FC04i02; RH-FC05i01; RH-FC06k01



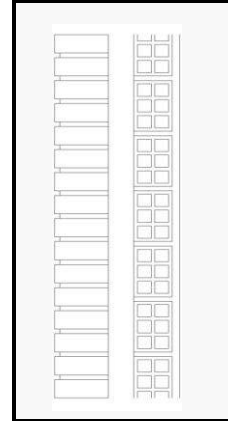
**FACHADA 2 hojas CARAVISTA "J.Gayarre I"**

**EX-FC05c01**

**Descripción**

Fachada de doble hoja con cámara intermedia de 5 cm sin ventilar. La hoja interior es un tabique de ladrillo hueco doble de 7,5 cm con enfoscado y enlucido al interior. La hoja exterior es de ladrillo macizo caravista al exterior.

capas (ext-int)	descripción capa	espesor [cm]	R [m <sup>2</sup> K/W]
LM	1/2 pie de ladrillo macizo caravista	10.5	0.25
CAM.SV	Cámara de aire sin ventilar	5	0.19
LHD	Tabique ladrillo hueco doble	7.5	0.15
MOR.Cem	Enfoscado de mortero de cemento	1	0.007692
ENL	Enlucido de yeso	0.5	0.016667



<b>e<sub>t</sub></b>	24.5	cm
----------------------	------	----

<b>R<sub>t</sub></b>	0.61	m <sup>2</sup> K/W
----------------------	------	--------------------

<b>U<sub>t</sub></b>	1.28	W/m <sup>2</sup> K
----------------------	------	--------------------

<b>C</b>	0.19	MJ/m <sup>2</sup> K
----------	------	---------------------

<b>época construcción:</b>	Desarrollismo (1960-1980)
----------------------------	---------------------------

**Soluciones constructivas para rehabilitar (bloque 2)**

RH-FC01i01; RH-FC02i01; RH-FC02i02; RH-FC02i03; RH-FC02i04; RH-FC02i05; RH-FC02i06; RH-FC03i01; RH-FC03k01; RH-FC03i01; RH-FC03m01; RH-FC04i01; RH-FC04i02; RH-FC05i01; RH-FC06k01



EX-FC06: Fachada de 2 hojas con revestimiento a ambos lados

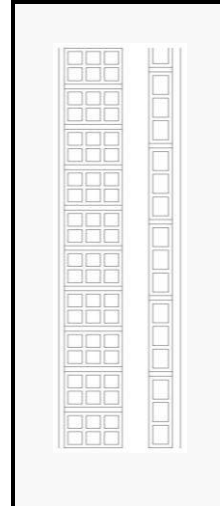
FACHADA 2 hojas con revestimiento a ambos lados "Otxarkoaga I"

EX-FC06a01

Descripción

Fachada de doble hoja con cámara intermedia de 5 cm sin ventilar. La hoja interior es un tabique de ladrillo hueco sencillo con enfoscado de mortero de cemento o cal y enlucido al interior. La hoja exterior es de ladrillo hueco doble revestido con un revoco de mortero de cemento al exterior.

capas (ext-int)	descripción capa	espesor [cm]	R [m <sup>2</sup> K/W]
MOR.Cem	Revoco de mortero de cemento	1.5	0.007692
LHD	Tabique LHD	10.5	0.21
CAM.SV	Cámara de aire sin ventilar	5	0.19
LHS	Tabique LHS	4.5	0.10125
MOR.Cem o MOR.Cal	Enfoscado de mortero de cemento o cal	1	0.0125
ENL	Enlucido de yeso	0.5	0.016667



<b>e<sub>t</sub></b>	23	cm
----------------------	----	----

<b>R<sub>t</sub></b>	0.54	m <sup>2</sup> K/W
----------------------	------	--------------------

<b>U<sub>t</sub></b>	1.42	W/m <sup>2</sup> K
----------------------	------	--------------------

<b>C</b>	0.14	MJ/m <sup>2</sup> K
----------	------	---------------------

<b>época construcción:</b>	Desarrollismo (1960-1980)
----------------------------	---------------------------

Soluciones constructivas para rehabilitar (bloque 2)

RH-FC01i01; RH-FC02i01; RH-FC02i02; RH-FC02i03; RH-FC02i04; RH-FC02i05; RH-FC02i06; RH-FC03i01; RH-FC03k01; RH-FC03i01; RH-FC03m01; RH-FC04i01; RH-FC04i02; RH-FC05i01; RH-FC06k01

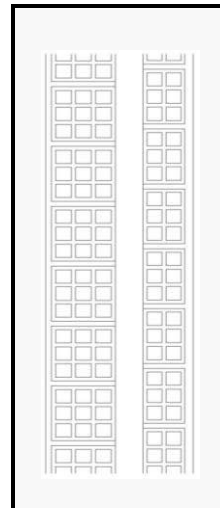
FACHADA 2 hojas con revestimiento a ambos lados "Belostikale"

EX-FC06a02

Descripción

Fachada de doble hoja con cámara intermedia de 5 cm sin ventilar. La hoja interior es un tabique de ladrillo hueco doble con enfoscado de mortero de cemento y enlucido al interior. La hoja exterior es de ladrillo hueco triple revestido con un revoco de mortero de cemento al exterior.

capas (ext-int)	descripción capa	espesor [cm]	R [m <sup>2</sup> K/W]
MOR.Cem	Revoco de mortero de cemento	1	0.007692
LHT	Tabique LHT	11.5	0.22
CAM.SV	Cámara de aire sin ventilar	5	0.19
LHD	Tabique LHD	7	0.14
MOR.Cem	Enfoscado de mortero de cemento	1	0.007692
ENL	Enlucido	0.5	0.016667



<b>e<sub>t</sub></b>	26	cm
----------------------	----	----

<b>R<sub>t</sub></b>	0.58	m <sup>2</sup> K/W
----------------------	------	--------------------

<b>U<sub>t</sub></b>	1.33	W/m <sup>2</sup> K
----------------------	------	--------------------

<b>C</b>	0.169349	MJ/m <sup>2</sup> K
----------	----------	---------------------

<b>época construcción:</b>	Desarrollismo (1960-1980)
----------------------------	---------------------------

Soluciones constructivas para rehabilitar (bloque 2)

RH-FC01i01; RH-FC02i01; RH-FC02i02; RH-FC02i03; RH-FC02i04; RH-FC02i05; RH-FC02i06; RH-FC03i01; RH-FC03k01; RH-FC03i01; RH-FC03m01; RH-FC04i01; RH-FC04i02; RH-FC05i01; RH-FC06k01



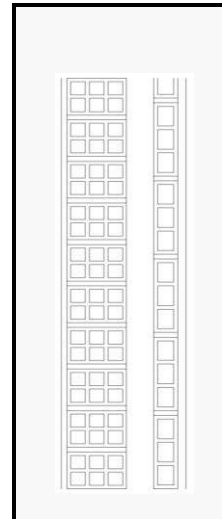
**FACHADA 2 hojas con revestimiento a ambos lados**

**EX-FC06a03**

**Descripción**

Fachada de doble hoja con cámara intermedia de 8 cm sin ventilar. La hoja interior es un tabique de ladrillo hueco sencillo con guarnecido y enlucido al interior. La hoja exterior es de ladrillo hueco doble revestido con un revoco de mortero de cal al exterior.

capas (ext-int)	descripción capa	espesor [cm]	R [m <sup>2</sup> K/W]
MOR.Cal	Revoco de mortero de cal	1	0.0125
LHD	Tabique LHD	12	0.24
CAM.SV	Cámara de aire sin ventilar	8	0.21
LHS GUAR	Tabique LHS a panderete Guarnecido	4 1	0.09 0.0125
ENL	Enlucido de yeso	0.5	0.016667



<b>e<sub>t</sub></b>	26.5 cm
----------------------	---------

<b>R<sub>t</sub></b>	0.58 m <sup>2</sup> K/W
----------------------	-------------------------

<b>U<sub>t</sub></b>	1.33 W/m <sup>2</sup> K
----------------------	-------------------------

<b>C</b>	0.15 MJ/m <sup>2</sup> K
----------	--------------------------

<b>época construcción:</b>	Desarrollismo (1960-1980)
----------------------------	---------------------------

**Soluciones constructivas para rehabilitar (bloque 2)**

RH-FC01i01; RH-FC02i01; RH-FC02i02; RH-FC02i03; RH-FC02i04; RH-FC02i05; RH-FC02i06; RH-FC03i01; RH-FC03k01; RH-FC03i01; RH-FC03m01; RH-FC04i01; RH-FC04i02; RH-FC05i01; RH-FC06k01

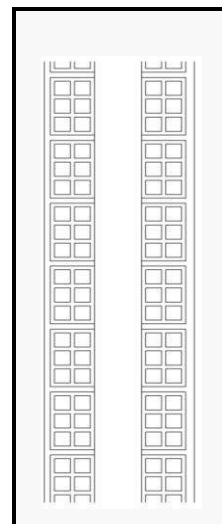
**FACHADA 2 hojas con revestimiento a ambos lados**

**EX-FC06a04**

**Descripción**

Fachada de doble hoja con cámara intermedia de 8 cm sin ventilar. La hoja interior es un tabique deladrillo hueco doble con guarnecido y enlucido al interior. La hoja exterior es de ladrillo hueco doble revestido con un revoco de mortero de cal al exterior.

capas (ext-int)	descripción capa	espesor [cm]	R [m <sup>2</sup> K/W]
MOR.Cal	Revoco de mortero de cal	1	0.0125
LHD	Tabique LHD	9	0.18
CAM.SV	Cámara de aire sin ventilar	8	0.21
LHD GUAR	Tabique LHD Guarnecido	9 1	0.18 0.0125
ENL	Enlucido de yeso	0.5	0.016667



<b>e<sub>t</sub></b>	28.5 cm
----------------------	---------

<b>R<sub>t</sub></b>	0.61 m <sup>2</sup> K/W
----------------------	-------------------------

<b>U<sub>t</sub></b>	1.28 W/m <sup>2</sup> K
----------------------	-------------------------

<b>C</b>	0.16 MJ/m <sup>2</sup> K
----------	--------------------------

<b>época construcción:</b>	Desarrollismo (1960-1980)
----------------------------	---------------------------

**Soluciones constructivas para rehabilitar (bloque 2)**

RH-FC01i01; RH-FC02i01; RH-FC02i02; RH-FC02i03; RH-FC02i04; RH-FC02i05; RH-FC02i06; RH-FC03i01; RH-FC03k01; RH-FC03i01; RH-FC03m01; RH-FC04i01; RH-FC04i02; RH-FC05i01; RH-FC06k01



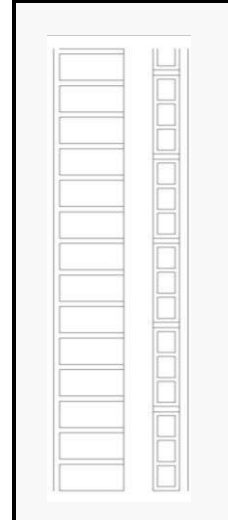
**FACHADA 2 hojas con revestimiento a ambos lados**

**EX-FC06b01**

**Descripción**

Fachada de doble hoja con cámara intermedia de 8 cm sin ventilar. La hoja interior es un tabique de ladrillo hueco sencillo con guarnecido y enlucido al interior. La hoja exterior es untabique de 1/2 pie de ladrillo perforado revestido con un revoco de mortero de cal al exterior.

capas (ext-int)	descripción capa	espesor [cm]	R [m <sup>2</sup> K/W]
MOR.Cal	Revoco de mortero de cal	1	0.0125
LP	Tabique 1/2 pie LP	12	0.1392
CAM.SV	Cámara de aire sin ventilar	8	0.21
LHS	Tabique LHS a panderete	4	0.09
GUAR	Guarnecido	1	0.0125
ENL	Enlucido de yeso	0.5	0.01667



<b>e<sub>t</sub></b>	26.5 cm
----------------------	---------

<b>R<sub>t</sub></b>	0.48 m <sup>2</sup> K/W
----------------------	-------------------------

<b>U<sub>t</sub></b>	1.54 W/m <sup>2</sup> K
----------------------	-------------------------

<b>C</b>	0.20 MJ/m <sup>2</sup> K
----------	--------------------------

<b>época construcción:</b>	Desarrollismo (1960-1980)
----------------------------	---------------------------

**Soluciones constructivas para rehabilitar (bloque 2)**

RH-FC01i01; RH-FC02i01; RH-FC02i02; RH-FC02i03; RH-FC02i04; RH-FC02i05; RH-FC02i06; RH-FC03i01; RH-FC03k01; RH-FC03i01; RH-FC03m01; RH-FC04i01; RH-FC04i02; RH-FC05i01; RH-FC06k01

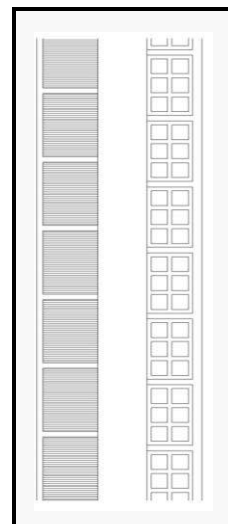
**FACHADA 2 hojas con revestimiento a ambos lados**

**EX-FC06b02**

**Descripción**

Fachada de doble hoja con cámara intermedia de 8 cm sin ventilar. La hoja interior es un tabique deladrillo hueco doble con guarnecido y enlucido al interior. La hoja exterior es un tabique de ladrillo perforado revestido con un revoco de mortero de cal al exterior.

capas (ext-int)	descripción capa	espesor [cm]	R [m <sup>2</sup> K/W]
MOR.Cal	Revoco de mortero de cal	1	0.0125
LP	Tabique LP a panderete	9	0.1044
CAM.SV	Cámara de aire sin ventilar	8	0.21
LHD	Tabique LHD a panderete	9	0.18
GUAR	Guarnecido	1	0.0125
ENL	Enlucido de yeso	0.5	0.01667



<b>e<sub>t</sub></b>	28.5 cm
----------------------	---------

<b>R<sub>t</sub></b>	0.54 m <sup>2</sup> K/W
----------------------	-------------------------

<b>U<sub>t</sub></b>	1.42 W/m <sup>2</sup> K
----------------------	-------------------------

<b>C</b>	0.203531 MJ/m <sup>2</sup> K
----------	------------------------------

<b>época construcción:</b>	Desarrollismo (1960-1980)
----------------------------	---------------------------

**Soluciones constructivas para rehabilitar (bloque 2)**

RH-FC01i01; RH-FC02i01; RH-FC02i02; RH-FC02i03; RH-FC02i04; RH-FC02i05; RH-FC02i06; RH-FC03i01; RH-FC03k01; RH-FC03i01; RH-FC03m01; RH-FC04i01; RH-FC04i02; RH-FC05i01; RH-FC06k01





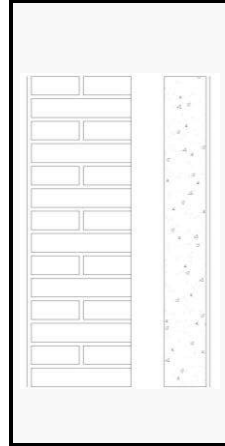
**FACHADA 2 hojas con revestimiento a ambos lados "P. Unceta"**

**EX-FC06d01**

**Descripción**

Fachada de doble hoja con cámara intermedia de 8 cm sin ventilar. La hoja interior es un tabique de hormigón armado con enlucido al interior. La hoja exterior es de ladrillo gafa revestido con un revoco de mortero de cemento al exterior.

capas (ext-int)	descripción capa	espesor [cm]	R [m <sup>2</sup> K/W]
MOR.Cem	Revoco de mortero de cemento	4	0.007692
LG	1 pie de ladrillo gafa	24	0.36
CAM.SV	Cámara de aire sin ventilar	8	0.21
HA	Hoja de hormigón armado	10	0.09
ENL	Enlucido de yeso	1	0.033333



<b>e<sub>t</sub></b>	47	cm
----------------------	----	----

<b>R<sub>t</sub></b>	0.70	m <sup>2</sup> K/W
----------------------	------	--------------------

<b>U<sub>t</sub></b>	1.15	W/m <sup>2</sup> K
----------------------	------	--------------------

<b>C</b>	0.20	MJ/m <sup>2</sup> K
----------	------	---------------------

<b>época construcción:</b>	Guerra Civil o Posguerra (1936-1960)
----------------------------	---

**Soluciones constructivas para rehabilitar (bloque 2)**

RH-FC01i01; RH-FC02i01; RH-FC02i02; RH-FC02i03; RH-FC02i04; RH-FC02i05; RH-FC02i06; RH-FC03i01; RH-FC03k01; RH-FC03i01; RH-FC03m01; RH-FC04i01; RH-FC04i02; RH-FC05i01; RH-FC06k01



## FACHADAS EXISTENTES DE DOS HOJAS CON CÁMARA DE AIRE VENTILADA

El problema de condensaciones intersticiales que se presenta en las fachadas existentes de dos hojas con cámara de aire estanca, se soluciona ventilando la cámara, dejando huecos en la hoja exterior de ladrillo en la parte de arriba y abajo. Sin embargo, en cuanto a la resistencia térmica del muro, se reduce ligeramente, como se puede observar por ejemplo en los cerramientos EX-FC05c01 y EX-FC08c01. En ambos la hoja exterior, la interior y el espesor de la cámara es el mismo, sin embargo en la fachada EX-FC08c01 la cámara es ventilada, mientras que en la fachada EX-FC05c01 es estanca, siendo la reducción de la resistencia térmica de 0.03 m<sup>2</sup> K/W.

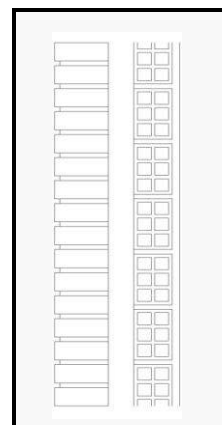
## FACHADA 2 hojas CARAVISTA

## EX-FC08c01

## Descripción

Fachada de doble hoja con cámara intermedia de 5 cm ligeramente ventilada. La hoja interior es un tabique de ladrillo hueco doble de 7,5 cm con enfoscado y enlucido al interior. La hoja exterior es de ladrillo macizo caravista al exterior.

capas (ext-int)	descripción capa	espesor [cm]	R [m <sup>2</sup> K/W]
LM	1/2 pie de ladrillo macizo caravista	10.5	0.25
CAM.LV	Cámara de aire ligeramente ventilada	5	0.15
LHD	Tabique ladrillo hueco doble	7.5	0.15
MOR.Cem	Enfoscado de mortero de cemento	1	0.007692
ENL	Enlucido de yeso	0.5	0.016667



<b>e<sub>t</sub></b>	24.5	cm
----------------------	------	----

<b>R<sub>t</sub></b>	0.58	m <sup>2</sup> K/W
----------------------	------	--------------------

<b>U<sub>t</sub></b>	1.34	W/m <sup>2</sup> K
----------------------	------	--------------------

<b>C</b>	0.19	MJ/m <sup>2</sup> K
----------	------	---------------------

<b>época construcción:</b>	Desarrollismo (1960-1980)
----------------------------	---------------------------

## Soluciones constructivas para rehabilitar (bloque 2)

RH-FC01i01; RH-FC02i01; RH-FC02i02; RH-FC02i03; RH-FC02i04; RH-FC02i05; RH-FC02i06; RH-FC03i01; RH-FC03k01; RH-FC03i01; RH-FC03m01; RH-FC04i01; RH-FC04i02; RH-FC05i01; RH-FC06k01

**EUSKO JAURLARITZA**

**ENPLEGUETA GIZARTE  
POLITIKETAKO SAILA**

*Etxebizitza Sailordetza  
Etxebizitza Zuzendaritza*

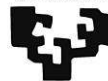


**GOBIERNO VASCO**

**DEPARTAMENTO DE EMPLEO Y  
POLITICAS SOCIALES**

*Viceconsejería de Vivienda  
Dirección de Vivienda*

eman ta zabal zazu



Universidad  
del País Vasco

Euskal Herriko  
Unibertsitatea

# FICHAS- BLOQUE 2

---

Soluciones de  
Rehabilitación

**EUSKO JAURLARITZA**



**GOBIERNO VASCO**

**ENPLEGUETA GIZARTE  
POLITIKETAKO SAILA**

*Etxebizitza Sailordetza  
Etxebizitza Zuzendaritza*

**DEPARTAMENTO DE EMPLEO Y  
POLITICAS SOCIALES**

*Viceconsejería de Vivienda  
Dirección de Vivienda*

eman ta zabal zazu



Universidad  
del País Vasco

Euskal Herriko  
Unibertsitatea



En base a la clasificación de los cerramientos definido en el apartado 3- codificación, las fichas de las soluciones de rehabilitación se han clasificado en 3 grandes bloques:

- o Soluciones de Rehabilitación con aislamiento térmico por el interior
- o Soluciones de Rehabilitación con aislamiento térmico por el exterior
- o Soluciones de Rehabilitación con aislamiento térmico por inyección en cámaras

## **SOLUCIONES DE REHABILITACIÓN CON AISLAMIENTO TÉRMICO POR EL INTERIOR**

La intervención por el interior del cerramiento presenta las siguientes particularidades:

- o Es recomendable cuando, por razones estéticas o de protección de patrimonio histórico-artístico, no se pueda modificar la estética exterior.
- o No supone ningún coste económico en elementos auxiliares, por ejemplo, los andamios.
- o Supone una pérdida de superficie útil de la vivienda.

En relación a su comportamiento térmico hay que tener en cuenta los siguientes aspectos:

- o Hay que ser especialmente cuidadoso con los puentes térmicos. Cualquier encuentro donde se interrumpa el aislamiento, es susceptible a la formación de condensaciones superficiales. Cuando se aísla una fachada por el interior y no se aísla el suelo o el techo, el encuentro del frente de forjado puede llegar a ser muy crítico, ya que en la esquina interior entre la fachada y el forjado la temperatura sufrirá una disminución importante y se pueden generar condensaciones superficiales. Por ello, cuando se aísla por el interior una fachada, es conveniente también aislar el suelo y el techo?
- o Es necesario solucionar correctamente los encuentros con carpinterías (ventanas y puertas).

Las soluciones de rehabilitación con aislamiento térmico por el interior se dividen en dos subgrupos: trasdosados directos (RH-FC01) y trasdosados autoportantes con perfiles metálicos (RH-FC02).

Los trasdosados autoportantes con perfiles metálicos (RH-FC02) presentan una desventaja respecto a los trasdosados directos (RH-FC01) en cuanto a su comportamiento térmico. En los trasdosados autoportantes la presencia de los perfiles metálicos y el anclaje de los mismos en el cerramiento base suponen una merma de resistencia térmica, ya que estos elementos tienen una conductividad térmica mucho mayor que el aislante y, por tanto, aumenta el flujo de calor en las zonas donde se ubican los perfiles, creando puentes térmicos. Sin embargo, las fijaciones mecánicas en los trasdosados autoportantes (RH-FC02) son más fiables que en los directos (RH-FC01).



**RH-FC01: Rehabilitación Interior- Trasdoso Directo**

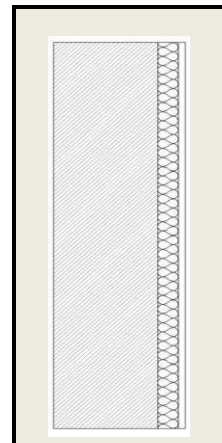
**TRASDOSADO DIRECTO**

**RH-FC01i01**

**Descripción**

trasdosado directo interior con placa compuesto de 40mm de la lana de roca y placa de yeso de 13mm adherido con pasta de agarre al muro base.

capas (ext-int)	descripción capa	espesor [cm]	R [m <sup>2</sup> K/W]
FE	Fachada existente	$e_{fe}$	$R_{fe}$
TR.Dir LR+PYL	lana de roca 4 cm y placa de	5.3	1.08



<b>e<sub>t</sub></b>	$5.3+e_{fe}$ cm
----------------------	-----------------

<b>R<sub>t</sub></b>	$1.08++R_{fe}$ m <sup>2</sup> K/W
----------------------	-----------------------------------

<b>U<sub>t</sub></b>	$1/[0.17+1.08+R_{fe}]$ W/m <sup>2</sup> K
----------------------	---

<b>C</b>	$0.0013+ C_{fe}$ MJ/m <sup>2</sup> K
----------	--------------------------------------



**RH-FC02: Rehabilitación Interior- Trasdoso Autoportante**

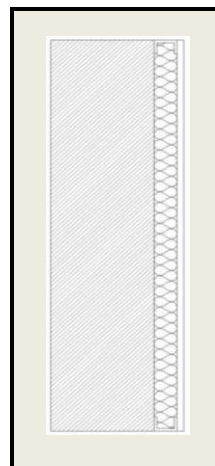
**TRASDOSADO AUTOPORTANTE**

**RH-FC02i01**

**Descripción**

trasdosado autoportante interior con 45mm de lana de roca y placa de yeso de 15mm sustentado con perfiles de 48mm de ancho y 0.6mm de espesor, colocados cada 600mm y anclados al muro base.

capas (ext-int)	descripción capa	espesor [cm]	R [m <sup>2</sup> K/W]
FE	Fachada existente	$e_{fe}$	$R_{fe}$
LR	Lana de Roca (perfiles de 48mm de ancho y 0.6mm de espesor cada 600mm)	4.5	1.1
PYL	Placa de Yeso	1.5	0.07



$e_t$   $6 + e_{fe}$  cm

$R_t$   $1.17 + R_{fe}$  m<sup>2</sup> K/W

$U_t$   $1/[0.17 + 1.17 + R_{fe}]$  W/m<sup>2</sup> K

$C$   $0.0028 + C_{fe}$  MJ/m<sup>2</sup> K

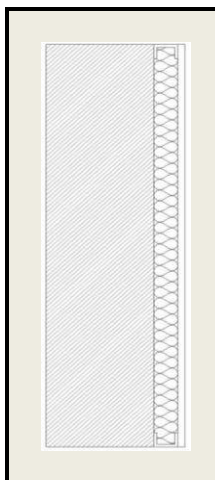
**TRASDOSADO AUTOPORTANTE**

**RH-FC02i02**

**Descripción**

trasdosado autoportante interior con 45mm de lana de roca y placa de yeso de 15mm sustentado con perfiles de 48mm de ancho y 0.6mm de espesor, colocados cada 400mm y anclados al muro base.

capas (ext-int)	descripción capa	espesor [cm]	R [m <sup>2</sup> K/W]
FE	Fachada existente	$e_{fe}$	$R_{fe}$
LR	Lana de Roca (perfiles de 48mm de ancho y 0.6mm de espesor cada 400mm)	4.8	0.89
PYL	Placa de Yeso	1.5	0.07



$e_t$   $6.3 + e_{fe}$  cm

$R_t$   $0.96 + R_{fe}$  m<sup>2</sup> K/W

$U_t$   $1/[0.13 + 0.04 + 0.96 + R_{fe}]$  W/m<sup>2</sup> K

$C$   $0.0013 + C_{fe}$  MJ/m<sup>2</sup> K



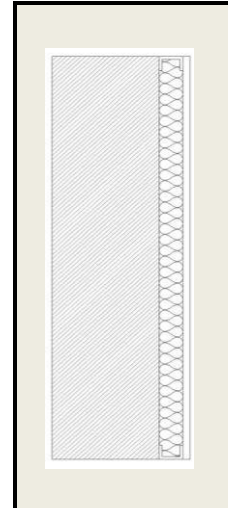
**TRASDOSADO AUTOPORTANTE**

**RH-FC02i03**

**Descripción**

trasdosado autoportante interior con 45mm de lana de roca y placa de yeso de 15mm sustentado con perfiles de 48mm de ancho y 0.6mm de espesor, colocados cada 400mm y sin anclar al muro base.

capas (ext-int)	descripción capa	espesor [cm]	R [m <sup>2</sup> K/W]
FE	Fachada existente	$e_{fe}$	$R_{fe}$
LR	Lana de Roca (perfiles de 48mm de ancho y 0.6mm de espesor cada 400mm)	4.8	1.06
PYL	Placa de Yeso	1.5	0.07



**e<sub>t</sub>** 6.3 + e<sub>fe</sub> cm

**R<sub>t</sub>** 1.13 + R<sub>fe</sub> m<sup>2</sup> K/W

**U<sub>t</sub>** 1/[0.17 + 1.13 + R<sub>fe</sub>] W/m<sup>2</sup> K

**C** 0.0013 + C<sub>fe</sub> MJ/m<sup>2</sup> K

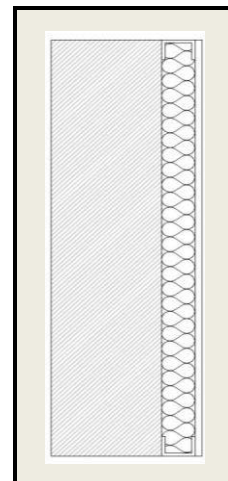
**TRASDOSADO AUTOPORTANTE**

**RH-FC02i04**

**Descripción**

trasdosado autoportante interior con 60mm de lana de roca y placa de yeso de 15mm sustentado con perfiles de 70mm de ancho y 0.6mm de espesor, colocados cada 600mm y anclados al muro base.

capas (ext-int)	descripción capa	espesor [cm]	R [m <sup>2</sup> K/W]
FE	Fachada existente	$e_{fe}$	$R_{fe}$
LR	Lana de Roca (perfiles de 70 mm de ancho y 0.6mm de espesor cada 600mm)	7	1.15
PYL	Placa de Yeso	1.5	0.07



**e<sub>t</sub>** 8.5 + e<sub>fe</sub> cm

**R<sub>t</sub>** 1.22 + R<sub>fe</sub> m<sup>2</sup> K/W

**U<sub>t</sub>** 1/[0.17 + 1.22 + R<sub>fe</sub>] W/m<sup>2</sup> K

**C** 0.0013 + C<sub>fe</sub> MJ/m<sup>2</sup> K





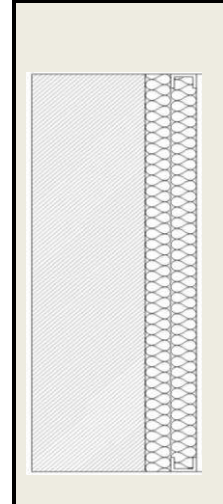
**TRASDOSADO AUTOPORTANTE**

**RH-FC02i05**

**Descripción**

trasdosado autoportante interior con doble capa de lana de roca de 45mm y placa de yeso de 15mm sustentado con perfiles de 48mm de ancho y 0.6mm de espesor, colocados en la capa interior de lana cada 600mm y anclados al muro base.

capas (ext-int)	descripción capa	espesor [cm]	R [m <sup>2</sup> K/W]
FE	Fachada existente	e <sub>fe</sub>	R <sub>fe</sub>
LR	Lana de Roca + Lana de Roca (perfiles de 48 mm de ancho y 0.6mm de espesor cada 600mm)	4.5+4.8	2.49
PYL	Placa de Yeso	1.5	0.07



**e<sub>t</sub>** 10.8 + e<sub>fe</sub> cm

**R<sub>t</sub>** 2.56 + R<sub>fe</sub> m<sup>2</sup> K/W

**U<sub>t</sub>** 1/[0.17+2.56 + R<sub>fe</sub>] W/m<sup>2</sup> K

**C** 0.0028 + C<sub>fe</sub> MJ/m<sup>2</sup> K

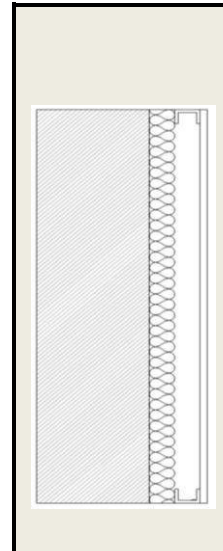
**TRASDOSADO AUTOPORTANTE**

**RH-FC02i06**

**Descripción**

trasdosado autoportante interior con lana de roca de 45mm, cámara de aire sin ventilar de 45mm y placa de yeso de 15mm sustentado con perfiles de 48mm de ancho y 0.6mm de espesor, colocados en la cámara de aire y anclados al muro base.

capas (ext-int)	descripción capa	espesor [cm]	R [m <sup>2</sup> K/W]
FE	Fachada existente	e <sub>fe</sub>	R <sub>fe</sub>
LR	Lana de Roca	4.5	1.48
CAM. SV	Cámara de aire sin ventilar (perfiles de 48 mm de ancho y 0.6mm de espesor cada 600mm)	4.8	0.19
PYL	Placa de Yeso	1.5	0.07



**e<sub>t</sub>** 10.8 + e<sub>fe</sub> cm

**R<sub>t</sub>** 1.74 + R<sub>fe</sub> m<sup>2</sup> K/W

**U<sub>t</sub>** 1/[0.17+1.74 + R<sub>fe</sub>] W/m<sup>2</sup> K

**C** 0.0028 + C<sub>fe</sub> MJ/m<sup>2</sup> K

## SOLUCIONES DE REHABILITACIÓN CON AISLAMIENTO TÉRMICO POR EL EXTERIOR

La intervención por el interior del cerramiento presenta las siguientes particularidades:

- Supone un gasto en elementos auxiliares, por ejemplo, los andamios.
- Las molestias a los usuarios de las viviendas son mínimas.
- No supone una pérdida de superficie útil de la vivienda.
- La intervención se realiza en todo el edificio, no de forma parcial o en una vivienda en particular.

En relación a su comportamiento térmico, hay que tener en cuenta los siguientes aspectos:

- El aprovechamiento de la inercia térmica o de la capacidad calorífica del muro existente es mayor que en las intervenciones interiores. Al situarse la hoja con mayor capacidad calorífica en la parte interior, la fachada tardará más en enfriarse o en perder el calor almacenado en la misma, estabilizando de esta forma la temperatura interior y reduciendo la demanda de calefacción. En periodo estival, también la hoja interior tarda más en calentarse, ya que tiene el aislamiento por el exterior, y de esta forma, la demanda de refrigeración disminuye.
- Es más sencillo que en las intervenciones interiores solucionar encuentros con la estructura y ventanas (carpinterías, alféizares, mochetas, dinteles), puesto que no hay dificultades para que el aislamiento sea contínuo.
- Sin embargo, aunque parezca que con el aislamiento contínuo se solucionan los puentes térmicos, hay que ser cauteloso con los anclajes de los sistemas de rehabilitación. Los anclajes, sobre todo los metálicos, al tener una conductividad térmica mucho mayor que el aislamiento, generan zonas de puentes térmicos, causando riesgos de condensaciones.

Las soluciones de rehabilitación con aislamiento térmico por el exterior se dividen en tres subgrupos: sistemas SATE (RH-FC03), fachadas ligeras ventiladas (RH-FC04) y fachadas ligeras con cámara de aire estanca (RH-FC05).

Los sistemas SATE (RH-FC03) muchas veces se priorizan por su coste económico reducido y ejecución rápida respecto a otros sistemas exteriores. Otra ventaja que presentan es la posibilidad de ejecutar grandes espesores. En cuanto a las prestaciones térmicas, la única particularidad es que dependen del tipo de aislamiento ejecutado, de mayor o menor conductividad térmica.

La fachada ligera ventilada (RH-FC04) es un sistema que consta de aislamiento térmico sobre el soporte y un revestimiento exterior sustentado por una subestructura metálica portante anclada a la fachada original o forjados del edificio y separada del aislamiento, formando una cámara por donde circula el aire por convección. El aire que entra en la cámara es calentado por la radiación solar, y por lo tanto, se crea un movimiento de aire de flujo ascendente dentro de la cámara, por lo que la cámara está ventilada y evacua calor. En este sentido, este sistema es un mecanismo de refrigeración y resulta interesante en épocas calurosas o en zonas climáticas donde existe una importante demanda de refrigeración. Sin embargo, la resistencia térmica que aporta esta cámara de aire es despreciable. Por lo tanto, se comportaría igual que un SATE con las mismas características de aislamiento en cuanto a las pérdidas térmicas.

La fachada ligera con cámara estanca (RH-FC05), sin embargo, aporta resistencia térmica con la cámara de aire. En este caso, el aire no recircula y no evacua calor. Teniendo en cuenta que en las zonas climáticas del País Vasco la demanda de calefacción predomina sobre la de refrigeración, es más interesante este sistema (RH-FC05) que la ventilada (RH-FC04), tal y como se ha verificado en un estudio realizado en el Laboratorio de Control de Calidad en la Edificación del Gobierno Vasco [12].

RH-FC03: Rehabilitación Exterior- Sistemas SATE

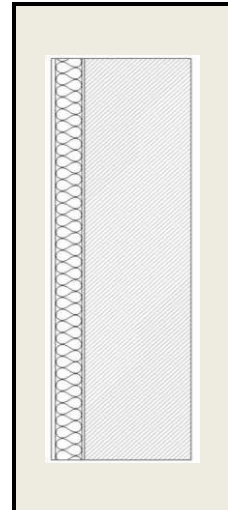
SATE con paneles lana de roca

RH-FC03i01

Descripción

SATE exterior con paneles de Lana de Roca de 50mm encoladas con mortero y con un revoco de refuerzo y nivelación al exterior con incorporación de malla de fibra de vidrio

capas (ext-int)	descripción capa	espesor [cm]	R [m <sup>2</sup> K/W]
MOR.Cem	Revoco de mortero de cemento con malla de fibra de vidrio de refuerzo. Con acabado pétreo	0.8	0.006
LR	Paneles de Lana de Roca	5	1.404
FE	Fachada existente	e <sub>fe</sub>	R <sub>fe</sub>



**e<sub>t</sub>** 5.8 + e<sub>fe</sub> cm

**R<sub>t</sub>** 1.41 + R<sub>fe</sub> m<sup>2</sup> K/W

**U<sub>t</sub>** 1/[0.17 + 1.41 + R<sub>fe</sub>] W/m<sup>2</sup> K

**C** 0.015 + C<sub>fe</sub> MJ/m<sup>2</sup> K

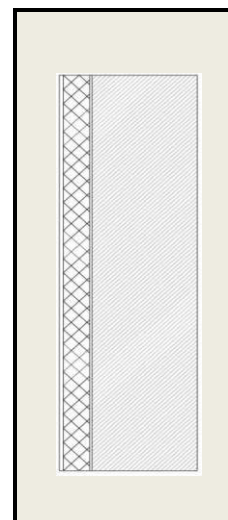
SATE con paneles EPS

RH-FC03k01

Descripción

SATE exterior con paneles de EPS de 50mm encoladas con mortero y con un revoco de refuerzo y nivelación al exterior con incorporación de malla de fibra de vidrio

capas (ext-int)	descripción capa	espesor [cm]	R [m <sup>2</sup> K/W]
MOR.Cem	Revoco de mortero de cemento con malla de fibra de vidrio de refuerzo. Con acabado pétreo	0.8	0.006
EPS	Poliestireno Expandido	5	1.504
FE	Fachada existente	e <sub>fe</sub>	R <sub>fe</sub>



**e<sub>t</sub>** 5.8 + e<sub>fe</sub> cm

**R<sub>t</sub>** 1.51 + R<sub>fe</sub> m<sup>2</sup> K/W

**U<sub>t</sub>** 1/[0.17 + 1.51 + R<sub>fe</sub>] W/m<sup>2</sup> K

**C** 0.009 + C<sub>fe</sub> MJ/m<sup>2</sup> K



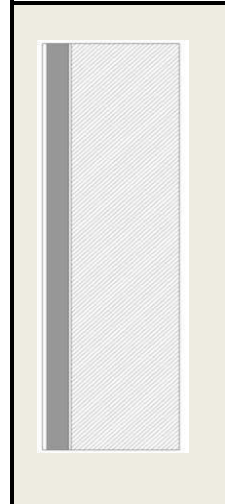
**SATE con paneles aerogel**

**RH-FC03I01**

**Descripción**

SATE exterior con paneles de aerogel de 40mm encoladas con mortero y con un revoco ligero antihumedad y de refuerzo al exterior con incorporación de malla de fibra de vidrio. Sobre este revoco se le aplica otra capa de mortero hidrofugante.

capas (ext-int)	descripción capa	espesor [cm]	R [m <sup>2</sup> K/W]
MOR.Cem	Revoco de mortero de cemento con malla de fibra de vidrio de refuerzo. Con capa hidrofugante.	2	0.015
AERG	Paneles de Aerogel	4	1.825
FE	Fachada existente	e <sub>fe</sub>	R <sub>fe</sub>



**e<sub>t</sub>** 6 + e<sub>fe</sub> cm

**R<sub>t</sub>** 1.84 + R<sub>fe</sub> m<sup>2</sup> K/W

**U<sub>t</sub>** 1/[0.17 + 1.84 + R<sub>fe</sub>] W/m<sup>2</sup> K

**C** 0.028 + C<sub>fe</sub> MJ/m<sup>2</sup> K

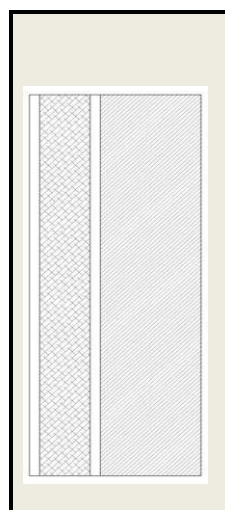
**SATE con corcho natural expandido**

**RH-FC03m01**

**Descripción**

SATE exterior con paneles de corcho natural expandido de 100mm fijados mediante mortero aislante en base cal y recubierto con el mismo mortero.

capas (ext-int)	descripción capa	espesor [cm]	R [m <sup>2</sup> K/W]
MOR.Cem	fijación mediante capa de mortero aislante en base cal	2	0.41
COR	Paneles de Corcho Natural Expandido	10	1.61
MOR.Cem	acabado mediante capa de mortero aislante en base cal	2	0.41
FE	Fachada existente	e <sub>fe</sub>	R <sub>fe</sub>



**e<sub>t</sub>** 6 + e<sub>fe</sub> cm

**R<sub>t</sub>** 2.43 + R<sub>fe</sub> m<sup>2</sup> K/W

**U<sub>t</sub>** 1/[0.17 + 2.43 + R<sub>fe</sub>] W/m<sup>2</sup> K

**C** 0.063 + C<sub>fe</sub> MJ/m<sup>2</sup> K



**RH-FC04: Rehabilitación Exterior- Fachada Ligera Ventilada**

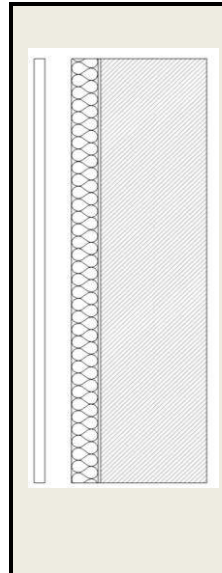
**FACHADA VENTILADA placas cementicias**

**RH-FC04i01**

**Descripción**

Fachada ventilada con paneles de lana de roca de 50mm, cámara de aire de 50mm ventilada y placas cementicias con revoco de refuerzo y acabado pétreo.

capas (ext-int)	descripción capa	espesor [cm]	R [m <sup>2</sup> K/W]
P.Cem	Panel cementicio con revoco de mortero de cemento de refuerzo y acabado pétreo sustentado con anclajes metálicos al muro base		
		2	
CAM.V	Cámara de aire ventilada	5	
LR	Paneles de Lana de Roca	5	0.88
FE	Fachada existente	e <sub>fe</sub>	R <sub>fe</sub>



**e<sub>t</sub>** 12 + e<sub>fe</sub> cm

**R<sub>t</sub>** 0.88 + R<sub>fe</sub> m<sup>2</sup> K/W

**U<sub>t</sub>** 1/[0.17 + 0.88 + R<sub>fe</sub>] W/m<sup>2</sup> K

**C** 0.035 + C<sub>fe</sub> MJ/m<sup>2</sup> K

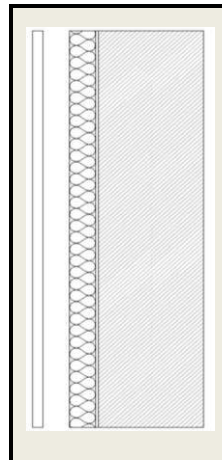
**FACHADA VENTILADA aplacado ceramico**

**RH-FC04i02**

**Descripción**

Fachada ventilada con paneles de lana de roca de 50mm, cámara de aire de 50mm y aplacado cerámico al exterior.

capas (ext-int)	descripción capa	espesor [cm]	R [m <sup>2</sup> K/W]
A.Cer	aplacado cerámico	1.2	
CAM.V	Cámara de aire ventilada	5	
LR	Paneles de Lana de Roca sustentada con espigas	5	1.6
FE	Fachada existente	e <sub>fe</sub>	R <sub>fe</sub>



**e<sub>t</sub>** 11.2 + e<sub>fe</sub> cm

**R<sub>t</sub>** 1.6 + R<sub>fe</sub> m<sup>2</sup> K/W

**U<sub>t</sub>** 1/[0.17 + 1.6 + R<sub>fe</sub>] W/m<sup>2</sup> K

**C** 0.035 + C<sub>fe</sub> MJ/m<sup>2</sup> K



## RH-FC05: Rehabilitación Exterior- Fachada Ligera con Cámara Estanca

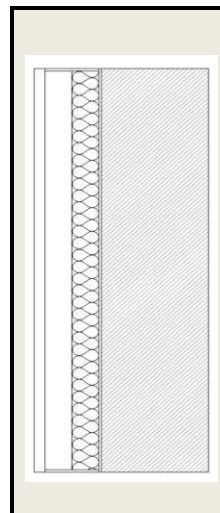
## FACHADA LIGERA con CÁMARA ESTANCA paneles cementicios

## RH-FC05i01

## Descripción

Fachada ligera con cámara de aire estanca de 50mm, con paneles de lana de roca de 50mm y placas cementicias con revoco de refuerzo y acabado pétreo.

capas (ext-int)	descripción capa	espesor [cm]	R [m <sup>2</sup> K/W]
P.Cem	Panel cementicio con revoco de mortero de cemento de refuerzo y acabado pétreo	2	
CAM.SV	Cámara de aire sin ventilar	5	
LR	Paneles de Lana de Roca	5	1.41
FE	Fachada existente	e <sub>fe</sub>	R <sub>fe</sub>



<b>e<sub>t</sub></b>	12 + e <sub>fe</sub> cm
----------------------	-------------------------

<b>R<sub>t</sub></b>	1.41 + R <sub>fe</sub> m <sup>2</sup> K/W
----------------------	---

<b>U<sub>t</sub></b>	1 / [0.17 + 1.41 + R <sub>fe</sub> ] W/m <sup>2</sup> K
----------------------	---

<b>C</b>	0.013 + C <sub>fe</sub> MJ/m <sup>2</sup> K
----------	---



## SOLUCIONES DE REHABILITACIÓN POR INYECCIÓN DE AISLAMIENTO EN CÁMARA DE AIRE DE UN MURO DE DOBLE HOJA

La intervención por inyección de aislamiento en cámara de aire de un muro de doble hoja presenta las siguientes particularidades:

- o Las molestias a los usuarios de las viviendas son mínimas.
- o No supone una pérdida de superficie útil de la vivienda.
- o Exige una ejecución más cuidadosa y delicada que el resto de las soluciones.

Hay que tener en cuenta también otros aspectos en este tipo de intervenciones en relación a su comportamiento térmico:

- o El relleno de la cámara puede verse entorpecido por elementos residuales que podría haber dentro de la cámara. Esto supone una pérdida de resistencia térmica considerable.
- o En ningún caso está garantizado que el relleno de cámara de aire no se vea afectado por el agua. Si se diera el caso, la resistencia térmica del cerramiento disminuiría.
- o El aislamiento térmico no es continuo, se interrumpirá con elementos constructivos como pilares y forjados. A este respecto, se generan puentes térmicos importantes. Hay que tener especial cuidado con estas interrupciones de aislamiento, ya que cualquier encuentro donde éste se interrumpa, es susceptible a la formación de condensaciones superficiales.

### RH-FC06: Rehabilitación por inyección de aislamiento en cámaras

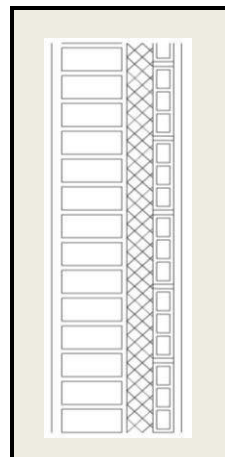
#### RELLENO DE CÁMARA DE AIRE CON AISLAMIENTO en muro de doble hoja

RH-FC06k01

##### Descripción

Relleno de cámara de aire de 50mm con gránulos de EPS con grafito en un muro de doble hoja de fábrica de ladrillo.

capas (ext-int)	descripción capa	espesor [cm]	R [m <sup>2</sup> K/W]
FE	Fachada existente hoja exterior	$e_{fe1}$	$R_{fe1}$
EPS	Rellen de cámara de aire con gránulos de EPS con grafito	5	1.09
FE	Fachada existente	$e_{fe2}$	$R_{fe2}$



$e_t$	$5 + e_{fe}$ cm
-------	-----------------

$R_t$	$1.09 + R_{fe}$ m <sup>2</sup> K/W
-------	------------------------------------

$U_t$	$1/[0.17 + 1.09 + R_{fe}]$ W/m <sup>2</sup> K
-------	---

$C$	$0.009 + C_{fe}$ MJ/m <sup>2</sup> K
-----	--------------------------------------

**EUSKO JAURLARITZA**



**GOBIERNO VASCO**

**ENPLEGUETA GIZARTE  
POLITIKETAKO SAILA**

*Etxebizitza Sailordetza  
Etxebizitza Zuzendaritza*

**DEPARTAMENTO DE EMPLEO Y  
POLITICAS SOCIALES**

*Viceconsejería de Vivienda  
Dirección de Vivienda*

eman ta zabal zazu



Universidad  
del País Vasco

Euskal Herriko  
Unibertsitatea





## 7.- BIBLIOGRAFIA

---

[1] Administración de la Comunidad Autónoma del País Vasco, Departamento de Vivienda, Obras Públicas y Transportes e IHOBE, Sociedad Pública de Gestión Ambiental. Guía de Edificación Sostenible para la Vivienda en la Comunidad Autónoma del País Vasco. ISBN 978-84-457-2906-9. Vitoria-Gasteiz, Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco, 2011.

[2] CISC, Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja. Código Técnico de la Edificación, Documento Básico de Ahorro de Energía. Madrid, Ministerio de vivienda, 2013.

[3] Ley 8/2013 de Rehabilitación, Regeneración y Renovación Urbanas. BOE, núm. 153, páginas 47964 a 48023, Madrid, 27 de junio de 2013.

[4] Real Decreto 235/2013 de Procedimiento Básico para la Certificación de la Eficiencia Energética de los Edificios. BOE, núm. 89, páginas 27548 a 27562, Madrid, 13 de abril de 2013.

[5] OTRAS DISPOSICIONES 2012/3475, ORDEN de 18 de Julio de 2012, Departamento de Vivienda, Obras Públicas y Transporte. Programa de ayudas en materia de Rehabilitación de Viviendas y Edificios (Programa REVIVE), para la elaboración de Proyectos de Intervención en el Patrimonio Edificado, de la Comunidad Autónoma del País Vasco y la ejecución de las obras derivadas de los mismos. BOPV, núm. 146, Vitoria-Gasteiz, 2012.

[6] OTRAS DISPOSICIONES 2013/3670, ORDEN de 31 de Julio de 2013, Departamento de Empleo y Políticas Sociales. Programa de ayudas del Plan Renove en materia de Rehabilitación eficiente de Viviendas y Edificios, para la elaboración de Proyectos de Intervención en el Patrimonio Edificado, de la Comunidad Autónoma del País Vasco y la ejecución de las obras derivadas de los mismos. BOPV, núm. 157, Vitoria-Gasteiz, 2013.

[7] DISPOSICIONES GENERALES 2014/2386, DECRETO 80/2014, Departamento de Empleo y Políticas Sociales. Inspección Técnica de Edificios en la Comunidad Autónoma del País Vasco. BOPV, núm. 101, Vitoria-Gasteiz, 20 de mayo de 2013.

[8] AENOR. UNE EN ISO 8990. Determinación de las propiedades de transmisión térmica en régimen estacionario. Métodos de la caja caliente guardada y calibrada. Madrid, 1997.

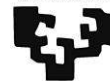
[9] Van Dick, H.A.L.; Van Der Linden. G.P. PASLINK Procedimientos de calibración y ensayos de los componentes. TNO, Delf, 1995.

[10] AENOR. UNE-EN ISO 6946. Componentes y elementos para la edificación. Resistencia térmica y transmitancia térmica. Método de cálculo. Madrid, 2007.

[11] Van Dick, H.A.L.; Tellez, F. COMPASS Procedimientos de análisis de los datos y mediciones, WTCB-CSTC, Bruselas, 1995.

[12] BLOG ERAIKAL, recuperado el 9 de Julio de 2014

<http://eraikal.blog.euskadi.net/blog/2013/04/26/estudio-comportamiento-energetico-de-una-fachada-ventilada-en-la-zona-climatica-del-pais-vasco/>



---

[13] HISPALIT, Asociación Española de Fabricantes de Ladrillos y Tejas de Arcilla Cocida; CISC, Instituto Eduardo Torroja de Ciencias de la Construcción. Catálogo de Soluciones Cerámicas para el cumplimiento del Código Técnico de la Edificación. Madrid, 2008

[14] IVE, Instituto Valenciano de la Edificación. Catálogo de Soluciones Constructivas de Rehabilitación. Valencia, Abril 2011.