

↓ kWh  
↓ CO<sub>2</sub>

↑ Ahorro  
(€)

Enero 2010

## Rehabilitación energética de edificios

Soluciones de aislamiento térmico



# Índice

<b>Introducción</b>	<b>5</b>
Objetivo	6
Criterios y metodología	6
Resultados y conclusiones	6
<b>1. Eficiencia energética de edificios en España</b>	<b>9</b>
1.1 Escenario	10
1.2 Marco reglamentario	11
<b>2. Criterios térmicos de rehabilitación energética</b>	<b>13</b>
2.1 Rehabilitación energética	14
2.2 CTE DB-HE 1	14
2.3 Óptimo económico (EURIMA / Ecofys VII)	15
2.4 Passive House	16
<b>3. Cuantificación del ahorro energético con las soluciones KNAUF INSULATION</b>	<b>17</b>
3.1 Edificio tipo	18
3.2 Actuación en fachadas	19
3.3 Actuación en cubierta	21
3.4 Actuación en fachadas y cubierta	23
3.5 Mejora en la calificación energética final	25
<b>4. Soluciones para la rehabilitación energética de fachadas</b>	<b>29</b>
4.1 Fachada ventilada	30
4.2 Sistema de Aislamiento Térmico Exterior (ETICS/SATE)	32
4.3 Trasdosado autoportante	34
<b>5. Soluciones para la rehabilitación energética de cubiertas</b>	<b>37</b>
5.1 Aislamiento exterior de cubiertas planas. Opción A	38
5.2 Aislamiento exterior de cubiertas planas. Opción B	40
5.3 Aislamiento exterior de cubiertas inclinadas	42
5.4 Aislamiento interior bajo último forjado	44
<b>6. Fichas técnicas</b>	<b>47</b>
6.1 Ultravent Black	48
6.2 PTP-S-035	49
6.3 Panel Plus (TP 138)	50
6.4 Panel Cubierta	51
6.5 Manta Sin Revestir (Classic 044)	52
6.6 Polyfoam C 4 LJ	53
6.7 Polyfoam Losa	54
<b>7. Lana Mineral Natural con ECOSE® Technology</b>	<b>57</b>



## Acerca de KNAUF INSULATION

KNAUF INSULATION es uno de los fabricantes de materiales de aislamiento líder y el de más rápido crecimiento; nuestra misión consiste en convertirnos en el líder mundial en sistemas de eficiencia energética para la construcción. Nuestros valores - concentración en el cliente, innovación, apertura y compromiso - marcan la forma en que hacemos negocios. Basándonos en nuestras tres décadas de experiencia en eficiencia energética, ofrecemos una completa cartera de soluciones en aislamiento para la construcción residencial y no residencial, así como para la industria. Estamos decididos a ofrecer materiales que mejoren la sostenibilidad y la calidad de vida; con la introducción de nuestra nueva Lana Mineral Natural con ECOSE® Technology seguimos siendo fieles a ese compromiso.

KNAUF INSULATION está presente en más de 35 países a través de 30 plantas de producción y cuenta con casi 5.000 empleados en todo el mundo. La empresa, que forma parte del Grupo familiar alemán Knauf, prosigue su sólido y continuado crecimiento financiero y operativo, tras haber registrado una facturación superior a los 1.200 millones de € en 2008.

## **Introducción**

Objetivo

Criterios y metodología

Resultados y conclusiones

## Introducción

### Objetivo

En este catálogo presentamos resultados de ahorro energético y ambiental, así como soluciones y productos KNAUF INSULATION idóneos en la rehabilitación energética de la envolvente térmica de edificios (fachadas y cubiertas).

Para ello, hemos utilizado tres criterios relativos a las exigencias de transmitancia térmica U (W/m<sup>2</sup>.K) requeridas:

- CTE DB-HE 1 (actual normativa térmica en España)
- Óptimo económico (EURIMA / Ecofys VII)
- Passive House

### Criterios y metodología

En la hipótesis de cálculo, hemos utilizado como modelo de edificio un bloque de viviendas construido antes de 1979, que pretende ser representativo del parque actual de viviendas en España, y que, debido a las escasas exigencias térmicas de la época, no presenta ningún aislamiento en su envolvente.

Utilizando el programa CALENER VYP (software informático de referencia del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio para el cálculo de la calificación energética de edificios mediante la opción general) se han obtenido valores de ahorro del consumo energético (kWh/m<sup>2</sup>.a) y de las emisiones de CO<sub>2</sub> (kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>.a), para cada zona climática de invierno definida en el CTE DB-HE 1, del edificio rehabilitado energéticamente con las soluciones propuestas por KNAUF INSULATION.

### Resultados y conclusiones

De los resultados obtenidos, podemos concluir que, en todos los casos estudiados, la incorporación de aislamiento térmico disminuye significativamente la demanda energética, proporcionando un importante y fundamental porcentaje de ahorro en la factura energética.

La tabla resumen siguiente muestra el rango de valores (mínimo – máximo) del ahorro energético y ambiental en el edificio estudiado, teniendo en cuenta los tres criterios térmicos anteriormente mencionados referidos a la rehabilitación energética en:

- fachadas
- cubiertas
- fachadas y cubiertas conjuntamente

Criterio Térmico	Fachadas		Cubierta		Fachadas y Cubierta	
	% Ahorro Energético (kWh/m <sup>2</sup> .a)	Ahorro Ambiental (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> .a)	% Ahorro Energético (kWh/m <sup>2</sup> .a)	Ahorro Ambiental (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> .a)	% Ahorro Energético (kWh/m <sup>2</sup> .a)	Ahorro Ambiental (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> .a)
CTE DB-HE 1	17% – 27%	2,0 – 7,1	10% – 11%	0,7 – 3,6	29% – 40%	2,9 – 11,6
Óptimo económico	23% – 33%	2,5 – 9,6	11% – 14%	1,3 – 4,0	36% – 49%	3,7 – 14,4
Passive House	24% – 39%	3,1 – 9,9	11% – 15%	1,4 – 4,1	36% – 55%	4,2 – 15,0

Además de lo indicado anteriormente, podemos añadir las siguientes conclusiones:

- Se debe considerar como un desperdicio económico-ambiental la rehabilitación de un edificio, cuando se decide proceder a una obra de reforma estructural y/o estética en el mismo, sin implementar térmicamente su envolvente.
- El ahorro energético y ambiental en un edificio se alcanza rehabilitando energéticamente tanto las fachadas, como la cubierta, como las fachadas y la cubierta conjuntamente.
- La actual normativa térmica (CTE DB-HE 1), con respecto a los valores límite de transmitancia térmica U para cubiertas, y en especial para fachadas, está muy por debajo de los valores óptimos económicos presentados en el informe EURIMA / Ecofys VII.
- El aislamiento térmico, por su capacidad de ahorro energético, y consecuentemente económico, puede considerarse una inversión rentabilizable a corto o medio plazo.
- Las soluciones que propone KNAUF INSULATION permiten implementar niveles de aislamiento térmico en cumplimiento, no solo del criterio CTE DB-HE 1, sino también de criterios más exigentes desde el punto de vista térmico, como son los criterios Óptimo económico (EURIMA / Ecofys VII) y Passive House.
- El valor porcentual de ahorro en la demanda energética (% kWh/m<sup>2</sup>.a) es mayor en las zonas climáticas de menor severidad de invierno que en las de mayor severidad, mientras que en el valor absoluto de ahorro ambiental (kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>.a) ocurre el revés.

# NO ELEGIMOS SU COLOR, HA NACIDO DE FORMA NATURAL



Presentamos la nueva generación de Lana Mineral Natural:

- **Nivel superior de sostenibilidad**
- **Sin tintes ni colorantes artificiales**
- **Se reducen las emisiones contaminantes durante su fabricación**
- **Prestaciones ensayadas y certificadas**

**global  
insulation**

1er Premio Mundial  
Producto sostenible del año



1er Premio  
Producto más innovador



Producto  
excelente

**HOME BUILDERS  
EXECUTIVE**

1er Premio  
Categoría "Batt Insulation"



Top 10  
Editor's Choice Award



[www.knaufinsulation.es](http://www.knaufinsulation.es)  
Tlf. 0034.933796508

**KNAUFINSULATION**  
*¡Ya es hora de ahorrar energía!*

with **ECOSE**<sup>®</sup>  
TECHNOLOGY

# **1. Eficiencia energética de edificios en España**

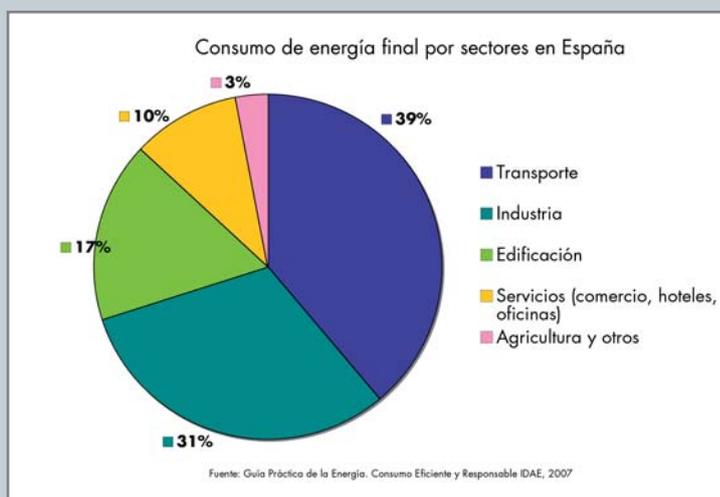
1.1 Escenario

1.2 Marco reglamentario

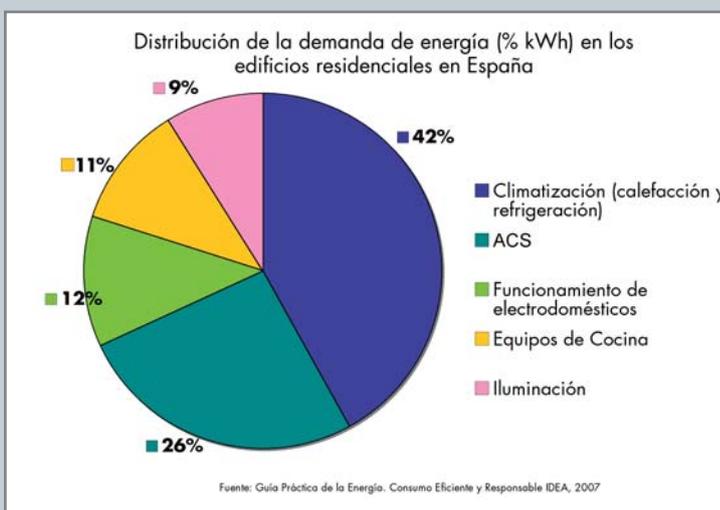
## 1.1 Escenario

Según informes del Ministerio de Fomento<sup>1</sup>, el parque edificatorio español está constituido mayoritariamente por edificios cuyo uso principal es el residencial. En el año 2005, el 85% de la superficie construida estaba formada por edificios residenciales y el 15% restante por edificios destinados a otros usos, principalmente administrativo y comercial. En concreto, 389 millones de m<sup>2</sup> correspondían al sector terciario en sus diferentes usos y el resto, 2.300 millones de m<sup>2</sup>, al sector residencial, de los que 1.600 millones de m<sup>2</sup> estaban destinados a vivienda principal.

Con respecto al consumo energético, los servicios de los edificios residenciales y del sector terciario que tienen un mayor peso son las instalaciones térmicas (climatización y producción de agua caliente sanitaria) y las instalaciones de iluminación interior. En España, el consumo de energía en la edificación representa el 17% de la energía final nacional, correspondiendo un 10% al sector residencial y un 7% al sector terciario.



Dentro de este 10% del sector residencial, un 42% corresponde a las instalaciones de climatización (mayoritariamente calefacción y, en menor grado, refrigeración).



<sup>1</sup> ESTRATEGIA DE AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ESPAÑA 2004-2012, E4. Disponible en: [http://www.mma.es/secciones/cambio\\_climatico/documentacion\\_cc/normativa\\_cc/pdf/resumen\\_plan\\_accion\\_2008\\_2012.pdf](http://www.mma.es/secciones/cambio_climatico/documentacion_cc/normativa_cc/pdf/resumen_plan_accion_2008_2012.pdf)

## 1.2 Marco reglamentario

Las edificaciones construidas en España antes de 1979 incorporan muy poco o ningún nivel de aislamiento, resultando ineficientes térmicamente. Asimismo, las edificaciones construidas durante los 28 años que van desde la implementación de la extinta Norma básica de condiciones térmicas en los edificios (**NBE CT-79**) hasta la entrada en vigor del Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción, están construidas bajo unos criterios de eficiencia energética inferiores a los utilizados actualmente, resultando "potenciales" consumidoras de energía en las próximas décadas.

En 16 de Diciembre de 2002, el Parlamento Europeo y del Consejo aprueba la **Directiva 2002/91/CE**<sup>2</sup>, relativa al rendimiento energético de los edificios. Esta Directiva está articulada en torno a los siguientes cuatro elementos principales:

- Una metodología común de cálculo del rendimiento energético integrado de los edificios.
- Las normas mínimas relativas al rendimiento energético de los edificios nuevos y de los ya existentes cuando se proceda a una reforma importante de los mismos.
- Sistemas de certificación de edificios nuevos y existentes y exhibición de certificados y otras informaciones pertinentes en edificios públicos. Los certificados deberían datar de menos de cinco años.
- Control regular de las calderas y de los sistemas centrales de climatización en los edificios, y evaluación de las instalaciones de calefacción cuyas calderas tengan más de 15 años.

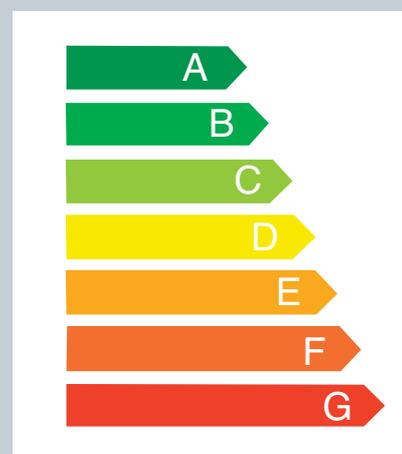
En 2006, esa Directiva europea fue trasladada al ámbito español, desarrollándose un marco normativo nacional para el ahorro y la eficiencia energética en el sector de la edificación. En este contexto, se establecieron los requisitos mínimos de eficiencia energética que deben cumplir los edificios nuevos y los que se rehabiliten. El denominado Documento Básico de Ahorro de Energía - Limitación de la demanda energética, del Código Técnico de la Edificación (**CTE DB-HE 1**)<sup>3</sup>, fue publicado por el Real Decreto 314/2006 de 17 de marzo de 2006.

En el año 2007 fue aprobado en España el **Procedimiento básico de certificación energética de edificios de nueva construcción**, por el Real Decreto 47/2007<sup>4</sup> de 19 de enero. Este procedimiento incluye la calificación de eficiencia energética que se debe asignar al edificio, expresada mediante una escala de siete letras y siete colores, que va desde la A (edificio más eficiente) a la G (edificio menos eficiente).

<sup>2</sup> <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32002L0091:ES:HTML>

<sup>3</sup> <http://www.codigotecnico.org/>

<sup>4</sup> [www.boe.es/boe/dias/2007/01/31/pdfs/A04499-04507.pdf](http://www.boe.es/boe/dias/2007/01/31/pdfs/A04499-04507.pdf)



Niveles de calificación energética de edificios

# NUEVA LANA MINERAL NATURAL SUAVE COMO CACHEMIR

Presentamos la nueva generación de Lana Mineral Natural:

- **Más agradable y suave al tacto**
- **Más fácil de cortar**
- **Sin olor**
- **Menor emisión de partículas**

**global  
insulation**

1er Premio Mundial  
Producto sostenible del año



1er Premio  
Producto más innovador



Producto  
excelente

**HOME BUILDERS  
EXECUTIVE**

1er Premio  
Categoría "Batt Insulation"



Top 10  
Editor's Choice Award



[www.knaufinsulation.es](http://www.knaufinsulation.es)  
Tlf. 0034.933796508

**KNAUF INSULATION**  
*¡Ya es hora de ahorrar energía!*

with **ECOSE**<sup>®</sup>  
TECHNOLOGY

## **2. Criterios térmicos de rehabilitación energética**

2.1 Rehabilitación energética

2.2 CTE DB-HE 1

2.3 Óptimo Económico (EURIMA / Ecofys VII)

2.4 Passive House

## 2.1 Rehabilitación energética

La vida de una vivienda puede superar los 50 años, por tanto al comprar, alquilar o acometer obras de reforma en la misma, es muy importante que la envolvente térmica del edificio y sus instalaciones sean de buena calidad y de alta eficiencia energética, con objeto de no estar lastrados por un gasto excesivo e innecesario de energía y dinero a lo largo del tiempo.

Anualmente, un gran número de edificaciones están sujetas a algún tipo de reforma de mayor o menor entidad, como la limpieza y el pintado de fachadas, la reparación de la cubierta, la sustitución de la carpintería, pero pocas veces se acometen trabajos de rehabilitación por razones energéticas, incluso cuando son significativos el valor global del ahorro económico en la factura energética y la cuantía de las ayudas y subvenciones por parte de las administraciones.

El estudio "A cost Curve for greenhouse gas reduction (2007)<sup>5</sup>" (Curva de gastos para la reducción de gases de efecto invernadero) de la prestigiosa consultora estratégica McKinsey, concluye que entre las políticas de ahorro y eficiencia energética, la mejora del nivel de aislamiento térmico en los edificios es la de menor coste para un mismo objetivo de beneficio.

Una vez conscientes, económica y ambientalmente, de la importancia de aislar térmicamente un edificio, una pregunta queda en el aire: ¿con qué nivel de espesor debemos aislar?

En este contexto, KNAUF INSULATION, presenta tres criterios térmicos distintos para el aislamiento de la envolvente del edificio, basados en: el cumplimiento de la normativa española actual (CTE DB-HE 1); el espesor óptimo económico de aislamiento teniendo en cuenta el ahorro energético y el coste del mismo (EURIMA / Ecofys VII); y la máxima eficiencia energética en una vivienda (Passive House).

## 2.2 CTE DB-HE 1

El actual Código Técnico de la Edificación (CTE) en su Documento Básico DB-HE 1, tabla 2.2, define los valores límite de transmitancia térmica  $U$  ( $W/m^2.K$ ) en cada una de las 12 zonas climáticas, definidas en función de las severidades de invierno A, B, C, D, E y de verano 1, 2, 3, 4, para cada elemento de la envolvente de la edificación: muros exteriores, suelos y cubiertas (cerramientos opacos), además de ventanas y puertas acristaladas (huecos semitransparentes). Según la zona climática, se debe incorporar al cerramiento opaco de la envolvente determinado espesor de aislamiento con el objetivo de no sobrepasar el valor límite de  $U$ .

La tabla siguiente presenta los valores límite de transmitancia térmica para muros exteriores, suelos y cubiertas en las cinco zonas climáticas de invierno:

Valores límite de $U$ ( $W/m^2.K$ ) según CTE DB-HE 1			
Zona Climática	Muros Exteriores	Suelos	Cubiertas
Zona A	0,94	0,53	0,50
Zona B	0,82	0,52	0,45
Zona C	0,73	0,50	0,41
Zona D	0,66	0,49	0,38
Zona E	0,57	0,48	0,35

<sup>5</sup> El artículo se encuentra disponible en el siguiente enlace: [http://www.knaufinsulation.com/files/u4/McKinsey\\_Cost\\_Curve.pdf](http://www.knaufinsulation.com/files/u4/McKinsey_Cost_Curve.pdf)



Zonas climáticas del territorio español

Cuanto menor sea el valor U de la envolvente del edificio, menor será la demanda energética relativa a calefacción y/o refrigeración y, consecuentemente, menor será el coste económico relacionado. Tal demanda será más o menos representativa según la zona climática. Los valores del CTE DB-HE 1 son los mínimos valores aplicables tanto en obra nueva como en obra rehabilitada<sup>6</sup>.

La implementación del CTE DB-HE 1 implica un ahorro energético significativo, cuando comparamos un edificio que cumple los valores mínimos de U con uno que no los cumple. No obstante, para alcanzar el nivel de eficiencia energética en las viviendas solicitado por los gobiernos europeos, y en particular por el español, donde, como vimos en el capítulo anterior, el sector de la edificación tiene un peso muy importante en el consumo energético, es fundamental dar un paso adelante, disminuyendo esos valores de transmitancia térmica de muros exteriores, suelos y cubiertas y por consiguiente, aumentando los niveles de aislamiento.

### 2.3 Óptimo económico (EURIMA / Ecofys VII)

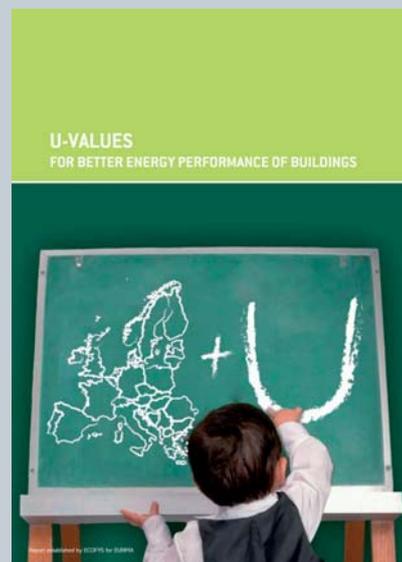
EURIMA (Asociación Europea de Fabricantes de Lanasy Minerales, de la cual forma parte KNAUF INSULATION) publicó en 2008 el informe denominado *U-Values for better energy performance of buildings (Ecofys VII)*<sup>7</sup>. En dicho documento, EURIMA realiza un profundo estudio de los factores climatológicos característicos de cada país y el impacto del clima en la demanda de calefacción y refrigeración residencial, proponiendo valores de U para muros exteriores, suelos y cubiertas con los cuales obtener la mejor relación entre el coste del aislamiento y el ahorro energético y ambiental, teniendo en consideración las normativas locales y la variación del precio de la energía en un escenario actual y proyectado al futuro.

Los estudios fueron conducidos por la prestigiosa consultoría energética Ecofys, recorriendo 100 ciudades de 23 países europeos. De acuerdo con el informe, la gran mayoría de los países mostraron tener requisitos inadecuados en los parámetros de transmitancia térmica U para muros exteriores, suelos y cubiertas, lo que contribuye negativamente en la eficiencia energética de los edificios y en el balance global de emisiones de CO<sub>2</sub>. El aislamiento térmico fue identificado como la solución más amortizable y eficaz para abordar las reducciones del consumo energético de los edificios y las correspondientes emisiones de dióxido de carbono.

El estudio concluye que la legislación europea y los actuales requisitos nacionales, incluyendo los de nuestro país, no están optimizados para cada región, haciendo que los usuarios de las viviendas pierdan dinero y que se contribuya aun más al calentamiento global del planeta.

<sup>6</sup> CTE DB-HE 1 - Limitación de la demanda energética, 1.1. Ámbito de aplicación. Modificaciones, reformas o rehabilitaciones de edificios existentes con una superficie útil superior a 1000 m<sup>2</sup> donde se renueve más del 25% del total de sus cerramientos.

<sup>7</sup> Para más información consultar : <http://www.eurima.org>.



Informe EURIMA / Ecofys VII,  
disponible en [www.eurima.org](http://www.eurima.org)

La tabla siguiente presenta los valores límite de transmitancia térmica para muros exteriores, suelos y cubiertas en las cinco zonas climáticas de invierno, propuestos por EURIMA en su informe Ecofys VII (Escenario Peak Price):

Valores límite de U (W/m <sup>2</sup> .K) según Óptimo económico (EURIMA / Ecofys VII)				
	Zona Climática	Muros Exteriores	Suelos	Cubiertas
	Zona A	0,32 <sup>(1)</sup>	1,06 <sup>(1)</sup>	0,24 <sup>(1)</sup>
	Zona B	0,30	0,69	0,24
	Zona C	0,30	0,59	0,22
	Zona D	0,23	0,46	0,18
	Zona E	0,20 <sup>(2)</sup>	0,31 <sup>(2)</sup>	0,16 <sup>(2)</sup>

<sup>1</sup> Definimos aquí como valores de U para la zona climática A, los mayores valores presentados por EURIMA / Ecofys VII para la zona climática B, ya que ninguna ciudad contemplada en la zona A fue simulada en el estudio.

<sup>2</sup> Definimos aquí como valores de U para la zona climática E, los menores valores presentados por EURIMA / Ecofys VII para la zona climática D, ya que ninguna ciudad contemplada en la zona E fue simulada en el estudio.

## 2.4 Passive House

Passive House o casa pasiva es un concepto que se popularizó en las escuelas de arquitectura, a principios de 1980, al ser publicado el libro "La Casa Pasiva. Clima y Ahorro Energético" por el Instituto de Arquitectura de Estados Unidos. El concepto recoge las experiencias de viviendas que minimizan el uso de sistemas convencionales de calefacción y refrigeración aprovechando las condiciones climáticas y de soleamiento de cada región.

La expresión "pasiva" se utiliza para definir el principio de captación, almacenamiento y distribución, capaz de funcionar sin aportaciones de energía exterior, y que implica unas técnicas sencillas que logran minimizar el gasto energético de la vivienda, con valores máximos de demanda, tanto para calefacción como para refrigeración de 15 kWh/m<sup>2</sup>.a<sup>(8)</sup>, y un consumo total máximo de energía primaria (climatización + ACS + electricidad) de 120 kWh/m<sup>2</sup>.a.

Las casas pasivas son el punto máximo de excelencia cuando se habla de ahorro energético en la vivienda, desde el punto de vista de optimización de las medidas, tanto pasivas como activas, la reducción del consumo de energía y las emisiones de CO<sub>2</sub>. Los criterios de la casa pasiva establecen valores muy bajos de transmitancia térmica U para todos los cerramientos; dichos valores son un contribuyente fundamental en la optimización del concepto eficiencia energética.

En este documento hemos utilizado el valor máximo de 0,15 W/m<sup>2</sup>.K<sup>(9)</sup>, entre los definidos para los cerramientos de la casa pasiva, tal como se aprecia en la tabla siguiente:

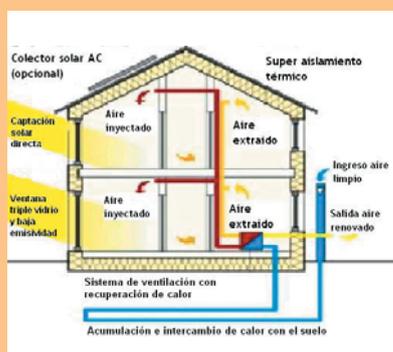
Valores límite de U (W / m <sup>2</sup> .K) según Passive House				
	Zona Climática	Muros Exteriores	Suelos	Cubiertas
	Zona A	<b>0,15</b>	<b>0,15</b>	<b>0,15</b>
	Zona B			
	Zona C			
	Zona D			
	Zona E			

Evidentemente, el modelo actualmente empleado en los proyectos de casa pasiva está optimizado para las características climatológicas de los países del norte europeo, y enfocado únicamente a la demanda energética de calefacción, no contemplando las eventuales demandas de refrigeración y otros consumos finales de energía de la vivienda, resultantes de la utilización del criterio Passive House en zonas de climatología más cálidas, como por ejemplo la franja mediterránea.

Es importante desarrollar un criterio de casa pasiva adaptado a la climatología mediterránea (correspondiente a algunas zonas de España), y en consecuencia emplear valores optimizados, y distintos de los utilizados en el actual criterio de Passive House, para la máxima transmitancia térmica U de los cerramientos.

<sup>8</sup> <http://www.passivehouse.com/English/PassiveH.HTM>

<sup>9</sup> <http://www.passivehouse.com/English/Checklist.htm>



Funcionamiento de una Passive House

### **3. Cuantificación del ahorro energético con las soluciones KNAUF INSULATION**

3.1 Edificio tipo

3.2 Actuación en fachadas

3.3 Actuación en cubierta

3.4 Actuación en fachadas y cubierta

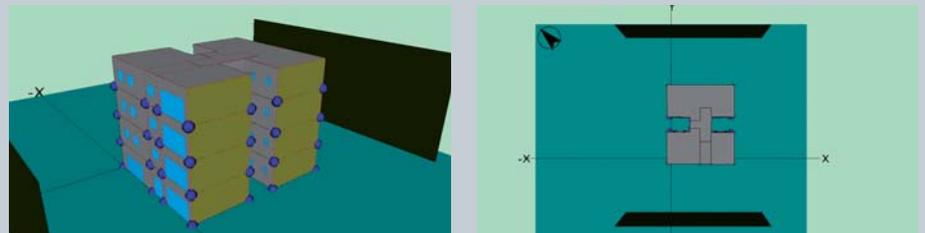
3.5 Mejora en la calificación energética final



### 3.1 Edificio tipo

Los resultados de la cuantificación del ahorro energético y ambiental en los edificios que se presentan en este documento, han sido obtenidos utilizando el programa oficial CALENER-VYP, que facilita el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, para la calificación de eficiencia energética de edificios de viviendas y del sector pequeño y mediano terciario, el cual puede ser descargado gratuitamente de su página web.

El edificio simulado es similar al utilizado en la Guía Técnica para la Rehabilitación de la Envolvente Térmica de los Edificios – Soluciones de Aislamiento con Lana Mineral, del IDAE (Instituto para la Diversificación y el Ahorro Energético). La premisa ha sido que el edificio objeto fue construido antes de 1979, con valores de transmitancia térmica muy superiores a los del CTE, por tanto lo consideramos sin aislamiento en su envolvente.



- Tipología: Edificio entre medianeras construido antes de 1979.
- Orientación: 45° con respecto al Norte.
- Anchura de la calle: 12 m.
- Altura del edificio: 3 plantas + planta baja con local comercial (2,5 m por planta).
- Distribución por planta: 2 viviendas + escalera.
- Tipología de cubierta: Plana.
- Superficies:
  - > Vivienda: 92 m<sup>2</sup>.
  - > Planta: (2 x 92) + 16 = 200 m<sup>2</sup>.
  - > Edificio: 800 m<sup>2</sup>.
  - > Fachadas: 110 x 4 plantas = 440 m<sup>2</sup>.
  - > Cubierta: 174 m<sup>2</sup>.
- Instalaciones térmicas:
  - > Calefacción mediante equipo individual por planta (caldera mixta de gas natural, de rendimiento  $\eta=0,85$ ).
  - > Sin refrigeración.
  - > ACS mediante equipo individual por planta (0,66 l/m<sup>2</sup>.dia, caldera mixta de gas natural,  $\eta=0,85$ ).
  - > Porcentaje de ACS por aportación solar: 0%.

Se han calculado con CALENER-VYP la demanda energética de calefacción (kWh/m<sup>2</sup>.a) y las emisiones de CO<sub>2</sub> (kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>.a) de dicho edificio, una vez rehabilitada su envolvente térmica, en base a tres criterios:

1. CTE DB-HE 1
2. Óptimo económico (EURIMA / Ecofys VII)
3. Passive House

y se han comparado con las del edificio objeto sin aislamiento.

En la página siguiente presentamos los resultados obtenidos.

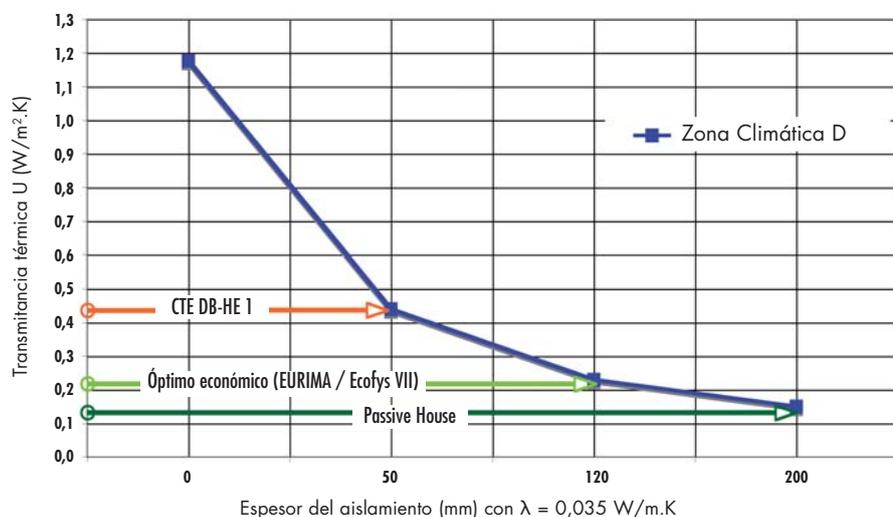
### 3.2 Actuación en fachadas

Los resultados presentados en este apartado para la rehabilitación de las fachadas del edificio tipo, tienen como base de cálculo la incorporación de un aislante de **conductividad térmica**  $\lambda = 0,035 \text{ W/m.K}$ . Las fachadas estaban inicialmente constituidas por las siguientes capas:

Parte de la envolvente	Capa	Esesor (m)	Conductividad térmica $\lambda$ (W/m.K)	Resistencia térmica R (m <sup>2</sup> .K/W)
Fachadas originales	Revoco exterior de mortero	0,02	1,300	0,015
	Muro de ladrillo hueco doble	0,14	0,320	0,438
	Cámara de aire ligeramente ventilada	0,05	-	0,080
	Tabique de ladrillo hueco sencillo	0,04	0,445	0,090
	Enlucido interior de yeso	0,01	0,180	0,056
			Rglobal (1)	0,680
			Rint+ext (2)	0,170
			Rtotal (1+2)	0,850
Transmitancia térmica U fachadas originales (W/m <sup>2</sup> .K)			U=1/Rtotal	1,18

A partir de la incorporación de aislamiento térmico, y tomando como ejemplo la zona climática D, el siguiente gráfico ilustra como el incremento en el espesor del mismo influye positivamente en la reducción del valor de **transmitancia térmica U**:

Evolución de la transmitancia térmica según espesor de aislamiento



#### Conductividad térmica de un material ( $\lambda$ ):

Define la cantidad de calor que atraviesa un material de espesor y superficie unitarios, en la unidad de tiempo, cuando entre sus caras existe una diferencia de temperatura de un grado.

La conductividad térmica se suele expresar en W/m.K.

#### Resistencia térmica de un producto (R):

Expresa la capacidad de un producto para oponerse al flujo de calor.

Se obtiene dividiendo su espesor nominal por su conductividad térmica.

La resistencia térmica se suele expresar en m<sup>2</sup>.K /W.

#### Resistencia térmica total de un cerramiento (Rtotal):

Se calcula sumando las resistencias térmicas parciales de cada uno de los elementos que lo conforman y añadiendo las resistencias térmicas superficiales interior y exterior del aire, cuyos valores define el CTE DB-HE 1 en función de la posición del cerramiento y de la dirección del flujo de calor. Cuanto mayor es la resistencia térmica total de un cerramiento, mayor es su capacidad de aislamiento térmico.

#### Transmitancia térmica de un cerramiento (U)

Es el valor inverso a la resistencia térmica total de un cerramiento. Cuanto mayor es la transmitancia térmica de un cerramiento, menor es su capacidad de aislamiento térmico.

La transmitancia se suele expresar en W/m<sup>2</sup>.K.

Las tablas siguientes presentan el porcentaje de ahorro energético (% kWh/m<sup>2</sup>.a) y la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> (kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>.a) para calefacción, a partir de la rehabilitación energética de las fachadas:

### Resultados de la simulación:

CTE DB-HE 1			
Zona climática	% Ahorro Energético (kWh/m <sup>2</sup> .a)	Ahorro Ambiental (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> .a)	Espesor (mm)
A (Almería)	27%	2,0	50
B (Sevilla)	23%	2,1	50
C (Barcelona)	20%	3,8	50
D (Madrid)	19%	4,9	50
E (Burgos)	17%	7,1	50

Óptimo económico (EURIMA/Ecofys VII)			
Zona climática	% Ahorro Energético (kWh/m <sup>2</sup> .a)	Ahorro Ambiental (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> .a)	Espesor (mm)
A (Almería)	33%	2,5	80
B (Sevilla)	28%	2,8	90
C (Barcelona)	25%	4,3	90
D (Madrid)	25%	6,6	120
E (Burgos)	23%	9,6	150

Passive House			
Zona climática	% Ahorro Energético (kWh/m <sup>2</sup> .a)	Ahorro Ambiental (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> .a)	Espesor (mm)
A (Almería)	39%	3,1	200
B (Sevilla)	33%	3,3	200
C (Barcelona)	29%	5,5	200
D (Madrid)	27%	7,1	200
E (Burgos)	24%	9,9	200

En todos los casos presentados, puede comprobarse que la rehabilitación energética de las fachadas aporta ahorro energético y ambiental con respecto al edificio tipo inicial sin aislamiento, los cuales resultan más o menos acentuados dependiendo de la zona climática.

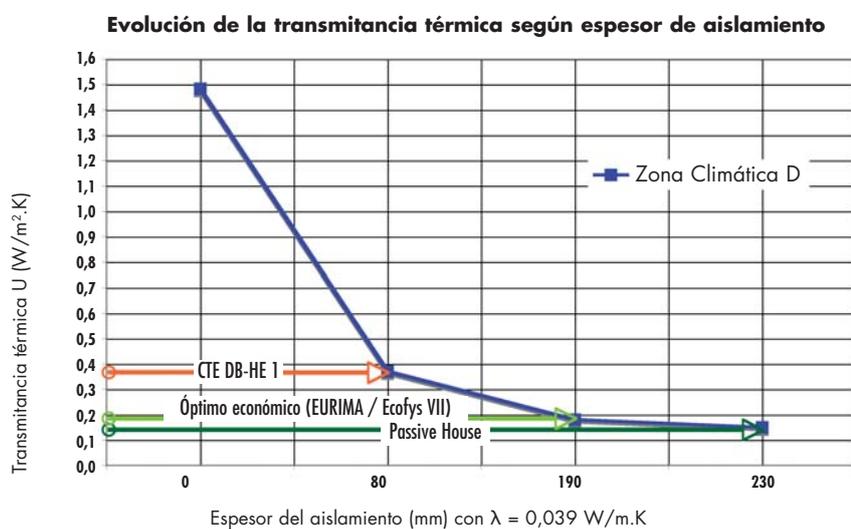
A modo de ejemplo, el edificio tipo utilizado en este catálogo, hipotéticamente situado en la zona climática D (Madrid) y rehabilitado energéticamente en sus fachadas según el criterio Óptimo económico (120 mm de aislamiento), obtendría una reducción de 2.645 kWh/a, relativos a la demanda energética de calefacción y un ahorro ambiental de 607,2 kgCO<sub>2</sub>/a, lo que supondría un ahorro ambiental a largo de su vida útil (50 años) de 30,36 toneladas de CO<sub>2</sub> por vivienda.

### 3.3 Actuación en cubierta

Siguiendo la misma metodología aplicada en el estudio de rehabilitación energética de las fachadas, los resultados presentados en esta sección para la rehabilitación de la cubierta, tienen como base la incorporación de un aislante de conductividad térmica  $\lambda=0,039 \text{ W/m.K}$ . La cubierta estaba inicialmente constituida por las siguientes capas:

Parte de la envolvente	Capa	Espesor (m)	Conductividad térmica $\lambda$ (W/m.K)	Resistencia térmica R (m <sup>2</sup> .K/W)
Cubierta original	Baldosa exterior cerámica	0,04	1,000	0,040
	Lámina asfáltica	0,005	0,700	0,007
	Capa de mortero	0,10	0,550	0,181
	Forjado unidireccional con entrevigado cerámico de canto 250 mm	0,25	1,000	0,250
	Enlucido interior de yeso	0,01	0,180	0,056
			Rglobal (1)	0,534
			Rint+ext (2)	0,140
			Rtotal (1+2)	0,674
Transmitancia térmica U cubierta original (W/m <sup>2</sup> .K)			U=1/Rtotal	1,48

A partir de la incorporación de aislamiento térmico, y tomando como ejemplo la zona climática D, el siguiente gráfico ilustra como el incremento en el espesor del mismo influye positivamente en la reducción del valor de transmitancia térmica U:



Las tablas siguientes presentan el porcentaje de ahorro energético (% kWh/m<sup>2</sup>.a) y la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> (kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>.a) para calefacción, a partir de la rehabilitación energética de la cubierta:

### Resultados de la simulación:

CTE DB-HE 1			
Zona climática	% Ahorro Energético (kWh/m <sup>2</sup> .a)	Ahorro Ambiental (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> .a)	Espesor (mm)
A (Almería)	11%	1,1	60
B (Sevilla)	10%	0,7	60
C (Barcelona)	10%	2,2	80
D (Madrid)	10%	2,6	80
E (Burgos)	10%	3,6	100

Óptimo económico (EURIMA/Ecofys VII)			
Zona climática	% Ahorro Energético (kWh/m <sup>2</sup> .a)	Ahorro Ambiental (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> .a)	Espesor (mm)
A (Almería)	14%	1,3	140
B (Sevilla)	12%	1,6	140
C (Barcelona)	12%	2,5	150
D (Madrid)	12%	3,4	190
E (Burgos)	11%	4,0	220

Passive House			
Zona climática	% Ahorro Energético (kWh/m <sup>2</sup> .a)	Ahorro Ambiental (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> .a)	Espesor (mm)
A (Almería)	15%	1,4	230
B (Sevilla)	13%	1,5	230
C (Barcelona)	13%	2,6	230
D (Madrid)	12%	3,2	230
E (Burgos)	11%	4,1	230

En todos los casos presentados, puede comprobarse que la rehabilitación energética de la cubierta aporta ahorro energético y ambiental con respecto al edificio tipo inicial sin aislamiento, los cuales resultan más o menos acentuados dependiendo de la zona climática.

Comparando la rehabilitación energética de las fachadas con la de la cubierta, se percibe claramente que la rehabilitación en la fachada (apartado 3.2) aporta un mayor ahorro energético y ambiental que la rehabilitación de cubierta (apartado 3.3). Esto está directamente relacionado con el hecho de que las fachadas presentan una superficie (440 m<sup>2</sup>) mucho mayor y más expuesta a las pérdidas de calor por transferencia térmica que la cubierta (174 m<sup>2</sup>).

A modo de ejemplo, el edificio tipo utilizado en este catálogo, hipotéticamente situado en la zona climática D (Madrid) y rehabilitado energéticamente en cubierta según el criterio Óptimo económico (190 mm de aislamiento), obtendría una reducción de 1.270 kW/a relativos a la demanda energética de calefacción y un ahorro ambiental de 312,8 kgCO<sub>2</sub>/a lo que supondría un ahorro ambiental la largo de su vida útil (50 años) de 15,64 toneladas de CO<sub>2</sub> por vivienda.

### 3.4 Actuación en fachadas y cubierta

La forma óptima de alcanzar el máximo ahorro energético y ambiental es la rehabilitación de la máxima superficie de la envolvente del edificio, en este caso las fachadas y la cubierta. Como etapa final de este estudio, hemos calculado el ahorro energético (kWh/m<sup>2</sup>.a) y el ahorro ambiental en emisiones de CO<sub>2</sub> (kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>.a) utilizando la misma metodología de los casos anteriores.

#### Resultados de la simulación:

CTE DB-HE 1			
Zona climática	% Ahorro Energético (kWh/m <sup>2</sup> .a)	Ahorro Ambiental (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> .a)	Espesor (mm)
A (Almería)	40%	2,9	50/60
B (Sevilla)	34%	3,3	50/60
C (Barcelona)	32%	6,1	50/80
D (Madrid)	31%	8,2	50/80
E (Burgos)	29%	11,6	50/100

Óptimo económico (EURIMA/Ecofys VII)			
Zona climática	% Ahorro Energético (kWh/m <sup>2</sup> .a)	Ahorro Ambiental (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> .a)	Espesor (mm)
A (Almería)	49%	3,7	80/140
B (Sevilla)	42%	4,1	90/140
C (Barcelona)	38%	7,2	90/150
D (Madrid)	37%	9,9	120/190
E (Burgos)	36%	14,4	150/220

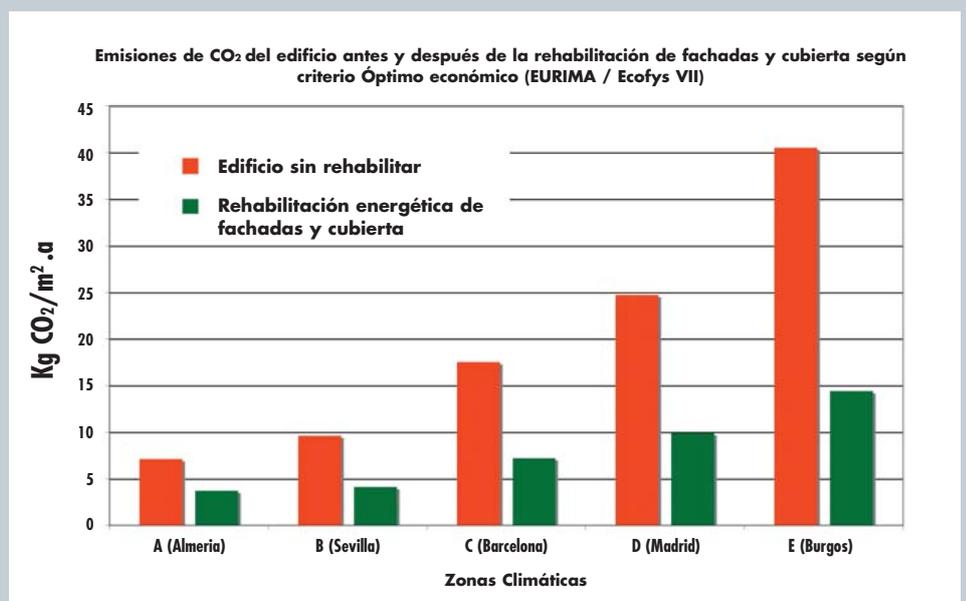
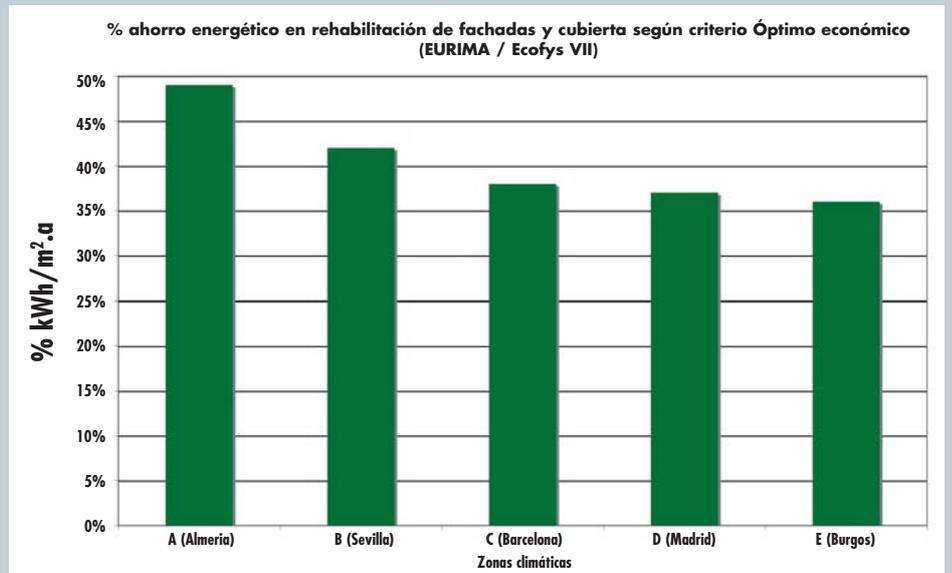
Passive House			
Zona climática	% Ahorro Energético (kWh/m <sup>2</sup> .a)	Ahorro Ambiental (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> .a)	Espesor (mm)
A (Almería)	55%	4,2	200/230
B (Sevilla)	47%	4,8	200/230
C (Barcelona)	43%	8,1	200/230
D (Madrid)	40%	10,7	200/230
E (Burgos)	36%	15,0	200/230

A modo de ejemplo, el edificio tipo utilizado en este catálogo, hipotéticamente situado en la zona climática D (Madrid) y rehabilitado energéticamente en fachadas y cubierta según el criterio Óptimo económico (120 mm / 190 mm de aislamiento en fachadas y cubierta respectivamente), obtendría una reducción de 3.915 kWh/a relativas a la demanda energética de calefacción y un ahorro ambiental de 910,8 kgCO<sub>2</sub>/a lo que supondría un ahorro ambiental a largo de su vida útil (50 años) de 45,54 toneladas de CO<sub>2</sub> por vivienda.

El estudio "A cost Curve for greenhouse gas reduction (2007)" de la consultora estratégica McKinsey, concluye que entre las políticas de ahorro y eficiencia energética, la mejora del nivel de aislamiento térmico en los edificios es la de menor coste para un mismo objetivo de beneficio. El artículo se encuentra disponible en el siguiente enlace:

[http://www.knaufinsulation.com/files/u4/McKinsey\\_Cost\\_Curve.pdf](http://www.knaufinsulation.com/files/u4/McKinsey_Cost_Curve.pdf)

Los gráficos siguientes presentan, siguiendo las exigencias térmicas del criterio Óptimo económico (EURIMA / Ecofys VII), por un lado el porcentaje de ahorro energético que se obtiene rehabilitando las fachadas y la cubierta del edificio tipo en cada zona climática, y por otro el diferencial de emisiones de CO<sub>2</sub> de dicho edificio tipo antes y después de rehabilitar energéticamente fachadas y cubierta.



### 3.5 Mejora en la calificación energética final

La incorporación de aislamiento en la rehabilitación de fachadas, suelos y cubiertas, dota al edificio de una envolvente térmica que disminuye la pérdida de calor en invierno y la ganancia en verano, reduciendo en consecuencia el gasto energético correspondiente a calefacción y refrigeración respectivamente.

No obstante, la mejora en la "letra" de la calificación energética en edificios antiguos sometidos a rehabilitación energética, muy probablemente no será alcanzada mediante la medida singular de incorporar aislamiento térmico en su envolvente. Esto es debido a que la eficiencia global del edificio, viene dada por la suma de las eficiencias relacionadas con las demandas y con los sistemas de:

- Calefacción
- Refrigeración
- Agua Caliente Sanitaria (ACS)

Para cada tipología de edificio y zona climática, la influencia de los tres elementos anteriores (medidas activas) varía en el cómputo de la eficiencia global del edificio.

Podríamos decir, en líneas generales, que el parque edificatorio existente en España, no ha sido construido bajo criterios arquitectónicos en los que primara la eficiencia energética, tales como la orientación al sol, el porcentaje de huecos en fachadas, la tipología de los materiales incluidos en los elementos constructivos de la envolvente, la tipología de ventanas, la tipología de sistemas de calefacción y refrigeración; todos ellos factores que influyen de una manera decisiva en el índice global de eficiencia energética.

A modo ilustrativo, presentamos a continuación resultados de simulación referidos a ahorro energético (kWh/m<sup>2</sup>.a), ahorro ambiental (kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>.a) y calificación energética (letra), obtenidos con CALENER VYP para el mismo edificio tipo estudiado en este documento, aplicando medidas activas y pasivas de rehabilitación energética.

#### Medida 1: Rehabilitación energética con aislamiento térmico en fachadas y cubierta

		Zona Climática				
		A (Almería)	B (Sevilla)	C (Barcelona)	D (Madrid)	E (Burgos)
		Calificación Energética				
<b>Edificio sin rehabilitación<sup>a</sup></b>	Letra <sup>c</sup>	E	E	E	E	E
	(kWh/m <sup>2</sup> .a) <sup>d</sup>	32,3	47,6	83,5	115,0	188,9
	(kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> .a) <sup>e</sup>	26,9	32,0	30,6	39,9	50,6
<b>Medida de rehabilitación</b>						
Colocación de aislamiento térmico en fachadas y en cubierta según criterio Óptimo económico (EURIMA /Ecofys VII) en zonas climáticas <sup>b</sup>	Letra	E	E	E	E	E
	(kWh/m <sup>2</sup> .a)	16,5	27,6	51,8	72,5	120,9
	(kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> .a)	23,2	27,9	23,4	30,0	36,2

<sup>a</sup> Ver apartado 3.1 para detalles del edificio de referencia.

<sup>b</sup> Ver apartado 3.4 para los valores del espesor (mm) y transmitancia térmica U (w/m<sup>2</sup>.K), asociados a cada zona climática.

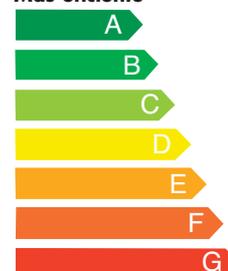
<sup>c</sup> Calificación Energética.

<sup>d</sup> Demanda de calefacción anual.

<sup>e</sup> Emisiones de CO<sub>2</sub>: anuales.

#### Calificación de eficiencia energética de edificios

Más eficiente



Menos eficiente

La utilización de aislamiento térmico en la envolvente del edificio, tanto en viviendas unifamiliares como plurifamiliares, da como resultado la mejora de su eficiencia energética y, consecuentemente, supone un beneficio económico.

## Medida 2: Sustitución de ventanas

		Zona Climática				
		A (Almería)	B (Sevilla)	C (Barcelona)	D (Madrid)	E (Burgos)
		Calificación Energética				
<b>Edificio sin rehabilitación<sup>a</sup></b>	Letra <sup>c</sup>	E	E	E	E	E
	(kWh/m <sup>2</sup> .a) <sup>d</sup> (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> .a) <sup>e</sup>	32,3 26,9	47,6 32,0	83,5 30,6	115,0 39,9	188,9 50,6
<b>Medida de rehabilitación</b>						
Sustitución de ventanas existentes (U = 5,4 W/m <sup>2</sup> .K) por ventanas nuevas (U = 1,8 W/m <sup>2</sup> .K)	Letra	E	E	E	E	E
	(kWh/m <sup>2</sup> .a) (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> .a)	25,4 25,6	38,4 30,1	69,0 27,8	96,8 35,7	162,3 45,2

<sup>a</sup> Ver apartado 3.1 para detalles del edificio de referencia.

<sup>c</sup> Calificación Energética.

<sup>d</sup> Demanda de calefacción anual.

<sup>e</sup> Emisiones de CO<sub>2</sub> anuales.

## Medida 3: ACS por aportación solar térmica

		Zona Climática				
		A (Almería)	B (Sevilla)	C (Barcelona)	D (Madrid)	E (Burgos)
		Calificación Energética				
<b>Edificio de referencia<sup>a</sup></b>	Letra <sup>c</sup>	E	E	E	E	E
	(kWh/m <sup>2</sup> .a) <sup>d</sup> (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> .a) <sup>e</sup>	32,3 26,9	47,6 32,0	83,5 30,6	115,0 39,9	188,9 50,6
<b>Medida de rehabilitación</b>						
Obtención de ACS por aportación de energía solar térmica según el porcentaje máximo permitido en el CTE DB-HE 4	Letra	E	E	E	E	E
	(kWh/m <sup>2</sup> .a) (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> .a)	32,3 20,4	47,6 25,9	83,5 27,9	115,0 34,2	188,9 48,0

<sup>a</sup> Ver apartado 3.1 para detalles del edificio de referencia.

<sup>c</sup> Calificación Energética.

<sup>d</sup> Demanda de calefacción anual.

<sup>e</sup> Emisiones de CO<sub>2</sub> anuales.

## Medida 4: Mejora de la eficiencia de la caldera

		Zona Climática				
		A (Almería)	B (Sevilla)	C (Barcelona)	D (Madrid)	E (Burgos)
		Calificación Energética				
<b>Edificio de referencia<sup>a</sup></b>	Letra <sup>c</sup>	E	E	E	E	E
	(kWh/m <sup>2</sup> .a) <sup>d</sup> (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> .a) <sup>e</sup>	32,3 26,9	47,6 32,0	83,5 30,6	115,0 39,9	188,9 50,6
<b>Medida de rehabilitación</b>						
Sustitución de la caldera existente ( $\eta = 0,85$ ) por una de mejor rendimiento ( $\eta = 0,95$ ):	Letra	E	E	E	E	E
	(kWh/m <sup>2</sup> .a) (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> .a)	32,3 25,2	47,6 30,1	83,5 27,8	115,0 36,5	188,9 46,2

<sup>a</sup> Ver apartado 3.1 para detalles del edificio de referencia.

<sup>c</sup> Calificación Energética.

<sup>d</sup> Demanda de calefacción anual.

<sup>e</sup> Emisiones de CO<sub>2</sub> anuales.

Se puede comprobar, comparando las tablas anteriores, que la rehabilitación energética mediante la incorporación de aislamiento térmico en fachadas y cubierta, es la solución que aporta el mayor nivel de ahorro energético y ambiental. No obstante, la calificación energética final (letra) del edificio no cambia, y eso ocurre porque dicha mejora se produce como consecuencia de mejoras globales, relacionadas con las demandas y sistemas de calefacción, refrigeración y ACS (Agua Caliente Sanitaria).

Una mejora en la calificación energética se puede obtener cuando se adoptan conjuntamente diferentes medidas de rehabilitación energética en el edificio. Utilizando el ejemplo de este catálogo, presentamos una matriz (ruta de calificación energética) que indica mejoras en la calificación por el sumatorio de las medidas activas y pasivas 1, 2, 3 y 4 tomadas en serie. De los resultados obtenidos, se concluye que la rehabilitación térmica de fachadas y cubierta es el primer y fundamental paso para alcanzar la mejora de la calificación energética en un edificio.

Edificio sin rehabilitación <sup>a</sup>		Zona Climática				
		A (Almería)	B (Sevilla)	C (Barcelona)	D (Madrid)	E (Burgos)
		Calificación Energética				
<b>Medida 1</b> Colocación de aislamiento térmico en fachadas y en cubierta según criterio Óptimo económico (EURIMA /Ecofys VII) en zonas climáticas <sup>b</sup>	Letra <sup>c</sup>	E	E	E	E	E
	(kWh/m <sup>2</sup> .a) <sup>d</sup> (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> .a) <sup>e</sup>	16,5 23,2	27,6 27,9	51,8 23,4	72,5 30,0	120,9 36,2
<b>Medidas 1 + 2</b>	Letra	E	E	E	D	D
	(kWh/m <sup>2</sup> .a) (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> .a)	9,6 21,9	18,4 26,0	37,3 20,6	54,3 25,8	94,3 30,8
<b>Medidas 1 + 2 + 3</b>	Letra	E	D	D	D	D
	(kWh/m <sup>2</sup> .a) (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> .a)	9,6 15,4	18,4 19,9	37,3 17,9	54,3 20,1	94,3 28,2
<b>Medidas 1 + 2 + 3 + 4</b>	Letra	D	D	D	D	C
	(kWh/m <sup>2</sup> .a) (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> .a)	9,6 13,7	18,4 18,0	37,3 15,1	54,3 16,7	94,3 23,8

<sup>a</sup> Ver apartado 3.1 para detalles del edificio de referencia.

<sup>b</sup> Ver apartado 3.4 para los valores del espesor (mm) y transmitancia térmica U (w/m<sup>2</sup>.K), asociados a cada zona climática.

<sup>c</sup> Calificación Energética.

<sup>d</sup> Demanda de calefacción anual.

<sup>e</sup> Emisiones de CO<sub>2</sub>: anuales.

# Lana Mineral Natural, un nivel superior de sostenibilidad

## Una solución más sostenible, con la aprobación de la “madre naturaleza”

La Lana Mineral Natural con ECOSE® Technology ofrece una sostenibilidad medioambiental superior gracias al uso de esta tecnología patentada. El aislamiento con Lana Mineral ya se considera el mejor por su impacto medioambiental; el desarrollo de Lana Mineral Natural con ECOSE® Technology amplía la posición de liderazgo de este producto de aislamiento como el más importante en el futuro.

## La Lana Mineral Natural con ECOSE® Technology ofrece un nivel superior de sostenibilidad...



### Unión mediante una tecnología biológica

ECOSE® Technology es una nueva y revolucionaria tecnología de resina libre de formaldehídos y basada en unos materiales rápidamente renovables en lugar de productos químicos derivados del petróleo. Está libre de formaldehídos, fenoles, acrílicos y no se añaden colorantes o tintes artificiales.

### Mejora la calidad del aire interior en comparación con la Lana Mineral tradicional

La Lana Mineral Natural con ECOSE® Technology cumple los estándares más exigentes del sector en materia de calidad del aire (M1/RTS, Finlandia, GREENGUARD for Children and School™/EE.UU., AFSSET/Francia).



### Mejora la sostenibilidad de los edificios

Los edificios sostenibles se han convertido en un elemento cada vez más importante dentro del sector de la construcción actual. Las características medioambientales superiores de la Lana Mineral Natural con ECOSE® Technology contribuyen a mejorar la sostenibilidad general de los edificios en los que se incorpora.



### Reduce las emisiones de contaminantes en el proceso de fabricación y la exposición a éstos en el trabajo

Al eliminar los fenoles y formaldehídos de nuestro proceso de fabricación, también desaparecen las emisiones contaminantes y la exposición a éstas en el lugar de trabajo.



## **4. Soluciones para la rehabilitación energética de fachadas**

4.1 Fachada ventilada

4.2 Sistema de Aislamiento Térmico Exterior (ETICS/SATE)

4.3 Trasdosado autoportante



Fachada ventilada con Ultravent Black

#### 4.1 Fachada ventilada

La fachada ventilada es una solución constructiva válida tanto para obra nueva como para rehabilitación, con una excelente aceptación a nivel nacional y europeo.

Una fachada ventilada se caracteriza por disponer de una cámara de aire continua y ventilada entre el acabado o revestimiento exterior y el aislamiento de la misma. La cámara funciona por efecto chimenea, al crearse por convección una corriente continua ascendente de aire, calentado por la radiación solar que incide sobre el material de acabado de la fachada. Dicha cámara evita la condensación del vapor de agua y, por consiguiente, la posible aparición de humedades nocivas para las capas interiores del sistema constructivo, como son la estructura portante del revestimiento exterior, el material aislante y el muro portante.

Otra de las ventajas de la fachada ventilada, al ir colocado el aislante exteriormente al muro portante, es la de proporcionar una envolvente térmica continua, con lo que se evitan puentes térmicos en frentes de forjados y pilares de fachadas, que provocan también riesgo de condensaciones en el interior del edificio.

El sistema constructivo se compone de un muro soporte existente, generalmente de fábrica de ladrillo o de bloques o paneles de hormigón, sobre el cual se fijan los anclajes que servirán para la sustentación de la estructura portante del material de revestimiento y acabado de la fachada. Una vez colocados dichos anclajes, se instala el aislante, en este caso Lana Mineral Natural **Ultravent Black**, sobre la superficie exterior del muro soporte, fijándolo mecánicamente al mismo. El diseño de los anclajes de la estructura portante posibilitará la formación de una cámara de aire ventilada de 3 cm de espesor mínimo, y dejará el entramado de perfiles verticales y horizontales de la estructura portante separados del aislamiento. Una vez instalada esta estructura, sobre la misma se fijarán las placas ligeras de acabado de la fachada, que pueden ser cerámicas, de piedra natural, metálicas, de resina, de vidrio, etc.

Opcionalmente, pueden utilizarse, como aislamiento de la fachada ventilada, paneles rígidos de Poliestireno Extruido **Polyfoam C 4 LJ**, de excelentes propiedades térmicas.

#### Ventajas

- Las excelentes propiedades térmicas de Ultravent Black, como aislante del sistema, **disminuyen la transmitancia térmica U de las fachadas**, aportando un importante **ahorro de energía** durante los ciclos de invierno (calefacción) y de verano (refrigeración).
- La aplicación del aislante por el exterior **elimina los puentes térmicos lineales** (frentes de forjado, pilares, vigas, formación de huecos de ventanas), evitando el efecto pared fría con el disconfort asociado al mismo, y el riesgo de condensaciones superficiales con las consecuentes patologías por humedades.
- **Se mejora el aislamiento acústico de las fachadas**, debido a las excelentes propiedades fonoabsorbentes de Ultravent Black.

- Como **material no combustible**, Ultravent Black presenta la mejor clasificación de reacción al fuego (Euroclase A1).
- **Se aprovecha toda la inercia térmica del muro soporte existente**, mejorando el confort térmico de la vivienda.
- **Permite la integración de paneles fotovoltaicos**, como solución de sostenibilidad para el edificio dentro de los casos de superposición e integración arquitectónica que otorga el CTE DB-HE 5.
- **La cámara de aire ventilada exterior protege al aislante y al muro soporte de la intemperie** (agua, sol, viento,...), incrementando la vida útil de la fachada y del edificio.
- Estéticamente, posibilita un cambio importante de las fachadas, **“rejuveneciendo” su aspecto**, contribuyendo a la mejora del entorno y revalorizando económicamente el edificio.
- **Permite la realización** de los trabajos de rehabilitación **con los usuarios habitando en el interior del edificio**.
- **No se reduce la superficie útil** del edificio o vivienda, al intervenir exteriormente.
- **Sistema de construcción “seco”**. El proceso de instalación es rápido y sin tiempos de espera para secado de morteros o yesos.
- **Permite alojar instalaciones entre la cámara y el aislante**, tales como electricidad, telefonía, etc.
- Sistema **aplicable a cualquier tipo de fachada**, incluso con muros de mala planimetría.

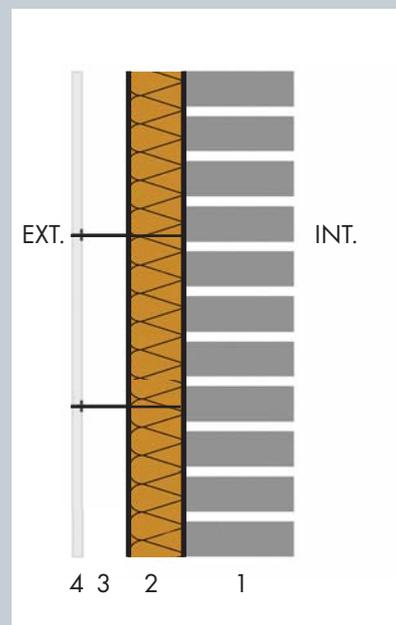
#### Detalles de puesta en obra

Cuando se deban utilizar niveles elevados de aislamiento en cumplimiento del criterio Óptimo económico o del criterio Passive House, se empleará Lana Mineral Natural Ultravent Black del espesor necesario, evitando la colocación en doble capa.

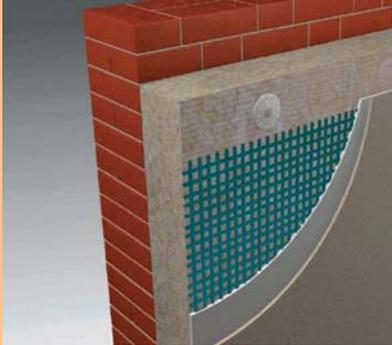
La fijación de Ultravent Black se realizará mediante anclajes mecánicos Ultravent, de longitud mínima igual al espesor del aislante + 20/30 mm. El número mínimo de anclajes debe ser de 3-4 unidades por metro cuadrado de superficie, mientras que en las aristas de las fachadas se aumentará debido al superior flujo de aire en estas zonas.

Los rollos de Ultravent Black pueden colocarse tanto en posición vertical como horizontal, evitando que queden juntas abiertas entre paños, las cuales provocarían puentes térmicos en las fachadas. La cara revestida con el tejido de vidrio negro debe colocarse siempre hacia el exterior.

#### Esquema rehabilitación energética mediante fachada ventilada



- 1- Fachada existente
- 2- **Ultravent Black** fijado mecánicamente
- 3- Cámara de aire ventilada
- 4- Nuevo acabado fachada rehabilitada



ETICS con PTP-S-035

## 4.2 Sistema de Aislamiento Térmico Exterior (ETICS/SATE)

El sistema ETICS (External Thermal Insulation Composites Systems), también conocido en España como SATE, es una solución de aislamiento térmico exterior de fachadas, que nació como un recurso de rehabilitación energética, y actualmente se aplica también en obra nueva. Tiene su origen en Centro-Europa, en torno al año 1950, como protección térmica de invierno, y actualmente se emplea en todo el mundo, también en zonas cálidas como protección frente al calor.

Básicamente, el sistema está compuesto de los siguientes elementos:

- Muro existente
- Mortero para la fijación del aislante al muro existente
- Panel aislante de Lana Mineral **PTP-S-035**
- Fijación mecánica opcional, para reforzar la fijación del aislante sobre el muro soporte existente
- Capa de mortero, armada con malla de fibra de vidrio
- Revestimiento decorativo con material orgánico o de origen mineral como acabado final exterior

### Ventajas

- Las excelentes propiedades térmicas de PTP-S-035, como aislante del sistema, **disminuyen la transmitancia térmica U de las fachadas**, aportando un importante **ahorro de energía** durante los ciclos de invierno (calefacción) y de verano (refrigeración).
- La aplicación del aislante por el exterior **elimina los puentes térmicos lineales** (frentes de forjado, pilares, vigas, formación de huecos de ventanas), evitando el efecto pared fría con el disconfort asociado al mismo, y el riesgo de condensaciones superficiales con las consecuentes patologías por humedades.
- **Se mejora el aislamiento acústico de las fachadas**, debido a las excelentes propiedades fonoabsorbentes de la Lana Mineral PTP-S-035.
- Como **material no combustible**, PTP-S-035 presenta la mejor clasificación de reacción al fuego (Euroclase A1).
- La **elevada temperatura máxima de trabajo** (250 °C) de la Lana Mineral Natural **PTP-S-035**, permite su aplicación con toda la gama cromática de acabados exteriores, incluidos colores con índice de luminosidad comprometidos, en obras ubicadas en zonas sometidas a altas cargas térmicas por radiación solar, lo que no está recomendado cuando se utilizan aislamientos de naturaleza plástica.
- Es especialmente conveniente aislar por el exterior cuando la vivienda o edificio son de ocupación permanente. De este modo, se aprovecha con la **inercia térmica del muro soporte existente**, mejorando el confort térmico en el interior de la vivienda.
- El sistema de rehabilitación energética de fachadas mediante ETICS/SATE con Lana Mineral, resulta **más económico que otros sistemas constructivos**, como por ejemplo la fachada ventilada.

- La estructura permeable de la Lana Mineral PTP-S-035, garantiza la máxima transpirabilidad y permite el flujo del vapor de agua a través del sistema constructivo hacia el exterior, **evitándose el riesgo de condensaciones superficiales**, y la posibilidad de patologías por humedad.
- Los costes de mantenimiento de los ETICS con PTP-S-035 **son más bajos que con otros aislamientos**. La Lana Mineral es más resistente a climatologías extremas y al envejecimiento al tratarse de materiales de origen natural.
- Estéticamente, posibilita un cambio importante de las fachadas, **“rejuveneciendo” su aspecto**, contribuyendo a la mejora del entorno y revalorizando económicamente el edificio.
- Ejecución de la obra de rehabilitación con la **mínima interferencia para los usuarios del edificio**.
- **No se reduce la superficie útil** del edificio o vivienda, al intervenir exteriormente.

#### Detalles de puesta en obra

El sistema de aislamiento térmico por el exterior con Lana Mineral PTP-S-035, tiene características similares desde el punto de vista de aplicación en obra que un ETICS con aislamiento de EPS (poliestireno expandido), tradicionalmente utilizado en España.

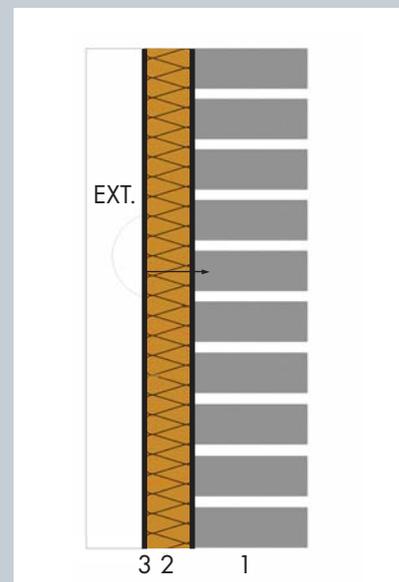
La fijación de los paneles aislantes PTP-S-035 al muro soporte existente, se realiza mediante la aplicación de un cordón perimetral de mortero adhesivo en cada panel, así como de varias peldadas repartidas en la zona central del mismo, cubriendo como mínimo el 40% de superficie del panel. Resulta conveniente apretar los paneles contra el muro soporte, pudiendo emplear para ello rodillos o herramientas similares, con objeto de garantizar una adecuada fijación entre el aislamiento y la fachada existente.

Cuando se deban utilizar niveles elevados de aislamiento en cumplimiento del criterio Óptimo económico o del criterio Passive House, se empleará Lana Mineral PTP-S-035 del espesor necesario, evitando la colocación en doble capa.

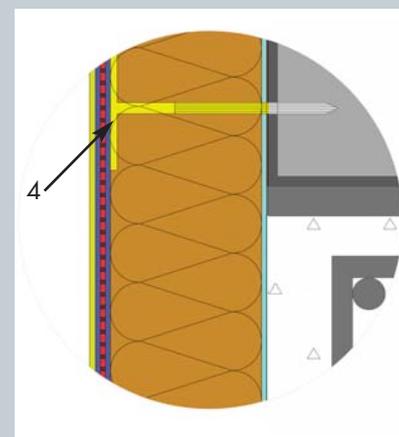
La fijación de PTP-S-035 mediante mortero adhesivo se complementará mediante anclajes mecánicos de longitud mínima igual al espesor del aislante + 30 mm (o según especificación del fabricante del anclaje). El número mínimo de anclajes debe ser de 3-4 unidades por metro cuadrado de superficie, mientras que en las aristas de las fachadas se aumentará debido al superior flujo de aire en estas zonas.

Los paneles de PTP-S-035 deben colocarse en sentido ascendente (de abajo hacia arriba), con juntas verticales discontinuas (colocación a rompejuntas), evitando que queden juntas abiertas entre paneles, las cuales provocarían puentes térmicos en las fachadas. En las aristas de las fachadas se deben contrapear los paneles de aislamiento. No debe coincidir el vértice de un panel de PTP-S-035 con la esquina de un hueco de ventana.

#### Esquema rehabilitación energética mediante ETICS



- 1- Fachada existente
- 2- **PTP-S-035** fijado con mortero
- 3- Nuevo acabado fachada rehabilitada



- 4- Fijación mecánica opcional



Trasdosado autoportante con Panel Plus (TP 138)

### 4.3 Trasdosado autoportante

La rehabilitación energética de fachadas también puede realizarse mediante trasdosado interior con sistema seco, a base de entramado metálico autoportante, aislamiento termo-acústico de Lana Mineral Natural **Panel Plus (TP 138)** y placas de yeso laminar como acabado interior.

El empleo de Panel Plus (TP 138), aislante de muy baja conductividad térmica, permite incorporar espesores inferiores de aislamiento para cumplir con las exigencias térmicas necesarias y obtener el mejor nivel de eficiencia energética. Por tanto, consigue reducir el espesor total del sistema de trasdosado, con respecto a la mayoría de aislantes del mercado, los cuales presentan valores superiores de conductividad térmica.

Opcionalmente, puede utilizarse, como aislamiento del trasdosado, la gama **Ultracoustic** de Lana Mineral Natural, de excelentes propiedades termo-acústicas.

### Ventajas

- Las excelentes propiedades térmicas de Panel Plus (TP 138), como aislante del sistema, **disminuyen la transmitancia térmica U de las fachadas**, aportando un importante **ahorro de energía** durante los ciclos de invierno (calefacción) y de verano (refrigeración).
- **Se mejora el aislamiento acústico de las fachadas**, debido a las excelentes propiedades fonoabsorbentes de Panel Plus (TP 138).
- Como **material no combustible**, Panel Plus (TP 138) presenta la mejor clasificación de reacción al fuego (Euroclase A1).
- **Permite sanear los muros de fábrica**, cuando éstos presentan defectos.
- **Permite corregir los defectos de planimetría**, desplome, etc., del muro soporte.
- **Es un sistema de construcción "seco"**. El proceso de instalación es rápido y sin tiempos de espera para secado de morteros o yesos.
- **Pueden efectuarse intervenciones "parciales"** en determinadas viviendas o locales, por lo que no es imprescindible el consentimiento de toda la comunidad de vecinos.
- Los trabajos se consideran **"obras menores"**.
- **No se precisan sistemas de andamiaje** que invaden la vía pública.
- **Es aplicable a cualquier tipo de fachada** (incluso fachadas de ladrillo visto o histórico).
- **Permite alojar fácilmente instalaciones** entre la placa y el propio aislante.
- **Resuelve los puentes térmicos integrados en la fachada** (pilares, contornos de huecos, etc.).

## Detalles de puesta en obra

Con objeto de no reducir en exceso la superficie útil interior de la vivienda o local, recomendamos la utilización del sistema de trasdosado autoportante para cumplir el criterio CTE DB-HE 1, donde los espesores de aislamiento con Lana Mineral Natural Panel Plus (TP 138) son significativamente inferiores respecto a los criterios Óptimo económico y Passive House.

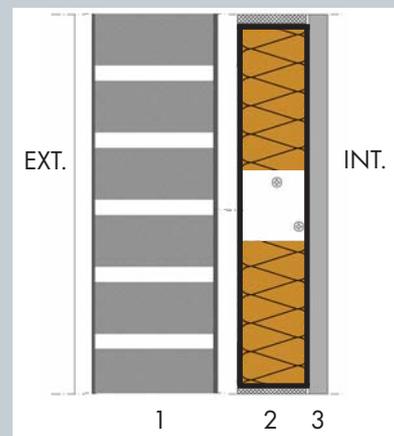
Previamente al montaje del trasdosado, el muro soporte debe repararse si presenta defectos importantes de estanqueidad, grietas, desconchones, mohos, etc.

El sistema de trasdosado puede aplicarse a cualquier tipo de muro existente sin requerimientos especiales, ya que es autoportante y no utiliza el muro como soporte. Conviene dejar una cámara de aire entre el muro existente y el trasdosado. Si el espesor de aislamiento lo hace necesario, puede colocarse una capa adicional de aislante entre entramado metálico y muro existente.

El aislante se coloca entre los montantes del entramado simplemente retenido por las alas de los mismos. Es fundamental que la Lana Mineral Natural Panel Plus (TP 138) rellene totalmente la cavidad, para lo cual una ligera compresión de ésta (del orden de 10 mm) puede ser aconsejable.

Se pueden realizar los pasos de instalaciones que sean necesarios. La elasticidad de la Lana Mineral Natural Panel Plus (TP 138) permite su paso sin necesidad de efectuar rozas y debilitar el aislamiento.

## Esquema rehabilitación energética mediante trasdosado autoportante



- 1- Fachada existente
- 2- Estructura trasdosado y **Panel Plus (TP 138)**
- 3- Placas de yeso laminado

# Lana Mineral Natural, un nivel superior de sostenibilidad

## Reduce el impacto medioambiental a través de la menor energía utilizada en su fabricación

La energía integrada en los aglutinantes se reduce hasta un 70% en comparación con los aglutinantes tradicionales, lo cual contribuye a reducir aún más el potencial de calentamiento global (GWP, por sus siglas en inglés) en aproximadamente un 4%, así como la energía integrada en la Lana Mineral de Vidrio.

## Rentabilidad

El precio de los productos KNAUF INSULATION con ECOSE® Technology es competitivo, al mismo nivel que nuestra Lana Mineral tradicional, para facilitar la transición del mercado hacia una construcción más sostenible.

## ...además de mantener los beneficios medioambientales de la Lana Mineral convencional.

Todos los productos KNAUF INSULATION son inherentemente sostenibles gracias a su elevado contenido en materiales reciclados y renovables. Ahorran cientos de veces más energía al usarlos de la que se precisa para fabricarlos.

## Recursos renovables y abundantes

La arena y la roca son elementos naturales, y de los recursos renovables más abundantes del mundo.

## Elevado contenido de materiales reciclados

La Lana Mineral Natural de Vidrio de KNAUF INSULATION se fabrica utilizando hasta un 60% de vidrio reciclado, y es un producto 100% reciclable.

## Embalaje optimizado

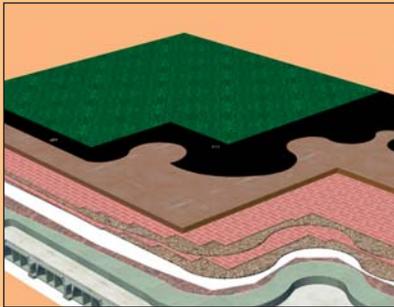
Los productos de Lana mineral Natural de Vidrio se comprimen en paquetes con una ratio de hasta 9 a 1. Este embalaje optimizado permite reducir el uso de materiales de embalaje, ahorrar espacio de almacenaje y reduce el consumo de energía durante el transporte, mejorando así significativamente el ahorro general de costes y los beneficios medioambientales.



with **ECOSE®**  
TECHNOLOGY

## **5. Soluciones para la rehabilitación energética de cubiertas**

- 5.1 Aislamiento exterior de cubiertas planas. Opción A
- 5.2 Aislamiento exterior de cubiertas planas. Opción B
- 5.3 Aislamiento exterior de cubiertas inclinadas
- 5.4 Aislamiento interior bajo último forjado



Cubierta plana con Panel Cubierta

## 5.1 Aislamiento exterior de cubiertas planas. Opción A

Podemos acometer la reparación de la cubierta plana de un edificio, generalmente prevista por fallos en el sistema de impermeabilización de la misma que ocasionan filtraciones de agua hacia el interior y las consecuentes patologías por humedades, y plantearla como una rehabilitación energética. La implementación del coste económico debida a la incorporación de un aislamiento térmico va a ser mínima si la comparamos con el ahorro energético y ambiental que vamos a tener a medio y largo plazo.

En este apartado se describen algunos ejemplos de soluciones constructivas para este tipo de rehabilitación energética, a partir del **Panel Cubierta** de Lana Mineral, solución ideal de KNAUF INSULATION como aislamiento térmico y acústico de la cubierta a rehabilitar.

Es importante que el soporte a partir del cual vamos a actuar, normalmente un pavimento a base de baldosas cerámicas o similar, se encuentre seco, estable y plano (exento de irregularidades). Se levantarán, eliminarán y repondrán con capa de mortero de nivelación todos aquellos puntos de irregularidad manifiesta. Sobre dicho soporte colocaremos el Panel Cubierta fijado mecánicamente.

Sobre el Panel Cubierta se extenderá una capa de oxiasfalto in situ, para la implementación de una membrana de estanquidad asfáltica, autoarmada y autoprottegida con gránulo mineral, que posibilitará un acabado eventualmente pisable para el acceso de operarios en futuras operaciones de mantenimiento de la cubierta.

Como solución alternativa a la descrita, podemos obtener una nueva cubierta totalmente transitable, que se realizará igualmente aislando con Panel Cubierta fijado mecánicamente y re-impermeabilizando con una membrana de estanquidad asfáltica, autoarmada y sin autoprotección, para recibir posteriormente un nuevo pavimento a base de baldosa cerámica o similar. Entre la impermeabilización y el acabado transitable debe situarse una capa separadora geotextil. Para esta solución, en la que se incrementa la carga mecánica sobre la estructura existente, debe comprobarse previamente, antes de decidir la ejecución, que el sobrepeso incorporado es soportable por dicha estructura portante.

### Ventajas

- Las excelentes propiedades térmicas del Panel Cubierta, como aislante del sistema, **disminuyen la transmitancia térmica U de la cubierta**, aportando un importante **ahorro de energía** durante los ciclos de invierno (calefacción) y de verano (refrigeración).
- **Se mejora el aislamiento acústico de la cubierta**, debido a las excelentes propiedades fonoabsorbentes del Panel Cubierta.
- Como **material no combustible**, Panel Cubierta presenta la mejor clasificación de reacción al fuego (Euroclase A1).
- Ejecución de la obra de rehabilitación con la **mínima interferencia por los usuarios del edificio**.
- **No se reduce la altura libre** de las estancias del último piso.

- Es especialmente conveniente aislar por el exterior cuando la vivienda o edificio son de ocupación permanente. De este modo, **se cuenta con la inercia térmica de la cubierta existente**, mejorando el confort térmico en el interior de la vivienda.

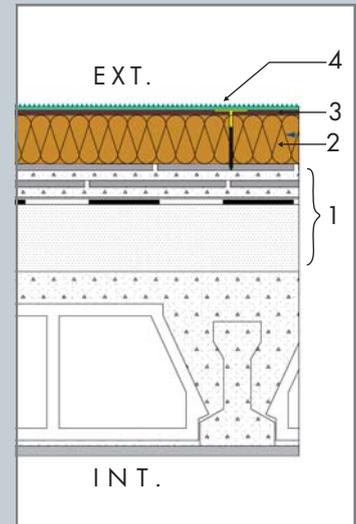
### Detalles de puesta en obra

Cuando se deban utilizar niveles elevados de aislamiento en cumplimiento del criterio Óptimo económico o del criterio Passive House, se empleará Lana Mineral Panel Cubierta del espesor necesario, evitando la colocación en doble capa.

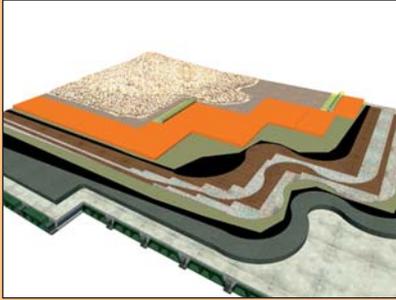
La fijación del Panel Cubierta se realizará mediante anclajes mecánicos de longitud mínima igual al espesor del aislante + 30 mm (o según especificación del fabricante del anclaje). El número mínimo de anclajes debe ser de 3 - 4 unidades por metro cuadrado de superficie, aumentando la cantidad al doble en el perímetro de la cubierta.

Panel Cubierta debe colocarse a rompejuntas, evitando que queden juntas abiertas entre paneles, las cuales provocarían puentes térmicos en cubierta.

### Esquema rehabilitación energética mediante cubierta plana - opción A



- 1- Cubierta existente
- 2- **Panel Cubierta**
- 3- Capa de oxiasfalto
- 4- Membrana impermeable autoprottegida



Cubierta plana con Polyfoam C 4 LJ

## 5.2 Aislamiento exterior de cubiertas planas. Opción B

Realizar una cubierta invertida sobre una cubierta plana convencional existente, que cuente con una membrana impermeable en buenas condiciones, constituye una solución eficaz y bastante sencilla para aumentar el nivel de aislamiento térmico y, consecuentemente, el ahorro energético del edificio, ya que, como vimos en el apartado 3.3, la acción de rehabilitación energética de la cubierta puede llegar a una reducción del orden de un 10-15% en la demanda energética.

Este sistema de rehabilitación, a base de incorporar aislamiento térmico con paneles rígidos de Poliestireno Extruído **Polyfoam C 4 LJ**, lastrados con una capa de grava de canto rodado o implementados con un nuevo pavimento cerámico o pétreo, implica un aumento de peso sobre la estructura, por lo que es necesario verificar que la misma puede soportar este incremento.

La membrana impermeabilizante existente, debe ser revisada para confirmar su buen estado y, si existen anomalías, proceder a su reparación parcial o a la sustitución por una nueva membrana, antes de colocar las planchas rígidas aislantes de Polyfoam C 4 LJ.

Otra opción consiste en colocar directamente una nueva membrana impermeable sobre el viejo pavimento de la cubierta, para lo cual éste, si presentara anomalías (baldosas levantadas, rotas, etc.), deberá sanearse y regularizarse previamente con mortero, para poder ser utilizado como soporte de adhesión de la membrana.

A partir de aquí, se procederá de la misma manera comentada anteriormente: colocación de Polyfoam C 4 LJ + extendido de grava, o bien colocación de Polyfoam C 4 LJ + instalación del nuevo pavimento de la cubierta.

Es recomendable instalar sobre Polyfoam C 4 LJ, una capa separadora geotextil antes de extender la grava, o una capa difusora, que favorezca la transpirabilidad de la cubierta, antes de colocar el pavimento.

Los paneles rígidos de Polyfoam C 4 LJ permiten, tanto la rehabilitación energética en los términos que se acaban de explicar, como el aumento del nivel de aislamiento térmico de una antigua cubierta invertida, añadiendo nuevos paneles sobre los existentes.

KNAUF INSULATION dispone, como variante al sistema de cubierta con grava o con pavimento, del complejo **Polyfoam Losa**, constituido por una base aislante de XPS Polyfoam y un acabado pétreo transitable, por lo que en una sola operación se instala en obra el aislamiento y el pavimento de la nueva cubierta.

### Ventajas

- Las excelentes propiedades térmicas de Polyfoam **disminuyen la transmitancia térmica U de la cubierta**, aportando un importante ahorro de energía durante los ciclos de invierno (calefacción) y de verano (refrigeración).
- Ejecución de la obra de rehabilitación con la **mínima interferencia para los usuarios del edificio**.
- **No se reduce la altura libre** de las estancias del último piso.
- Es especialmente conveniente aislar por el exterior cuando la vivienda o edificio son de ocupación permanente. De este modo, **se cuenta con la inercia térmica de la cubierta existente**, mejorando el confort térmico en el interior de la vivienda.

- La protección que realiza el aislante Polyfoam sobre la **membrana impermeable, reduce el envejecimiento** por radiación solar, **impide el cuarteamiento** por saltos térmicos, **reduce el riesgo de roturas** por agresiones mecánicas, tanto durante la ejecución de la cubierta como durante el uso de la misma.
- En cubiertas invertidas con grava, el fácil acceso a la membrana impermeable posibilita trabajos de reparación o mantenimiento con un reducido coste económico. Y permite añadir nuevos paneles de Polyfoam sobre los existentes con suma facilidad y mínimo gasto, **reduciendo la transmitancia térmica de la cubierta y, por consiguiente, la demanda energética, así como las emisiones de CO<sub>2</sub>.**
- Con **Polyfoam Losa** se instala en una sola operación el aislamiento y el pavimento de la cubierta, **reduciendo costes materiales y de mano de obra** en la rehabilitación energética.

### Detalles de puesta en obra

Cuando se deban utilizar niveles elevados de aislamiento en cumplimiento del criterio Óptimo económico o del criterio Passive House, se empleará Polyfoam C 4 LJ del espesor necesario, incluso en doble capa si hiciera falta.

Los paneles aislantes de Polyfoam C 4 LJ se colocan directamente encima de la impermeabilización, sueltos, con total independencia, sin adherirlos (eventualmente, cuando haya riesgo de flotación por inundación de la cubierta, podrán fijarse por puntos situados en la zona central de las planchas). Los paneles deben colocarse a tope entre ellos y con juntas al tresbolillo, contrapeando las filas sucesivas.

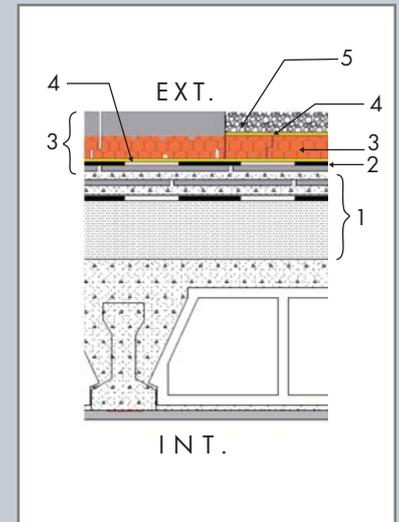
Dada la ligereza de los paneles de Polyfoam C 4 LJ se debe proceder inmediatamente, tras su colocación, al lastrado con la protección pesada de grava, en un espesor de unos 5 cm, para conseguir como mínimo 80 kg/m<sup>2</sup> de lastre.

Se recomienda el empleo de un geotextil entre la protección pesada y Polyfoam C 4 LJ, para evitar la formación de depósitos de carácter biológico sobre la membrana impermeable.

En la solución transitable se dispondrá un pavimento, formado bien por baldosas hidráulicas apoyadas sobre distanciadores, a su vez apoyados sobre los paneles de Polyfoam C 4 LJ, o bien por una capa continua de embaldosado tomado con mortero. En este caso se recomienda armar la capa de mortero con un mallazo e interponer, entre paneles de Polyfoam C 4 LJ y mortero, una capa de difusión para favorecer la transpirabilidad del sistema de cubierta y evitar un exceso indebido de agua estancada entre Polyfoam C 4 LJ y mortero.

En rehabilitación puede ser especialmente conveniente la instalación de Polyfoam Losa. En este caso puede ser necesario colocar bajo el mismo Polyfoam C 4 LJ, en cumplimiento del espesor térmico exigible. Las baldosas se colocan directamente encima de la impermeabilización, sueltas, con total independencia, sin adherirlas. Deben colocarse a tope entre si y, eventualmente, con juntas al tresbolillo, contrapeando las filas sucesivas y cuidando de que los trozos de panel situados en los extremos de cada fila no tengan una longitud inferior a la mitad de la longitud total de la baldosa de Polyfoam Losa. Cuando esto no sea posible, se colocará el trozo sobrante de panel en la zona central de la cubierta. Para evitar una posible succión de viento, puede ser preciso instalar un lastre adicional o fijación suplementaria sobre la primera fila de baldosas aislantes situada junto al perímetro de la cubierta o cualquier elemento singular de la cubierta que perfora el forjado.

### Esquema rehabilitación energética mediante cubierta plana - Opción B



- 1- Cubierta existente
- 2- Opcional: membrana impermeable + capa separadora
- 3- **Polyfoam C 4 LJ / Polyfoam Losa**
- 4- Capa separadora
- 5- Grava de canto rodado



Cubierta inclinada con  
Panel Plus (TP 138)

### 5.3 Aislamiento exterior de cubiertas inclinadas

La rehabilitación energética de una cubierta inclinada con incorporación de aislamiento exterior, se recomienda en los casos en que no es accesible el bajo cubierta, o cuando se pretende sustituir las viejas tejas por nuevas.

La rehabilitación consiste normalmente en:

- 1- Desmontar el tejado existente.
- 2- Sanear y reparar la capa de compresión de mortero o tablero cerámico machihembrado de soporte.
- 3- Colocar una barrera de vapor adherida sobre la capa de compresión o tablero soporte.
- 4- Clavar una primera hilera de listones de madera paralelos a las líneas de pendiente de la cubierta.
- 5- Fijar mecánicamente el aislamiento, en este caso **Panel Plus (TP 138)** de Lana Mineral Natural, situándolo entre los listones de madera, y clavándolo sobre la capa de compresión o tablero soporte.
- 6- Colocar una membrana impermeable y transpirable sobre el aislamiento.
- 7- Clavar una segunda hilera de listones de madera, coincidiendo con la posición de los listones de la primera hilera.
- 8- Clavar una tercera hilera de listoncillos de madera, perpendicular a los listones anteriores.
- 9- Colocar las nuevas tejas por fijación mecánica, clavándolas a los listoncillos de madera.

Opcionalmente, puede utilizarse como aislamiento de la cubierta **Manta Sin Revestir (Classic 044)** de Lana Mineral Natural, aislante termo-acústico de gran relación calidad / precio.

### Ventajas

- Las excelentes propiedades térmicas de Panel Plus (TP 138), **con la más baja conductividad térmica de los productos de su tipología existentes en el mercado, disminuyen muy significativamente la transmitancia térmica U de la cubierta**, aportando un importante **ahorro de energía** durante los ciclos de invierno (calefacción) y de verano (refrigeración).
- La cámara de aire ventilada resultante por encima del aislamiento, **reduce los riesgos de condensación de vapor de agua y sus consecuentes patologías** por humedades.
- Como **material no combustible** Panel Plus (TP 138) presenta la mejor clasificación de reacción al fuego (Euroclase A1).

- **Se mejora el aislamiento acústico de la cubierta**, debido a las excelentes propiedades fonoabsorbentes del Panel Plus (TP 138).
- Ejecución de la obra de rehabilitación con la **mínima interferencia para los usuarios** del edificio.
- El **bajo cubierta** puede seguir siendo **habitabile**.
- **No se reduce la altura libre** de las estancias del último piso.
- Es especialmente conveniente aislar por el exterior cuando la vivienda o edificio son de ocupación permanente. De este modo, se cuenta con la **inercia térmica** de la cubierta existente, mejorando el confort térmico en el interior de la vivienda.
- Estéticamente, posibilita un cambio importante de la cubierta, **“rejuveneciendo” su aspecto**, contribuyendo a la mejora del entorno y revalorizando económicamente el edificio.

#### Detalles de puesta en obra

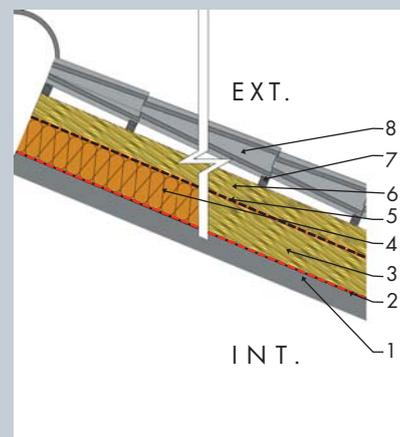
Cuando se deban utilizar niveles elevados de aislamiento en cumplimiento del criterio Óptimo económico o del criterio Passive House, se empleará Lana Mineral Natural Panel Plus (TP 138) del espesor necesario, evitando la colocación en doble capa.

La fijación del aislante se realizará mediante anclajes mecánicos de longitud mínima igual al espesor del aislante + 30 mm (o según especificación del fabricante del anclaje). El número mínimo de anclajes debe ser de 3 - 4 unidades por metro cuadrado de superficie, aumentando la cantidad al doble en el perímetro de la cubierta y encuentros con chimeneas u otros elementos de la misma.

Se formará un cajeadado en los encuentros del faldón con aleros y hastiales, de modo que Panel Plus (TP 138) quede retenido por los topes que forman el cajeadado. El tope en alero estará dimensionado para retener el posible deslizamiento de Panel Plus (TP 138) y la teja montada sobre él.

Se evitará que queden juntas abiertas entre paneles aislantes, las cuales provocarían puentes térmicos en la cubierta.

#### Esquema rehabilitación energética mediante aislamiento exterior de cubierta inclinada



- 1- Tablero machihembrado
  - 2- Barrera de vapor
  - 3- 1ª hilera de listones de madera
  - 4- **Panel Plus (TP 138)**
  - 5- Membrana impermeable
  - 6- 2ª hilera de listones de madera
  - 7- Listoncillos de madera
  - 8- Tejas
- } cámara de aire



Falso techo bajo último forjado con Panel Plus (TP 138)

#### 5.4 Aislamiento interior bajo último forjado

Se trata de un sistema de aislamiento por el interior mediante un falso techo de placas de yeso laminado, para la mejora del aislamiento térmico y acústico de la cubierta.

Las placas de yeso laminado se fijan sobre maestras metálicas y éstas, a su vez, se suspenden del último forjado bajo cubierta, situándose en la cavidad o cámara intermedia el aislante **Panel Plus (TP 138)** de Lana Mineral Natural.

El último forjado puede ser horizontal o inclinado, dependiendo de la tipología de la cubierta a rehabilitar (cubierta inclinada sobre forjado inclinado, cubierta inclinada sobre tablero y tabiquillos y forjado horizontal, cubierta plana sobre tablero y tabiquillos y forjado horizontal, cubierta plana sobre formación de pendientes y forjado horizontal).

Debe disponerse de un altura mínima de aproximadamente 10 cm para facilitar el montaje de los sistemas de anclaje y su nivelación.

#### Ventajas

- Las excelentes propiedades térmicas de Panel Plus (TP 138), **con la más baja conductividad térmica de los productos de su tipología existentes en el mercado, disminuyen muy significativamente la transmitancia térmica U de la cubierta**, aportando un importante **ahorro de energía** durante los ciclos de invierno (calefacción) y de verano (refrigeración).
- Debido a las excelentes propiedades fonoabsorbentes de Panel Plus (TP 138), **se mejora el aislamiento acústico de la cubierta a ruido aéreo, y se reduce el nivel de ruido de impacto**, dato a considerar en el caso de las azoteas o cubiertas planas transitables.
- Como **material no combustible**, Panel Plus (TP 138) presenta la mejor clasificación de reacción al fuego (Euroclase A1).
- Al aplicarse el sistema constructivo por el interior, **se evita el levantamiento de la cubrición exterior** (tejas o pavimento), impermeabilización, etc.
- Posibilita la rehabilitación desde el punto de vista estético del interior del edificio, conformando una superficie plana y lisa, que **permite un acabado de pintura** (eliminando el riesgo de fisuras) y **la instalación de nuevos sistemas de iluminación y/o climatización** (en función de las disponibilidades de altura).
- **Montaje rápido y "seco"**, permitiendo la habitabilidad durante los trabajos.
- Especialmente **adecuado cuando no es necesario efectuar trabajos de impermeabilización** o modificación de la cubierta del edificio.

### Detalles de puesta en obra

Este sistema de rehabilitación energética consiste en la aplicación de paneles semirrígidos de Lana Mineral Natural Panel Plus (TP 138) apoyados directamente sobre el falso techo.

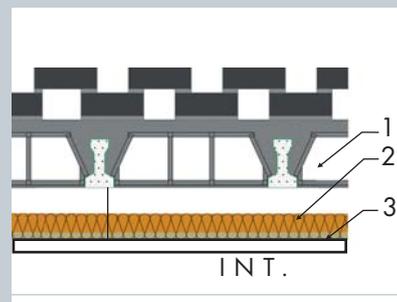
Cuando se deban utilizar niveles elevados de aislamiento en cumplimiento del criterio Óptimo económico o del criterio Passive House, se empleará Panel Plus (TP 138) del espesor necesario, evitando la colocación en doble capa.

Se evitará que queden juntas abiertas entre paneles, las cuales provocarían puentes térmicos en cubierta.

Las placas de yeso laminado se fijan a maestras distanciadas 600 mm entre ejes. Las maestras se suspenden del forjado o faldón mediante horquillas de presión, varillas roscadas y tacos de expansión metálicos con rosca interior (viguetas) o tacos tipo "paraguas" o de balancín para materiales huecos (bovedillas).

El montaje de Panel Plus (TP 138), el falso techo de placas de yeso laminado, la estructura soporte y el sistema de anclaje al forjado horizontal (que permite la nivelación) o al faldón, conforman una cavidad o cámara de espesor variable, con un espesor mínimo de 10 cm.

### Esquema rehabilitación energética mediante aislamiento interior bajo último forjado



- 1- Último forjado
- 2- **Panel Plus (TP 138)**
- 3- Placas de yeso laminado bajo entramado metálico

# Lana Mineral Natural: Rendimiento de producto probado combinado con una mayor duración



La Lana Mineral Natural con ECOSE® Technology mantiene el ya elevado rendimiento de la Lana Mineral y cumple todos los criterios al respecto de nuestros productos convencionales.

ECOSE® Technology es el resultado de cinco años de investigación y desarrollo. Se han realizado numerosas pruebas y controles de calidad tanto internos como externos.

Rendimiento de la Lana Mineral Natural con Ecosse® Technology	De acuerdo con EN 13162:2008 y
<b>Para todas aplicaciones</b>	
Resistencia térmica y conductividad térmica	EN 12667, EN 12939
Longitud y anchura	EN 822
Espesor	EN 823
Rectangularidad	EN 824
Planeidad	EN 825
Estabilidad dimensional	EN 1604
Resistencia a la tracción paralela de las caras	EN 1608
Reacción al fuego	EN 13501-1
Características de durabilidad	
<b>Para aplicaciones específicas</b>	
Estabilidad dimensional bajo condiciones específicas	EN 1604
Resistencia a la compresión	EN 826
Resistencia a la tracción perpendicular de las caras	EN 1607
Carga puntual	EN 12430
Fluencia a la compresión	EN 1606
Absorción de agua	EN 1609, EN 12087
Transmisión del vapor de agua	EN 12086
Rigidez dinámica	EN 29052-1
Compresibilidad	EN 12431, EN 1606
Absorción acústica	EN ISO 354, EN ISO 11654
Resistencia al flujo del aire	EN 29053

La clasificación varía en función de las características del producto. Puede encontrarse información detallada para cada producto individual en la etiqueta, la ficha técnica y nuestra web [www.knaufinsulation.es](http://www.knaufinsulation.es).

Ensayos adicionales realizados:

- Propiedades de adecuación al uso - como el ajuste a la fricción (rigidez). Testado según normas locales y/o controles de calidad internos de KNAUF INSULATION.
- Pruebas de longevidad, como por ejemplo prestaciones mecánicas y estabilidad dimensional, son testadas según estándares de control de calidad internos KNAUF INSULATION.
- Ensayos sobre proliferación de insectos, parásitos y hongos: se han realizado pruebas completas que demuestran que la Lana Mineral con ECOSE® Technology no proporciona un medio para el crecimiento de micro-organismos; no se pudre, no se corrompe y no cultiva moho.



## **6. Fichas Técnicas**

6.1 Ultravent Black

6.2 PTP-S-035

6.3 Panel Plus (TP 138)

6.4 Panel Cubierta

6.5 Manta Sin Revestir (Classic 044)

6.6 Polyfoam C 4 LJ

6.7 Polyfoam Losa



## 6.1 Ultravent Black

### Panel en rollo de Lana Mineral Natural hidro-repelente, reforzado con tejido negro

**Ultravent Black** se presenta en forma de rollos de 1,20 m de ancho, revestidos en una de sus caras de tejido de vidrio de color negro, que dota al producto de elevada resistencia a la tracción, de confort al tacto en su manipulación y de un acabado estético.

Es un producto no hidrófilo, altamente repelente al agua, y se integra con todo tipo de materiales y soluciones de acabado.

Se recomienda Ultravent Black en obras de gran tamaño, donde se consiguen altos rendimientos de mano de obra debido a las dimensiones del rollo y a su fácil manipulación.

La cara que incorpora el tejido de vidrio negro debe colocarse siempre hacia el lado exterior de la fachada.

Los rollos pueden instalarse tanto en posición vertical como horizontal, utilizando los tacos de polipropileno Ultravent que KNAUF INSULATION dispone como fijación mecánica, para su unión al soporte resistente.

Una cámara de aire de 3 cm de espesor mínimo, debe preverse entre **Ultravent Black** y el acabado exterior del muro.



**Código de designación: MW - EN 13162 - T4 - WS - WL(P) - AFR5**

#### Características técnicas

Característica	Especificación	Normativa
Conductividad térmica ( $\lambda_D$ )	0,035 W/m.K	EN 12667
Reacción al fuego	Euroclase A1	EN 13501-1
Absorción de agua a corto plazo ( $W_p$ )	$\leq 1$ kg/m <sup>2</sup>	EN 1609
Absorción de agua a largo plazo ( $W_{ls}$ )	$\leq 3$ kg/m <sup>2</sup>	EN 12087
Resistencia al flujo del aire ( $r_a$ )	$\geq 5$ kPa.s/m <sup>2</sup>	EN 29053
Factor de resistencia a la difusión de vapor de agua ( $\mu$ )	1	EN 12086



#### Resistencia térmica y dimensiones

Resistencia térmica $R_D$ a 10 °C (m <sup>2</sup> .K/W)	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Largo (mm)
1,40	50	1.200	Variable según espesor
1,70	60		
2,25	80		
3,40	120		
4,25	150		
5,70	200		

## 6.2 PTP-S-035

### Panel compacto de Lana Mineral

**PTP-S-035** es un panel aislante de Lana Mineral, con excelentes propiedades termo-acústicas, dimensionalmente estable, resistente al envejecimiento, hidrófobo y no combustible (Euroclase A1) que incorpora un recubrimiento a modo de imprimación por la cara interior, que reduce el consumo del mortero de adherencia al soporte.

**PTP-S-035** está concebido para el aislamiento termo-acústico y la protección contra incendios, siendo el producto ideal para mejorar las prestaciones térmicas y acústicas de una fachada rehabilitada con sistema ETICS/SATE.

**PTP-S-035** es un gran absorbente acústico, y aporta una excelente mejora a los usuarios del edificio en la protección frente al ruido exterior, que en función del espesor a utilizar supera holgadamente las máximas exigencias de aislamiento acústico del CTE DB-HR.

**PTP-S-035** es un aislante no combustible. Certificado con Euroclase A1, aporta a la fachada una protección frente al fuego muy superior a la de los aislantes plásticos tradicionales, ya que éstos son materiales combustibles.

**Código de designación: MW - EN 13162 - T5 - DS (T+) - DS (TH) - CS(10)30 - TR10 - WS - WL(P) - MU1**

#### Características técnicas

Característica	Especificación	Normativa	
Conductividad térmica ( $\lambda_a$ )	0,036 W/m.K	EN 12667	
Reacción al fuego	Euroclase A1	EN 13501-1	
Temperatura de servicio	$\leq 250$ °C	EN 14706	
Punto de fusión (t)	$\geq 1000$ °C	DIN 4102-17	
Resistencia a tracción perpendicular a las caras ( $\sigma_{mt}$ )	$\geq 10$ kPa	EN 1607	
Resistencia a compresión ( $\sigma_{T10}$ )	$\geq 30$ kPa	EN 826	
Estabilidad dimensional según temperatura y humedad	Longitud ( $\Delta l$ ) Anchura ( $\Delta b$ ) Espesor ( $\Delta d$ )	$\leq 1$ % $\leq 1$ % $\leq 1$ %	EN 1604
Factor de resistencia a la difusión de vapor de agua ( $\mu$ )	1	EN 12086	



#### Resistencia térmica y dimensiones

Resistencia térmica $R_0$ a 10 °C ( $m^2 \cdot K/W$ )	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Largo (mm)
1,35	50	625	800
1,65	60		
2,20	80		
2,75	100		
3,30	120		
3,85	140		
4,15	150		
5,55	200		



PTP-S-035 cumple con la norma española UNE 13500 referente a las especificaciones de los productos aislantes de Lana Mineral para ETICS, así como la guía técnica ETAG 004, siendo homologado como Lana Mineral para ETICS por los principales fabricantes europeos.





### 6.3 Panel Plus (TP 138)

#### Panel de Lana Mineral Natural con altas prestaciones térmicas

**Panel Plus (TP 138)** es un panel aislante de Lana Mineral Natural de excelentes prestaciones termo-acústicas, con textura uniforme, que se presenta en forma de paneles semi-rígidos de 0,60 m de ancho.

Debido a su bajo coeficiente de conductividad térmica (0,032 W/m.K), muy inferior al resto de lanas minerales y a la mayoría de aislantes plásticos existentes en el mercado, **Panel Plus (TP 138)** proporciona, con espesores inferiores, resistencias térmicas superiores.

Los paquetes de paneles de **Panel Plus (TP 138)** se comprimen y embalan en toda su longitud con film de polietileno retráctil, y posteriormente se paletizan con sistema Multiple Package System.

**Panel Plus (TP 138)** ostenta el preceptivo marcado CE, de acuerdo con la norma EN 13162, así como la marca voluntaria europea de calidad Keymark. También disponen de certificado ACERMI.

Código de designación: MW - EN 13162 - T4 - WS - WL(P) - AFR5

#### Características técnicas

Característica	Especificación	Normativa
Conductividad térmica ( $\lambda_0$ )	0,032 W/m.K	EN 12667
Reacción al fuego	Euroclase A1	EN 13501-1
Absorción de agua a corto plazo ( $W_1$ )	$\leq 1 \text{ kg/m}^2$	EN 1609
Absorción de agua a largo plazo ( $W_2$ )	$\leq 3 \text{ kg/m}^2$	EN 12087
Resistencia al flujo del aire ( $r_a$ )	$\geq 5 \text{ kPa.s/m}^2$	EN 29053
Factor de resistencia a la difusión de vapor de agua ( $\mu$ )	1	EN 12086



#### Resistencia térmica y dimensiones

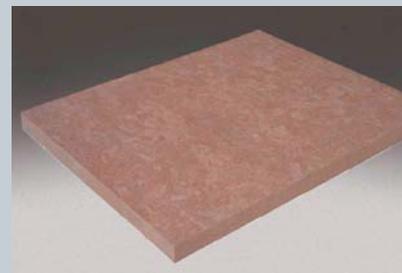
Resistencia térmica $R_0$ a 10 °C ( $\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$ )	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Largo (mm)
1,55	50	600	1.350
1,85	60		
2,50	80		
3,15	100		
4,35	140		
4,65	150		
5,90	190		
7,15	230		

## 6.4 Panel Cubierta

### Panel rígido de alta resistencia a la compresión

**Panel Cubierta** es un panel rígido de Lana Mineral Natural aglomerada con resinas, de alta resistencia a la compresión, incombustible, con excelentes propiedades termo-acústicas, imputrescible, dimensionalmente estable e inalterable en el tiempo.

**Panel Cubierta** es ampliamente utilizado en el aislamiento termo-acústico por el exterior de cubiertas planas o ligeramente curvas, no transitables.



**Código de designación: MW - EN 13162 - T5 - DS (TH) - WS - WL(P)**

Características técnicas		
Característica	Especificación	Normativa
Conductividad térmica ( $\lambda_D$ )	0,039 W/m.K	EN 12667
Reacción al fuego	Euroclase A1	EN 13501-1
Punto de fusión de las fibras (t)	>1000 °C	DIN 4102-17
Calor específico ( $C_p$ )	840 J/kg.K	-
Resistencia a tracción perpend. caras ( $\sigma_m$ )	$\geq 15$ kPa	EN 1607
Carga puntual ( $F_p$ )	$\geq 500$ N	EN 12430
Factor de resistencia a la difusión de vapor de agua ( $\mu$ )	1,4-1,6	EN 12086
Repelencia al agua	hidrófobo	AGI Q 136



Resistencia térmica y dimensiones			
Resistencia térmica RD a 10 °C (m <sup>2</sup> .K/W)	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Largo (mm)
1,00	40	1.000	1.200
1,25	50		
1,50	60		
2,05	80		
2,55	100		
3,50	140		
3,80	150		
4,80	190		
5,80	230		





## 6.5 Manta Sin Revestir ( Classic 044)

### Manta industrial desnuda

**Manta Sin Revestir ( Classic 044)** es un aislante termo acústico de Lana Mineral Natural con textura uniforme, que se presenta en forma de rollos desnudos (no revestidos) de 1,2 m de ancho. Los rollos se comprimen y embalan en toda su longitud con film de polietileno termo-retráctil, y posteriormente se paletizan con Sistema Multiple Package System.

**Manta Sin Revestir ( Classic 044)** se emplea tanto para el aislamiento exterior de cubiertas inclinadas de edificios residenciales como en cubierta sándwich de edificios industriales, en obra nueva y en rehabilitación.

**Código de designación: MW - EN 13162 - T1**

#### Características técnicas

Característica	Especificación	Normativa
Conductividad térmica ( $\lambda_0$ )	0,044 W/m.K	EN 12667
Reacción al fuego	Euroclase A1	EN 13501-1
Factor de resistencia a la difusión de vapor de agua ( $\mu$ )	1	EN 12086



#### Resistencia térmica y dimensiones

Resistencia térmica $R_0$ a 10 °C (m <sup>2</sup> .K/W)	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Largo (mm)
1,10	50	1.200	Variable según espesor
1,35	60		
1,80	80		
2,25	100		
2,70	120		
4,50	200		

## 6.6 Polyfoam C 4 LJ

### Panel rígido de alta resistencia a la compresión

**Polyfoam C 4 LJ** es un panel aislante rígido de Poliestireno Extruído (XPS), de alta resistencia a la compresión y a la humedad, higiénico, fácil de instalar e imputrescible, que aporta a las soluciones constructivas en las que se integra elevado nivel de aislamiento térmico.

Por sus características técnicas y su mecanizado perimetral, **Polyfoam C 4 LJ** es el producto idóneo para el aislamiento térmico de cubiertas planas invertidas, en las que la impermeabilización queda protegida bajo el aislamiento.

**Polyfoam C 4 LJ** se presenta en paquetes de paneles revestidos con film de plástico impermeable y se paletiza en palets de madera.



Código de designación: XPS - EN 13164 - T1 - CS (10/Y) 300

#### Características técnicas

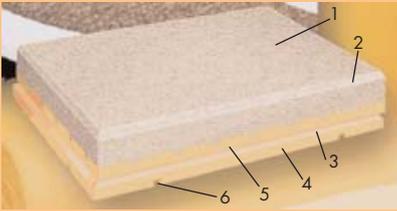
Característica	Especificación	Normativa
Conductividad térmica ( $\lambda_D$ )	0,034/0,036 <sup>1</sup> W/m.K	EN 12667
Reacción al fuego	Euroclase E	EN 13501-1
Resistencia a compresión ( $\sigma_{10}$ )	$\geq 300$ kPa	EN 826
Factor de resistencia a la difusión de vapor de agua ( $\mu$ )	100-200	EN 12086
Absorción de agua	$\leq 0,2$ % en vol.	EN 12087
Capilaridad	nula	
Coefficiente dilatación lineal	$\leq 0,07$ mm/m.K	UNE 53126
Capacidad térmica	1,4 kJ/kg.K	
Temperatura de uso	-60 / +75 °C	
Acabado superficial	Liso	
Cantos		

<sup>1</sup> Espesores 30 a 60 mm  $\lambda_D=0,034$  W/m.K – Espesores 80 a 120 mm  $\lambda_D=0,036$  W/m.K



#### Resistencia térmica y dimensiones

Resistencia térmica $R_D$ a 10 °C (m <sup>2</sup> .K/W)	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Largo (mm)
0,85	30	600	1.250
1,15	40		
1,45	50		
1,75	80		
2,20	100		
3,30	120		



- 1- Hormigón poroso
- 2- Aristas achaflanadas
- 3- Poliestireno extrusionado
- 4- Perímetro a media madera
- 5- Acanaladuras superiores
- 6- Acanaladuras inferiores

El uso de **Polyfoam Losa** en rehabilitación energética de cubiertas planas es especialmente interesante. Así, es posible convertir en una sola operación una cubierta plana tradicional en una cubierta invertida, mediante la instalación de este producto bi-capa sobre una membrana impermeable, intercalando una lámina geotextil entre dicha membrana y **Polyfoam Losa**.



## 6.7 Polyfoam Losa

### Complejo constituido por una base aislante XPS Polyfoam y una baldosa hidráulica

La instalación de **Polyfoam Losa**, que incorpora tanto el aislamiento térmico como la protección pesada en el sistema de cubierta invertida, protege a la membrana impermeable, a la vez que posibilita el uso de la cubierta como transitable para uso peatonal. Concebido como un sistema integral, **Polyfoam Losa** aúna el aislamiento y la protección pesada en un solo producto y una sola operación en obra.

**Polyfoam Losa** se basa en el montaje, sobre un soporte de Polyfoam de 40 mm. de espesor, de una baldosa hidráulica realizada a base de árido seleccionado y prácticamente monogranular, con un tamaño de grano entre 3 y 5 mm, que da lugar a un hormigón poroso con una gran capacidad de drenaje. Las aristas achaflanadas, así como el perímetro a media madera, permiten colocar las baldosas de **Polyfoam Losa** fácilmente y sin necesidad de mortero de agarre, evitando los desperfectos perimetrales que pudieran producirse durante la instalación con un acabado de aristas a canto vivo.

**Polyfoam Losa** está dotado de un sistema de doble drenaje proporcionado por las acanaladuras practicadas en ambas caras de la base aislante Polyfoam, que facilitan la descarga del agua por escorrentía hacia los sumideros, garantizando su rápida evacuación aún en caso de fuertes lluvias (sin este drenaje el agua debería evacuar por desbordamiento). El agua se filtra a través del hormigón dada su alta porosidad, drena verticalmente hasta las acanaladuras de la cara superior del aislamiento térmico cayendo por gravedad a través de las uniones entre placas. Las acanaladuras de la cara inferior de la base aislante Polyfoam conducen el agua por escorrentía hacia los bajantes de desagüe de la cubierta.

La baldosa hidráulica de **Polyfoam Losa** está disponible en colores blanco y gris.

#### Características técnicas complejo Polyfoam Losa

Característica	Especificación	Normativa
Dimensiones	400 x 300 x 80 mm.	—
Peso aproximado baldosa	8,7 Kg.	—
Peso aproximado m <sup>2</sup>	72 Kg.	—
Resistencia a compresión	75 Kg/cm <sup>2</sup>	UNE 83-821
Resistencia a flexotracción	20 Kg/cm <sup>2</sup>	UNE 83-821
Coefficiente de permeabilidad	0,68 cm/s	NLT 327
Resistencia térmica	1,30 m <sup>2</sup> .K/W	EN 12667

<b>Características técnicas base aislante Polyfoam</b>		
<b>Característica</b>	<b>Especificación</b>	<b>Normativa</b>
Conductividad térmica ( $\lambda_0$ )	0,034 W/m.K	EN 12667
Reacción al fuego	Euroclase E	EN 13501-1
Resistencia a compresión ( $\sigma_{10}$ )	$\geq 300$ kPa	EN 826
Factor de resistencia a la difusión de vapor de agua ( $\mu$ )	100-200	EN 12086
Absorción de agua	$\leq 0,2$ % en vol.	EN 12087
Capilaridad	nula	
Coefficiente dilatación lineal	$\leq 0,07$ mm/m.K	UNE 53126
Capacidad térmica	1,4 kJ/kg.K	
Temperatura de uso	-60 / +75 °C	
Espesor (e)	40 mm	

**Código de designación: XPS - EN 13164 - T1 - CS (10/Y) 300**





## **7. Lana Mineral Natural con ECOSE® Technology**

# Presentamos la nueva generación de Lana Mineral Natural



## La Lana Mineral Natural Knauf Insulation con ECOSE® Technology ofrece una manipulación superior...

Knauf Insulation presenta su Lana Mineral Natural con ECOSE® Technology, con una apariencia y un tacto diferente a cualquier aislamiento que haya conocido antes.

- Agradable al tacto
- Menor emisión de partículas
- Sin olor
- Mas fácil de cortar

La Lana Mineral Natural de Knauf Insulation con ECOSE® Technology es de color marrón natural: no se le añaden colorantes ni tintes artificiales.



## ...nivel superior de sostenibilidad...

Su color marrón natural representa un nivel de sostenibilidad nunca antes logrado:

- Fabricada con materias primas recicladas y/o naturales unidas con un ligante producido mediante una bio-tecnología libre de formaldehídos, fenoles, acrílicos y sin añadir colorantes o tintes artificiales
- Contribuye a mejorar la calidad del aire en el interior de las estancias, en comparación con las Lanas Minerales tradicionales
- Reduce el impacto medioambiental al utilizar menos energía en su fabricación
- Reduce las emisiones contaminantes durante su fabricación y la exposición a éstas en el lugar de trabajo
- Mejora la sostenibilidad en conjunto de los edificios en los que es instalada
- Precio competitivo, a nivel de nuestra Lana Mineral estándar

## ...¡y ofrece todos los beneficios de nuestra Lana Mineral tradicional!



Isolamento térmico



Eficiencia energética



Aislamiento acústico



Protección frente al fuego



Sostenibilidad

## Lana Mineral Natural, un producto premiado en todo el mundo

**global insulation**

1er Premio Mundial -  
Producto sostenible del año



1er Premio -  
Producto más innovador



Producto  
excelente

HOME BUILDERS  
EXECUTIVE

1er Premio -  
Categoría "Batt Insulation"



Top 10 -  
Editors's Choice Award



ECOSE® Technology es una nueva y revolucionaria tecnología de resina libre de formaldehídos basada en unos materiales rápidamente renovables que sustituyen a componentes químicos derivados del petróleo. Reduce la energía utilizada en su fabricación y ofrece una sostenibilidad medioambiental superior.

ECOSE® Technology se desarrolló para el aislamiento de Lana Mineral, pero ofrece los mismos beneficios en otros productos donde la sustitución de las resinas resultaría ventajosa, como en los paneles a base de madera, los abrasivos y los materiales de fricción.

with **ECOSE**  
TECHNOLOGY

# KNAUFINSULATION

*¡Ya es hora de ahorrar energía!*

Todos los derechos reservados, incluida la reproducción fotomecánica y el almacenamiento en medios electrónicos. Está prohibida la utilización de los procesos y actividades de trabajo presentados en el presente documento. Se ha actuado con una precaución extrema a la hora de recopilar la información, textos e imágenes del presente documento. No obstante, no se puede descartar la presencia de errores. La editorial y los editores no asumen ninguna responsabilidad jurídica o cualquier tipo de obligación por los errores en la información y sus posibles consecuencias. La editorial y los editores agradecerían las sugerencias y la indicación de los errores localizados.



**KNAUF INSULATION**  
Dpt. Atención al Cliente  
Tel. : +34 93 379 65 08  
Fax: +34 93 379 65 28  
hola@knaufinsulation.com

**Servicio de Asistencia Técnica**  
Fax: +34 93 379 65 28  
tecnico@knaufinsulation.com

[www.knaufinsulation.es](http://www.knaufinsulation.es)

REHNER/SPA/01.10/PMKG/1500



Elemental Chlorine-Free



Knauf Insulation S.L.  
C/ La Selva 2 - Edificio Géminis  
Parque empresarial Mas Blau  
E-08820 El Prat de Llobregat  
(Barcelona)  
Tel. : +34 93 379 65 08  
Fax: +34 93 379 65 28

with **ECOSE**<sup>®</sup>  
TECHNOLOGY