

Nuevas formulaciones en los morteros de cal para la mejora del aislamiento térmico  
en el Patrimonio Histórico Arquitectónico  
INTRODUCCIÓN



## SITUACIÓN DE PARTIDA

Servicio de Patrimonio Histórico Arquitectónico de la Diputación Foral de Álava

### REHABILITACIÓN ENERGÉTICA:

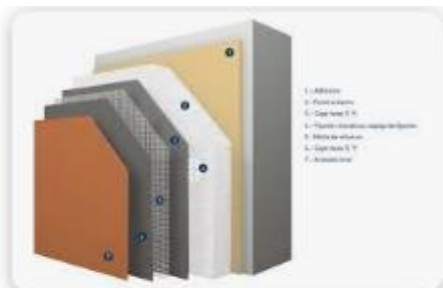
El cada vez más relevante aspecto de la **eficiencia energética** hace que resulte inevitable analizar y aplicar sus exigencias en el patrimonio histórico-arquitectónico, con el objetivo de la convivencia de las nuevas necesidades con la conservación del patrimonio construido.

### CTE:

En patrimonio se aplicará de manera justificada y proporcionada a las características del bien sin poner en peligro sus valores y se admiten otras soluciones que permitan el mayor grado de adecuación efectiva.



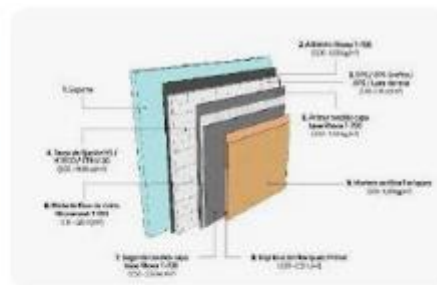
**Pinturas Blatem**  
Aislamiento SATE:...



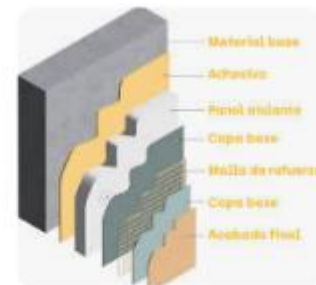
**ANFAPA**  
Definición del sistema SATE - Artículos...



**poraxa**  
Aislamiento exterior SATE | SATE...



**Caloryfrio**  
Qué es el sistema SATE y cómo se inst...



**CELO**  
Qué es el SATE?



**Grupo Cantó**  
SATE, el aislamiento térmico exterior - G...



**Ferretería VTC**  
Todo sobre el aislamiento SATE



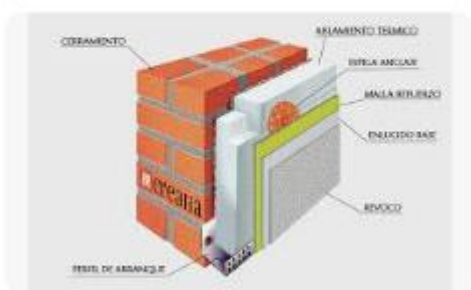
**Mayfe**  
SATE- SISTEMA DE AISLAMIENTO TÉRMICO



**Pinturas Blatem**  
SATE: el aislamiento térmico para par...



**Almadasa**  
SATE (Sistema de Aislamiento Térmico)



**Crealia Cantabria**  
Fachadas Sate | Crealia Cantabria



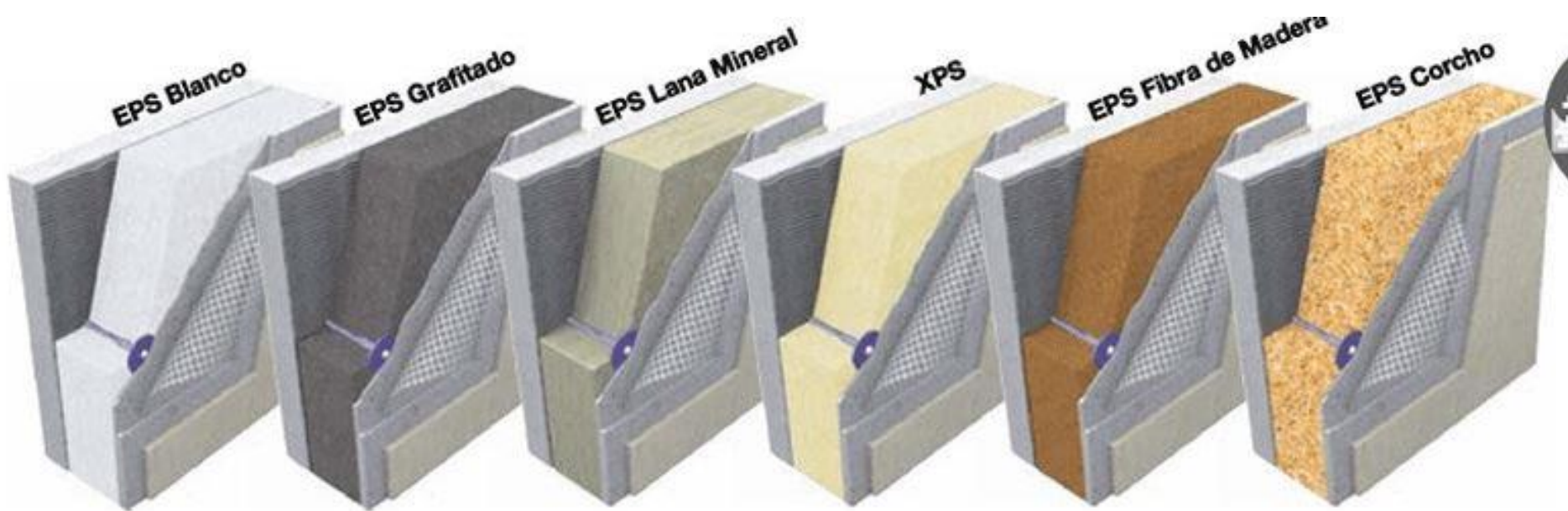
**Aislamientos PIMAT**  
Cuál es la vida útil del sistema SATE? - ...



**Catpime**  
Aislamiento Térmico SATE: Consigue la efici...



IV WORKSHOP DEL PLAN NACIONAL DE INVESTIGACIÓN EN CONSERVACIÓN



## SITUACIÓN DE PARTIDA

Tomo I: Compendio de buenas prácticas en intervenciones sobre el patrimonio histórico arquitectónico

### REHABILITACIÓN ENERGÉTICA: basado en el control de la **solución constructiva**.

- Prohibición de utilizar materiales no testados o suficientemente probados e incompatibles con las fábricas originales (permeabilidad y transpiración).
- Prohibición de utilizar sistemas de aplicación de aislamientos (como los proyectados de espuma de poliuretano) y los sistemas de fijación (excesivamente destructivos) debido a su difícil reversibilidad.
- Prohibición de utilizar grandes espesores para no alterar la dimensión y alineaciones de los elementos arquitectónicos: aleros, frentes, voladizos, cubiertas, etc.
- Definición de una correcta envolvente térmica del edificio (evitar la alteración de los miradores).

RECOMENDACIÓN: INCLUIR EL AISLAMIENTO POR EL INTERIOR mediante sistemas autoportantes que evitan fijaciones sobre las fábricas originales (informe del CPCV de 1/02/2019)





## ENFOQUE DEL TRABAJO

Servicio de Patrimonio Histórico Arquitectónico D.F.A. y Ensanche 21

ADMISIBLE para intervenciones de **RENOVACIÓN** de los **REVESTIMIENTOS DETERIORADOS** en el **EXTERIOR** de un bien cultural de **PROTECCIÓN BÁSICA** de los **CONJUNTOS MONUMENTALES** en donde se proponga un mayor nivel de aislamiento térmico (informe del Centro de Patrimonio Cultural Vasco de 27/01/2022), siempre y cuando cumpla con las siguientes **CONDICIONES**:

- 1.- Respete la integridad del bien en todos sus aspectos constructivos, arquitectónicos y ambientales.
- 2.- Aplique técnicas y materiales compatibles (físico, químico y mecánico).
- 3.- Mantenga la composición arquitectónica y conservar las decoraciones ornamentales del bien cultural.



## FABRICAS TRADICIONALES Y MATERIALES COMPATIBLES

**TIPOLOGÍA EDIFICATORIA:** Edificios de Protección Básica del Casco Medieval de Vitoria-Gasteiz

- Basamento piedra, sillería, sillarejo, mampostería, pueden en algunos casos existir o no esquinales y recercados de ventanas realizados en piedra de sillería
- Fábricas de entramado de ladrillo y madera o de ladrillo con un revestimiento de mortero de cal.
- CAPA DE SACRIFICIO, capa de mortero tradicional que recubre y protege los materiales constituyentes de la fábrica y que se renueva a medida que se va degradando para mantener esa protección.

### MATERIALES COMPATIBLES

- Solución de revestimiento compatible con el sistema constructivo y materiales originales.
- Formulación de morteros cuyo ligante sea la cal hidráulica natural y en los que el componente que sustituya al árido tradicional sea un material con propiedades de baja transmitancia térmica.





## TENEMOS QUE DESARROLLAR UN MORTERO AISLANTE DE CAL

Servicio de Patrimonio Histórico Arquitectónico D.F.A. y Ensanche 21

- 1.- Estado del Arte
- 2.- Materiales
- 3.- Proporciones
- 4.- Pruebas



IV WORKSHOP DEL PLAN NACIONAL DE INVESTIGACIÓN EN CONSERVACIÓN

## TENEMOS QUE DESARROLLAR UN MORTERO AISLANTE DE CAL

Servicio de Patrimonio Histórico Arquitectónico D.F.A. y Ensanche 21

1.- Estado del Arte

2.- Materiales

3.- Proporciones

4.- Pruebas



IV WORKSHOP DEL PLAN NACIONAL DE  
INVESTIGACIÓN EN CONSERVACIÓN

## ANÁLISIS DEL ESTADO DEL ARTE

Servicio de Patrimonio Histórico Arquitectónico D.F.A. y Ensanche 21

1.- Análisis de disponibilidad del mercado

2.- Composición

3.- Prestaciones



IV WORKSHOP DEL PLAN NACIONAL DE INVESTIGACIÓN EN CONSERVACIÓN

## ANÁLISIS DEL ESTADO DEL ARTE

Servicio de Patrimonio Histórico Arquitectónico D.F.A. y Ensanche 21

1.- Análisis de disponibilidad del mercado

2.- Composición

3.- Prestaciones



IV WORKSHOP DEL PLAN NACIONAL DE INVESTIGACIÓN EN CONSERVACIÓN



1.- Análisis de disponibilidad del mercado

2.- Composición

3.- Prestaciones

			Lime, Hydraulic,	Calcium dihydroxide	Cement portland,	Calcium carbonate	Silica	Aluminum oxide	Calcium oxide	Flue Dust
	Fab.	Mortar	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Saint Astier	NOVASKIN THERMO	0	2,5-10	25-50	2,5-10				
2	Saint Astier	NOVASKIN THERMO PLUS	0	2,5-10	10-25	2,5-10				
3	Fixit	FIXIT 222	25-50	5-10	7,5-12,5		25-50%			
4	Klimasan	KLIMASAN AE		15	4,5					
5	Diasen	DIATHONITE THERMACTIVE 037	25-50	25-50						
6	Diasen	DIATHONITE EVOLUTION	25-50	25-50						
7	Ibercal	THERMOCAL Q	20-50	10-20				2,5-10		
8	Ibercal	THERMOCAL V	20-50	10-20				0-10		
9	Kerakoll	BIOCALCE BENESSERE	10-19,9	< 1	10-19,9					< 1
10	Propamsa	PROPAM TERM 50	0%	25-50%	10-25%					
11	Baumit	NHL THERMO	50-75	10-20					5-10	
12	Baumit	THERMO PUTZ		10-20						
13	Baumit	DÄMN PUTZ		10-20	50-75					
14	Lafarge	CHAUX CHANVRE**								



1.- Análisis de disponibilidad del mercado

2.- Composición

3.- Prestaciones

			Lime, Hydraulic,	Calcium dihydroxide	Cement portland,	Calcium carbonate	Silica	Aluminum oxide	Calcium oxide	Flue Dust
	Fab.	Mortar	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Saint Astier	NOVASKIN THERMO	0	2,5-10	25-50	2,5-10				
2	Saint Astier	NOVASKIN THERMO PLUS	0	2,5-10	10-25	2,5-10				
3	Fixit	FIXIT 222	25-50	5-10	7,5-12,5		25-50%			
4	Klimasan	KLIMASAN AE		15	4,5					
5	Diasen	DIATHONITE THERMACTIVE 037	25-50	25-50						
6	Diasen	DIATHONITE EVOLUTION	25-50	25-50						
7	Ibercal	THERMOCAL Q	20-50	10-20				2,5-10		
8	Ibercal	THERMOCAL V	20-50	10-20				0-10		
9	Kerakoll	BIOCALCE BENESSERE	10-19,9	< 1	10-19,9					< 1
10	Propamsa	PROPAM TERM 50	0%	25-50%	10-25%					
11	Baumit	NHL THERMO	50-75	10-20					5-10	
12	Baumit	THERMO PUTZ		10-20						
13	Baumit	DÄMN PUTZ		10-20	50-75					
14	Lafarge	CHAUX CHANVRE**								

MORTAR PROPERTIES											
BASIC INFORMACION				HIGROTHERMAL				RESISTENCE			
			Description	Conductivity	Vapour permeability (MU)	capilarity	Hardened density	Adherence	Flexion	Comp.	Strenght class
	ORIGIN	Maker	System name	W/(mK)	(-)		(kg/m <sup>3</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	CS I-IV
1	FRANCE	Saint Astier	NOVASKIN THERMO	0,129	<15	Wc1	525,44	0,3			CS II
2	FRANCE	Saint Astier	NOVASKIN THERMO PLUS	0,0793	<15	Wc1		0,3			CS I
3	SWISS	fixit	FIXIT 222	0,028	4-5	Wc1	220				
4	GERMANY	KLIMASAN	KLIMASAN AE	0,028	5	Wc1	160	<10		0,5	CS I
5	ITALY	DIASEN	DIATHONITE THERMACTIVE 037	0,037	3	Wc1	250±15	0,15	1,0	2,8	CS III
6	ITALY	DIASEN	DIATHONITE EVOLUTION	0,045	4	Wc1	360±20	0,24	1,5	2,95	CS III
7	SPAIN	IBERCAL	THERMOCAL Q	0,044	4,2	Wc2	375	0,2-0,5	0,6	0,8	CS I
8	SPAIN	IBERCAL	THERMOCAL V	0,060	7	Wc2	376	0,2-0,5	0,4	0,7	CS I
9	ITALY	KERAKOLL	BIOCALCE BENESSERE	0,14	8	Wc1	700	>0,1		1,5-5,0	CS II
10	SPAIN	PROPAMSA	PROPAM TERM 50	0,05	<15	Wc1	270	>0,08		2,5	CS I
11	GERMANY	BAUMIT	NHL THERMO	0,075	<15	Wc0		0,08		0,5	CS I
12	GERMANY	BAUMIT	THERMO PUTZ	0,12	8	Wc1		0,08		1,5	CS II
13	GERMANY	BAUMIT	DÄMM PUTZ	0,08		Wc1		0,08		2,00	CS I
14	FRANCE	LAFARGE	CHAUX CHANVRE	NDP							

## ANÁLISIS DEL ESTADO DEL ARTE

Servicio de Patrimonio Histórico Arquitectónico D.F.A. y Ensanche 21

1.- Análisis de disponibilidad del mercado

2.- Composición

3.- Prestaciones

## MORTERO AISLANTE DE CAL

Servicio de Patrimonio Histórico Arquitectónico D.F.A. y Ensanche 21

1.- Estado del Arte

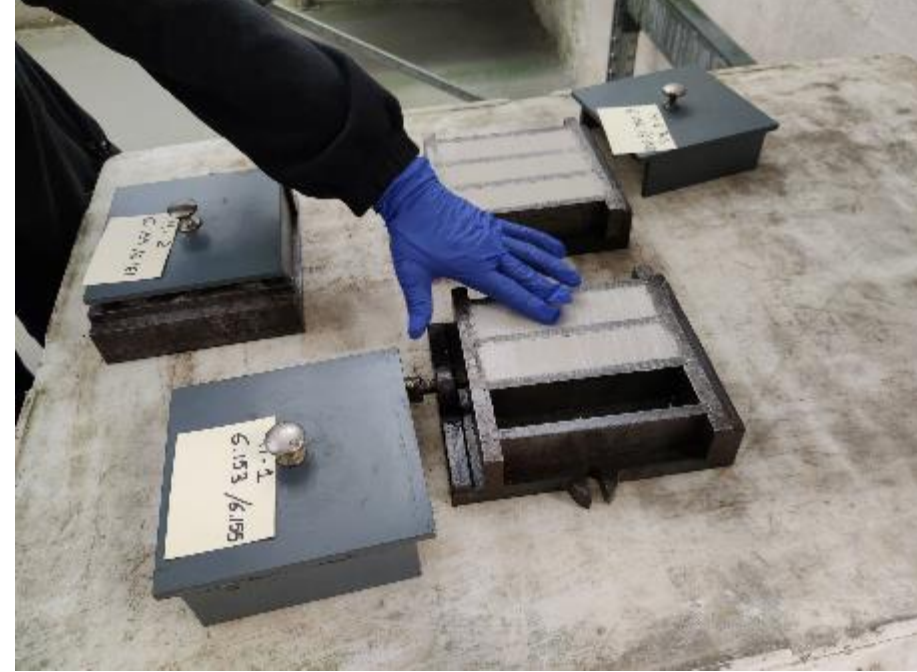
2.- Materiales

3.- Proporciones

4.- Pruebas



IV WORKSHOP DEL PLAN NACIONAL DE  
INVESTIGACIÓN EN CONSERVACIÓN



## MORTERO AISLANTE DE CAL

Servicio de Patrimonio Histórico Arquitectónico D.F.A. y Ensanche 21

- 1.- Estado del Arte
- 2.- Materiales
- 3.- Proporciones
- 4.- Pruebas

## MATERIALES Y PROPORCIONES

Servicio de Patrimonio Histórico Arquitectónico D.F.A. y Ensanche 21

- 1.- Cal Natural Hidráulica 5.0
- 2.- Agregados (Áridos).
- 3.- Aditivos



IV WORKSHOP DEL PLAN NACIONAL DE  
INVESTIGACIÓN EN CONSERVACIÓN



## MATERIALES Y PROPORCIONES

Servicio de Patrimonio Histórico Arquitectónico D.F.A. y Ensanche 21

### 1.- Cal Natural Hidráulica 5.0

- Es un conglomerante producido por la calcinación de rocas calizas
- Se lleva usando desde hace más de 14.000 años
- Hay diversos tipos,
  - Para la investigación usaremos cal hidráulica natural (NHL)
- Algunas ventajas:
  - Fraguado hidráulico (fragua con el agua de amasado)
  - Capacidad estructural
  - Transpirabilidad (ayuda a eliminar el vapor de agua)
  - Compatibilidad con las fachadas históricas (se ha usado siempre)
  - Protección frente a la intemperie
  - Carbonatación (absorbe CO2 del aire y lo fija)

## MATERIALES Y PROPORCIONES

Servicio de Patrimonio Histórico Arquitectónico D.F.A. y Ensanche 21

### 2.- Agregados (ligeros):

- Compatibles con el patrimonio
- Inertes
- Salubres, relativamente seguro (no carcinógeno ni mutagénico al ser silicio amorfo)
- Aportar ligereza > Reducir consumo de Cal
- No reducir la resistencia estructural
- No impedir la transpirabilidad
- No combustible y estable a altas temperaturas



## MATERIALES Y PROPORCIONES

Servicio de Patrimonio Histórico Arquitectónico D.F.A. y Ensanche 21

### 2.- Agregados ligeros:

- **Aerogel:**
  - El aerogel es un gel en el que el líquido es desplazado por un gas.
  - Para construcción, a partir de Sílice.
  - Consigue una densidad y conductividad térmica extremadamente bajas
- **Vidrio expandido**
  - Esferas de vidrio celular o huecas de dimensiones controladas.
  - Consigue una densidad y resistencia estructural razonable

## MATERIALES Y PROPORCIONES

Servicio de Patrimonio Histórico Arquitectónico D.F.A. y Ensanche 21

### 3.- Aditivos

- (Relacionados con la química del cemento)
- Dependen de la función que busquemos:
  - Aireantes
  - Desaireantes
  - Plastificantes
  - Fludificantes
  - Emulsionantes
  - Reductores de agua
  - Elastificantes
  - Mejora de prestaciones mecánicas
  - Otras funciones como fotocatalíticos, inercia térmica



## MORTERO AISLANTE DE CAL

Servicio de Patrimonio Histórico Arquitectónico D.F.A. y Ensanche 21

- 1.- Estado del Arte
- 2.- Materiales
- 3.- Proporciones.
- 4.- Pruebas



IV WORKSHOP DEL PLAN NACIONAL DE  
INVESTIGACIÓN EN CONSERVACIÓN

## PROPORCIONES Y DOSIFICACIÓN

Servicio de Patrimonio Histórico Arquitectónico D.F.A. y Ensanche 21

### Objetivo:

- Simplificar la composición
- Obtener ligereza
- Mantener prestaciones razonables
- Adecuar trabajabilidad
- Durabilidad y resistencia

### Trabajo de desarrollo



IV WORKSHOP DEL PLAN NACIONAL DE INVESTIGACIÓN EN CONSERVACIÓN



## PROPORCIONES

Servicio de Patrimonio Histórico Arquitectónico D.F.A. y Ensanche 21

## MORTERO AISLANTE DE CAL

Servicio de Patrimonio Histórico Arquitectónico D.F.A. y Ensanche 21

- 1.- Estado del Arte
- 2.- Materiales
- 3.- Proporciones.
- 4.- Pruebas



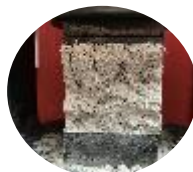
IV WORKSHOP DEL PLAN NACIONAL DE INVESTIGACIÓN EN CONSERVACIÓN

Nuevas formulaciones en los morteros de cal para la mejora del aislamiento térmico  
en el Patrimonio Histórico Arquitectónico  
**ENSAYOS DE LABORATORIO**

El objetivo de las tandas de ensayos es encontrar la composición más idónea para la obtención de un mortero de sacrificio de cal hidráulica natural aditivado con aerogel y/o esferas de vidrio, que sea eficiente térmicamente



Consistencia del mortero UNE EN 1015-3



Resistencia a compresión uniaxial UNE EN 1926



Permeabilidad al vapor de agua UNE EN 15803



Densidad aparente, porosidad abierta y absorción UNE EN 1936



Coefficiente de absorción de agua por capilaridad UNE EN 15804



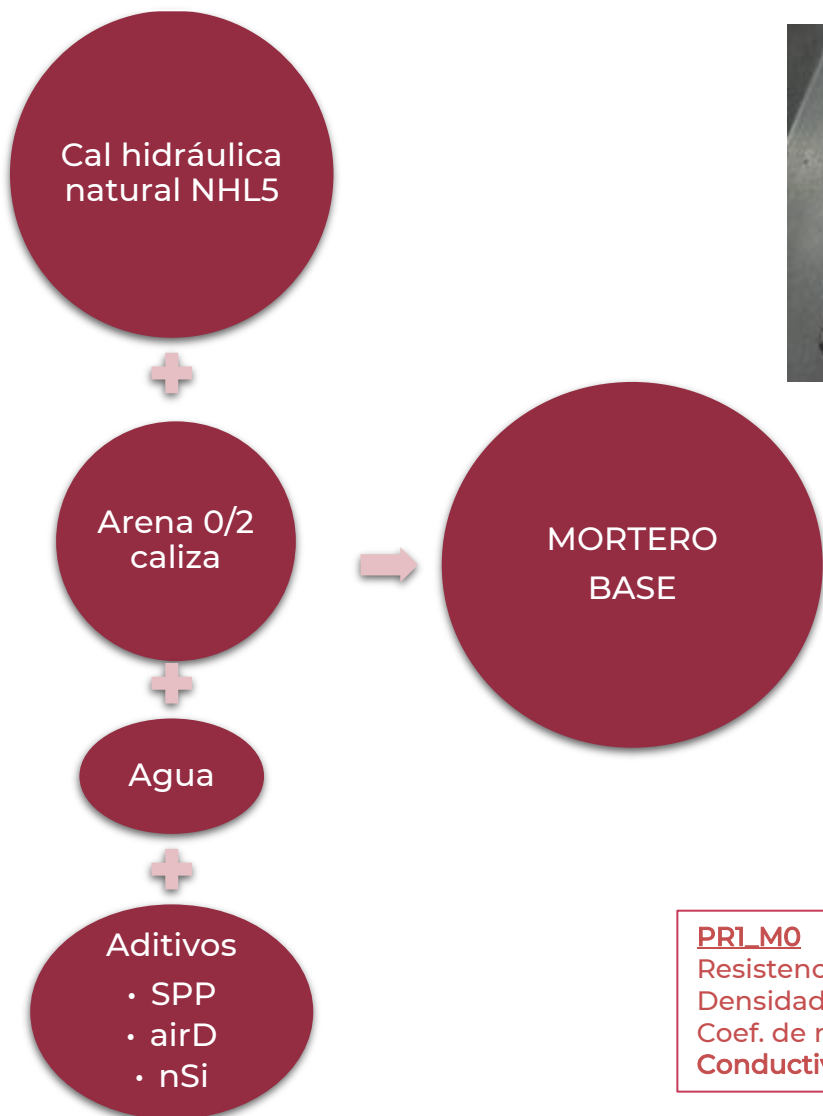
Conductividad térmica UNE EN 2664

## RESULTADOS OBJETIVO A CONSEGUIR:

- Conductividad térmica  $\lambda$  0,08 W/mK
- Intervalo de resistencia a compresión a 28 días 0,5-2,5 N/mm<sup>2</sup>
- Coef. de resistencia difusión del vapor de agua  $\mu$  <10
- Densidad aparente 420 Kg/m<sup>3</sup>

## ¿CÓMO CONSEGUIRLOS?

- Introducción de nuevos materiales
- Variaciones en la dosificación
- Introducción de aditivos



**PRI\_M0**

Resistencia compresión	28 días	7,5 N/mm <sup>2</sup>
Densidad aparente		1.752 Kg/m <sup>3</sup>
Coef. de resistencia a difusión del vapor de agua $\mu$		19,46
Conductividad térmica $\lambda$		0,86 W/mK

Cal hidráulica natural NHL5



Aerogel



Agua

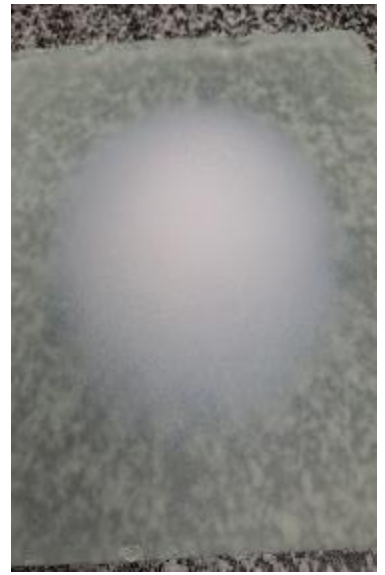


Aditivos

- SPP
- airD
- nSi



MORTERO AEROGEL



<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>M01_A, M01_B, M01_C (P100, P200, P250F sin aditivos)</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistencia compresión 28 días</li> <li>• Densidad aparente</li> <li>• Coef. de resistencia a difusión del vapor de agua <math>\mu</math></li> <li>• <b>Conductividad térmica <math>\lambda</math></b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1,1-2,3 N/mm<sup>2</sup></li> <li>642-666 Kg/m<sup>3</sup></li> <li>9,1-10,5</li> <li>no realizado</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>M02_A, M02_B, M02_C (P100, P200, P250F con SPP y AirD)</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistencia compresión 28 días</li> <li>• Densidad aparente</li> <li>• Coef. de resistencia a difusión del vapor de agua <math>\mu</math></li> <li>• <b>Conductividad térmica <math>\lambda</math>, después de 365 días</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1,7-2,4 N/mm<sup>2</sup></li> <li>629- 636 Kg/m<sup>3</sup></li> <li>8,6-9,6</li> <li>0,11 W/mK</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>M03_A, M03_B, M03_C (P100, P200, P250 con SPP y mSi)</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistencia compresión 28 días</li> <li>• Densidad aparente</li> <li>• Coef. de resistencia a difusión del vapor de agua <math>\mu</math></li> <li>• <b>Conductividad térmica <math>\lambda</math>, después de 365 días</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1,1-1,9 N/mm<sup>2</sup></li> <li>620-699 Kg/m<sup>3</sup></li> <li>8,8-10,5</li> <li>0,11 W/mK</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>M04_A, M04_B, M04_C (P100, P200, P250 con SPP y resina)</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistencia compresión 28 días</li> <li>• Densidad aparente</li> <li>• Coef. de resistencia a difusión del vapor de agua <math>\mu</math></li> <li>• <b>Conductividad térmica <math>\lambda</math>, después de 365 días</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>0,6-1,2 N/mm<sup>2</sup></li> <li>642-666 Kg/m<sup>3</sup></li> <li>9,1-10,5</li> <li>0,11 W/mK</li> </ul>

Mortero base cal hidráulica natural NHL5 y arena 0/2 caliza (1:3) aditivado (SPP, airD, nSi)

• **PRI\_M0**

- Resistencia compresión 28 días 7,5 N/mm<sup>2</sup>
- Densidad aparente 1.752 Kg/m<sup>3</sup>
- Coef.de resistencia a difusión del vapor de agua  $\mu$  19,46
- Conductividad térmica  $\lambda$  0,86 W/mK

Mortero de cal hidráulica natural NHL5 con aerogeles (P100,P150,P200,IC3 T10) aditivado (SPP, airD, nSi)

• **PRI\_M1, PRI\_M2, PRI\_M3, PRI\_M4**

- Resistencia compresión 28 días 0,6-2,3 N/mm<sup>2</sup>
- Densidad seca en rotura 666-502 Kg/m<sup>3</sup>
- Coef. de resistencia a difusión del vapor de agua  $\mu$  --
- Conductividad térmica  $\lambda$  --

1ª TANDA DE ENSAYOS

Mortero de cal hidráulica natural NHL5 y arena 0/2 caliza (1:3)  
aditivado (SPP, AirD, mSi, Resina)

• MO1\_Z, MO2\_Z, MO3\_Z, MO4\_Z

- Resistencia compresión 28 días
- Densidad seca en rotura
- Densidad aparente
- Coef. de resistencia a difusión del vapor de agua  $\mu$
- Coef. de absorción de agua por capilaridad
- **Conductividad térmica  $\lambda$**

7,6-37,3 N/mm<sup>2</sup>  
1.610-2.070 Kg/m<sup>3</sup>  
1.680-2.130 Kg/m<sup>3</sup>  
21-160  
1,42-20,66 kg/m<sup>2</sup>  
no realizado

Mortero de cal hidráulica natural NHL5 con aerogeles (P100, P200, P250F)  
aditivado (SPP, AirD, mSi, Resina)

• MO1\_A, MO1\_B, MO1\_C (P100, P200, P250F sin aditivos)

- Resistencia compresión 28 días
- Densidad aparente
- Coef. de resistencia a difusión del vapor de agua  $\mu$
- **Conductividad térmica  $\lambda$**

1,1-2,3 N/mm<sup>2</sup>  
642-666 Kg/m<sup>3</sup>  
9,1-10,5  
--

• MO2\_A, MO2\_B, MO2\_C (P100, P200, P250F con SPP y AirD)

- Resistencia compresión 28 días
- Densidad aparente
- Coef. de resistencia a difusión del vapor de agua  $\mu$
- **Conductividad térmica  $\lambda$ , después de 365 días**

1,7-2,4 N/mm<sup>2</sup>  
629- 636 Kg/m<sup>3</sup>  
8,6-9,6  
0,11 W/mK

• MO3\_A, MO3\_B, MO3\_C (P100, P200, P250 con SPP y mSi)

- Resistencia compresión 28 días
- Densidad aparente
- Coef. de resistencia a difusión del vapor de agua  $\mu$
- **Conductividad térmica  $\lambda$ , después de 365 días**

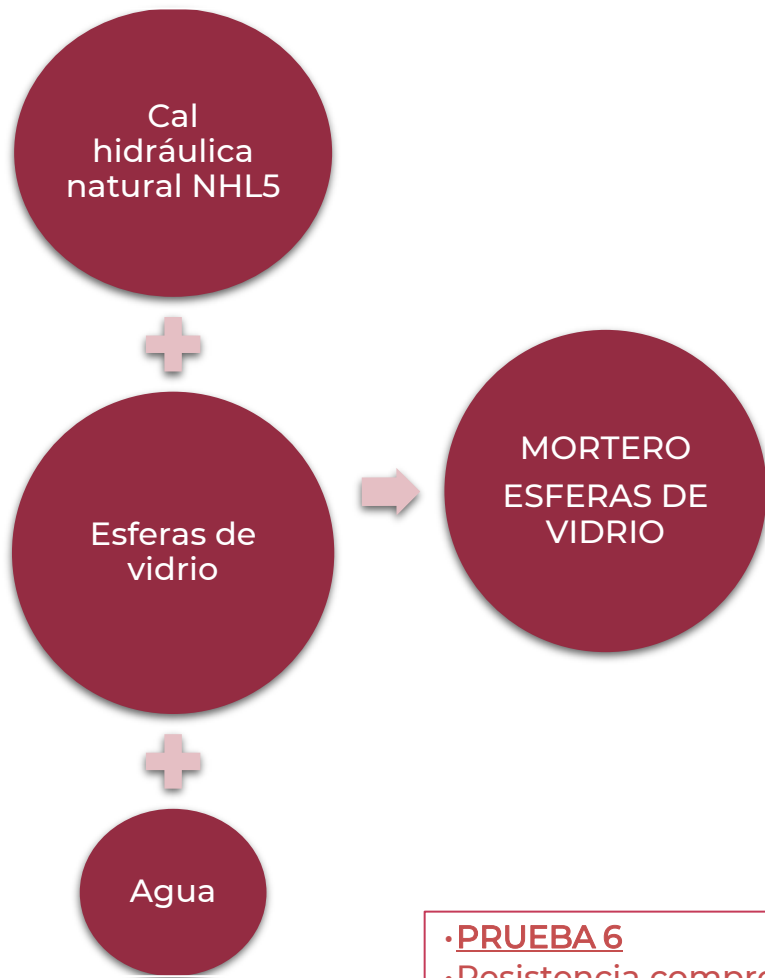
1,1-1,9 N/mm<sup>2</sup>  
620-699 Kg/m<sup>3</sup>  
8,8-10,5  
0,11 W/mK

• MO4\_A, MO4\_B, MO4\_C (P100, P200, P250 con SPP y resina)

- Resistencia compresión 28 días
- Densidad aparente
- Coef. de resistencia a difusión del vapor de agua  $\mu$
- **Conductividad térmica  $\lambda$ , después de 365 días**

0,6-1,2 N/mm<sup>2</sup>  
642-666 Kg/m<sup>3</sup>  
9,1-10,5  
0,11 W/mK

2ª TANDA DE ENSAYOS



• <b>PRUEBA 6</b>		
• Resistencia compresión	28 días	0,9 N/mm <sup>2</sup>
• Densidad aparente		494 Kg/m <sup>3</sup>
• Coef. de resistencia a difusión del vapor de agua $\mu$		10,4
• Conductividad térmica		--



**•PRUEBA 6'''**

- Resistencia compresión 28 días
- Densidad aparente
- Coef. de resistencia a difusión del vapor de agua  $\mu$
- Conductividad térmica

1,7 N/mm<sup>2</sup>  
 500 Kg/m<sup>3</sup>  
 9,9  
 --

Mortero cal hidraulica natural  
con esferas de vidrio y sin  
aditivos

poraver (2-4) mm

poraver (1-2) mm

poraver (0,5-1) mm

poraspheres (180-300)  $\mu$

### 3ª TANDA DE ENSAYOS

#### • PRUEBA 2

- Resistencia compresión 28 días
- Densidad aparente
- Coef. de resistencia a difusión del vapor de agua  $\mu$

2,5 N/mm<sup>2</sup>  
611 Kg/m<sup>3</sup>  
14,3

#### • Conductividad térmica

--

#### • PRUEBA 3

- Resistencia compresión 28 días
- Densidad aparente
- Coef. de resistencia a difusión del vapor de agua  $\mu$

4,1 N/mm<sup>2</sup>  
670 Kg/m<sup>3</sup>  
20,2

#### • Conductividad térmica

--

#### • PRUEBA 4

- Resistencia compresión 28 días
- Densidad aparente
- Coef. de resistencia a difusión del vapor de agua  $\mu$

2,2 N/mm<sup>2</sup>  
617 Kg/m<sup>3</sup>  
13,00

#### • Conductividad térmica

--

#### • PRUEBA 5

- Resistencia compresión 28 días
- Densidad aparente
- Coef. de resistencia a difusión del vapor de agua  $\mu$

1,4 N/mm<sup>2</sup>  
560 Kg/m<sup>3</sup>  
11,6

#### • Conductividad térmica

--

#### • PRUEBA 6

- Resistencia compresión 28 días
- Densidad aparente
- Coef. de resistencia a difusión del vapor de agua  $\mu$

0,9 N/mm<sup>2</sup>  
495 Kg/m<sup>3</sup>  
10,4

#### • Conductividad térmica

--

Mortero cal hidraulica natural con  
esferas de vidrio y aerogel y sin  
aditivos

poraver (2-4) mm

poraver (1-2) mm

poraspheres (180-300)  $\mu$

aerogel P100

aerogel P200

### 4ª TANDA DE ENSAYOS

#### • PRUEBA 6'

- Resistencia compresión 28 días
- Densidad aparente
- Coef. de resistencia a difusión del vapor de agua  $\mu$

1,8 N/mm<sup>2</sup>  
469 Kg/m<sup>3</sup>  
10,9

#### • Conductividad térmica

--

#### • PRUEBA 6''

- Resistencia compresión 28 días
- Densidad aparente
- Coef. de resistencia a difusión del vapor de agua  $\mu$

1,6 N/mm<sup>2</sup>  
549 Kg/m<sup>3</sup>  
12,2

#### • Conductividad térmica

--

#### • PRUEBA 6'''

- Resistencia compresión 28 días
- Densidad aparente
- Coef. de resistencia a difusión del vapor de agua  $\mu$

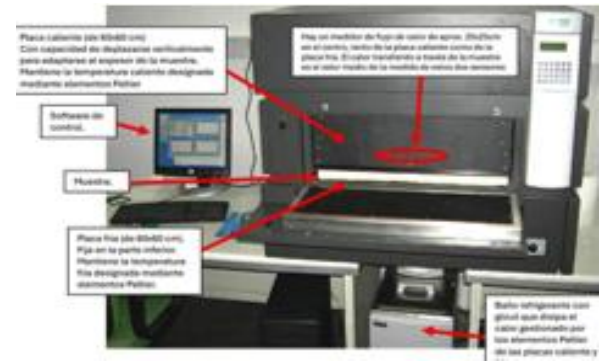
1,7 N/mm<sup>2</sup>  
500 Kg/m<sup>3</sup>  
9,9

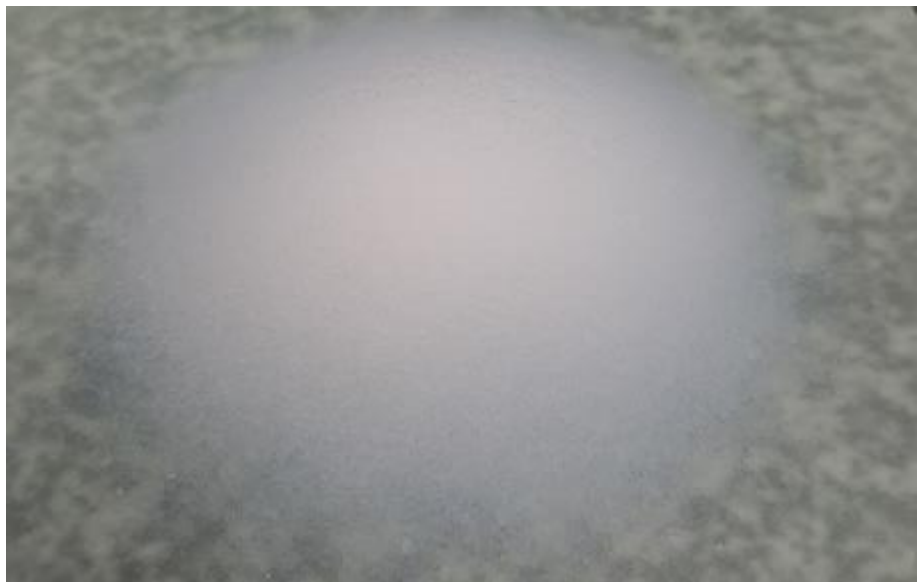
#### • Conductividad térmica

--









se continuará...

Muchas gracias!!!