



UNIVERSIDAD DE OVIEDO

**Máster Universitario en
Ciencia y Tecnología de
Materiales**

**CARACTERIZACIÓN DE
FIJACIONES PARA SISTEMAS DE
AISLAMIENTO TÉRMICO POR EL
EXTERIOR EN EDIFICIOS.**

Iván Rodríguez Canseco

Director: Dr. Jose Florentino Álvarez Antolín



**ESCUELA DE INGENIERÍA DE MINAS, ENERGÍA Y MATERIALES,
UNIVERSIDAD DE OVIEDO.**

20 de Julio de 2016

**CARACTERIZACIÓN
DE FIJACIONES
PARA SISTEMAS DE
AISLAMIENTO
TÉRMICO POR EL
EXTERIOR EN
EDIFICIOS**

INDICE DE CONTENIDOS

1	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	PROBLEMÁTICA ENERGÉTICA.....	1
1.2	¿QUÉ ES EL SATE?	3
1.3	VENTAJAS DE LOS SISTEMAS SATE	6
1.4	EL SISTEMA SATE FRENTE A CARGAS DE VIENTO	7
2	PARTE EXPERIMENTAL.....	9
2.1	DESCIPCIÓN DE LOS ENSAYOS	9
2.2	DISPLACEMENT TEST.....	9
2.3	STATIC FOAM BLOCK TEST	12
2.4	PULL-THROUGH TESTS OF FIXINGS	13
2.5	MATERIALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS	14
2.6	EL VIENTO SOBRE CERRAMIENTOS DE EDIFICIOS	18
2.6.1	PRESIÓN DINÁMICA DEL VIENTO	19
2.6.2	COEFICIENTE DE EXPOSICIÓN	20
2.6.3	COEFICIENTE DE PRESIÓN	21
2.6.4	SUCCIÓN DE VIENTO RESULTANTE	22
3	RESULTADOS.....	23
3.1	DISPLACEMENT TEST	23
3.2	STATIC FOAM BLOCK TEST	25
3.3	PULL-THROUGH TESTS OF FIXINGS	27

3.4	RESISTENCIA DE LAS FIJACIONES FRENTE AL VIENTO.....	29
4	CONCLUSIONES.....	31
5	BIBLIOGRAFÍA.....	32
6	ENLACES DE INTERÉS.....	33
	ANEXO	34
1	CARACTERÍSTICAS DE LA MÁQUINA DE ENSAYO.....	35

1 INTRODUCCIÓN

Por parte de la empresa URSA Ibérica Aislantes S.A. se inicia un estudio detallado de sus sistemas de aislamiento de edificios y para ello se ponen en contacto con la Universidad de Oviedo.

Los sistemas de aislamiento térmico son fundamentales para la construcción moderna de edificios energéticamente sostenibles.

1.1 PROBLEMÁTICA ENERGÉTICA

Las emisiones producidas por los combustibles fósiles, utilizados para satisfacer la creciente demanda de energía a nivel global, están llevando a un peligroso cambio climático en el planeta. Los científicos nos advierten de que las temperaturas globales podrían aumentar en este siglo, de un mínimo de 1,3° C a un máximo de 4,3° C, en el caso de que los objetivos de controlar las emisiones de contaminación se retrasen.

Las consecuencias de un calentamiento global (desertificación, emigraciones masivas de personas, erosión de las costas, etc.) son alarmantes y podrían ser catastróficas. Las autoridades internacionales más importantes han adoptado importantes y significativas medidas:

- Las Naciones Unidas, con una postura influenciada, ha instado a cada Gobierno del mundo a asumir responsabilidades;
- En Bangkok, representantes de 120 países han acordado un documento de estrategias para los gobernantes para limitar el calentamiento global;
- La Unión Europea insta a sus Estados Miembros, antes del 2020, a reducir los gases de efecto invernadero un 20% por debajo de los niveles de 1990; a aumentar un 20% la

explotación de energías renovables; a adoptar medidas para obtener un ahorro energético de un 20% con respecto a los niveles de consumo actuales.

Es urgente intervenir para alcanzar un nuevo nivel que esté en armonía con el medio ambiente y el respeto de los derechos de las generaciones futuras. Es necesario modificar y reducir el consumo de energía:

- Por una razón ética así como social: En la actualidad, el 28% de la población mundial consume un 77% de la energía total producida, en tanto que el otro 72% vive sólo con el 23% restante.
- Por una razón de estrategia: Europa depende de los países no comunitarios (algunos de ellos extremadamente inestables) para satisfacer sus necesidades de carburantes fósiles y sin embargo no siempre hay certeza ni seguridad en el suministro.
- Por una razón económica: El coste anual de la factura de energía es en este momento uno de los problemas más importantes de los hogares.

Es necesario empezar una nueva revolución energética, para obtener de las fuentes de energía renovables (sol, viento, agua, etc.) la mayoría de la energía necesaria para que la población mundial viva y se desarrolle. Es un objetivo a perseguir con resolución a través de un fuerte impulso de investigación, sostenido por una inversión significativa y consistente en políticas de energía tanto a niveles nacionales como internacionales.

Sin embargo, será un largo camino: desgraciadamente no va a ser pronto cuando la energía producida por fuentes renovables llegue a asegurar los niveles de consumo de los países occidentales y el desarrollo de los países subdesarrollados.

En décadas futuras, las medidas en eficiencia energética pueden traer mayores ventajas con menores costes.

Con algunas pequeñas intervenciones, en casas y otros edificios civiles, es posible ahorrar hasta un 20-25% de energía, manteniendo las mismas condiciones de confort.

1.2 ¿QUÉ ES EL SATE?

Se entiende como sistema SATE un sistema compuesto de aislamiento por el exterior (SATE-ETICS) que se suministra como conjunto (kit) y se utiliza para el aislamiento térmico de edificios. Estos sistemas deben tener como mínimo un valor de resistencia térmica igual o superior a $1 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$, como se indica en la guía ETAG 004 y en las normas UNE-EN 13499 y 13500. Se utilizan tanto en nueva construcción como en rehabilitación de edificios.

Los sistemas SATE se pueden clasificar en función del tipo de fijación, material aislante utilizado, por aplicación y por tipos de acabado. Es especialmente importante respetar la concepción del SATE como un sistema integral de fachadas. Ello supone que cada componente forma parte del conjunto, asegurando la compatibilidad del sistema y el mejor resultado. Todos los componentes de un SATE deben estar concebidos y ensayados de forma conjunta para el uso que se va a dar al sistema. Esto debe respetarse desde la prescripción hasta el servicio postventa, pasando por el suministro y aplicación.

A nivel europeo se está trabajando en la elaboración de una norma armonizada que especificará los requisitos de los sistemas SATE e incorporará en un futuro la obligatoriedad del marcado CE de los mismos.

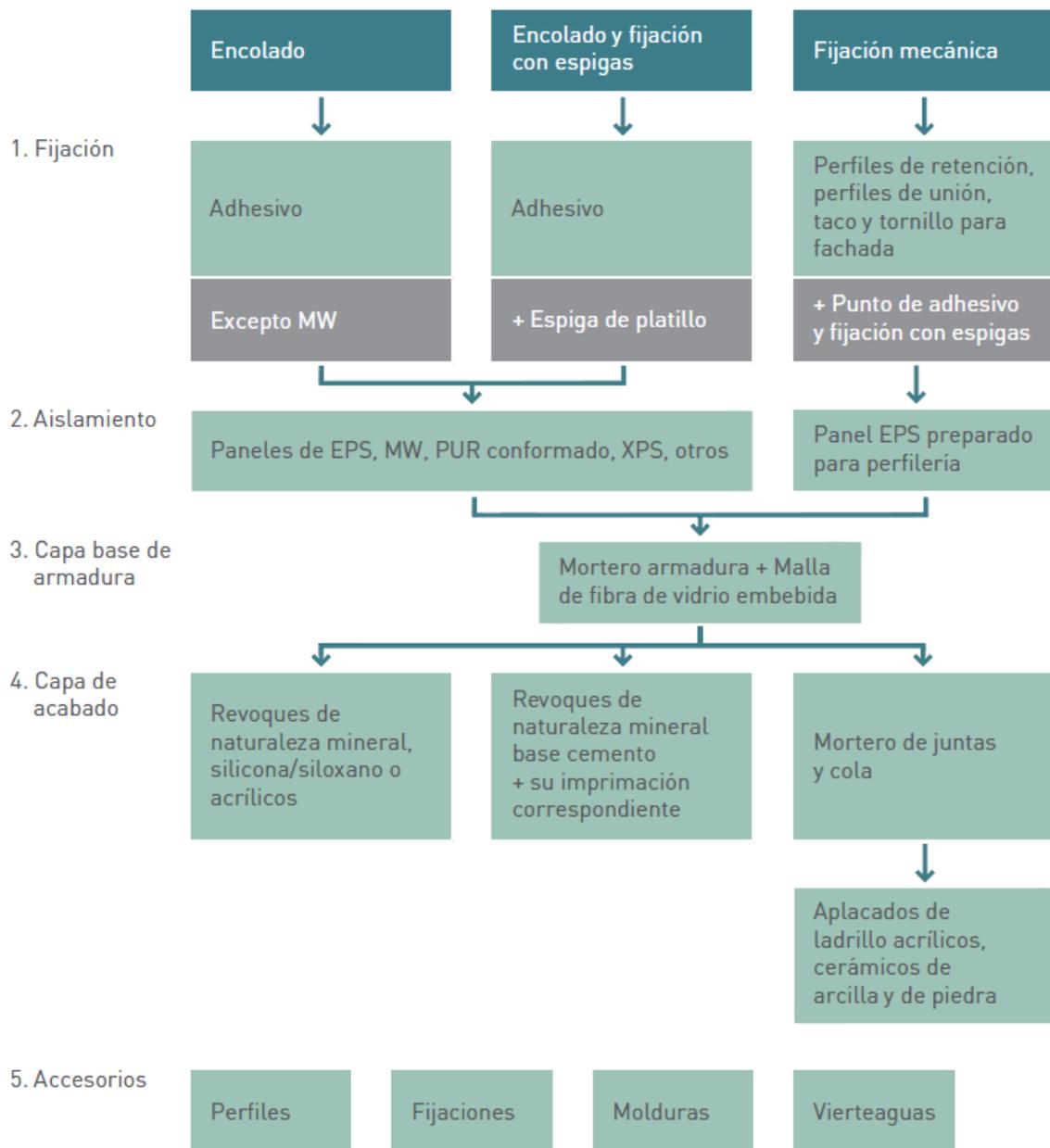


Ilustración 1: Esquema general de un sistema SATE

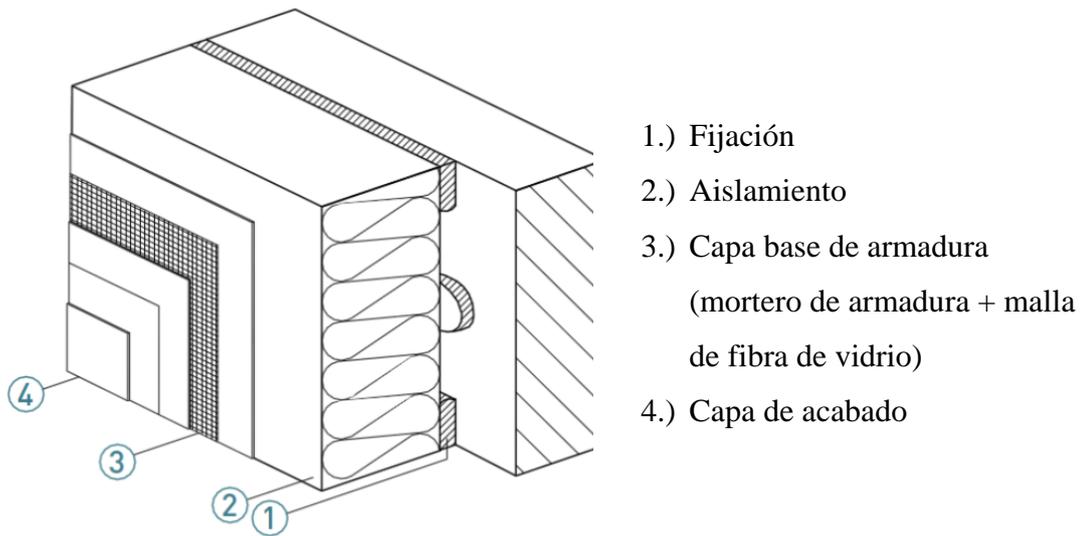


Ilustración 2: Composición del aislamiento

Las características mínimas exigidas a los sistemas SATE y la valoración de su idoneidad para el uso previsto se especifican en los requisitos del “ETA Guidance No. 004” referente a los sistemas de aislamiento térmico por el exterior.

El Documento de Idoneidad Técnica Europeo, en adelante DITE, se concede como resultado de la evaluación técnica realizada en base a una Guía de la EOTA (European Organisation for Technical Approvals), o bien en base a un Procedimiento consensuado de evaluación (Common Understanding Assessment Procedure). Esta evaluación se circunscribe únicamente al cumplimiento de los requisitos esenciales establecidos en la Directiva de Productos de Construcción DPC 83/106.

Los DITE basados en la guía ETAG 004, en vigor desde el 31 de mayo del 2003, tienen un período de validez de cinco años y su ámbito es europeo.

Actualmente se está elaborando a nivel europeo una norma armonizada para el Mercado CE de los sistemas SATE cuyos requisitos serán de obligado cumplimiento.

1.3 VENTAJAS DE LOS SISTEMAS SATE

El parque edificatorio existente del país tiene más de 23 millones de viviendas que están consumiendo energía innecesariamente, ya que son susceptibles de rehabilitación térmica. Aprovechar un lavado de cara del edificio así como cualquier mejora en la fachada supone la mejor ocasión para incorporar un sistema SATE. Las principales ventajas de mejora de la eficiencia energética de la envolvente a través de la rehabilitación de la fachada mediante la solución de un sistema SATE pueden ser, entre otras:

- Reduce la factura energética de cada usuario ya que la incorporación de sistemas compuestos de aislamiento térmico por el exterior en la rehabilitación de edificios consigue ahorros netos de energía próximos al 30% y se estima que la inversión realizada para la instalación del sistema se amortiza de media en los cinco años siguientes.
- Mejora el confort térmico, a igualdad de consumo y bienestar para el usuario.
- Ayuda a la reducción de emisiones de CO₂, contribuyendo a la reducción del efecto invernadero y a la conservación del medio ambiente.
- Permite a los usuarios seguir viviendo en sus viviendas durante la incorporación de un sistema SATE en sus fachadas.
- Se reducen los puentes térmicos en la fachada, las posibles condensaciones no deseadas y aquellas patologías ligadas a las mismas.
- Se revaloriza económicamente el inmueble, mucho más que la simple restitución de la fachada.
- Esta rehabilitación no reduce el espacio habitable interior de las viviendas.
- Pueden alcanzarse mejoras en el comportamiento acústico.

- Se reduce el riesgo de condensaciones intersticiales, ya que los sistemas SATE correctamente instalados son impermeables al agua y permeables al vapor de agua.
- Mantiene la envoltura exterior y la estructura del edificio en condiciones termohigrométricas estables, contribuyendo al mantenimiento de los materiales de construcción a lo largo del tiempo e impidiendo la degradación causada por las oscilaciones de temperatura: grietas, fisuras, infiltraciones de agua, fenómenos de disgregación, manchas, mohos y la impregnación de la masa mural.
- Excluye la necesidad de eliminar el enfoscado viejo, excepto cuando existan riesgos de desprendimiento.
- Esta rehabilitación puede ser aprovechada para recuperar la uniformidad de estética de las fachadas de un bloque de edificios o barrios enteros.
- Ayuda al cumplimiento del Código Técnico de la Edificación en edificios existentes siempre que se incorpore un espesor adecuado de aislamiento en la fachada.
- Esta rehabilitación perdura con el tiempo, teniendo una vida útil de más de 20 años, pudiendo considerarse un argumento positivo en caso de alquiler o venta.

1.4 EL SISTEMA SATE FRENTE A CARGAS DE VIENTO

Uno de los propósitos de este trabajo es el análisis de la resistencia de los sistemas SATE frente a las cargas de viento. Para ello, en un primer lugar es necesario evaluar la magnitud de las presiones de viento que pudieran actuar sobre un SATE.



Para establecer los criterios que definan las acciones de viento se considerarán únicamente las definidas en el CTE (Código Técnico de la Edificación).

El Código Técnico de la Edificación (CTE) es el marco normativo que establece las exigencias que deben cumplir los edificios en relación con los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad establecidos en la Ley 38/1999 de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación (LOE).

Una vez obtenidas las cargas a aplicar sobre estos sistemas de aislamiento se procederá a compararlas con los resultados obtenidos de los ensayos representativos realizados.

2 PARTE EXPERIMENTAL

2.1 DESCRIPCIÓN DE LOS ENSAYOS

Tomando como referencia la Guía Europea para la idoneidad Técnica de Sistemas Compuestos para el Aislamiento Térmico por el Exterior, EOTA-ETAG 004, se incluyen a continuación los resultados para 3 tipos de ensayos diferentes:

- “Displacement test”, descrito en el apartado 5.1.4.2.1 de dicha guía
- “Static foam block test”, descrito en el apartado 5.1.4.3.2
- “Pull through tests of fixings”, descrito en el apartado 5.1.4.3.1

Además para conocer con más detalle el comportamiento de estos materiales a lo largo de su vida útil, se realizarán algunos de los ensayos con piezas sometidas a un proceso de envejecido. De esta forma se pueden comparar los resultados de probetas envejecidas con probetas normales de aislante.

El envejecido de las probetas se realiza bajo las siguientes condiciones:

- Temperatura = 50°C
- Humedad relativa = 90%
- Tiempo = 7 días

2.2 DISPLACEMENT TEST

Este ensayo se realiza con el aislante más fino de los previstos. Se usará una plancha de hormigón de 0.5x0.5 metros, con un espesor de unos 100 mm y con una preparación con la que se obtenga una superficie lisa a la que se añade una fina capa de arena para permitir el

deslizamiento del panel. Tres (2+2/2) paneles de aislante se aplican sobre la plancha de hormigón con una junta plana según se muestra en la

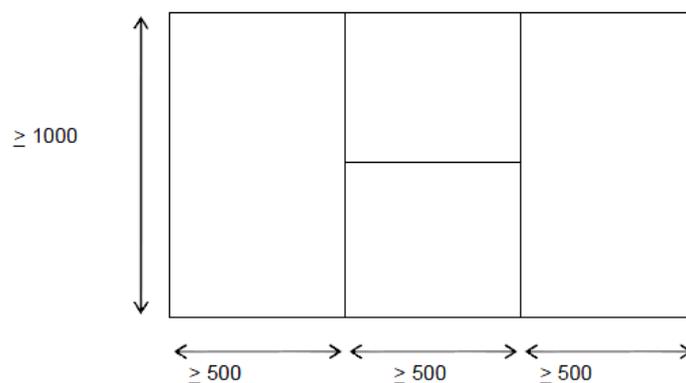
Ilustración 3, anclando el conjunto con el menor número de fijaciones en función a las instrucciones del aplicador.

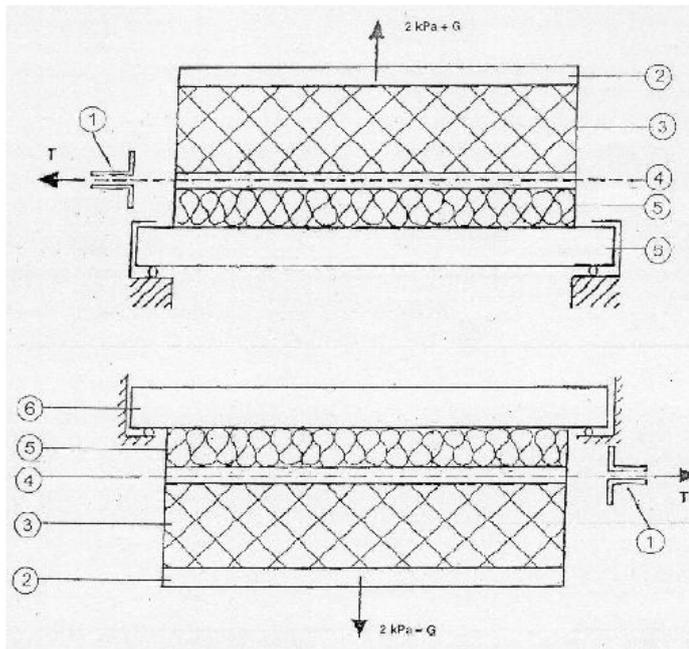
La base de revestimiento reforzado se aplica entonces sobre el aislante de acuerdo a las especificaciones del fabricante. Este refuerzo debe sobresalir en todos los lados de la plancha de hormigón unos 300 mm y se debe de dejar secar unos 28 días a $(23 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ y $(50 \pm 5)\%$ de humedad relativa.

Antes de realizar el ensayo, el bloque de espuma se une al enfoscado y las partes finales del refuerzo que sobresalen se unen a las mordazas en toda su longitud.

Una fuerza de succión de viento simulada de 2 kN/m^2 se aplica sobre el ETICS a través de un panel de madera o cualquier otro panel rígido.

De forma simultánea, una fuerza perpendicular a la anterior se aplica a través de las mordazas y el refuerzo. A una velocidad de deformación de 1 mm/min , se miden los desplazamientos relativos con respecto a la plancha de hormigón y la carga resultante.





- 1 – MORDAZAS
- 2 – PANEL DE MADERA
- 3 – BLOQUE DE ESPUMA
- 4 - REFUERZO
- 5 – AISLANTE FINO
- 6 – PLANCHA DE HORMIGÓN

Ilustración 3: Criterio para la preparación de la muestra

Posteriormente se obtiene la curva carga/desplazamiento hasta que se produzca el fallo del compuesto.

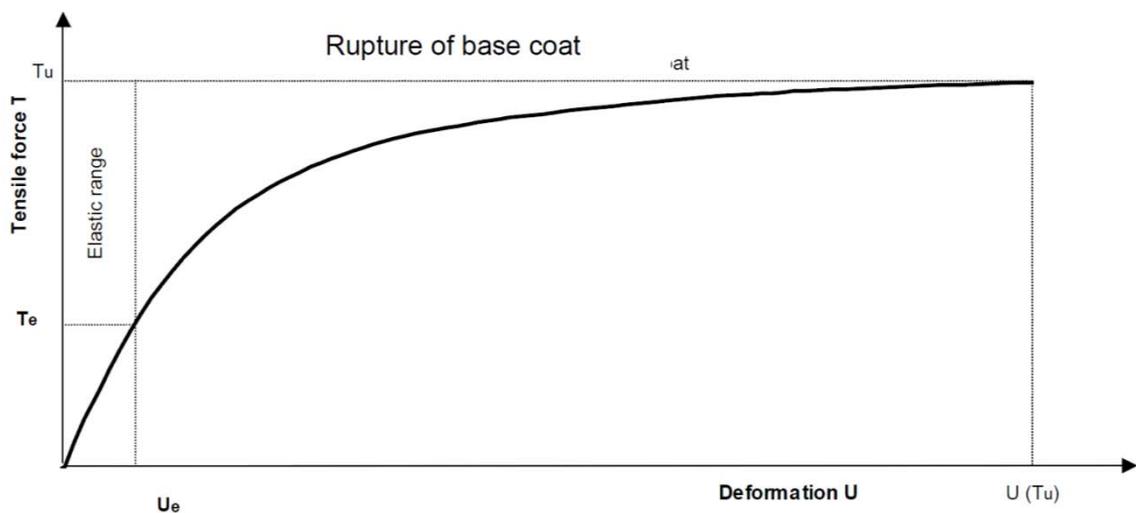


Ilustración 4: Curva Fuerza / Desplazamiento

La longitud “L” de la pared o la distancia entre juntas de dilatación se calculan usando la siguiente ecuación:

$$L = \frac{U_E}{\varepsilon_S + \alpha_{th} \cdot \Delta T}$$

Ue – Límite elástico

ε_S – Contracción (ver apartado C.4.1.2 del documento ETAG-004)

α_{th} – Coeficiente de dilatación térmica

ΔT – Incremento de temperatura

2.3 STATIC FOAM BLOCK TEST

Se trata de un ensayo en donde el sistema de aislamiento térmico se encuentra aplicado sobre la plancha de hormigón sin ningún tipo de adhesivo.

Las dimensiones para realizar el ensayo dependen de los tamaños estándar del producto pero usando el menor espesor.

Los detalles del ensayo se describen en la Ilustración 5. La fuerza del ensayo Ft se genera en la máquina de ensayos y es transferida a la probeta a través de la célula de carga y al panel de madera y a cualquier otro panel rígido.

La velocidad de la carga será de 10 mm/min. La viga compuesta de acero se fija con tornillos al panel de madera y este a su vez se pega al bloque de espuma mediante una resina epoxi bi-componente.

Como la superficie de la probeta no es accesible, el desplazamiento de la zona del adhesivo se mide mediante una varilla que pasa a través de un agujero hecho en el bloque de espuma.

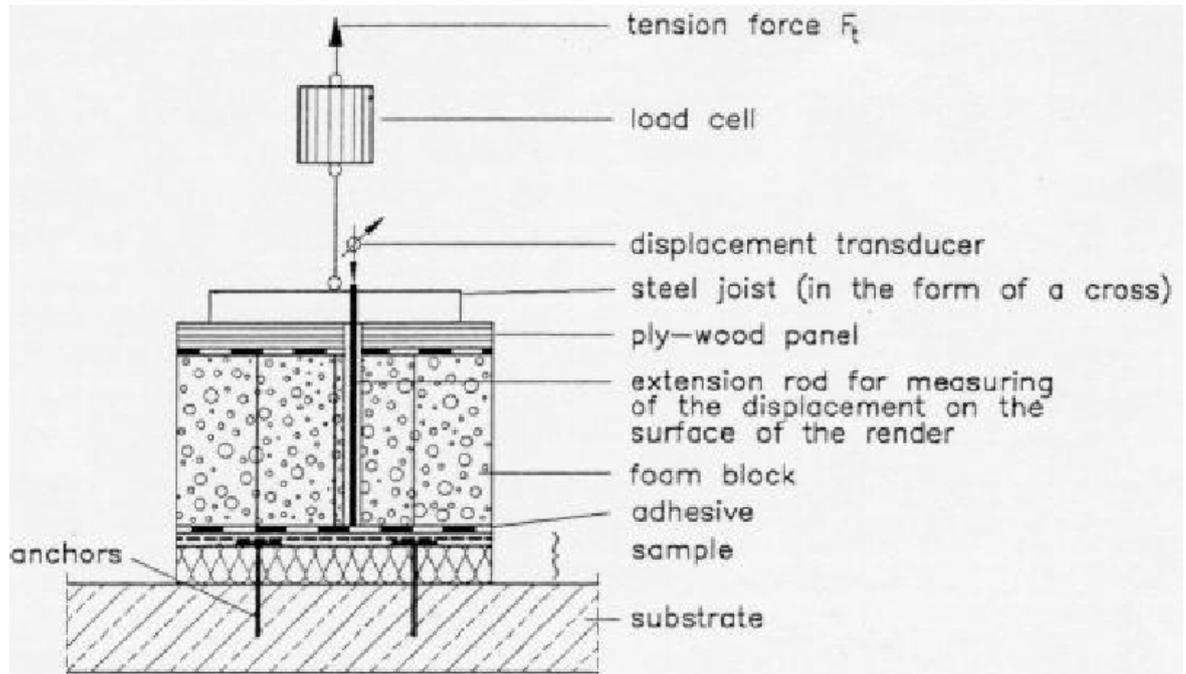


Ilustración 5: Ensayo para el método del bloque de espuma

El esfuerzo de tracción del material deberá estar en el rango de los 80 -150 kN/m², mientras que la deformación adimensional no superará el 160%.

El esfuerzo de compresión será del orden de 1.5 -1.7 kN/m².

El informe de resultados deberá detallar las cargas de rotura y los valores individuales y la media del esfuerzo a tracción perpendicular al aislante testado.

2.4 PULL-THROUGH TESTS OF FIXINGS

Las muestras de aislante para este ensayo de arrancamiento deberán tener unas dimensiones de 350x350 mm, un anclaje en el centro y el conjunto se une a un sustrato rígido mediante un adhesivo adecuado, según Ilustración 6.

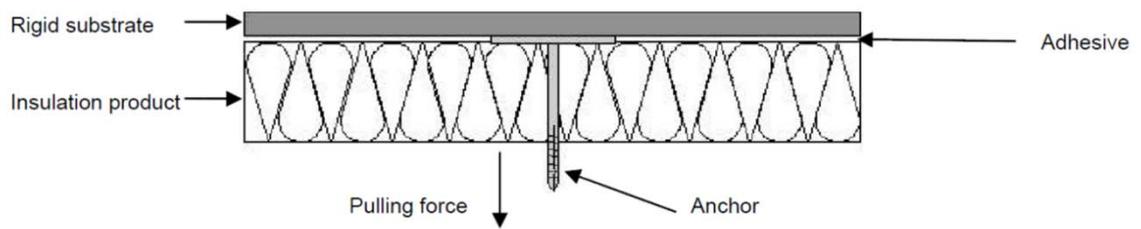


Ilustración 6: Ejemplo de probeta para de ensayo de arrancamiento

Se consideran resultados no válidos cuando la rotura ocurre en el borde. Para estos casos las dimensiones de la probeta deben ser aumentadas.

La información a obtener para este ensayo será la carga de rotura expresada en Newton, además de la curva Fuerza / Desplazamiento de cada ensayo.

2.5 MATERIALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS

Por tratarse de unos ensayos que no se habían realizado antes en las instalaciones de la universidad ha sido necesario definir un procedimiento que se adapte a las herramientas disponibles.

En el Displacement Test, a la hora de realizar el ensayo y al mismo tiempo simular la succión debida al viento, ha sido necesario diseñar unos herrajes y emplear una polea.

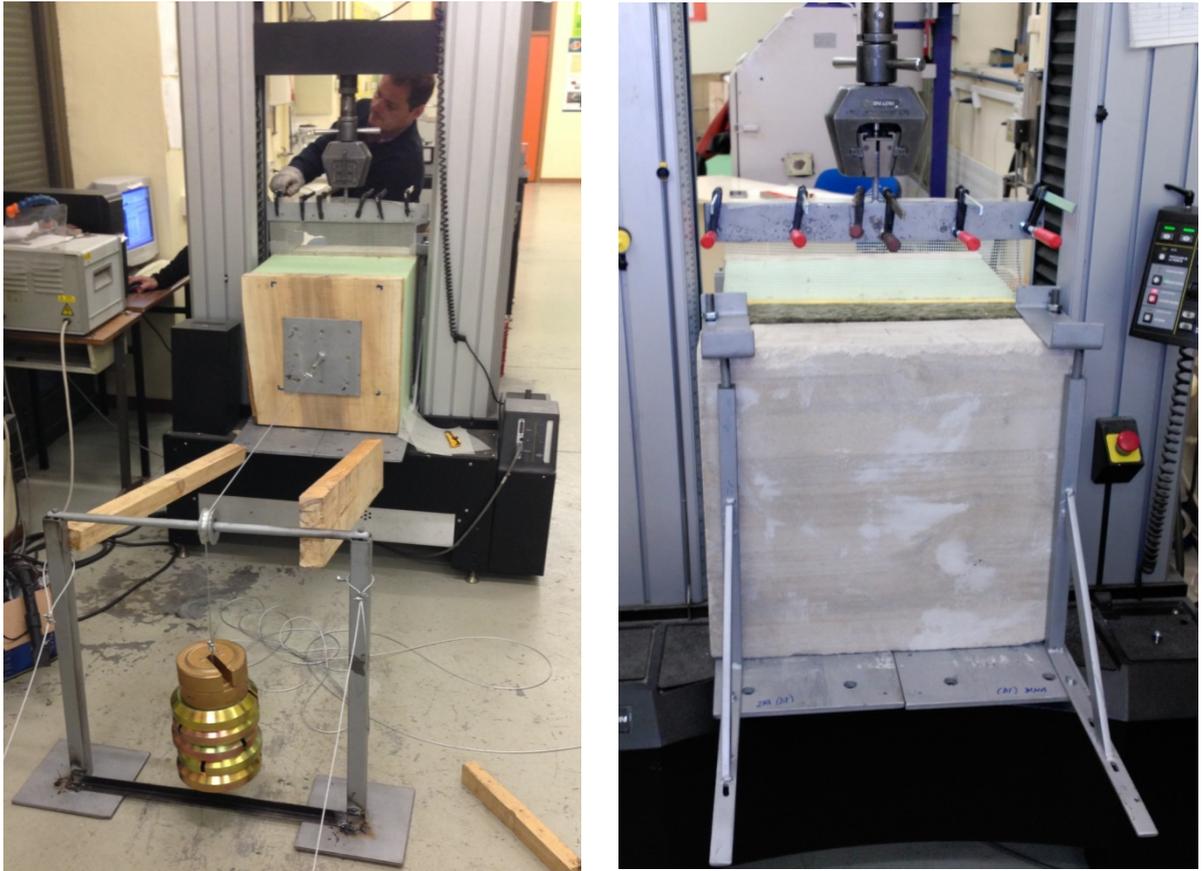


Ilustración 7: Vista general del ensayo Displacement Test

A continuación se resumen los datos del ensayo:

DISPLACEMENT TEST. (DT)
Dimensiones de la probeta: 500 mm x 500 mm
Número de fijaciones: 2
Separadas 15 cm de los extremos de las probetas
Distancia entre fijaciones: 29 cm
Densidad de fijaciones: 8 fijaciones/m ² .
Sustrato: Losa de hormigón armado de 15 cm de espesor
Espuma: polieter de 30 cm de espesor
Panel de madera de 5 cm de espesor
Adhesivo al panel de madera: Cola de poliuretano

DISPLACEMENT TEST. (DT)
Velocidad de ensayos: 1 mm/min Carga fija, simulando la succión del viento: 2 kPa (52 kP)

Para el ensayo tipo Pull-Through Test Of Fixings, ha sido necesario realizar unos herrajes que abracen a la probeta para restringir los movimientos del panel de madera.



Ilustración 8: Vista general del ensayo Pull-Through

A continuación se resumen los datos del ensayo:

PULL-THROUGH TESTS OF FIXINGS. (PT)
Dimensiones de la probeta: 350 mm x 350 mm

PULL-THROUGH TESTS OF FIXINGS. (PT)

Número de fijaciones: 1

Sustrato rígido: Panel de madera de 15 cm de espesor

Adhesivo al sustrato rígido: Cola de poliuretano

Velocidad de ensayo: 20 mm/min

Con respecto al Static Foam Block Test se utilizan los mismos herrajes que para el ensayo PT y por lo tanto no fue necesario realizar ningún herraje nuevo.



Ilustración 9: Vista general del ensayo Static Foam Block

A continuación se resumen los datos del ensayo:

STATIC FOAM BLOCK TEST. (SFBT)

Dimensiones de la probeta: 500 mm x 500 mm

Número de fijaciones: 2

Separadas 15 cm de los extremos de las probetas

Distancia entre fijaciones: 29 cm

Densidad de fijaciones: 8 fijaciones/m².

Sustrato: Losa de hormigón armado de 15 cm de espesor

Espuma: polieter de 30 cm de espesor

Panel de madera de 5 cm de espesor

Adhesivo al panel de madera: Cola de poliuretano

Velocidad de ensayos: 10 mm/min

2.6 EL VIENTO SOBRE CERRAMIENTOS DE EDIFICIOS

Para cuantificar las cargas de viento es necesario acudir al CTE DB-SE-AE, o lo que es lo mismo el Documento Básico de Seguridad Estructural de Acciones en la Edificación dentro del Código Técnico de la Edificación.

En el apartado 3.3.2 del mencionado documento se define la acción del viento como una fuerza perpendicular a la superficie expuesta que se puede asimilar a una presión estática que se puede expresar según la siguiente fórmula:

$$q_e = q_b \cdot C_e \cdot C_p$$

Siendo:

Qb: la presión dinámica del viento.

Ce: el coeficiente de exposición, variable con la altura del punto considerado, en función del grado de aspereza del entorno donde se encuentra ubicada la construcción. Se determina de acuerdo con lo establecido en 3.3.3.

Cp: el coeficiente eólico o de presión, dependiente de la forma y orientación de la superficie respecto al viento, y en su caso, de la situación del punto respecto a los bordes de esa superficie; un valor negativo indica succión. Su valor se establece en 3.3.4 y 3.3.5.

2.6.1 PRESIÓN DINÁMICA DEL VIENTO

En el Anexo D se divide el territorio en 3 zonas distintas, y para poder obtener el valor de presión se acude al siguiente mapa:



Ilustración 10: Valor básico de la velocidad del viento

Las presión básica de viento, se define como 0.52 kN/m^2 , para las zonas tipo C. Se elegirá esta presión por ser la más elevada dentro del territorio español.

2.6.2 COEFICIENTE DE EXPOSICIÓN

El coeficiente de exposición tiene en cuenta los efectos de las turbulencias originadas por el relieve y la topografía del terreno.

Su valor se puede tomar de la Ilustración 11, siendo la altura del punto considerado la medida respecto a la rasante media de la fachada a barlovento.

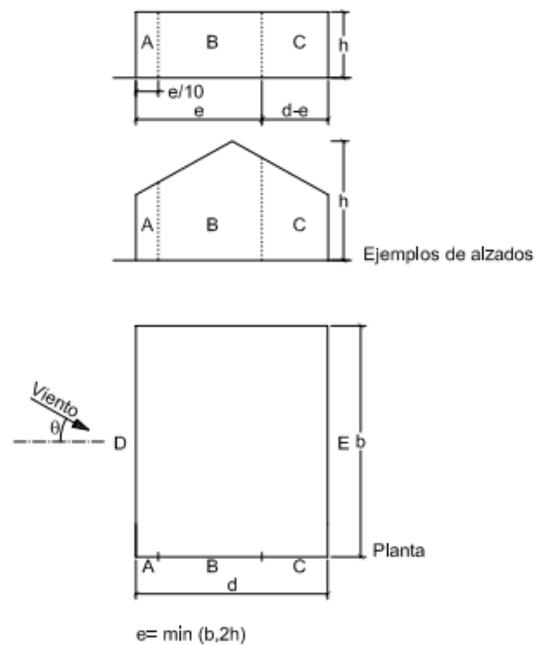
Grado de aspereza del entorno	Altura del punto considerado (m)							
	3	6	9	12	15	18	24	30
I Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	2,4	2,7	3,0	3,1	3,3	3,4	3,5	3,7
II Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	2,1	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5
III Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	1,6	2,0	2,3	2,5	2,6	2,7	2,9	3,1
IV Zona urbana en general, industrial o forestal	1,3	1,4	1,7	1,9	2,1	2,2	2,4	2,6
V Centro de negocio de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	1,2	1,2	1,2	1,4	1,5	1,6	1,9	2,0

Ilustración 11: Coeficiente de exposición (C_e)

A la hora de elegir un coeficiente de exposición que englobe todas las situaciones razonablemente posibles del sistema de aislamiento se ha considerado una altura de 18 m (lo equivalente a un edificio de 6 plantas aproximadamente) en una ubicación con un grado de aspereza de I (lo que implica que el edificio se encuentre al borde del mar). Es decir, $C_e = 3.4$.

2.6.3 COEFICIENTE DE PRESIÓN

Para análisis locales de elementos de fachada o cerramiento, tales como aislamientos, acristalamientos, aplacados, anclajes, o correas, la acción de viento se determinará como resultante de la que existe en cada punto, a partir de los coeficientes eólicos que se establecen a continuación.



A (m ²)	h/d	Zona (según figura), $-45^\circ < \theta < 45^\circ$				
		A	B	C	D	E
≥ 10	5	-1,2	-0,8	-0,5	0,8	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	$\leq 0,25$	"	"	"	0,7	-0,3
5	5	-1,3	-0,9	-0,5	0,9	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	$\leq 0,25$	"	"	"	0,8	-0,3
2	5	-1,3	-1,0	-0,5	0,9	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	$\leq 0,25$	"	"	"	0,7	-0,3
≤ 1	5	-1,4	-1,1	-0,5	1,0	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	$\leq 0,25$	"	"	"	"	-0,3

Ilustración 12: Paramentos verticales (Cp)

Como se pretende justificar un sistema SATE, para la mayoría de sus casos, se elegirá el coeficiente de presión más desfavorable, que pueda englobar todas las situaciones. Por lo tanto $C_p = 1.4$.

2.6.4 SUCCIÓN DE VIENTO RESULTANTE

En definitiva las succiones de viento que se pueden generar en el aislamiento exterior de un edificio, según los parámetros descritos anteriormente ($Q_b = 0.52 \text{ kN/m}^2$, $C_e = 3.4$ y $C_p = 1.4$), tienen un valor de:

$$q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p = 0.52 \cdot 3.4 \cdot 1.4 = 2.47 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

3 RESULTADOS

A continuación se muestran los resultados pormenorizados de los ensayos realizados:

3.1 DISPLACEMENT TEST

Se han realizado 2 ensayos y ambos sin envejecer. La gráfica de Fuerza/Desplazamiento se muestra a continuación.



Ilustración 13: Estado de la probeta tras el ensayo del Displacement Test

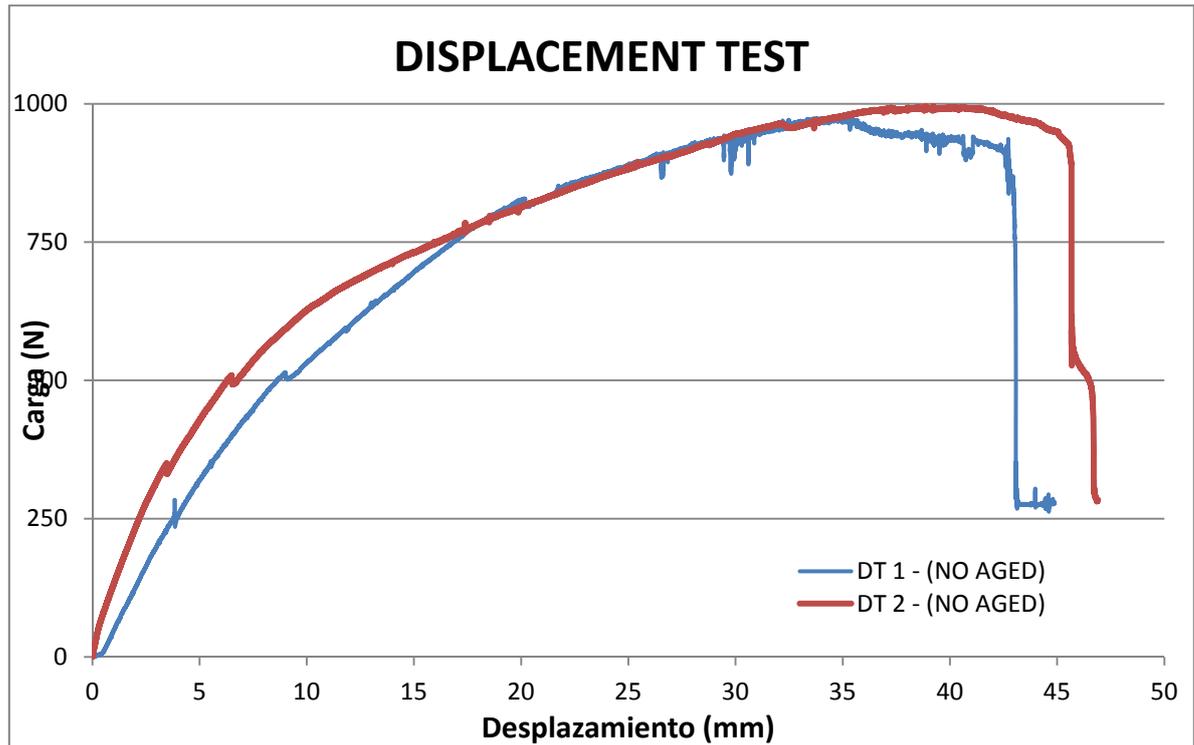


Ilustración 14: Gráfica carga/desplazamiento. Ensayo DT

De los ensayos realizados se desprende que el material de tipo rejilla plástica posee un comportamiento similar y que por lo tanto los resultados son válidos para su estudio.

Si se considera la carga última, al punto en donde se alcanza la máxima carga (F_{max}), se obtienen unos valores de 975 y 996 Newton para el ensayo 1 y 2 respectivamente, con unos desplazamiento de 34.5 y 39.2 mm.

Por otro lado, definimos la tangente de la recta que une el origen de coordenadas con la F_{max} para obtener 28.59 y 25.41 para el ensayo 1 y 2 respectivamente.

DT	Ensayo 1	Ensayo 2	Media (\bar{x})
	NO AGED	NO AGED	
F_{max} (N)	975	996	986
$D_{F_{max}}$ (mm)	34.5	39.2	36.8
$tg \alpha$	28.3	25.4	26.8

3.2 STATIC FOAM BLOCK TEST

Se han ensayado tres probetas de material aislante según los criterios dispuestos en la ETAG 004. Una de ellas ha sido ensayada tras haber sido sometida a un programa de envejecimiento.



Ilustración 15: Estado de la probeta tras el ensayo del Static Foam Block Test

Los resultados de los ensayos se muestran a continuación:

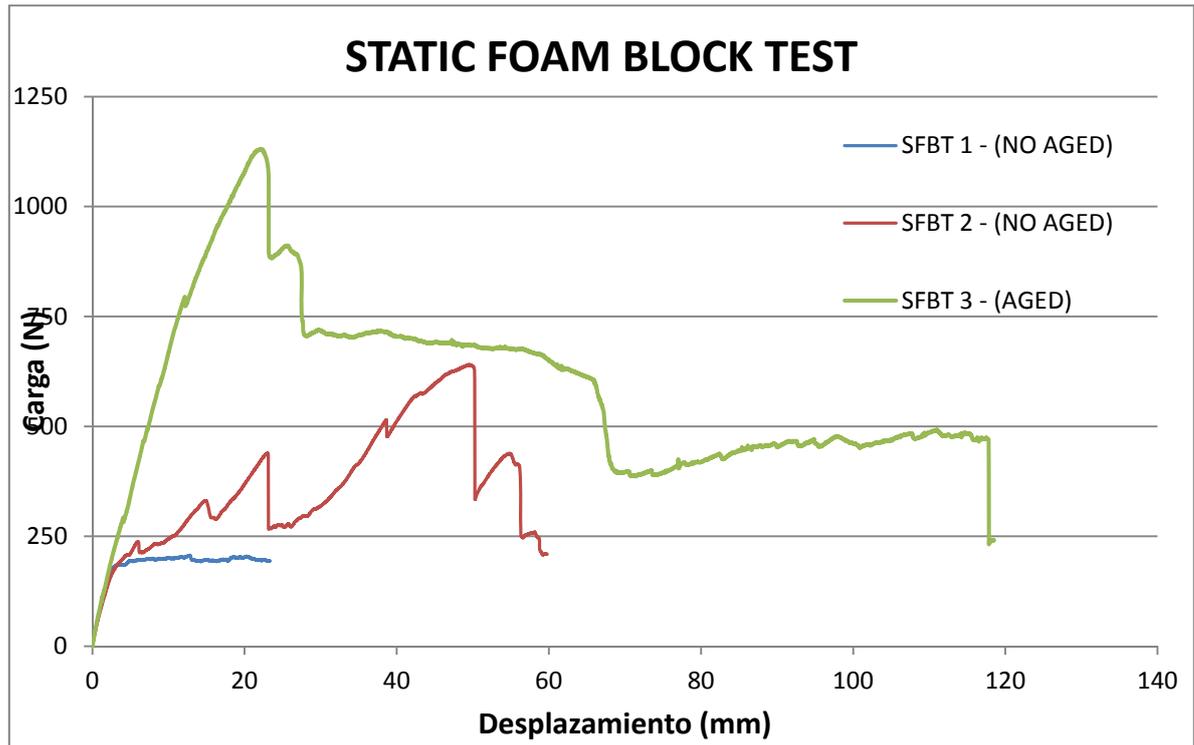


Ilustración 16: Gráfica carga/desplazamiento. Ensayo SFBT

De los resultados se desprende que en el primer ensayo la probeta no se comportó adecuadamente y por lo tanto es necesario desechar el SFBT 1.

En cuanto a los otros dos ensayos, también se observan diferencias considerables en la fuerza máxima que se alcanza, pero esta diferencia es consecuencia del proceso de envejecido.

Por lo tanto, el proceso de envejecido de las probetas (para el ensayo SFBT) mejora las propiedades mecánicas de los materiales bajo estas condiciones de ensayo.

Por otro lado, las gráficas muestran una clara línea recta para desplazamientos menores de 10mm, pudiendo asimilarse a una zona de elástica del material que describe un módulo de elasticidad o de Young. De todas formas se ha optado por obtener el valor de la tangente de la recta que une el origen de coordenadas y la F_{max} , para comparar con los valores de otros ensayos.

Los datos resumidos se muestran en la siguiente tabla:

SFBT	Ensayo 2	Ensayo 3	Media (\bar{x})
	NO AGED	AGED	
F_{max} (N)	641	1131	886
D_{Fmax} (mm)	49.5	22.3	35.9
$tg \alpha$	68.6	80.2	74.4

3.3 PULL-THROUGH TESTS OF FIXINGS

Se han realizado 3 ensayos utilizando 2 probetas envejecidas y una sin envejecer.



Ilustración 17: Estado de la probeta tras el ensayo del Pull-Through Test of Fixings

A continuación se muestran los resultados obtenidos:

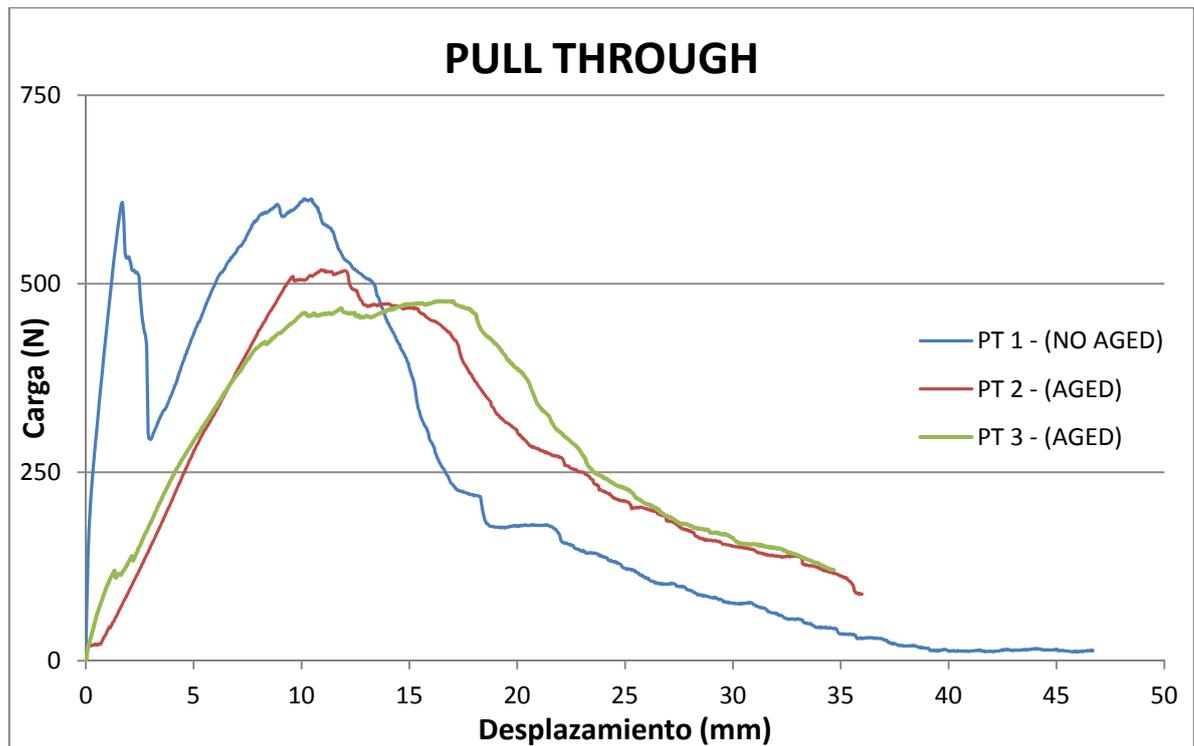


Ilustración 18: Gráfica carga/desplazamiento. Ensayo PT

Los ensayos 2 y 3 realizados sobre piezas envejecidas muestran un comportamiento similar mientras que la gráfica del ensayo 1 (hecho sobre una probeta sin envejecer) muestra un perfil diferente con dos zonas que alcanzan valores de carga máxima (con 2 y con 10mm de desplazamiento).

Aún así las fuerzas máximas obtenidas en todos los ensayos son bastante parecidas y sugieren que se han realizado de manera correcta.

A continuación se muestra el resumen de los resultados:

PT	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Media (\bar{x})
	NO AGED	AGED	AGED	
F_{max} (N)	613	518	477	536
D_{Fmax} (mm)	10.1	10.9	16.5	12.5
$tg \alpha$	60.5	47.6	28.9	45.7

3.4 RESISTENCIA DE LAS FIJACIONES FRENTE AL VIENTO

Para analizar la resistencia de las fijaciones de los sistemas de aislamiento exterior de los edificios frente al viento, se identificarán los ensayos representativos para este estudio y se usará el valor mínimo de entre los valores de la fuerza máxima resistida (F_{max}) en los ensayos realizados tanto en probetas envejecidas como no envejecidas.

El valor final obtenido se comparará con la succión de viento bajo los criterios descritos en el apartado 2.6 EL VIENTO SOBRE CERRAMIENTOS DE EDIFICIOS.

El DISPLACEMENT TEST no es representativo para la comparación con la presiones de viento ya que la carga de rotura que se obtiene del ensayo corresponde a un esfuerzo transversal. Es decir, estos valores no se pueden comparar con la presión de viento por estar obtenidos de un plano perpendicular.

Para el STATIC FOAM BLOCK TEST, se han realizado 2 ensayos válidos y el menor de las F_{max} obtenidas alcanza un valor de 641 N para una probeta de 0.25 m². Es decir la menor presión que puede resistir el material bajo estas condiciones de ensayo es de 2.56 kN/m².

En cuanto al ensayo PULL THROUGH TEST, de los tres ensayos realizados, la menor de las F_{max} obtenidas corresponde a una tracción de 477 N sobre una probeta envejecida con una superficie de 0.1225 m². Es decir la menor presión que puede resistir el material bajo estas condiciones de ensayo es de 3.89 kN/m².

Por lo tanto consideramos la resistencia de estos sistemas de aislamiento ante fuerzas de tracción perpendiculares a su superficie de 2.56 kN/m² (es decir la menor de las fuerzas que resiste correspondiente al ensayo SFBT 2).



Si se compara la resistencia de los sistemas SATE con la presión que ejerce el viento bajo las condiciones antes mencionadas se obtiene un factor de utilización de $F_u = (2.47/2.56) \cdot 100 = 96.5\%$.

Este F_u de casi el 97% apenas permite márgenes de seguridad para el material que no se han incluido en este estudio aunque son necesarios.

4 CONCLUSIONES

Tras la realización de los ensayos de los aislantes exteriores de edificación y tras analizar la normativa aplicable se desprenden las siguientes conclusiones:

- La resistencia de los sistemas de aislamiento exterior de los edificios cumplen con los requisitos para “la mayor parte” de los casos de utilización frente a las cargas de viento dispuestas en la normativa española.
- Para sistemas SATE de edificios emplazados en zonas de especial exposición al viento como zonas costeras (Grado de Aspereza I), no se puede garantizar la validez de estos sistemas para alturas superiores a 6 pisos (18 m), donde sería necesario un aumento de la densidad de sus anclajes.
- Para exposiciones al viento que no se sitúen al borde del mar, pero si en zonas rurales sin muchos obstáculos (Grados de Aspereza II y III) no se podrá garantizar la validez de estos sistemas para alturas superiores a 9 pisos (27 m), donde sería necesario un aumento de la densidad de sus anclajes.
- Para las exposiciones al viento más habituales en zonas urbanas o industriales (Grados de Aspereza IV y V) no se podrá garantizar la validez de estos sistemas para alturas superiores a 27 pisos (80 m), donde sería necesario un aumento de la densidad de sus anclajes.

5 BIBLIOGRAFÍA

- ETAG 004 - 2011. Guideline for European Technical Approval of External Thermal Insulation Composite Systems (ETICS) with Rendering. February 2013.
- Código Técnico de la Edificación (CTE): Real Decreto 314/2006 de 17 de marzo.
- IDAE Guía 002 de abril de 2012. Sistemas de Aislamiento Térmico Exterior (SATE) para la rehabilitación de la Envolvente de los Edificios
- Guía Técnica AFAM de 26 de Mayo de 2011: Sistemas de Aislamiento Térmico Exterior (SATE)
- LONG-TERM PERFORMANCE OF EXTERNAL THERMAL INSULATION SYSTEMS (ETICS). Helmut Künzel, Hartwig M. Künzel, Klaus Sedlbauer. 2006
- INFLUENCE OF TEMPERATURE AND RELATIVE HUMIDITY ON THE DURABILITY OF MINERAL WOOL IN ETICS. D. Zirkelbach, A. Holm, H.M. Künzel. Fraunhofer Institut Bauphysik, Holzkirchen, 2005



6 ENLACES DE INTERÉS

- EUROPEAN ORGANISATION FOR TECHNICAL ASSESSMENT

<http://www.eota.eu>

- ASOCIACIÓN DE FABRICANTES DE MORTEROS Y SATE

<http://www.anfapa.com/>

- URSA

www.ursa.es

- IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía)

http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_12300_guia_sate_a2012_accesiblesedan_df06746b.pdf



ANEXO

1 CARACTERÍSTICAS DE LA MÁQUINA DE ENSAYO

La herramienta empleada para los ensayos es una INSTRON 5582. Se trata de un equipo de ensayo universal que se utiliza principalmente para realizar ensayos estáticos de tracción o compresión en un solo bastidor, con una capacidad de 100 kN.



Ilustración 19: INSTRON 5582



Ilustración 20: Especificaciones técnicas de la máquina de ensayo