

## Los materiales ceramicos ante el reto del código técnico de la edificación

Asier Maiztegi. *Director Dpto. Construcción*  
Julen Astudillo. *Arquitecto. Técnico Dpto. Construcción*  
Cidemco, Centro de Investigación Tecnológica

Uno de los logros más ambiciosos del proyecto de construcción europea se relaciona con el progresivo funcionamiento del Mercado Interior, esto es, el espacio económico europeo (EEE) en el que las mercancías, servicios, capitales y trabajadores pueden circular libremente; de hecho, constituye uno de los elementos que ha catalizado el desarrollo económico de la Unión Europea durante estos últimos años.

Siendo la libre circulación de productos y mercancías vital para las empresas y una de las piedras angulares del Mercado Único, la UE ha desarrollado estrategias innovadoras y eficaces para eliminar fronteras como son, el principio del reconocimiento mutuo (sentencia Cassis de Dijon de 1979), y la armonización técnica, esto es, el establecimiento de una serie de requisitos legales comunes para cada producto en el ámbito europeo. Estos requisitos están regulados de acuerdo con normas de alcance europeo, como son las normas EN, y son de obligado cumplimiento cuando las reglamentaciones nacionales y/o Directivas Europeas son aplicables a dicho producto, como de hecho es el caso de la Directiva de Productos de la Construcción 89/106/CEE traspuesto al derecho interno español mediante el R.D 1630/1992.

Tales directivas definen los requisitos esenciales de seguridad que, entre otros, deben cumplir los productos para ser comercializados y para lo cual deben contar con el Mercado CE o en su defecto con documentación técnica que acrediten garantías de calidad y durabilidad más allá de lo exigible reglamentariamente. De hecho los Documentos de Adecuación al Uso (DAU) emitidos por el ITeC (Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya) basados en ensayos, inspecciones y evaluaciones realizadas junto con laboratorios de ensayo y centros tecnológicos permiten garantizar el cumplimiento satisfactorio de los requisitos esenciales recogidos en la DPC 89/106/CEE, así como en el Código Técnico de la Edificación cuya aprobación se espera para finales del primer trimestre del 2006 y de la Ley de Ordenación de la Edificación, Ley 38/1999.

Desde otra perspectiva más humana, es evidente que la sociedad europea valora la calidad de vida y la seguridad por encima de cualquier otro criterio, y de hecho con cada vez mayor frecuencia demanda productos y servicios capaces de aportar plenas garantías en su uso respecto a los requisitos de resistencia mecánica y estabilidad, seguridad en caso de incendio, higiene, salud y medio ambiente, seguridad de utilización, protección contra el ruido y ahorro de la energía y aislamiento térmico.

Estas son suficientes y sobradas razones para que los sectores industriales y de la construcción apuesten por la certificación de sus productos en un primer paso, y desarrollo e innovación de nuevos productos como el último de una cadena de valor que aporta garantías de futuro y crecimiento sostenible para las empresas.

Esta es la filosofía del Consorcio Termoarcilla que durante años ha invertido una gran cantidad de tiempo y recursos en acreditar de forma voluntaria las prestaciones de sus productos y ha participado en numerosos proyectos de investigación en la mejora de los mismos.

Cidemco-Centro de Investigación Tecnológica ha participado activamente tanto en actividades de investigación como en servicios tecnológicos orientados a la mejora y certificación de las prestaciones del producto Termoarcilla.

Entre otros trabajos, a continuación se describe de forma resumida parte del estudio realizado para la evaluación de la idoneidad del bloque frente a las exigencias básicas de salubridad y protección frente a la humedad (CTE, Artículo 13, 13.1 Exigencia Básica HS 1).

En el marco del CTE se recogen las variables que influyen en el "Grado de impermeabilidad" así como el rango de distribución de dicha variable. Asimismo se aportan soluciones constructivas generales en función de la impermeabilidad exigible a las fachadas.

La protección frente a los riesgos de humedad en fachada se relaciona directamente con el "Grado de impermeabilidad", parámetro que depende de la zona pluviométrica promedio y del grado de exposición al viento.

La zona pluviométrica promedio viene dada en función del índice pluviométrico anual y el grado de exposición al viento que depende de:

- la clase del entorno del edificio
- la zona eólica
- la altura del edificio

La tabla 2.6 del documento básico citado identifica 3 grados de exposición (V1, V2 y V3, ver tabla 2), mientras que la tabla 2.5 identifica 5 grados de impermeabilidad (1 a 5, ver tabla 1), de forma que para determinadas condiciones de exposición se establece el grado de impermeabilidad necesario.

		Zona pluviométrica de promedios				
		I	II	III	IV	V
Grado de exposición al viento	V1	5	5	4	3	2
	V2	5	4	3	3	2
	V3	5	4	3	2	1

Tabla 1 - Grado de impermeabilidad mínimo exigido a las fachadas

		Clase de entorno del edificio					
		E1			E0		
		Zona eólica			Zona eólica		
		A	B	C	A	B	C
Altura del edificio en metros	15	V3	V3	V3	V2	V2	V2
	16-40	V3	V2	V2	V2	V2	V1
	41-100	V2	V2	V2	V1	V1	V1

Tabla 2 - Grado de exposición al viento

Sobre la base de las condiciones climatológicas más desfavorables y la normativa existente (Normas americanas ASTM E514-90) se propuso un plan de trabajo a fin de comprobar en qué medida las soluciones constructivas aportadas por el bloque Termoarcilla podrían superar o no las exigencias existentes en ese momento en el mercado.

El primer punto consistía en definir las condiciones climatológicas más desfavorables en nuestro país que se pueden resumir en los siguientes puntos:

- Zona pluviométrica: I (máxima)
  - \* Aeropuerto de Santiago de Compostela
  - \* precipitación anual media (1961-1990): 1915 mm
  - \* precipitación máxima; enero: 270 l/m<sup>2</sup>/mes
- Grado de exposición al viento: V1 (máximo)
- Grado de impermeabilidad: 5 (máximo)

Estas condiciones climáticas fueron fijadas como mínimos sobre los que partir a la hora de fijar las condiciones de ensayo a plantear.

Inicialmente se realizaron pruebas en base a la ASTM E514-90 teniendo en cuenta que las condiciones que plantea esta normativa eran más exigentes que las que se daban en la zona más problemática de la península.

Sin embargo, tras realizar numerosas pruebas, se verificó que las condiciones de ensayo que se planteaban en base a la ASTM no eran suficientemente exigentes como para poder verificar si se producía paso de agua hacia la zona interior de los muretes ensayados.

Debido a estos resultados, se decidió endurecer las condiciones elevando, principalmente, la presión de ensayo (de 500 a 1000 Pa) y el tiempo del mismo (se pasó de 4 a 72 horas). Terminado el ensayo la superficie de la fachada en contacto con la lluvia se cubrió con una tela impermeable (ver fotografía n°2) a fin de garantizar que el agua acumulada en el revestimiento de cada muro no se evaporara y se forzase a que por capilaridad y diferencial de presión de vapor alcanzase la superficie opuesta del muro en contacto con el ambiente interior.



Fotografía n°1: Equipamiento de ensayo para el procedimiento CIDEMCO CO-115



Fotografía n°2: Impermeabilización de la zona de ensayo en el procedimiento CIDEMCO CO-115

Este procedimiento quedó definido como CIDEMCO CO-115 y es el que se ha utilizado en la primera serie de ensayos realizados. ( Pueden verse algunos de los resultados en la tabla 4 de este documento).

Conforme ha transcurrido el tiempo ha sido aprobada en la Unión Europea y transcrita a nuestro país una normativa específica para realizar ensayos en este tipo de solución constructiva, concretamente, la UNE-EN 12865:2002, "Determinación de la resistencia al agua de lluvia de muros exteriores bajo impulsos de presión de aire". Esta normativa define unas condiciones de ensayo menos exigentes que las especificadas en el procedimiento definido por CIDEMCO, como puede verificarse si se toma en cuenta la duración total del ensayo y parámetros como la presión y el caudal de agua.

La Tabla 3 de este artículo refleja las diferencias existentes entre las condiciones de ensayo bajo las dos propuestas utilizadas ( el procedimiento desarrollado por CIDEMCO que toma como base la ASTM E514-90 y la UNE-EN 12865:2002) y las condiciones reales anteriormente definidas.

<b>Comparativa de condiciones de ensayo en muretes de fábrica</b>				
	<b>ASTM E514-90 (parámetros mínimos)</b>	<b>UNE-EN 12865 Julio 2002</b>	<b>Procedimiento CIDEMCO CO-115</b>	<b>Condiciones reales más desfavorables</b>
<b>Presión</b>	500 Pa (constante)	0 Pa 150 Pa 300 Pa 450 Pa 600 Pa (*)(**)	1000 Pa (constante)	V1 Aprox. 500 Pa (****)
<b>Caudal de agua</b>	2,3 litros/m <sup>2</sup> xmin	Agua Escorrentía 1,2 l/m <sup>2</sup> xmin Agua de lluvia 1,5 l/m <sup>2</sup> xmin	3,3 litros/m <sup>2</sup> xmin	0,006 l/m <sup>2</sup> xmin
<b>Tiempo</b>	4 horas	Procedimiento A – 60 minutos Procedimiento B – 300 minutos (***)	72 horas	720 horas (1mes)
<b>Tamaño probetas</b>	1,08 m <sup>2</sup> ( Area Rociado )	1200x2400 mm	1800x2000 mm	-

(\*) Ciclos de presión. Cada impulso de presión consta de cuatro pasos: un paso de presión creciente de (3±1)s, un paso de presión máxima de (5±1)s, un paso de presión decreciente de (2±1)s y un paso de presión cero de (5±1)s. La duración total de un impulso será de (15±2)s.

(\*\*) La presión máxima de ensayo se puede incrementar en intervalos de 150 Pa cada 10 minutos en el Procedimiento A y de 60 minutos en el Procedimiento B

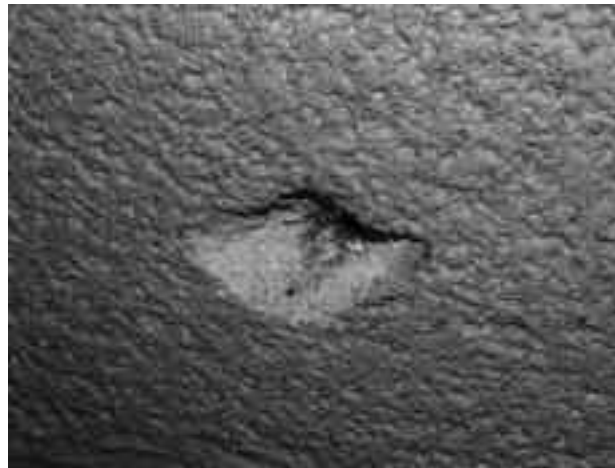
(\*\*\*) La duración del ensayo se puede incrementar en intervalos de 10 minutos en el Procedimiento A y de 60 minutos en el Procedimiento B.

(\*\*\*\*) Para edificios de más de 40 metros de altura situados en la zona eólica C (velocidad del viento 29 m/s). Según Anejo E, mapas relativos a las acciones climáticas CTE SE-AE y CTE HS tabla 2.6

Tabla 3 – Comparativa de condiciones de ensayo



Fotografía n°4: Equipamiento de ensayo para el procedimiento UNE-EN 12865:2002



Fotografía n°3: Perforación en el revestimiento exterior para verificar el grado de penetración de agua una vez realizados los ensayos.

Los resultados obtenidos en el caso tipo del bloque Termoarcilla de 24 cm con tres tipos de revestimiento exterior figuran en la tabla 4, comprobándose en todos los casos que la penetración del agua en el revestimiento exterior ha sido inapreciable (ver fotografía n°3), salvo en el caso del enfoscado con pintura elástica donde la penetración ha sido mínima, de 10 mm aproximadamente. En todos los casos los resultados de ensayo han sido satisfactorios. Los muros permanecen totalmente secos por su piel interior incluso semanas después de completados los ensayos.

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA AL AGUA DE LLUVIA DE MUROS EXTERIORES BAJO IMPULSOS DE PRESION DE AIRE ( UNE EN 12865:2002)							
Probeta	Revestim	Esp. bloque (cm)	Espesor revest. Exterior (mm)	Tiempo ensayo	Presión / Caudal (Pa) / (l/m <sup>2</sup> -min)	Penetración agua (mm)	Límite de estanquidad al agua
A-Pb1	Monocapa con base cemento + enyesado	24	14,50	90 min	Ciclos 0 Pa-1050 Pa Sup= 1,2 l/m.min Inf.= 1,5 l/m.min	No se aprecia	>1050 Pa
B-Pb1	Monocapa con base cemento + enyesado	24	14,50	90 min	Ciclos 0 Pa-1050 Pa Sup= 1,2 l/m.min Inf.= 1,5 l/m.min	No se aprecia	1050 Pa
C-Pb2	Enfoscado con pintura elástica + enyesado	24	15,21	90	Ciclos 0 Pa – 1050 Pa Sup= 1,2 l/m.min Inf.= 1,5 l/m.min	No se aprecia	1050 Pa
D-Pb2	Enfoscado con pintura elástica + enyesado	24	15,21	90 min	Ciclos 0 Pa – 1050 Pa Sup= 1,2 l/m.min Inf.= 1,5 l/m.min	No se aprecia	1050 Pa

Tabla 4: Resultados de los ensayos en base a la UNE-EN 12865:2002 y al procedimiento de CIDEMCO CO-115



Fotografía n°5: Fisura simulada en mortero monocapa

Una vez terminadas las pruebas a las diferentes soluciones de los muros y teniendo en cuenta que en todos los casos los resultados habían sido satisfactorios se decidió realizar una prueba adicional creando fisuras en los muros ensayados (ver fotografía n°5) para comprobar el grado de penetración de agua que pudiera haber en muros con problemáticas similares.

El tamaño y la disposición de las fisuras realizadas pueden verse en la figura 1

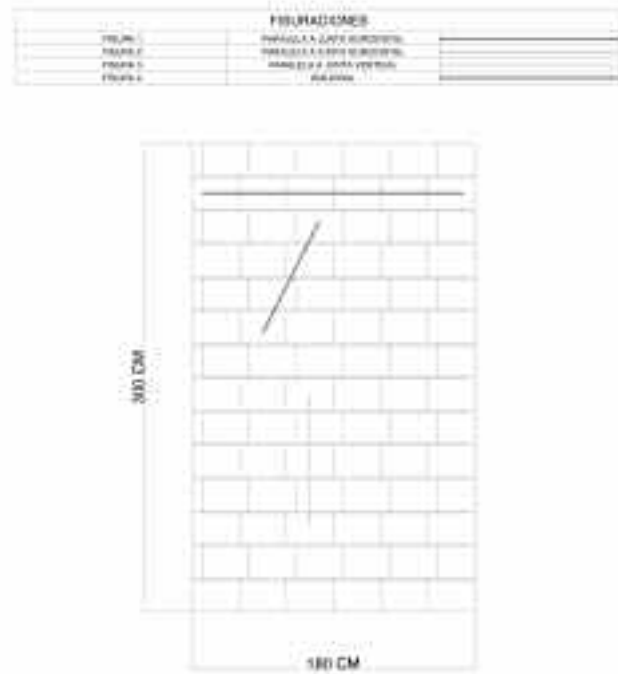


Figura 1: Disposición de las fisuras en los muretes

Las condiciones de ensayo y los resultados obtenidos pueden verse en la tabla 5.

<b>DETERMINACION DE LA RESISTENCIA AL AGUA DE LLUVIA DE MUROS EXTERIORES BAJO IMPULSOS DE PRESION DE AIRE ( UNE EN 12865:2002)</b>							
Probeta	Revestim	Esp. bloque (cm)	Espesor revest. Exterior (mm)	Tiempo ensayo	Presión / Caudal (Pa) / (l/m <sup>2</sup> ·min)	Penetración agua (mm)	Resultado
Pb1	Monocapa con base cemento + enyesado	24	14,50	90 min	0 Pa-1050 Pa Sup= 1,2 l/mxmin Inf.= 1,5 l/mxmin	No se aprecia	1050 Pa Satisfactorio
Pb2	Enfoscado con pintura elástica + enyesado	24	15,21	90 min	Ciclos 0 Pa – 1050 Pa Sup= 1,2 l/mxmin Inf.= 1,5 l/mxmin	No se aprecia	1050 Pa Satisfactorio
<b>Procedimiento CIDEMCO C0-115</b>							
Probeta	Revestim.	Esp. bloque (cm)	Espesor revest. Exterior (mm)	Tiempo ensayo	Presión / Caudal (Pa) / (l/m <sup>2</sup> ·min)	Penetración agua (mm)	Resultado
Pb3	Monocapa con base cemento + enyesado	24	17,3	3 días	1000 Pa	2-3 mm	Satisfactorio
Pb4	Enfoscado con pintura elástica + enyesado	24	19,6	3 días	1000 Pa	9-12 mm	Satisfactorio
Pb5	Monocapa con base cemento y cal + enyesado	24	10,9	3 días	1000 Pa	3-4 mm	Satisfactorio

Tabla 5: Resultados y condiciones de ensayo con muretes fisurados.

- A-PB1: Fisuras con profundidad de 5-6 mm
- B-PB1: Fisuras hasta la cara del termoarcilla
- C-PB2: Fisuras con profundidad de 5-6 mm
- D-PB2: Fisuras hasta la cara del termoarcilla

Como se puede comprobar en los resultados de la tabla 5, incluso habiendo realizado diferentes tipos de fisuras en los muretes ensayados, no se producen penetraciones apreciables de agua una vez terminado el ensayo.

A la luz de los resultados obtenidos en todos estos ensayos, se puede concluir que las soluciones de una sola hoja de bloque Termoarcilla de 24 cm con los revestimientos mencionados en la tabla 5, garantizan la estanqueidad al agua de lluvia en las condiciones climatológicas más desfavorables que puedan llegar a darse en España.

Para finalizar se adjunta, a efectos comparativos, las condiciones de ensayo habituales para ventanas (tabla 3) y fachadas ligeras (tabla 4) en las que las premisas de ensayo son significativamente más livianas y mucho menos exigentes.

Ventanas – Ensayo de estanquidad al agua UNE-EN 1027:2000 (*)		
Presión (Pa)	Tiempo (minutos)	Clasificación
-	-	0
0	15	1A
50	5	2A
100	5	3A
150	5	4A
200	5	5A
250	5	6A
300	5	7A
450	5	8A
600	5	9A
>600	5	E <sub>XXX</sub>

(\*) Caudal de agua de 2 l/minxboquilla  
(estando situadas las boquillas cada, aproximadamente, 40cm)

Tabla 6: Ensayo de estanquidad al agua – Ventanas

Fachadas Ligeras – Ensayo de estanquidad al agua UNE-EN 12155:2000 (*)		
Presión (Pa)	Tiempo (minutos)	Clasificación
0	15	Sin Clasificar
50	5	Sin Clasificar
100	5	Sin Clasificar
150	5	R4
200	5	R4
300	5	R5
450	5	R6
600	5	R7
>600	5	RE <sub>XXX</sub>

(\*\*) Caudal de agua de 2 l/m\_xminuto