

EL PEGADO ELÁSTICO EN FACHADAS TRASVENTILADAS DE PIEDRA

**Antonio Raya de Blas, Cristóbal Crespo González,
Santiago Sánchez Iglesias y Enrique Antelo Tudela**

The elastic bonding in stone rain-screen

Boletín Académico. Revista de investigación y arquitectura contemporánea
Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidade da Coruña
eISSN 2173-6723
www.boletinacademico.com
Número 2 (2012)
Páginas 36-45

Fecha de recepción 31.10.2011
Fecha de aceptación 02.02.2012



Resumen

Partiendo de un posicionamiento arquitectónico, este artículo propone la resolución técnica de los requerimientos formales de una fachada trasventilada en un proyecto concreto, y describe la investigación realizada para su comprobación y construcción. La propuesta concreta es contrastada posteriormente en otros edificios, desarrollándose una solución constructiva alternativa al anclaje mecánico de las placas de piedra.

Abstract

This article, based on an architectural position, proposes a technical solution of the formal requirements of a rain screen wall on a specific project, and describes the process of research made for its verification and construction. The solution was subsequently proved in other buildings in order to develop an alternative solution to stone mechanical anchoring.

Palabras clave

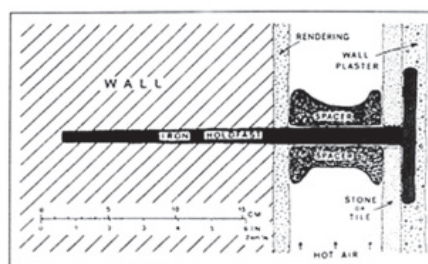
Pegado, elástico, fachada, trasventilada, piedra.

Keywords

Bonding, elastic, facade, rain-screen, stone.



Wall-spacer
Garden Hill, Hartfield, Sussex
This object, from the bath-house of a Roman villa, formed part of a system which separated the two skins of the wall by means of iron rods clad with fired-clay reel-shaped spacers.
PRB P1974.51.2



Reconstruction of use of baked clay 'spacer' and iron hold-fast. After J.H. Money

- 1 (Izda.) Otto Wagner, Postsparkasse (Caja Postal), Viena (1904/06); detalle donde se aprecia el uso de aplacado de piedra con anclajes vistos.
- 2 (Dcha.) "Wall-spacer" del British Museum, según J.H. Money; reconstrucción del detalle de doble piel con cámara de circulación de aire caliente. Un clavo de hierro con un separador del mismo material, ancla a un muro revestido una hoja de piedra o azulejo con un acabado de yeso que oculta la cabeza del anclaje.

1. INTRODUCCIÓN

La investigación de soluciones constructivas que resuelvan problemas formales, técnicos y económicos planteados en la arquitectura, tal vez sea uno de los campos de investigación más frecuentados por los arquitectos, a través de la metodología inherente a una actividad profesional en la que los aspectos compositivos juegan un papel determinante. Todos tenemos en la memoria ejemplos como el de Postsparkasse o Karlplatz (Fig. 01), donde Otto Wagner desarrolla las teorías de su libro sobre los aplacados delgados de piedra¹.

Pero volvamos al proceso de investigación al que hacemos referencia, donde se parte de una exigencia formal generada por la creación arquitectónica, y se investiga una materialización constructiva que aplique, reinterprete o genere una solución técnica posible. Se contrasta ésta solución con la idea arquitectónica y se comprueba su viabilidad económica, en un proceso cuajado de constantes interacciones no lineales.

Bien es cierto que la necesidad expresiva de la obra arquitectónica nos acerca a metodologías de investigación más propias de otras artes, como la pintura o la escultura, pero la carga técnica y la trascendencia económica de las soluciones constructivas nos alejan radicalmente de las mismas, sin acercarnos a los métodos científicos puros que no consideran los condicionantes formales y compositivos. Existen estudios sobre creaciones arquitectónicas cercanos al concepto de *ciencia normal* (concepto de paradigma) de Thomas Kuhn², pero de escaso interés para los procesos de

creación de los arquitectos con sus necesidades inherentes de innovación formal y técnica.

Siguiendo este discurso, aquí se describe el planteamiento de una línea de investigación sobre soluciones constructivas de la fachada ventilada de piedra que resuelva requerimientos formales y técnicos desde los procesos propios de la creación arquitectónica.

1.1 La fachada de piedra

La tectónica de la piedra —de los muros portantes de una hoja— se perdió en aras de soluciones más eficientes y económicas, pero que permiten mantener la percepción de la piedra, de su textura, color o labra. Alcanzamos así las soluciones de anclajes en vuelo con hoja de piedra independiente³, pasando de los revestimientos calizos de las pirámides a las soluciones de aplacados de la antigüedad o a la citada solución de anclaje visto de Otto Wagner en la Karlplatz, sin olvidar el delicado muro de ónice del Pabellón Barcelona de Mies van der Rohe, todos ellos amorterados y/o grapados. Esta solución ha sido superada técnicamente por la difusión del *rain-screen* anglosajón, que busca la estanqueidad en una cámara de aire ventilada, sellada o no⁴.

Un posible antecedente técnico del *rain-screen* lo encontramos en la solución utilizada por los romanos en sus construcciones de los hipocaustos (Fig. 02). Esta solución constructiva, de la cual están expuestos algunos restos arqueológicos en el British Museum de Londres, se atribuye al ingeniero romano del siglo pri-



3 Lesión en una fachada ventilada de piedra en A Coruña; rotura en la acanaladura de la placa de granito sustentada con uñas de acero inoxidable. Se aprecian manchas de óxido del anclaje por la cercanía del mar.

mero Cayo Sergio Orata⁵. Pese a este antecedente, la solución ha sido una propuesta intuitiva, apoyada en el juicio por el uso, lejos de los métodos de investigación científica y de creación de sistemas⁶.

El primer estudio técnico sobre el *rain-screen* (fachada ventilada) lo encontramos en 1946 en un texto de Johansson, comentado posteriormente por Neil Hutcheon en 1953 como un sistema idealizado pero resoluble técnicamente, que cuenta con el acierto de utilizar materiales con un rango acotado de requerimientos⁷. Es de destacar la publicación del año 1963 donde G.K. Garden analiza los procesos de penetración del agua en una fachada, introduciendo el concepto de *pantalla de lluvia abierta* para enunciar el funcionamiento de la fachada ventilada⁸.

1.2 La fachada de piedra trasventilada anclada mecánicamente

La fachada trasventilada mejoró la estanqueidad, pero concentró la complejidad técnica en el anclaje de la piedra. Y, una vez más, los aspectos formales exigidos por los arquitectos decantaron la solución hacia los anclajes ocultos, con los siguientes problemas:

- Concentración de tensiones en la placa.
- Independencia entre el número de anclajes y el tamaño, peso o espesor de la piedra.
- Manipulación de la placa pétreo con perforaciones afectadas por procesos de hielo-deshielo de la posible agua acumulada en ellos.

- Corrosión de los anclajes, o aparición de pares galvánicos con la subestructura.
- Regulación precisa y compleja, con abundante estructura auxiliar.
- Tensiones no previstas por montaje defectuoso (encaje forzado del anclaje).
- Modificación de la solución en zócalos por posibles impactos.
- Cada piedra debe de caracterizarse para el anclaje mecánico.
- Dificultad de mantenimiento o sustitución de cualquier pieza (Fig. 03).

2. ANTECEDENTES

En el año 2000 se plantea en nuestro estudio profesional la posibilidad de construir una fachada para una vivienda unifamiliar con piezas de pizarra de pequeño formato. La geometría del proyecto se resolvía con dos bloques pétreos unidos por un tercer volumen ligero de madera, que resolvía los accesos y las comunicaciones. La solución constructiva del cerramiento de madera se realizaba mediante un pegado elástico: el sistema Sikatack Panel registrado por Sika. La dificultad técnica del anclaje mecánico de la pizarra, su multiplicidad y la consecuente inviabilidad económica, nos obligaron a fijarnos en el sistema de sujeción de los paneles de madera, como una propuesta técnica



- 4 (Izda.) QRC SC arquitectos, Vivienda unifamiliar, Cambre (A Coruña, 2000); primera aplicación real donde se aprecia la singularidad de la ejecución.
 5 (Centro) QRC SC arquitectos, Centro de Salud, Ortigueira (A Coruña, 2003); detalle de pizarra pulida con diferentes tamaños de piezas sustentadas mediante anclajes elásticos.
 6 (Dcha.) Sika SA; detalle de laboratorio de pegado elástico de placas de pizarras, donde se aprecia el rastrel imprimado de madera tratada, las cintas de doble cara de pegado inicial y el cordón de masilla.

innovadora para el aplacado de piedra, aunque el sistema Sikatack Panel era para paneles ligeros y no para piedra. Tras unos pequeños ensayos caseros positivos y con la inestimable colaboración de la propiedad⁹ nos lanzamos a su ejecución a finales del año 2001, usando otras masillas de la marca Sika y constatando que ha perdurado perfectamente hasta el día de hoy (Fig. 04).

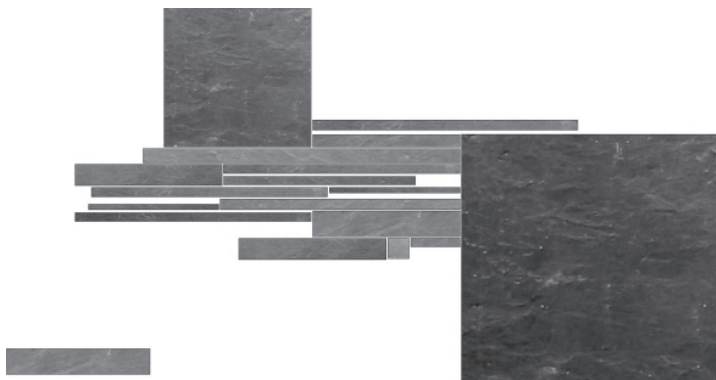
Animados por esta realización, nos planteamos en al año 2001 la reutilización de los desechos de la industria pizarrera en una fachada para un Centro de Salud en Ortigueira (A Coruña). Las piezas partidas, de espesores y formato dispar, se nos antojaban que aportaban una expresividad necesaria a los volúmenes de este proyecto. Pero la solución de anclaje mecánico de la pizarra se presentaba imposible con las técnicas existentes, ante la variedad de formatos, dimensiones y la facilidad de exfoliación natural de la pizarra ante la perforación. Para adoptar la solución de pegado elástico de aplacado pétreo tuvimos que sistematizar el proceso y prever los ensayos de control de calidad para conocer el comportamiento a largo plazo. En el año 2003, el laboratorio de la empresa Control y Estudios realizó los ensayos de caracterización (tracción, cortante y envejecimiento) con resultado positivo para esta obra. Finalmente, la solución se limitó a una fachada de un patio interior, pese a la expresa contraindicación de Sika, por no tratarse de un sistema ligero (Fig. 05).

La solución de aplacados pétreos con pegado flexible se presentó en los “III Encuentros de Arquitectura en

Santiago de Compostela” (Fig. 06) en octubre del año 2001, y se construyeron diferentes ejemplos siguiendo el sistema (Fig. 07). Con posterioridad, tras una serie de ensayos de pelado realizados en el 2005 sobre adhesión sobre pizarras, la empresa de elaborados químicos para la construcción Sika presentó un catálogo de soluciones de fachada ventilada con pegado elástico, donde se muestran las obras realizadas por el estudio con anterioridad.

3. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA. PEGADO ELÁSTICO DE PIEDRA EN FACHADAS TRANSVENTILADAS

La solución propuesta solventa la libertad de composición demandada (Fig. 08). Realiza una unión elástica, estableciendo una relación de proporcionalidad entre el milímetro cuadrado de adhesivo elástico y el metro cuadrado de fachada-peso-succión, sin que el tamaño de la pieza repercuta en el coste de la sujeción, sin imponer juntas coincidentes o contrapeadas, sin determinar geoméricamente las piezas de aplacado, sin manipulaciones de la placa de piedra, sin provocar corrosión ni pares galvánicos, y con posibilidad de reponer cada pieza (mediante corte con hilo de acero del cordón adhesivo) manteniendo el sistema constructivo. Además, aporta atenuación acústica, absorción de movimientos, absorción de imperfecciones constructivas y economía de costes, tanto de construcción como de mantenimiento, aunque sigue necesitando de caracterización de la piedra para el anclaje elástico, al igual que el mecánico.



7 (Izda.) Alfonso Fernández Bernárdez, Vivienda unifamiliar, Oleiros (A Coruña, 2002/05); fachada ventilada de pizarra verde con sistema de pegado elástico.

8 (Dcha.) Antonio Raya de Blas, dibujo de composición teórica; se constata la libertad de criterio de colocación, donde el único requerimiento es la superficie de cordón de pegado elástico y que toda pieza esté apoyada en dos líneas.

3.1 Elementos del sistema

El sistema está integrado por los siguientes elementos:

Subestructura de apoyo, compuesta por montantes y/o travesaños anclados a la hoja interior o a los forjados. Esta subestructura se ejecutará en aluminio, madera tratada, acero inoxidable, piezas de hormigón o plásticos. La imprimación para el pegado se definirá en función del material seleccionado (Fig. 09).

Imprimación, que mejore la adherencia entre la masilla de pegado elástico, la subestructura y la pieza. Ésta dependerá del material.

Cinta de doble cara adhesiva para la fijación inicial de las piezas de piedra mientras la masilla polimeriza, garantizando el espesor mínimo del cordón de pegado. La cinta deberá ser elástica, y debe poder adaptarse a las posibles irregularidades de la pieza (por ejemplo, pizarra).

Masilla elástica adhesiva, de base poliuretano mono-componente o cualquier otra con suficiente capacidad adherente en el tiempo.

3.2 Requerimientos del sistema.

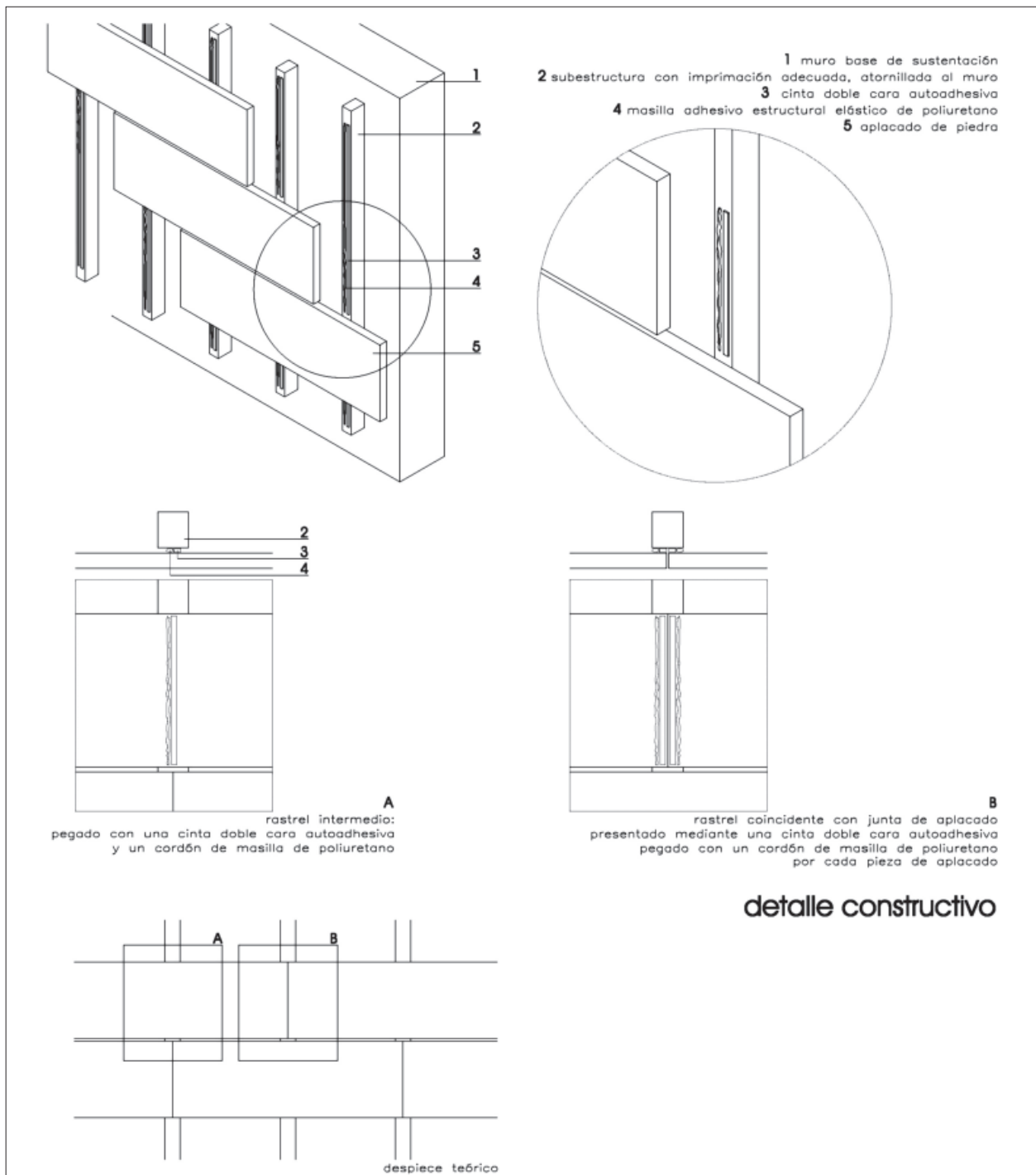
Criterios de diseño y construcción

- Toda placa irá apoyada en —al menos— dos cordones continuos separados entre sí.

- La separación entre montantes o travesaños viene condicionada por el requerimiento anterior y por la superficie de pegado, calculada para resistir las acciones sobre la placa.
- La posición de los rastreles no obliga a una coincidencia con la junta de aplacado.
- Las dimensiones de cálculo del cordón son 10 mm. de ancho y 3 mm. de espesor.
- Los huecos, triedros, albardillas o remates singulares no requieren de soluciones especiales.
- Las superficies de pegado deben estar secas y protegidas de la lluvia durante las primeras horas de polimerización.
- La subestructura debe de garantizar la transmisión de los esfuerzos de la fachada a la estructura principal.
- Se atenderán las especificaciones del fabricante de la masilla.

4. ENSAYOS

En el transcurso de la ejecución de la obra del Centro de Salud de Ortigueira en el año 2003, como dirección de obra, encargamos a la empresa Control y Estudios (empresa adjudicataria del control de calidad) una serie de ensayos de la solución descrita ajustada a esta obra. Concretamente, se ensaya la utilización de pizarra sobre rastreles de madera de pino tratada,



9 Antonio Raya de Blas, detalle constructivo del sistema de pegado elástico de fachada trasventilada de piedra.

usando una imprimación y masilla de poliuretano. Los ensayos son:

Ensayos de caracterización de la unión adhesiva con masilla de poliuretano Sikabond T2 e imprimación SikaTack Panel Primer.

- Peso propio. Resistencia inicial a cortante y envejecimiento.

- Succión de viento. Resistencia inicial a tracción y envejecimiento.

Ensayos de comparación

- Ensayo a tracción de tres probetas de 350 x 300 x 20 mm. pegadas elásticamente, con anclaje mecánico mediante un perfil continuo de aluminio y uñas de acero inoxidable.

ENSAYO A CORTANTE PEGADO ELÁSTICO						
Muestra: 100 x 25 x 5 mm. Solape: 15 mm. Espesor de pegado: 4 mm.						
Velocidad: 10 mm./min. Clase escala máquina: 0,5						
		Fm	Sm	DI en rotura	Ancho	Largo
		(N)	(N/mm ²)	(mm)	(mm)	(mm)
inicial*	media	186,5	1,037	13,10	12,17	15,03
	desviación est	16,9	0,199	1,27	1,01	1,59
inmersión** 60° C 30 días	media	153,8	0,769	6,78	13,34	15,01
	desviación est	83,1	0,428	3,00	0,11	0,70
inmersión*** 165 días	media	165,7	0,803	6,801	13,68	15,16
	desviación est	40,9	0,225	1,392	0,40	0,40

Fm: fuerza media aplicada.
Sm: tensión media.
DI: alargamiento en rotura.
*3 probetas. 3RCA
**5 probetas, el envejecimiento en inmersión en agua a 60° C durante 30 días afecta en un 26% a la resistencia a cortante de la unión elástica, y el alargamiento en rotura desciende en un 48% (menos elástico). 4 RAM + 1 RAP
***4 probetas, el envejecimiento por inmersión en agua a temperatura ambiente durante 165 afecta en un 23% a la resistencia a cortante y un 48% al alargamiento en rotura. 1RCA + 1RAP + 2RAM

Los ensayos con probetas de dimensiones similares a las puestas en obra con diferentes sistemas de anclaje nos permitieron establecer una primera valoración del comportamiento del pegado elástico por comparación. En las tablas anexas se resumen los valores obtenidos y se indica el tipo de rotura¹⁰:

Rotura cohesiva:

- RCA en el adhesivo.
- RCM en la madera.
- RCP en la pizarra.

Rotura adhesiva:

- RAM en la interfaz con la madera.
- RAP en la interfaz con la pizarra.

Los ensayos se han realizado para una obra concreta con solución de madera y pizarra, ambos materiales muy afectados por el envejecimiento acelerado. En cualquier caso, es necesario caracterizar el anclaje según UNE-22203 4.1.3 b), considerado como ensayo tecnológico.

Los ensayos realizados deberían llegar hasta los 20 para poder determinar la resistencia de forma estadística. Por tanto, es necesario proceder a la realización de los ensayos de caracterización para cada ejecución en concreto; lo que, por otra parte, parece totalmente recomendable, atendiendo a las variaciones que la piedra natural puede presentar.

El adhesivo disminuye sus propiedades mecánicas de forma importante en el ensayo de envejecimiento por inmersión a 60°C durante 30 días: un 26% a cortante y un 16% en tracción. La carga de succión de viento es la más desfavorable (DB-SE-AE-3.3.1) y dependerá de diversos criterios: posición relativa en la fachada (centro, esquina), espesor de la cámara y su compartimentación para ecualizado de presiones¹¹. Para el edificio estudiado (6 m. de altura al borde del mar) y aplicando el actual CTE, la succión máxima es de:

$$q_e = q_b \times C_e \times C_p = 50 \times 2,7 \times -0,4 = -54 \text{ Kg/m}^2$$

Adoptando como tensión de cálculo la mitad de la de rotura, 0,864 N/mm² (8,64 / 2 = 4,3 Kg/cm²) y adoptando como coeficiente de seguridad 4,5, sería necesaria una superficie adherida de 56,26 cm² por metro cuadrado de fachada¹². En los ensayos realizados sobre probetas de 350 x 300 x 20 mm., el ancho del cordón adhesivo era de 2 cm.; adoptando como ancho de cálculo la mitad, la longitud de pegado sería como mínimo de 57 cm/m², siendo mucho más restrictiva la condición geométrica de apoyo. Si en vez de la carga prevista para el edificio adoptamos 210 Kg/m² (la utilizada por el Instituto Eduardo Torroja en el DIT-353R)¹³ y repetimos el cálculo, sería necesario un cordón de 220 cm. de longitud por cada metro cuadrado de fachada, prácticamente un rastrel de apoyo cada metro con su correspondiente cordón de pegado. Por otra parte, si la fachada estuviese bien sectorizada, la presión se ecualizaría y no existirían cargas signifi-

ENSAYO A TRACCIÓN PEGADO ELÁSTICO						
Muestra: 25 x 25 x 10 mm. Espesor del cordón: 2 mm. Velocidad 5 mm./min. Clase escala maquina: 0,5						
		Fm	Sm	DI en rotura	Ancho	Largo
		(N)	(N/mm ²)	(mm)	(mm)	(mm)
inicial*	media	607,0	1,027	4,523	23,76	24,71
	desviación est	111,4	0,142	2,421	0,99	0,46
inmersión** 60° C 30 días	media	533,1	0,864	1,406	25,34	24,30
	desviación est	240,6	0,386	0,966	0,55	0,71
inmersión*** 165 días	media	637,1	1,096	1,660	24,10	24,16
	desviación est	96,4	0,166	0,423	0,89	1,14

Fm: fuerza media aplicada.
Sm: tensión media.
DI: alargamiento en rotura.
*5 probetas. 4RCA + 1RCP
**5 probetas, el envejecimiento en inmersión en agua a 60° C durante 30 días afecta en un 16% a la resistencia a tracción de la unión elástica, y el alarga-miento en rotura desciende en un 69%, aunque no resulta significativo por la rotura de la pizarra o del rastrel de apoyo. 2 roturas adhesiva con el rastrel de madera, 1 rotura adhesiva con la pizarra, 1 rotura cohesiva en la madera y 1 rotura cohesiva en la pizarra.
***5 probetas, la resistencia tracción no se ve afectada y disminuye en un 63% el alargamiento en rotura. 3RAM + 1RCP + 1RCA

ENSAYO COMPARATIVO DE SISTEMAS DE ANCLAJE						
Muestra: 350 x 300 x 20 mm. Velocidad: 0,4 mm./s. Clase escala maquina: 1						
		Fm	Sm	DI en rotura	Ancho	Largo
		(N)	(N/mm ²)	(mm)	(mm)	(mm)
pegado elástico*	tracción	5270	1,146	-	20	230
mecánico perfil continuo de Al**	tracción	5740	-	-	-	-
	cortante		-	-	-	-
mecánico uñas de acero inoxidable***	tracción	7535				
	cortante	8134				

Fm: fuerza media aplicada.
Sm: tensión media.
DI: alargamiento en rotura.
*La primera probeta rompe por deslajamiento de la pizarra en la unión epoxídica del pistón para una carga de 830 N. La segunda rotura es cohesiva en el adhesivo a 5.270 N.
**Fallo por deformación de los perfiles.
***Fallo por deformación de los ganchos.

cativas de viento sobre la hoja de piedra; pero hemos dimensionado el caso más desfavorable sin eualización de cámara.

De igual forma se pude proceder para la comprobación a peso propio, en nuestro caso 36 Kg/m². Con un coeficiente de seguridad 4,5 y una tensión de cálculo a cortante de 3,84 Kg/cm², la resistencia del cordón de

57 cm. sería de 218 Kg/m²; y para el cordón de 220 cm., la resistencia alcanzaría los 844 Kg/m², siempre muy por encima de lo demandado incluso con aplacados de mayor espesor.

El ensayo testigo de placas de pizarra de 350x300x20 mm, con pegado elástico y con anclaje mecánico, da resultados insuficientes, pero dentro una banda equiparable.

El sistema, con todas las ventajas indicadas, es capaz de asumir los requerimientos técnicos a los que está sometido, aunque en el caso de usar piedra natural debe constatarse en cada obra.

5. CONCLUSIONES

- La solución es perfectamente válida, aunque atendiendo a la UNE-22203 4.1.3, es necesario realizar ensayos de caracterización para su extrapolación a otra obra, como ocurre con los anclajes mecánicos. Lo que nos permite plantear este sistema como solución técnica en fachadas ventiladas, aunque necesita de un mayor desarrollo.
- El sistema soluciona gran parte de los problemas descritos para un anclaje mecánico: libertad de composición, proporcionalidad anclaje-peso-acciones, independencia anclaje-superficie de la pieza, no-imposición de juntas coincidentes o contrapeadas, indeterminismo geométrico de las piezas, ausencia de manipulaciones de la placa de piedra, ausencia de corrosión o pares galvánicos, y posibilidad de reponer cada pieza independientemente con el mismo sistema.
- La temperatura es uno de los factores que más afecta a los adhesivos químicos en su comportamiento; por tanto, debe ser evaluada muy detenidamente.
- La inmersión en agua durante largos periodos no afecta al comportamiento de la masilla de poliuretano ensayada.
- Mediante ensayos de identificación, el sistema se puede aplicar a otras subestructuras (aluminio, acero inoxidable) más habituales, y con ensayos tecnológicos a otras piedras (granito, mármol) o cerámicas, entre otros.
- Al existir una construcción real con más de diez años y otras con diferentes edades se puede seguir y ensayar su comportamiento real fuera de laboratorio.
- Finalmente, se están evaluando sistemas alternativos de sujeción provisional a la cinta de doble cara para solucionar la sustentación de la placa durante el proceso de secado de la masilla.

Notas

1. Cf. Jaume Avellaneda Díaz-Grande e Ignacio Paricio Ansuategui, *Los revestimientos de piedra* (Barcelona: Bisagra, 1999), 6.
2. Cf. Thomas Kuhn, *La estructura de las revoluciones científicas* (Madrid: Fondo de Cultura Económica de España, 2005). Enuncia las tres etapas del pensamiento científico: precientífica, ciencia normal y ciencia revolucionaria.
3. Cf. J.M. Anderson y J.R. Gill, *Rainscreen Cladding: A Guide to Design Principles and Practice* (London: Butterworth-Heinemann, 1988), 3. Establece el antecedente en los graneros noruegos para la fachada trasventilada.
4. Cf. Cristina Pardo March e Ignacio Paricio Ansuategui, *La fachada ventilada y ligera* (Barcelona: Bisagra, 2006), 14. Existen referencias en España como el tabique pluvial catalán o diversas soluciones gallegas.
5. Cf. Plinio (Hist. Nat., IX, 168) las llama *balneae pensiles*, literalmente *baños colgantes*, aunque la traducción más exacta puede ser *piscinas calientes*.
6. Cf. G.O. Handegord, "The Performance of Exterior Walls" (Prefacio presentado en *Building Science Insight 1982-Exterior walls: understanding the problems*, Ottawa, 1982), 5-14.
7. Cf. C.-H. Johansson, "The influence of moisture on the heat conductance for bricks", *Byggmastaren* 7 (1946): 117-124. Describe la pantalla de protección contra la lluvia, con aislamiento exterior, ventilada y traspirable; N.B. Hutcheon, "Fundamental Considerations in the Design of Exterior Walls for Buildings". National Research Council NRC 3057 (1953): 25.
8. Cf. George Kirby Garden, "Rain penetration and its control", *Canadian Building Digests* 40 (1963): 1-4.
9. Saúl González Casas, propietario y arquitecto técnico de la dirección facultativa.
10. Cf. EN-12004-2008, *Adhesivos para baldosas cerámicas. Requisitos, evaluación de la conformidad y designación* (Madrid: AENOR 2008), 16. Clasificado el fallo según el tipo de rotura: rotura adhesiva, cuando se produce en la interfaz entre el adhesivo y los elementos unidos; y rotura cohesiva, cuando se produce en el seno del adhesivo.
11. Cf. Joaquín Fernández Madrid, "Study of influence of wind pressure and rain conditions in rain screen walls", *Structural Survey* 28/1 (2010): 51. En este artículo se concluye la influencia del ancho y compartimentación de las cámaras ventiladas en las presiones dinámicas por viento en cada hoja (exterior e interior).
12. Cf. Eduardo Lahoz Ruiz, "Caracterización de la resistencia de una fijación oculta mecánico adhesiva para aplacados de piedra natural en un sistema de fachada ventilada" (Actas de las II Jornadas de Investigación en Construcción), Madrid: IETCC-CSIC, 2008). Cita la norma UNI32045130 que recomienda un coeficiente de seguridad para aplacados entre 4,5 y 9.
13. Cf. Instituto Eduardo Torroja CSIC, "DIT-353 Sistema de revestimiento de fachadas Mecanofas Karrat S-7", (Madrid: IETCC-CSIC, 2007), 8. Antecedente de pegado elástico con encastrado por acanaladura para sujeción mecánica al perfil continuo de cuelgue de la estructura auxiliar. DIT Renovado en el año 2007 sobre ensayos realizados en 1999 y 2000.

Referencias

- Anderson, J.M. y J.R. Gill. *Rainscreen Cladding: A Guide to Design Principles and Practice*. London: Butterworth-Heinemann, 1988.
- Avellaneda Díaz-Grande, Jaume e Ignacio Paricio Ansuategui. *Los revestimientos de piedra*. Barcelona: Bisagra, 1999.
- Fernández Madrid, Joaquín. "Study of influence of wind pressure and rain conditions in rain screen walls". *Structural Survey* 28/1 (2010): 46-52.
- Garden, George Kirby. "Rain penetration and its control". *Canadian Building Digests* 40 (1963): 1-4.
- Handegord, G.O. "The Performance of Exterior Walls". Prefacio presentado en *Building Science Insight 1982-Exterior walls: understanding the problems*. Ottawa: National Research Council Canada, 1982.
- Hutcheon, N.B. "Fundamental Considerations in the Design of Exterior Walls for Buildings". *National Research Council* 3057 (1953): 1-25.
- Instituto Eduardo Torroja-CSIC. *DIT-353 Sistema de revestimiento de fachadas Mecanofas Karrat S-7*. Madrid: IETCC-CSIC, 2007.
- Johansson, C.H. "The influence of moisture on the heat conductance for bricks". *Byggnastaren* 7 (1946): 117-124.
- Kuhn, Thomas. *La estructura de las revoluciones científicas*. Madrid: Fondo de Cultura Económica de España, 2005.
- Lahoz Ruiz, Eduardo. "Caracterización de la resistencia de una fijación oculta mecánico adhesiva para aplacados de piedra natural en un sistema de fachada ventilada". Actas de las II Jornadas de Investigación en Construcción. Madrid: IETCC-CSIC, 2008.
- Money, J.H. "Garden Hill, Sussex: Interim Report". *Britannia* 8 (1977): 339—50.
- Pardal March, Cristina e Ignacio Paricio Ansuategui. *La fachada ventilada y ligera*. Barcelona: Bisagra, 2006.

Procedencia de las ilustraciones

- Fig. 01. Chogenbo.
- Fig. 02-06 y 08-09. Antonio Raya de Blas.
- Fig. 07. Héctor Fernández Santos-Díez.

Sobre los autores

Antonio Raya de Blas, Santiago Sánchez Iglesias y Enrique Antelo Tudela son arquitectos y profesores del Departamento de Construcciones Arquitectónicas de la ETSA de la Universidade da Coruña; Cristóbal Crespo González, arquitecto, es profesor del Departamento de Proyectos Arquitectónicos y Urbanismo del mismo centro. En 2002 crean Vier arquitectos (A Coruña), en continuidad con QRC arquitectos. El despacho dirige su atención principalmente hacia programas institucionales y residenciales, experimentando con nuevas técnicas y materiales.

adeblas@udc.es