

COMPORTAMIENTO DE LAS FACHADAS DE LADRILLO FRENTE A ACCIONES HORIZONTALES *INFLUENCIA DE LOS DETALLES CONSTRUCTIVOS*

Tiago Teixeira Martins¹

tteixeira@intemac.es

Borja Jiménez Salado¹

bjimenez@intemac.es

Peter Paul Hoogendoorn¹

phoogendoorn@intemac.es

José Ramón Arroyo¹

jrarroyo@intemac.es

Ramón Álvarez Caball^{1,2}

ralvarez@intemac.es

Resumen

Tras el sismo ocurrido en mayo de 2011 en la ciudad de Lorca, INTEMAC llevó a cabo una campaña de inspecciones de más de 400 edificios afectados, la mayoría de los cuales presentaban daños en fachadas de fábrica de ladrillo.

El análisis de los daños observados permitió identificar los detalles y soluciones constructivas habitualmente empleadas, recogidas en un gran número por la normativa y la bibliografía de referencia, y los modos de fallo asociados.

Los resultados obtenidos ponen de manifiesto que las soluciones habitualmente empleadas son, en muchos aspectos, incompatibles con los principios básicos de estabilidad estructural y, a la par, divergentes respecto a las disposiciones constructivas que tienen por objetivo garantizar unas adecuadas condiciones de estanqueidad y aislamiento de las fachadas.

En el presente artículo se analizan los detalles constructivos de las principales tipologías de fachada existentes, poniendo de relieve sus condiciones reales de apoyo y sujeción a la luz de los mecanismos de fallo estructural que se producen frente a sollicitaciones extremas como el sismo, así como frente a cargas normales, como es el caso de las debidas a variaciones térmicas o viento.

Palabras-clave: Cerramiento, estabilidad, sismo.

¹ Instituto Técnico de Materiales y Construcciones (INTEMAC).

² Universidad Politécnica de Madrid.

1. Introducción

El trabajo realizado por INTEMAC en los últimos años en campañas de inspección de edificios, puso de manifiesto la incertidumbre existente acerca de la idoneidad de las soluciones comúnmente empleadas para resolver los puntos singulares de fachada de cara a garantizar su estabilidad.

Si bien esta problemática es conocida desde hace años debido a los síntomas que muchas fachadas presentan, acontecimientos de gran relevancia, como por ejemplo el terremoto ocurrido en Lorca en 2011, permiten comprobar la magnitud de sus consecuencias.

Paradójicamente, las soluciones admitidas como tradicionales, habitualmente empleadas en la construcción de estos cerramientos en España, en muchos aspectos son incompatibles con los principios básicos de estabilidad estructural. La normativa existente no define líneas claras de actuación, y no es convergente cuando analiza soluciones que garanticen estanqueidad, aislamiento y estabilidad.

El estudio realizado analiza las condiciones reales de apoyo de esta tipología de fachadas conforme a las disposiciones observadas en distintos edificios, resultado de las investigaciones llevadas a cabo tras el terremoto ocurrido en Lorca.

2. Configuración de la página

2.1 Preámbulo y enfoque normativo

Desde principios del siglo XX, el uso de las fábricas de ladrillo ha cambiado sustancialmente. Los antiguos muros estructurales se han sustituido, en muchos casos, por cerramientos autoportantes de espesores mínimos de $\frac{1}{2}$ pie ($\square 11,5$ cm), que se proyectan con la única finalidad de envolver el edificio. Esta reducción de espesor condiciona su comportamiento y ejecución. La carencia de soluciones constructivas adecuadas para resolver los puntos singulares de estas soluciones es el origen de numerosa patología.

Hasta la entrada en vigor del CTE [1] no existía reglamentación española específica relativa al cálculo de la estabilidad de las fachadas y había que remitirse al Eurocódigo 6 [2] y a las NTE, en concreto la NTE-FFL [3] de los años 70. El alcance de la NBE-FL-90 [4], basada en la antigua norma MV-201/1972 [5], se limitaba a los muros resistentes de fábrica de ladrillo.

El CTE ha introducido cambios importantes en la consideración de las fachadas definiendo las acciones que deben considerarse en su cálculo, particularmente desarrolladas en el Documento Básico de Acciones en la Edificación para el caso de las acciones de viento, y según sus Documentos Básicos de Fábricas y Salubridad. Las fábricas son los únicos elementos de cerramiento que están actualmente reglamentados en España. Sin embargo, entre estos documentos se observan numerosas contradicciones, poniendo de manifiesto que las soluciones adecuadas para garantizar la estabilidad de la misma son, generalmente, desfavorables frente a la estanqueidad o el aislamiento (térmico y acústico) y viceversa.

En la investigación llevada a cabo se han identificado distintas configuraciones de apoyo de los cerramientos en la estructura horizontal que responden fundamentalmente a las exigencias de ejecución y limitaciones constructivas existentes en cada época. En la figura 1 se resumen las tipologías más comunes empleadas en España a lo largo de las décadas que supusieron mayores cambios.

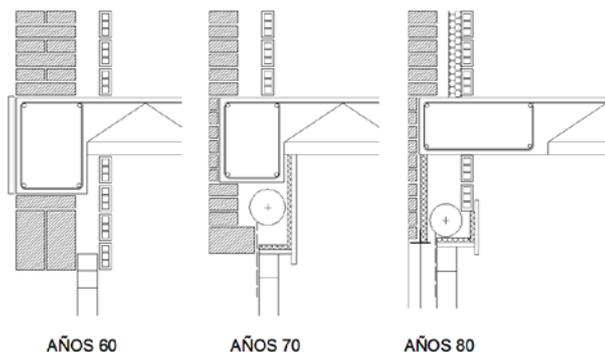


Figura 1: Evolución en las décadas de 60, 70 y 80 del siglo pasado de los cerramientos

De acuerdo con la figura anterior la evolución histórica de los cerramientos motivó que la hoja exterior empezara a estar semivolada, con un apoyo parcial sobre la estructura horizontal, intentando procurar aislamiento al forjado y evitar puentes térmicos. Así, frente al apoyo completo de la sección del paño exterior de cerramiento hasta la entrada en vigor de las Normas Técnicas de la Edificación, se pasó a permitir que los paños de cerramiento de los edificios apoyaran de forma parcial permitiendo el apoyo de tan sólo $2/3$ del ancho de la sección. La consecuencia inmediata derivada de esta situación es la merma de estabilidad de la hoja exterior, una de las causas más frecuentes de aparición de daños en cerramientos.

El comportamiento de las fachadas de ladrillo actuales está también condicionado por la evolución que han experimentado las propias estructuras de los edificios. Las estructuras porticadas han ido perdiendo rigidez y aumentando sus luces, lo que se traduce en una mayor deformabilidad de las estructuras horizontales, afectando directamente a los elementos constructivos que son soportados por ellas y en especial a los paramentos de fábrica (cerramientos de fachadas y tabiques interiores).

Tal y como exponemos con detalle más adelante, y en contra de los planteamientos de diseño que mantienen que las fachadas son un mero envoltorio con una única finalidad de procurar aislamiento, podemos afirmar que en España los cerramientos de ladrillo forman parte de la estructura. Si tenemos en cuenta que la ejecución de las fábricas se realiza estableciendo conexión con la estructura, y que su rigidez es muy superior a la de la propia estructura, es indudable que condicionan de manera determinante el comportamiento estructural de los edificios.

No se trata de un planteamiento nuevo, ya que ha sido objeto de estudio por parte de muchos autores. Los trabajos de inspección realizados en la ciudad de Lorca tras el terremoto ocurrido en 2011 nos han permitido contrastar esta hipótesis. La contribución de las fábricas en la estabilidad global del edificio frente a la acción sísmica, supuso que numerosos edificios con carencias estructurales importantes resistieran el terremoto. Sin embargo, estos elementos resultaron muy dañados y provocaron la totalidad de las pérdidas humanas producidas.

Por el contrario, el cerramiento se concibe en la actualidad como envoltorio de la estructura, con una función clara de aislar el interior de las edificaciones garantizando el confort de los usuarios para los distintos usos asignados.

De esta forma, los cerramientos se diseñan con mecanismos que les confieren aislamiento térmico, acústico y estanqueidad frente a la entrada de agua o humedad, (cámaras de aires, láminas de impermeabilización, revestimientos diversos, etc). El Código Técnico de la Edificación recoge en su Documento Básico de Salubridad (HS) indicaciones detalladas al respecto.

Además, la fachada es también el elemento que recibe directamente las acciones exteriores que solicitan la estructura, (viento, acción sísmica y gradientes de temperatura). Por lo tanto, estos “elementos no estructurales”, deben resistir las solicitaciones indicadas y transmitir las a la estructura. No obstante, las condiciones de contorno de los cerramientos observadas no resuelven eficazmente estos requisitos.

Teniendo en cuenta las lecciones aprendidas en Lorca, en el presente artículo analizaremos la configuración de las fachadas a la luz de los resultados obtenidos.

2.2 Terremoto de Lorca

A continuación se presentan algunas de las configuraciones observadas, y los daños asociados advertidos tras el terremoto, que han permitido identificarlos. Se trata, en general, de soluciones que se han revelado poco fiables de cara a garantizar la estabilidad de los cerramientos, incluso ante las cargas gravitatorias:

- a) La hoja de fábrica exterior del cerramiento se pasa por delante del forjado sin que se advierta anclaje alguno a la interior (condición básica para garantizar su estabilidad, ante la ausencia de otro mecanismo que permita asegurarla), puesto que es la única que puede disponer de un apoyo correcto en el forjado (Figura 2). Situación análoga se observa también, en ocasiones, en paños exentos de dimensiones reducidas situados entre ventanas de largo recorrido (Figura 2).
- b) Se advierte en general que en los casos que se dispusieron sistemas de fijación entre paños, éstos no han resultado adecuados. Se han identificado algunas tipologías tales como la fijación de la hoja exterior mediante la colocación a tizón de algunos ladrillos del paño interior tomado con mortero (Figura 3).
- c) En los casos de paños corridos de fachada intercalados por huecos de ventana igualmente corridos, la hoja de fábrica que pasa por delante del forjado, sin apoyar en él, se apoya en un perfil metálico colgado de tirantillas (Figura 4). Esta solución se emplea de forma corriente también en el apoyo de petos de cubierta, de paños parciales colgados de planta baja y en dinteles (Figura 4).



Figura 2: Daños provocados por la ausencia de apoyo sobre el forjado de paño exterior de cerramiento



Figura 3: Solución de fijación de la hoja exterior mediante la colocación a tizón de ladrillos del paño interior tomado con mortero



Figura 4: Soluciones de apoyo de paños de ladrillo que pasan por delante del forjado sobre perfiles metálicos colgados de tirantillas.

d) En los casos en los que el apoyo de los paños de fachada se realiza parcialmente sobre los forjados, el forro del testero de la estructura, materializado mediante piezas de ladrillo de espesores muy reducidos careciendo de anclaje a la estructura o aplacados con sistemas de sujeción de calidad muy dudosa, se aprecian en muchos casos la caída y/o despegue de estas franjas de discontinuidad de los paños (Figura 5).



Figura 5: Caída de las franjas de discontinuidad en los paños de cerramiento del recubrimiento del testero de la estructura horizontal

e) En muchas ocasiones, sobre todo en plantas inferiores, la patología existente deriva del empleo de sistemas constructivos totalmente inadecuados. En estos casos la caída de los paños se debió a una inadecuada sujeción y/o apoyo de los mismos (Figura 6).



Figura 6: Caída de los paños en plantas inferiores debido a una inadecuada sujeción y/o apoyo de los mismos.

f) Se observa el empleo de láminas que se prolongan en el apoyo de la hoja exterior de cerramiento sobre la estructura horizontal para favorecer las condiciones de impermeabilización y drenaje (recogiendo y evacuando al exterior el agua de infiltración y posible condensación que pueda existir en la cámara de aire, mermando así el rozamiento entre cerramiento y forjado y comprometiendo su estabilidad, máxime si la lámina presenta pendiente como es practica corriente, abalada por la normativa de aplicación (Figura 7).



Figura 7: Apoyo sobre lámina impermeable.

g) Al margen de lo anterior, el fallo de muchos cerramientos presenta una tipología acorde con los esquemas de colapso ante acciones en su plano ejercidas desde el contorno. Estas acciones producen en los paños de fábrica roturas en aspa, en algunos casos partiendo de la posición de huecos de ventana (Figura 8).



Figura 8: Roturas en aspa en cerramientos.

3. Conclusiones

El análisis llevado a cabo nos lleva a cuestionar los sistemas de fachada de fábrica de ladrillo, tal y como tradicionalmente se resuelven en España. Las soluciones constructivas habituales no ofrecen garantía suficiente para cumplir siquiera los requisitos estructurales más básicos determinados por las normas.

Como ejemplo más evidente hemos mostrado algunos de los múltiples daños registrados en la ciudad de Lorca, tras el terremoto de 2011. Las técnicas constructivas observadas en Lorca son semejantes las de cualquier ciudad española de tamaño medio. Todas las cuestiones relativas a fachada planteadas, (ausencia de apoyo de las fábricas en el forjado, fachadas cuya rigidez condiciona el comportamiento de la estructura, etc.) han sido observadas en la mayoría de los edificios dañados, muchos de ellos de reciente construcción.

En nuestra opinión es necesario revisar y actualizar la normativa existente en España acerca de la construcción de fábricas de ladrillo para cerramientos. La problemática actual nace del vacío normativo existente, lo cual resulta paradójico dada la importancia que la fachada tiene en términos económicos dentro del presupuesto global de cualquier edificio.

Bibliografía

- [1] Código Técnico de la Edificación.
- [2] Eurocódigo 6: Proyecto de estructuras de Fábricas.
- [3] Normas Tecnológicas de la Edificación.
- [4] Normas Básicas de la Edificación.
- [5] MV-201/1972: Muros resistentes de fábricas de ladrillo.
- [6] Álvarez Cabal, R. “El Eurocódigo 8” Jornada Técnica Anual ACHE Comportamiento de estructuras de hormigón en zonas sísmicas”. 2004
- [7] Álvarez, R; Arroyo, J.R. “La estimación del período fundamental de los edificios” III Congreso de Puentes y Estructuras de Edificación de la Asociación Científico-Técnica del Hormigón Estructural. Zaragoza. 2005.
- [8] Jiménez Salado, B. Díaz-Pavón Cuaresma. E; Teixeira Martins. T; Álvarez Cabal. R. “Actuaciones preventivas en elementos de arquitectura en edificios situados en zona sísmica”. 4º Congreso de patología y rehabilitación de edificios. PATORREB 2012, Santiago de Compostela. 2012.
- [9] AENOR. UNE-EN 1998-1:2011. Eurocódigo 8: Proyecto de estructuras sismorresistentes. Parte 1: Reglas generales, acciones sísmicas y reglas para edificación. 2011.