

UNA OPINIÓN SOBRE EL DESASTRE DE SANT BOI o el caso del muro que perdió un borde

Ramón Gesto de Dios*, gestodedios@demecanica.com

Antes que nada deseo trasladar mi respeto y condolencias para la familia de las víctimas del túnel de bateo de Sant Boi. A veces, harto de repasar las imágenes sobre el siniestro, uno corre el peligro de olvidarse de lo que ocurrió allí el pasado 24 de enero. Como padre me asusta sólo imaginar la pérdida de un hijo...

NO HAY MATERIALES MALOS NI BUENOS. Dicho lo anterior, deseo centrarme en una de las ideas que quisiera lograr transmitir con este texto, escrito a raíz del desastre de Sant Boi, desde mi experiencia como arquitecto dedicado al cálculo y peritaje de estructuras: ningún material estructural es peor o mejor que otro, su bondad dependerá de que sus propiedades se adecuen a las que demande la tipología estructural a la que pertenece. En palabras del profesor Torroja, siempre mejores que las mías:

Cada material tiene una personalidad específica distinta, y cada forma impone un diferente fenómeno tensional¹

Por ser el bloque de hormigón componente de los muros de cerramiento del túnel de Sant Boi, me referiré principalmente a éste, si bien, cualquier otro material, ya sea acero, hormigón armado, madera o ladrillo, por citar los más usuales, podría haber sido el protagonista. Y nótese que cuando menciono a los bloques de hormigón como material (componente) estructural, lo hago a propósito, puesto que un cerramiento es, antes que nada, una estructura en tanto que debe ser capaz, en primer lugar, de resistir la acción del viento y en segundo, de transmitirla a la estructura principal o a la cimentación. Esta cuestión, que parece de perogrullo, no ha sido recogida de manera explícita en una normativa de obligado cumplimiento hasta el advenimiento del actual Código Técnico de la Edificación y tiene, a mi modo de ver, mucha repercusión en el caso que nos ocupa.

LOS MUROS. Aceptado lo anterior, que repito, es reivindicar que los materiales no son buenos ni malos *per se* sino que su eficacia depende de que sus propiedades se ajusten a las requeridas por el tipo estructural del que forman parte,

*Ramón Gesto de Dios es arquitecto, profesor de estructuras en la Universidad Francisco de Vitoria y creador de «*De Mecánica*» (www.demecanica.com). Actualmente trabaja en el control técnico de estructuras de edificación dentro de CPV, Control Técnico y Prevención de Riesgos SA, y colabora en charlas y conferencias sobre las estructuras de fábrica con la Asociación de Fabricantes de Bloques y Mampostería de Hormigón (NORMABLOC).

¹Eduardo Torroja Miret. «Razón y ser de los tipos estructurales». Consejo Superior de Investigaciones Científicas

será necesario recapacitar sobre si el bloque de hormigón se adapta a los requerimientos exigidos para un cerramiento y sobre qué condicionantes de diseño son los que deben seguirse en este caso. Por supuesto, estoy aludiendo únicamente a los requisitos de resistencia y estabilidad obviando otros como el aislamiento térmico y el acústico o los de estanquidad, que siendo también importantes, no son determinantes en nuestro análisis.

Pues bien, volviendo al profesor Torroja y a su «Razón y Ser», en el capítulo que dedica al soporte y al muro nos advierte:

Debiendo el muro mantener su equilibrio por efecto de su peso propio, es difícil que pueda alcanzar proporciones sobre las que el peligro de pandeo llegue a tener influencia. Pero, en muchos casos, ha de soportar empujes horizontales, sean de tierras que contiene, de bóvedas que apoyan sobre él o, en fin, los mismos del viento si la altura llega a ser importante. Siendo así, y no teniendo elementos de arriostramiento o contrarresto en su altura, es fácil que el espesor que requieran llegue a ser demasiado fuerte con materiales no resistentes a la tracción. El peligro está en que la compresión compuesta, producida por la combinación del empuje y del peso propio, se convierta en flexión, y el muro rompa por tracción; o que, sin rotura real, se abra por una junta y vuelque. Contra ello, la condición de estabilidad exige simplemente que, alrededor de cualquier posible arista de giro, el momento volcador, producido por el empuje, sea menor que el estabilizante debido al peso.

En definitiva, como es bien sabido, no es deseable la aparición de tracciones sobre los muros de fábrica. En el caso de cerramientos esto puede ocurrir cuando el momento producido por las solicitaciones debidas al viento provoca en la sección tracciones, tan grandes, que superan a las compresiones debidas al peso propio del muro. ¿Cómo se evita esto? Una posibilidad que se viene a la mente es la de cargar los muros. Al contrario de lo que pueda parecer, la compresión debida al peso propio del muro es en este caso beneficiosa², puesto que se opone a la tracciones de la flexión. El nuevo CTE DB SE F así lo pone de manifiesto en varias de sus formulaciones, como por ejemplo, en la del momento resistente

²Evidentemente cargar al muro puede volverse en nuestra contra si se desata un fenómeno de inestabilidad (pandeo) por lo que se deben respetar siempre ciertas limitaciones de esbeltez.

(M_{Rd}) de un muro de fábrica sometido a flexión cuando existen compresiones, donde a la resistencia debida a la flexión que posee la fábrica (f_{xd}), se le suma el término debido a las tensiones de compresión (σ_d):

$$M_{Rd} = (f_{xd} + \sigma_d) Z$$

Otra posibilidad es la de reducir el área expuesta al viento. Si los paños de cerramiento, tal y como suele ocurrir en las estructuras de edificación, pueden anclarse mecánicamente a los soportes o apoyarse en los forjados, reducirán sus áreas expuestas y con ello la magnitud de las solicitaciones. En el caso de edificios como el túnel de bateo de Sant Boi esto no es posible puesto que no existen pilares y tampoco forjados intermedios. Otra solución es recurrir a muros de arriostramiento, si bien, el espacio diáfano de un edificio como el túnel de bateo sólo permitirá disponer pilastras cuya inercia puede no ser suficiente. Por último, a falta de soluciones como las anteriores o como ayuda a aquellas, se puede optar por armar los muros, tarea que resulta muy sencilla en la fábrica de bloque dado que la propia geometría de las piezas facilita la inclusión de las barras y sirve de encofrado. El armado actúa dotando al muro de capacidad resistente frente a las tracciones, si bien, no hay que olvidar que estos armados han de anclarse de manera eficaz, en especial a la cimentación, puesto que de otra manera los muros pueden volcar como un todo.

LA HIPÓTESIS. En nuestra opinión, basada especialmente en el análisis del video grabado durante el momento del siniestro por la cámara de seguridad del cuartel de policía de Sant Boi, el muro resistió bien el embate del viento mientras estuvo arriostrado por sus cuatro bordes. En el momento en que la cubierta salió volando por los aires, el muro quedó cogido sólo por tres de sus lados y en cuestión de segundos colapsó

No descartamos, tal y como se ha dicho en los diferentes informes encargados por las distintas partes, que la ejecución del muro no fuera la adecuada. Se ha hablado de la humedad de las piezas durante su colocación, así como de la carencia de armado y las imágenes de los restos del muro parecen indicar como ciertas estas cuestiones; sin embargo, el hecho determinante es que mientras la cubierta estuvo en su lugar el muro soportó correctamente la presión del viento.

Para refutar esta hipótesis se modelizó un muro similar al de Sant Boi. Nuestra intención era comparar los resultados de los dos modelos de muro propuestos: muro empotrado en tres de sus bordes y apoyado en el cuarto que se corresponde con la cubierta (ver figura 1), que considero con un comportamiento semejante al de Sant Boi antes de perder el arriostramiento de la cubierta y otro exclusivamente empotrado en su borde inferior y en los laterales (ver figura 2). Los modelos no son refinados y simplemente sirven para hacerse una idea de magnitudes y esquemas de comportamiento.

Dado que no hemos tenido posibilidad de acceder al proyecto del edificio, hemos supuesto unas dimensiones proporcionadas con la altura del túnel que al parecer era de 4 m. Para simular la acción del viento se tomaron como velocidades

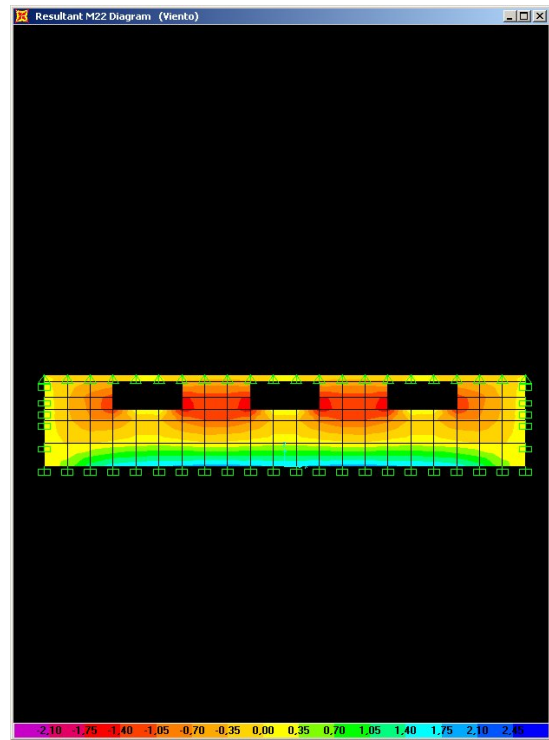


Figura 1: Momentos en el modelo con tres bordes empotrados y apoyado en cubierta

del viento 144 km/h en la base y 160 km/h en la cima del muro, datos sobre los que parece haber también acuerdo.

Como se puede observar de los resultados extraídos, los valores de los momentos varían notablemente, siendo más desfavorables los resultados del muro que carece del apoyo de la cubierta. Sin duda se podrían refinar los cálculos anteriores.

NORMAS. Se ha hablado en el caso de Sant Boi, de incumplimiento de normativas de seguridad, cuando ha de tenerse en cuenta que no ha existido normativa de obligado cumplimiento para fábricas de bloque hasta la entrada en vigor del actual Código Técnico de la Edificación. Recordemos que la NBE FL-90 vigente hasta entonces no supuso más que una translación de la anterior norma MV 201-1972 «Muros de Fábrica de Ladrillo»³. Existieron y siguen vigentes las NTE EFB (1974) y NTE FFB (1975), pero hemos de recordar que dichas normas son de carácter voluntario.

La pregunta recurrente que se hacen las personas ante un desastre de la magnitud del de Sant Boi, es cómo se permite construir edificios de esta manera: ¿cómo se permite que se construya un edificio que no es capaz de soportar unas cargas de viento como las de Sant Boi cuando somos capaces de hacer obras bastante más arriesgadas y de mayor envergadura? La reacción de las personas que no están involucradas en el quehacer estructural del ingeniero o del arquitecto es de incredulidad, de perplejidad.

³La MV 201-1972 fue la primera norma sobre fábrica de obligado cumplimiento en España, en cuya redacción participó el profesor Javier Lahuerta, experto en la obra de fábrica y ya desaparecido

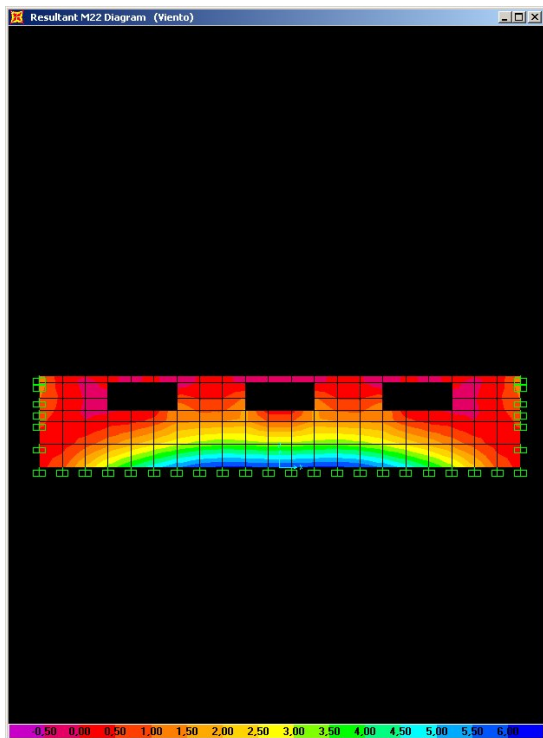


Figura 2: Momentos en el modelo con tres lados apoyados

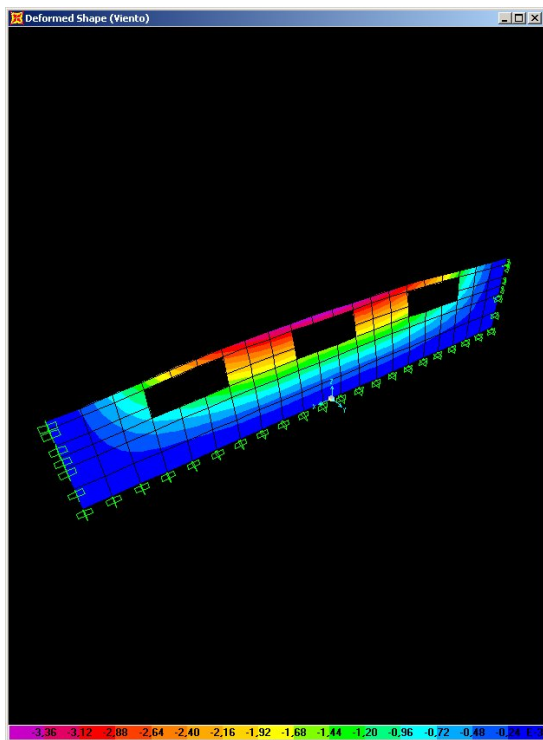


Figura 3: Deformaciones en el modelo con tres lados apoyados

No es para menos, sin embargo, no es así como se diseñan las estructuras y está bien que dediquemos un poco de tiempo a meditar sobre ello. Podemos exigir que el edificio se construya correctamente y hablamos entonces de asegurar una correcta ejecución. En el caso de Sant Boi, hemos dicho que pudo haber una mala ejecución debido a la humectación de los bloques y a la carencia de armados. En cambio, no podemos exigir un diseño por encima de los supuestos de la normativa que se consideran razonables y balanceados entre las posibilidades económicas del país, el estado del conocimiento y los márgenes de seguridad. Pudiera darse el caso de que, tal y como ocurrió con unos famosos apartamentos ingleses, una explosión en uno de los pisos que produjo una reacción en cadena de colapsos, llevara a las autoridades a normalizar este tipo de acción. Podríamos, por tanto, juzgar si es necesario incluir en nuestro código de fábrica la consideración de la hipótesis accidental que consistiría en que un muro de cerramiento pierda uno de los bordes. Si no es así difícilmente se comprobará este aspecto en un futuro.

CONCLUSIONES. El estudio llevado a cabo no pretende entrar en conflicto con otros que ya se hicieron sobre las razones del colapso del túnel de bateo de Sant Boi. Este análisis, al contrario que los anteriores, tiene un interés principalmente académico: destacar que las hipótesis con las que se enfrenta el proyectista al diseñar una estructura pueden variar en cualquier momento y que, como responsable de este diseño, el arquitecto o el ingeniero debe ir más allá de lo que las propias normas dictan en tanto en cuanto dicha actitud sea razonable.