

## **El bloque COUPE y el cumplimiento estructural.**

El presente artículo justifica la idoneidad de utilización del bloque COUPE de BARRUCA según la normativa vigente en España (CTE DB SE-F).

Los valores de resistencia son los declarados en las declaraciones de prestaciones de producto.

### **Marco reglamentario**

Con la aprobación del Código Técnico de la Edificación hace ya casi 20 años (2006) se introdujeron mejoras en cuanto al diseño de la fábrica con bloques y ladrillos, pero también se ha normalizado la necesidad de comprobación y validación de las soluciones constructivas adoptadas.

El Código Técnico de la edificación se ocupa del cálculo de fábricas en su Documento Básico Seguridad Estructural de Fábricas. (DB SE-F). Documento que toma como base el Eurocódigo 6 (EC-6), normativa de aplicación europea en dicha materia.

Hasta hace poco la necesidad de cálculo no existía formalmente ya que la normativa europea no se aplicaba y no se establecían métodos de cálculo “obligatorios”. El procedimiento usual era obviarlo con el razonamiento, en algunos casos poco acertado, de que esa forma de construir se venía realizando así históricamente y por tanto estaba probada su resistencia. Sin embargo esto que para casos usuales de edificación es en líneas generales correcto, se basaba en la experiencia de muros de fábrica apoyados en la totalidad de su grueso y generalmente asociados a una función añadida de elemento sustentante.

Con la evolución de las técnicas constructivas se ha ido aligerando el muro, disminuyendo su grosor, y disminuyendo su apoyo o incluso volándolo por delante de la estructura con el fin de incrementar la proporción de superficie útil con respecto a la construida, evolución basada en la economía y no en la experiencia sobre muros de fábrica pues estos casos no se habían dado antes en la arquitectura tradicional. Caso aparte es el “cavity wall” de tradición anglosajona que usa como trasdosado otra pared de fábrica de gran porte.

También se ha eliminado su función de elemento sustentante.

Este cambio constructivo a supuesto un aumento de la patología asociada a las fábricas al comportarse estas lejos de los casos para los que tradicionalmente fueron pensadas, con un incremento claro de los esfuerzos de flexotracción en su comportamiento actual.

## Comportamiento estructural

Al enfrentarnos al cálculo de un muro de fábrica podemos optar por varias opciones, calcular según distintos métodos de rotura o utilizar programas de cálculo.

Los dos métodos más usados en la justificación de cerramiento son el funcionamiento en arco y el funcionamiento en placa.

El método de cálculo en placa tiene muchos más condicionantes con la aparición de huecos o vinculaciones con elementos verticales.

Una forma fácil de comparación del comportamiento estructural de distintas fábricas es el cálculo en arco. Este método permite la verificación de la resistencia ante cargas laterales teniendo únicamente como condicionante la naturaleza de la propia fábrica y los apoyos de la misma en los elementos horizontales.

Para el análisis supondremos que los apoyos se realizan mediante un retacado de resistencia similar a la fábrica, sin retracción y sin interposición de otros materiales flexibles que con su comportamiento invalidarían la hipótesis de cálculo.

Para el análisis comparativo tomaremos tres fábricas distintas: ladrillo perforado tosco de medio pie, bloque de hormigón hueco usual de 140 mm de espesor y bloque COUPE.

La caracterización de la resistencia de las fábricas se realiza acorde a las tablas del Código Técnico de la Edificación en su documento básico Seguridad Estructural Fábrica.

Así acorde a la tabla 4.4.

**Tabla 4.4 Resistencia característica a la compresión de fábricas usuales  $f_k$  (N/mm<sup>2</sup>)**

Resistencia normalizada de las piezas, $f_b$ (N/mm <sup>2</sup> )	5		10		15		20		25
Resistencia del mortero, $f_m$ (N/mm <sup>2</sup> )	2,5	3,5	5	7,5	7,5	10	10	15	15
Ladrillo macizo con junta delgada	-	-	3	3	3	3	3	3	3
Ladrillo macizo	2	2	4	4	6	6	8	8	10
Ladrillo perforado	2	2	4	4	5	6	7	8	9
Bloques aligerados	2	2	3	4	5	5	6	7	8
Bloques huecos	1	1	2	3	4	4	5	6	6

Como módulo de elasticidad secante instantáneo, E, de una fábrica tomaremos  $1000 \cdot f_k$ .

Como coeficientes parciales de seguridad del material procederemos acorde a la tabla 4.8.

**Tabla 4.8 Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma_M$ )**

Situaciones persistentes y transitorias <sup>(1)</sup>			Categoría de la ejecución		
			A	B	C
Resistencia de la fábrica	Categoría del control de fabricación <sup>(2)</sup>	I	1,7	2,2	2,7
		II	2,0	2,5	3,0
Resistencia de llaves y amarres			2,5	2,5	2,5
Anclaje del acero de armar.			1,7	2,2	
Acero (armadura activa y armadura pasiva)			1,15	1,15	

Tomamos como referencia de valores usuales los recogidos en el documento de aplicación a vivienda (DAV) del CTE.

Las fábricas a comparar tienen las siguientes características de cálculo:

- Fábrica ½ Pie ladrillo perforado.  
f<sub>k</sub> = 4 N/mm<sup>2</sup> E = 4000 N/mm<sup>2</sup>  
Grueso de hoja= 115 mm
- Fábrica BHH 140.  
f<sub>k</sub> = 3 N/mm<sup>2</sup> E = 3000 N/mm<sup>2</sup>  
Grueso de hoja= 140 mm
- Fábrica COUPE. (Resistencia acorde a Anejo C CTE)  
Considerando categoría de control I y ejecución B.  
Mortero M10  
f<sub>k</sub> = 4.8 N/mm<sup>2</sup> E = 4800 N/mm<sup>2</sup>  
Grueso de hoja= 140 mm  
Valores a partir de la declaración de prestaciones de producto.

Resistencia media a compresión ⊥ cara de apoyo: con los huecos hacia arriba		<b>19,10 N/mm<sup>2</sup></b>
Resistencia al hielo/deshielo		<b>NO HELADIZO</b>
Resistencia a la rotura a flexión		PND
Resistencia a la adherencia a cortante UNE-EN 998-2 (Anexo C)	<i>Para morteros de uso corriente y morteros ligeros (L)</i>	0,15 N/mm <sup>2</sup>
	<i>Para morteros para juntas y capas finas (T)</i>	0,30 N/mm <sup>2</sup>

De cara al cálculo tenemos tres variables ajenas a la naturaleza de la fábrica, altura entre apoyos, entrega de la hoja de fábrica y carga aplicable.

Para facilitar la comparación realizaremos los cálculos manteniendo dos variables constantes y variando la tercera.

Como formulación aplicamos la fórmula del CTE DB SE-F (5.32)

$$q_{Rd} = \frac{16}{9} \frac{f_d \left( \frac{t_d}{2} + \frac{1}{2} \sqrt{t_d^2 - \frac{3 \cdot L^2 \cdot f_d}{2 \cdot E}} \right)^2}{L^2}$$

Donde:

q<sub>Rd</sub> = Carga lateral, viento, considerada.

t<sub>d</sub> = Grueso de muro confinado. Igual al apoyo mínimo en cabeza y base.

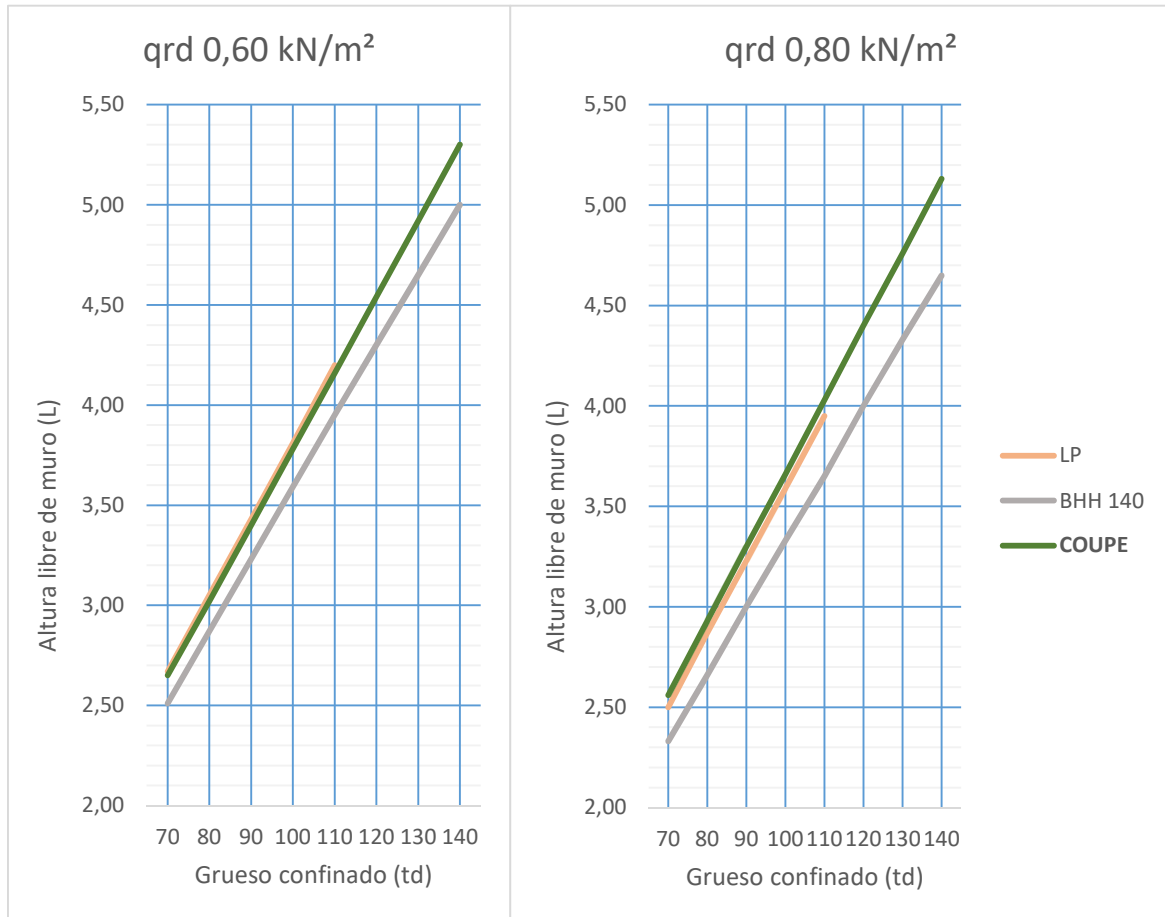
L = Altura libre de muro entre los elementos estructurales que lo confinan

f<sub>d</sub> = Resistencia de cálculo de la fábrica, f<sub>k</sub> con coeficientes de seguridad.

### Comparativa de resistencia ante carga lateral.

Si comparamos las posibilidades de las distintas fábricas podemos observar que el comportamiento del bloque COUPE, al tener mayor resistencia, es mejor que el bloque genérico de hormigón y mejor que el ladrillo perforado.

Presenta la ventaja de su mayor espesor que permite llegar a alturas que con una pieza de menor asta, ladrillo perforado, no se pueden alcanzar.



Gráficos comparativos de altura alcanzable según en grueso confinado y carga lateral

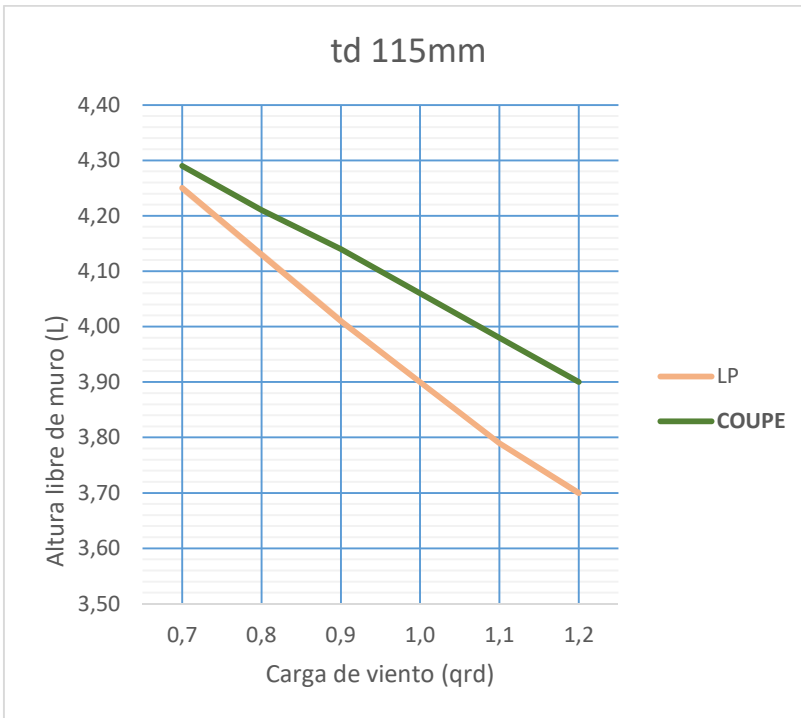
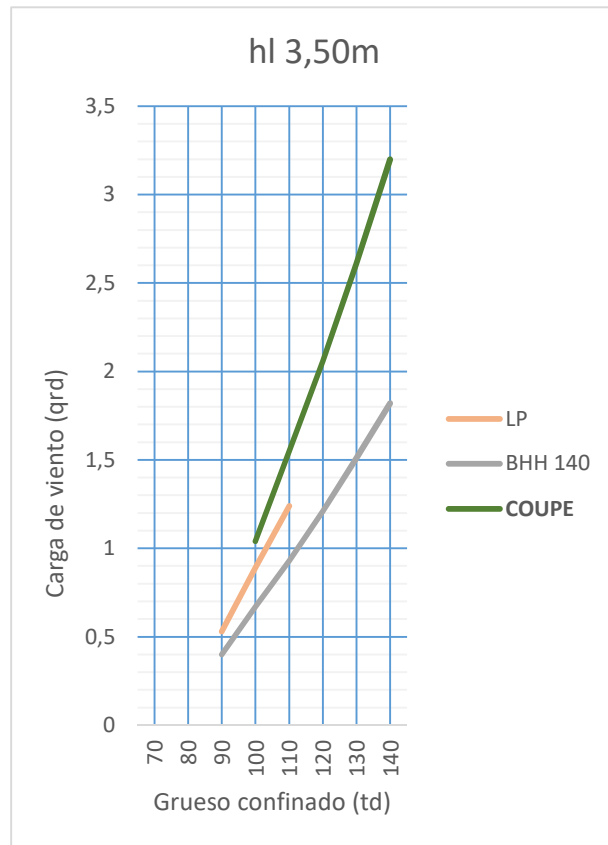
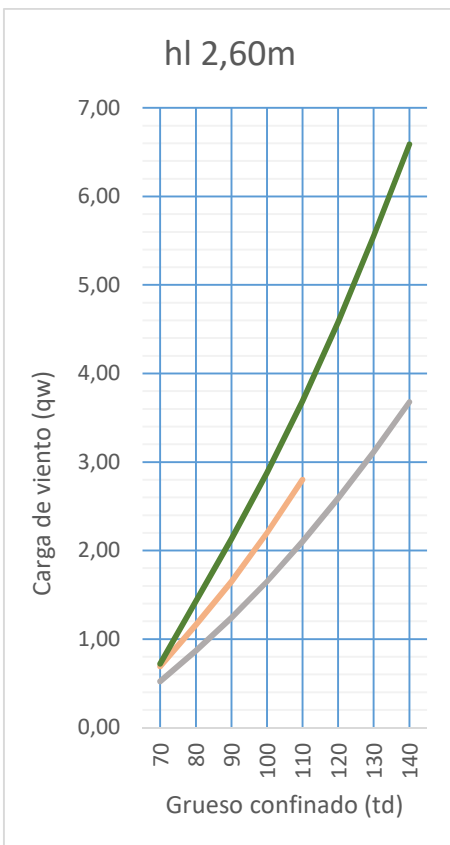


Gráfico comparativo de altura alcanzable según carga de viento para un apoyo de 115mm



Gráficos comparativos de carga soportable según en grueso confinado para altura libre de muro de 2.60m y 3.50m.

Este análisis comparativo demuestra la idoneidad en la utilización del bloque COUPE ya que presenta ventajas en su uso con respecto a otras fábricas.

## Conclusiones.

**El bloque COUPE presenta unas características estructurales de resistencia a la compresión mayores que las fábricas usuales.**

Debido a la garantía de fabricación acorde a categoría I que permite optimizar los coeficientes de seguridad y a la elevada resistencia a compresión declarada, 19,10 N/mm<sup>2</sup>, el bloque COUPE permite calcular con resistencias de cálculo ( $f_d$ ) superiores a 2 N/mm<sup>2</sup>.

Esta resistencia permite construir fachadas más altas o resistir mayor carga de viento a igualdad de condiciones de apoyo que otras soluciones.

El bloque COUPE presenta un grueso de hoja mayor que las fábricas usuales de ladrillo, 140mm, lo que permite usarlo en hojas de mayor altura.

El factor más condicionante a la hora de calcular fachadas es la anchura efectiva de apoyo de las mismas en los elementos estructurales que las confinan.

**Un mayor grueso de pieza permite hacer hojas que permitan un mayor apoyo incluso si es necesario el paso de parte de la hoja por delante de forjados.**

Esta ventaja es especialmente relevante en fábricas cara vista con es el caso del COUPE. El grueso de 140mm permite pasar por delante de los elementos estructurales 45mm sin sacrificar un apoyo de al menos 95mm que es, en líneas generales, suficiente para garantizar la estabilidad de la fachada ante cargas laterales.



D. Héctor Martín. Arquitecto