

# HORMIGON CON CASCOTE DE LADRILLO

C. D. 666.97.031.3

Por Tomás LLORET GARCIA. Dr. I. I.

Con este estudio se ha pretendido abordar dos problemas: primero, el planteado por la carestía de áridos en algunas zonas, motivada por el incremento experimentado en la construcción en los últimos años; y segundo, el poder aprovechar parte de la enorme cantidad de cascote de ladrillo que se produce en obra por el corte y rotura de éste, hasta ahora sin utilidad alguna, aspecto este de indudable interés económico.

El estudio presenta una gama muy grande de variables; en este trabajo nos hemos ceñido a una parcela muy particular, que pasamos a desarrollar a continuación.

Hemos tratado de obtener un hormigón en masa para uso en obras de pequeño volumen: muros de hormigón, soleras de acerado y soleras en general, para cargas pequeñas o normales, y también como pavimento para tráfico ligero, en calles particulares o aparcamientos.

## MATERIALES

Los materiales usados han sido los que se utilizan normalmente en Sevilla para la construcción. Los hormigones se han dosificado a base de arena, cascote de ladrillo y cemento Portland Normal P-350.

### Arena

La arena empleada ha sido de río, siendo aceptada su utilización por los laboratorios oficiales.

Se efectuaron diversos ensayos granulométricos, así como para la determinación de su densidad.

El módulo de finura resultó ser de 3,32 y la densidad aparente de 1,48 gr/cm<sup>3</sup>.

### Cascote de ladrillo

De los distintos tipos de ladrillo existentes en la zona, se eligió el ladrillo usado en Sevilla como «caravista», procedente de las fábricas de ladrillo de Sanlúcar la Mayor, Castilleja del Campo y La Palma del Condado. Es un ladrillo fabricado mecánicamente y secado en horno de fuel.

Se realizaron diversos ensayos para fijar las características fundamentales que inciden en la calidad del hormigón.

Para determinar la resistencia a compresión del ladrillo, se tallaron probetas cúbicas de 2,5 cm de arista, según pueden observarse en la fotografía número 1. Los resultados obtenidos fueron muy heterogéneos, aunque era presumible, debido a la falta de homogeneidad de cochura de los distintos ladrillos de los que se obtuvieron las probetas, así como la no uniformidad de las arcillas usadas para su fabricación.

Se ensayaron catorce probetas de las indicadas, siendo los resultados obtenidos, por orden decreciente, de: 570, 365, 328, 307, 294, 292, 264, 224, 224, 211, 205, 192, 185 y 155 Kg/cm<sup>2</sup>.

En la fotografía número 2 se refleja una probeta después de la rotura. Para este ensayo se usó una prensa Versa-Tester, de 15 toneladas.

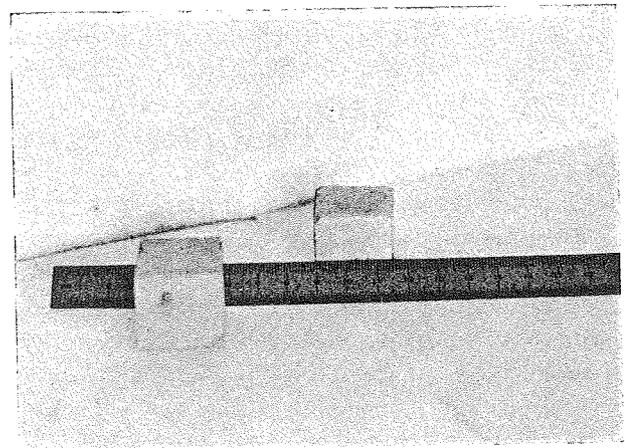


Foto 1

Igualmente se prepararon seis probetas, obtenidas de ladrillo, en forma de prisma recto, siendo la dimensión mayor de dos de sus aristas, de 4,5 cm para el ensayo de desgaste lineal en Pista Dorri.

Los desgastes en las seis probetas fueron los indicados:

1	0,81
2	0,92
3	0,66
4	0,80
5	0,91
6	0,98

También se aprecia la dispersión de los ensayos atribuibles a las mismas razones apuntadas anteriormente, aunque estos datos pueden servir para tener un orden de magnitud del desgaste.

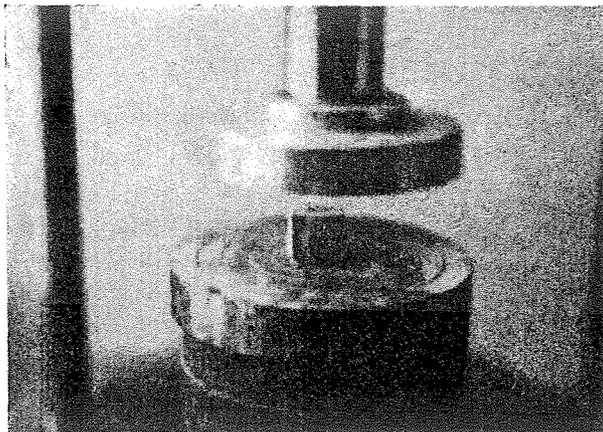


Foto 2

Además de estos ensayos sobre probetas de ladrillo, se realizaron otros directamente sobre el casquete, con el fin de obtener los datos necesarios para dosificar adecuadamente.

Dado que el desperdicio de ladrillo en obra presenta una gran diversidad de tamaños, para conseguir una granulometría adecuada se procedió al machaqueo del casquete y posterior clasificación.

El machaqueo se realizó en una machacadora de mandíbulas, obteniéndose dos gravas artificiales, de tamaños máximos de 19 y 10 mm. El rendimiento de este machaqueo, en volumen, fue aproximadamente del 25 % para la grava de 19 mm, del 40 % para la de 10 mm y del 35 %, compuesto de grava de menor tamaño y polvo.

De estas dos gravas artificiales, se ha usado para dosificar únicamente la de mayor tamaño.

De la grava de 19 mm se procedió a determinar la densidad aparente, que fue de 0,82 gr/cm<sup>3</sup>, así como una prueba de absorción de agua, ensayos granulométricos y determinación del coeficiente de forma.

Las pruebas de absorción de agua, realizadas sumergiendo la grava en agua durante veinticuatro horas, dieron como resultado que un Kg del árido retenía 140 gr de agua, o expresándolo de acuerdo con la norma N. L. T. 153/58, la absorción fue del 14 %.

El ensayo granulométrico dio los siguientes resultados:

Malla	% retenido
76,20	—
38,16	—
19,05	20,30
9,52	76,66
4,75	3,03
	100,00

En cuanto a la forma, hay que indicar que el aspecto de la grava es de una proporción elevada de lajas, como puede comprobarse en, la fotografía número 3, de una muestra tomada al azar.

La determinación del coeficiente de forma, de acuerdo con la fórmula

$$\alpha = \frac{v_1 + v_2 + \dots + v_n}{\frac{\pi}{6}(d^3_1 + d^3_2 + \dots + d^3_n)}$$

en la que los valores de «v» son los volúmenes de las partículas y los de «d», la dimensión mayor de dichas partículas dio como resultado menor  $\alpha = 0,152$ . Al ser  $\alpha$  ligeramente superior a 0,15, y de acuerdo con la norma UNE 7238, la grava es utilizable por este concepto para la fabricación de hormigones.

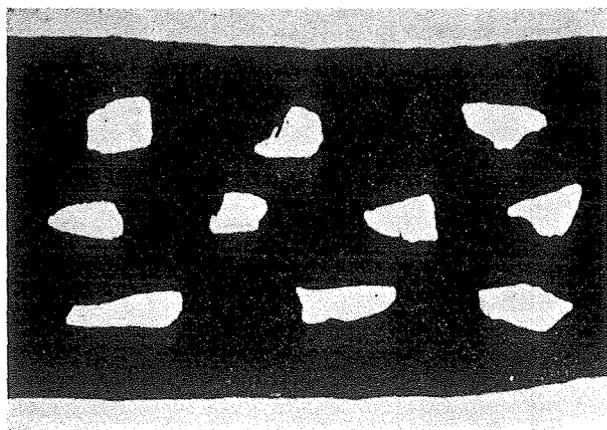


Foto 3

### Dosificación del hormigón

A la vista de las características y propiedades de los materiales a usar, se buscó la dosificación más idónea para la mezcla de cemento, grava de 19 mm, arena y agua, para obtener un tipo de hormigón determinado: el H-100.

Al no conocer un método de dosificar que se ajustara a las características del problema, se buscaron dos dosificaciones tipo y se obtuvieron unos datos medios que sirvieron de partida, con el fin de ir realizando las correcciones pertinentes.

Para obtener las dosificaciones iniciales, se emplearon los métodos De la Peña I y el del American Concrete Institute I.

Buscando obtener un hormigón H-100, de consistencia «plástica», y obteniendo la media de los resultados dados por los dos métodos descritos

anteriormente, se realizó una primera mezcla, con las siguientes proporciones:

Arena.....	400 Kg.
Grava.....	350 Kg.
Agua.....	205 litros
Cemento.....	190 Kg.

Para esta dosificación se tuvieron en cuenta el poder de absorción de agua por la grava y la humedad natural de la arena.

Se fabricó una familia de 12 probetas, rompiéndose seis de ellas a los siete días. La consistencia obtenida fue «líquida» y la rotura a compresión a los siete días de las probetas indicadas, dio los siguientes resultados:

	Kp/cm <sup>2</sup>
N.º 1-P.....	69
N.º 2-P.....	77
N.º 3-P.....	79
N.º 4-P.....	82
N.º 5-P.....	72
N.º 6-P.....	80

Estos resultados hicieron suponer, por una parte, que la absorción de agua por el cascote de ladrillo, al existir cemento, era menor que la obtenida en el ensayo correspondiente. Como consecuencia, se podía disminuir la cantidad de agua y modificar la relación agua/cemento para conseguir la resistencia y consistencia buscadas.

La segunda dosificación, que ha servido para la totalidad de los ensayos, se indica seguidamente:

Arena.....	400 Kg.
Grava.....	350 Kg.
Agua.....	120 litros
Cemento.....	160 Kg.

con lo cual, la cantidad mínima de cemento queda dentro de los límites marcados por la Instrucción EH-73.

Con la dosificación indicada, se fabricaron cinco familias de probetas, de 12 probetas cada una, cilíndricas, de 15 × 30. De dichas familias, se rompieron tres probetas de cada una a compresión a los siete días, seis probetas a compresión a los 28 días y tres probetas a los 28 días, según el Ensayo Brasileño.

Las resistencias obtenidas se indican en los siguientes cuadros:

*Rotura a los 7 días*

Probeta	Kp/cm <sup>2</sup>	Probeta	Kp/cm <sup>2</sup>
1	152	27	110
2	96	37	99
3	107	38	104
13	120	39	91
14	109	49	104
15	101	50	91
25	98	51	96
26	104		

*Ensayo brasileño*

Probeta	Kp/cm <sup>2</sup>	Probeta	Kp/cm <sup>2</sup>
4	16,3	30	11,3
5	14,4	40	15,3
6	16,3	41	16,3
16	15,2	42	16,3
17	16,1	52	14,3
18	14,3	53	12,4
28	12,1	54	11,1
29	15,2		

El ensayo brasileño se llevó a cabo de acuerdo con la norma NLT 309/69.

*Rotura a los 28 días*

Probeta	Kp/cm <sup>2</sup>	Probeta	Kp/cm <sup>2</sup>
7	190	34	220
8	228	35	210
9	252	36	198
10	250	43	200
11	226	44	190
12	205	45	200
19	220	46	235
20	235	47	220
21	210	48	166
22	190	55	147
23	220	56	135
24	210	57	164
31	210	58	198
32	197	59	121
33	230	60	132

Para la rotura a compresión fueron refrentadas todas las probetas y los ensayos se realizaron de acuerdo con la norma UNE 7242.

Obtenidos los valores medios de estas resistencias, podemos compararlas mediante coeficientes de conversión, como se indica:

$$f_{cl} = 0,42 \sqrt[3]{(f_c)^2} \quad (f_c)_7 = 0,52 (f_c)_{28}$$

Vemos la diferencia entre dichos coeficientes y los que aconseja la EH-73 para el caso de que no haya datos suficientes de laboratorio

$$f_{ct} = 0,59 \sqrt[3]{(f_c)^2} \quad (f_c)_s = 0,65 (f_c)_{2s}$$

en dichas ecuaciones,  $f_{ct}$  es la resistencia a tracción y  $f_c$  la de compresión, indicando los subíndices las edades de las probetas en el momento de la rotura.

Otro dato importante a tener en cuenta, es el peso específico del hormigón. Determinado éste sobre el hormigón de las probetas a los veintiocho días, resultó ser de 1,8 ton/m<sup>3</sup>.

Por último, en la fotografía número 4, que corresponde a un corte con sierra del hormigón, puede observarse la estructura de aquél.

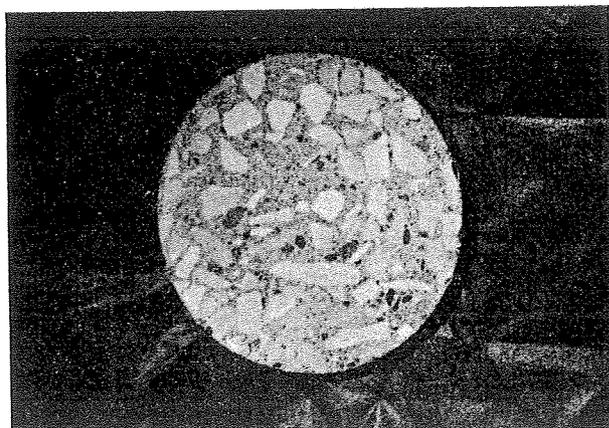


Foto 4

## CONCLUSIONES

Después de este breve estudio, se pueden sacar las siguientes conclusiones:

El tipo de hormigón objeto del estudio, puede dar unas resistencias iguales y superiores a la del H-100, con una dosificación adecuada, en la que la cantidad de cemento alcanza proporciones similares a las de los hormigones pesados. Es muy conveniente el controlar el coeficiente de forma de la grava, con numerosos ensayos, ya que aquél roza los límites permitidos por la vigente Instrucción EH-73; no obstante, y mediante frecuentes pruebas de resistencia, podría dosificarse, aunque se rebasaran ligeramente los límites indicados, ya

que las resistencias son bastante superiores con  $\alpha > 0,15$ , a la necesaria para un hormigón H-100.

La resistencia obtenida hace adecuado a este hormigón para las aplicaciones que se preveían al principio de esta exposición, presentando, además, como propiedad importante a tener en cuenta, el reducido peso específico. Es muy probable que dosificando además con grava de 10 mm también de cascote de ladrillo, se redujera sensiblemente el peso del m<sup>3</sup> de hormigón, al poder disminuir la cantidad de arena, la cual ofrecería la posibilidad de su utilización como relleno de cubiertas.

Parece que para grandes volúmenes de hormigón no es adecuado el dosificar con la grava de 19 mm únicamente ya que el rendimiento del machaqueo no es alto.

Como anticipo de un posterior estudio económico, y teniendo en cuenta el coste derivado del machaqueo y clasificación de la grava, se puede estimar que la sustitución de la grava natural por la artificial empleada en estos ensayos, representaría una reducción aproximada del 10 al 12 % en el coste del m<sup>3</sup> de hormigón.

## BIBLIOGRAFIA

- Instrucción EH-73.*  
*Caminos.* JOSÉ L. ESCARIO.  
*Prontuario del hormigón.* A. HUMMEL.  
*Dosificación de hormigones.* Instituto Eduardo Torroja.  
*El hormigón armado.* JIMÉNEZ MONTOYA.

## EL AUTOR



*Tomás Lloret García. Doctor Ingeniero Industrial. Cursó la carrera en la Escuela de Madrid. Su actividad profesional la ha desarrollado dentro del campo de la construcción. Encargado de Cátedra de Resistencia de Materiales en la Escuela de Ingenieros Industriales de Sevilla. Secretario del Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Andalucía Occidental y Badajoz.*