

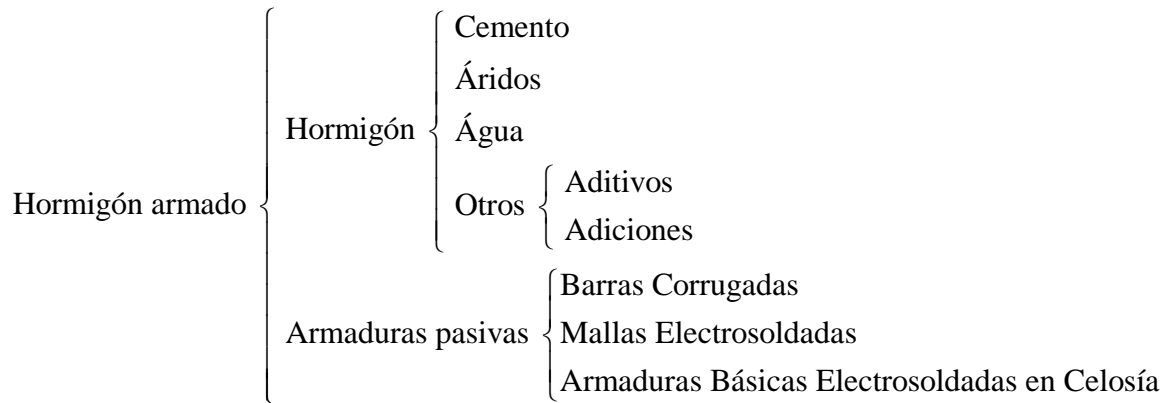
Tema 2: Componentes del hormigón

CONTENIDO:

1.	Introducción	2
2.	Cemento	2
2.1	Tipos de cementos	4
2.1.1	Cementos comunes. CEM: Norma UNE-EN 197-1:2011	4
2.1.2	Cementos blancos. BL: Norma UNE 80305:2012	4
2.1.3	Cementos para usos especiales. ESP: Norma UNE 80307:2001	5
2.1.4	Cemento de aluminato cálcico. CAC/R: Norma UNE-EN 14647:2006	5
2.1.5	Cementos resistentes a sulfatos y/o al agua de mar. SR y MR: Norma UNE 80303-1:2013 y Norma UNE 80303-2:2011	5
2.2	Clases resistentes	6
2.3	Especificaciones físicas	6
2.4	Designaciones de los cementos	6
2.5	Cementos utilizables en las estructuras de hormigón estructural	7
2.6	Principales aplicaciones de los cementos	7
2.6.1	Cementos Comunes (CEM)	7
2.6.2	Cementos Resistentes a Sulfatos y/o al Agua de Mar (SR o MR)	8
2.6.3	Cementos Blancos (BL)	8
2.6.4	Cementos de Bajo Calor de Hidratación (BC)	8
2.6.5	Cementos para usos especiales (ESP)	8
2.6.6	Cemento de aluminato de Calcio (CAC)	8
3.	Aridos	8
3.1	Designación	9
3.2	Requisitos del Tamaño Máximo del árido	10
4.	Agua	11
5.	Aditivos y adiciones del hormigón	12
5.1	Aditivos	12
5.2	Adiciones	12

1. INTRODUCCIÓN

Tal y como se indicó en el Tema 1, el hormigón es el material constituido por la mezcla, en proporciones convenientes, de cemento, áridos y agua. Adicionalmente se pueden considerar otros componentes del hormigón, como son los aditivos y las adiciones. Igualmente se indicó que el hormigón armado es el material obtenido colocando en el hormigón barras de acero. Podemos considerar, por lo tanto, al hormigón armado como el material constituido por los siguientes elementos:



En el presente tema realizaremos un breve estudio de las características fundamentales de los distintos componentes del hormigón: cemento, áridos, agua, aditivos y adiciones.

2. CEMENTO

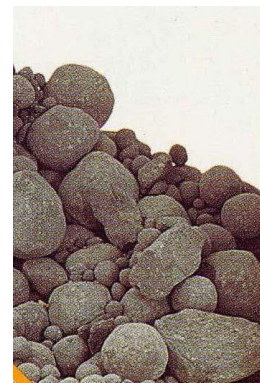
El cemento es uno de los conglomerantes¹ hidráulicos más empleados en la actualidad. En general se llama conglomerante hidráulico a aquel que amasado con agua fragua² y endurece, tanto expuesto al aire como sumergido en agua.

Los componentes de los cementos, que dosificados en distintas proporciones y molturados conjuntamente dan lugar a los distintos tipos de cementos, son:

- Clinker portland (K)
Producto constituido en su mayor parte por silicato de calcio obtenido por cocción hasta fusión parcial (clinkerización) de una mezcla definida y homogénea de materiales que contienen, principalmente, CaO , SiO_2 , Al_2O_3 y Fe_2O_3
- Clinker de aluminato de calcio
- Adiciones:
 - ◊ Escoria de horno alto (S)
Subproducto de la fabricación de hierro en un alto horno.



Figura 1-1. Principales componentes del hormigón



Clinker portland

¹ En general se llama **conglomerante** al material utilizado para unir un conjunto de partículas sólidas de manera que formen una masa coherente, por efecto de transformaciones químicas en su masa, que originan nuevos compuestos.

² El conglomerante hidráulico al mezclarlo con una conveniente cantidad de agua forma una pasta plástica (pasta de cemento). Se llama **principio de fraguado** al instante en que esta pasta empieza a perder su plasticidad y **fin de fraguado** al instante en que se convierte en un cuerpo sólido. Una vez alcanzado el fraguado se sigue produciendo el endurecimiento de la pasta hasta un largo período de tiempo.

- ◇ Humo de Sílice (D)
Subproducto de la fabricación de aleaciones de ferrosilicio en hornos de arco eléctrico
 - ◇ Puzolanas (P, Q)
Proviene de rocas volcánicas, magmáticas.
 - ◇ Cenizas volantes (V, W)
Subproducto de la combustión de carbón en las Centrales Térmicas.
 - ◇ Esquistos calcinados (T)
 - ◇ Caliza (L, LL)
Piedra caliza. Actúa como filler (relleno de los huecos) de la pasta/mortero.
- Reguladores de fraguado (sulfato de calcio)
La hidratación del C_3A^3 es muy rápida y violenta produciendo el fraguado de toda la masa. El sulfato de calcio reacciona con el C_3A para constituir sulfoaluminato de calcio hidratado que forma una membrana alrededor de aquel que frena su hidratación. El sulfato de calcio en exceso puede ser perjudicial para la durabilidad del hormigón.
 - Aditivos de los cementos

De entre todos el más importante es el clinker portland, que se obtiene al calcinar hasta fusión parcial mezclas muy íntimas, preparadas artificialmente, de calizas y arcillas, hasta conseguir la combinación prácticamente total de sus componentes.

En España los cementos vienen regulados por “Instrucción para la recepción de cementos” RC-16. Esta instrucción, para el estudio de los distintos cementos, nos remite a un conjunto de Normas UNE, donde se encuentran las definiciones, denominaciones y especificaciones de los cementos y sus componentes. Estas normas UNE son:

- UNE-EN 197-1:2011 Cemento. Parte 1: Composición, especificaciones y criterios de conformidad de los cementos comunes.
- UNE 80303-1:2013 Cementos con características adicionales. Parte 1: Cementos resistentes a los sulfatos.
- UNE 80303-2:2011 Cementos con características adicionales. Parte 2: Cementos resistentes al agua de mar.
- UNE 80305:2012 Cementos blancos
- UNE 80307:2001 Cementos para usos especiales
- UNE-EN 14647:2006 Cemento de aluminato de calcio. Composición, especificaciones y criterios de conformidad



Cada una de estas normas UNE incluye una serie de tipos de cemento con sus correspondientes denominaciones, designaciones, clasificación y especificaciones. Las especificaciones responden a los requisitos acerca de su composición, características mecánicas, físicas, químicas y, en su caso, especiales.

Los cementos se clasifican en Tipos, Subtipos y Variantes, según su composición, y en Clases o Categorías, según su resistencia. La Clase de un cemento es un número que corresponde a su resistencia mínima a compresión a los 28 días (90 días para los cementos para usos especiales, ESP), expresada en N/mm^2 ($1 N/mm^2 = 1 MPa \approx 10 Kp/cm^2$). Cuando dicho número va acompañado de la

³ Se utiliza la notación abreviada:

C_3A : Aluminato tricálcico ($3CaO \cdot Al_2O_3$)

letra N indica que dicha clase tiene un endurecimiento normal, y cuando va acompañado de la letra R indica que tiene exigencia de mayores resistencias a más corto plazo.

2.1 Tipos de cementos

2.1.1 Cementos comunes. CEM: Norma UNE-EN 197-1:2011

Comprende los cementos comunes utilizados con carácter general, agrupados por tipos, según sus componentes. Algunos de estos tipos se subdividen en subtipos, según la naturaleza de la adición o adiciones que contengan y, a su vez, cada uno de los subtipos puede comprender varias variantes A, B y C, en función de la proporción de dichas adiciones⁴.

En la tabla 2-1 se reflejan los tipos de cemento comunes recogidos en la norma UNE-EN 197-1:2011 y sus correspondientes composiciones:

TIPO DE CEMENTO	Designación de los 27 productos (Tipos de cementos comunes)	Proporción en masa (1)											
		Componentes principales											
		CLINKER	ESCORIA DE HORNO ALTO	HUMO DE SILICE (2)	PUZOLANAS		CENIZAS VOLANTES		ESQUISTOS CALCINADOS	CALIZAS		COMPONENTES MINORITARIOS	
K	S	D	Natural P	Nat.calcinada Q	Silíceas V	Calcareas W	T	L	LL				
CEM I	Cemento Portland	CEM I	95 - 100									0 - 5	
CEM II	Cemento Portland con escoria	CEM II / A-S	80 - 94	6 - 20								0 - 5	
		CEM II / B-S	65 - 79	21 - 35								0 - 5	
	Cem. Port.con humo de sílice	CEM II / A-D	90 - 94		6 - 10							0 - E	
	Cemento Portland con puzolana	CEM II / A-P	80 - 94			6 - 20							0 - 5
		CEM II / B-P	65 - 79			21 - 35							0 - 5
		CEM II / A-Q	80 - 94				6 - 20						0 - 5
		CEM II / B-Q	65 - 79				21 - 35						0 - 5
		CEM II / A-V	80 - 94					6 - 20					0 - 5
		CEM II / B-V	65 - 79					21 - 35					0 - 5
	Cemento Portland con ceniza volante	CEM II / A-W	80 - 94					6 - 20					0 - 5
		CEM II / B-W	64 - 79					21 - 35					0 - 5
		CEM II / A-T	80 - 94						6 - 20				0 - 5
		CEM II / B-T	65 - 79						21 - 35				0 - 5
	Cemento Portland con esquistos calcinados	CEM II / A-L	80 - 94							6 - 20			0 - 5
		CEM II / B-L	65 - 79							21 - 35			0 - 5
CEM II / A-LL		80 - 94								6 - 20		0 - 5	
CEM II / B-LL		65 - 79								21 - 35		0 - 5	
Cemento Portland mixto (3)	CEM II / A-M	80 - 94	6 - 20	6 - 20	6 - 20	6 - 20	6 - 20	6 - 20	6 - 20	6 - 20	6 - 20	0 - 5	
	CEM II / B-M	65 - 79	21 - 35	21 - 35	21 - 35	21 - 35	21 - 35	21 - 35	21 - 35	21 - 35	21 - 35	0 - 5	
CEM III	Cemento con escorias de de horno alto	CEM III / A	35 - 64	36 - 65								0 - 5	
		CEM III / B	20 - 34	66 - 80								0 - 5	
		CEM III / C	5 - 19	81 - 95								0 - 5	
CEM IV	Cemento Puzolánico	CEM IV / A	65 - 89									0 - 5	
		CEM IV / B	45 - 64									0 - 5	
CEM V	Cemento Compuesto	CEM V / A	40 - 64	18 - 30		18 - 30	18 - 30	18 - 30				0 - 5	
		CEM V / B	20 - 38	18 - 30		18 - 30	18 - 30	18 - 30				0 - 5	

(1) Los valores de la tabla se refieren a la suma de los componentes principales y minoritarios (Núcleo de cemento).

(2) El porcentaje de humo de Sílice está limitado al 10%.

(3) En Cementos Portland mixtos CEM II / A-M y CEM II / B-M, en Cementos puzolánicos CEM IV / A y CEM IV / B y en Cementos compuestos CEM V/A y CEM V / B los componentes principales además del clinker, deben ser declarados en la designación del Cemento.

Tabla 2-1

2.1.2 Cementos blancos. BL: Norma UNE 80305:2012

Los cementos blancos son los cementos comunes que cumplan el requisito de color definido por las coordenadas CIELAB determinadas según el método de ensayo de UNE 80117:2012, de tal manera que el parámetro L* sea igual o mayor que 85,0.

Los tipos, subtipos, denominaciones, designaciones y composición corresponden a los señalados para los cementos comunes.

La designación es la misma que la de los cementos homólogos correspondientes de UNE-EN 197-1:2011, omitiendo el prefijo CEM y añadiendo el prefijo BL.

⁴ La variante A es la de mayor contenido de clinker y la C la de menor.

2.1.3 Cementos para usos especiales. ESP: Norma UNE 80307:2001

Incluye nuevos cementos para aplicaciones especiales, cuyos tipos quedan definidos en cuanto a su composición por los valores de la tabla 2-3:

Tipos de cementos para usos especiales y composiciones: proporción en masa ❶						
Tipos de cementos	Designación	Clínker	Escorias de horno alto (S)	Puzolanas Naturales ❷ (P)	Cenizas Volantes (V)	Componentes minoritarios adicionales ❸
ESP-VI-1	VI-1	25-55	45-75			0-5
❶ Los valores de la tabla se refieren a % en masa respecto al núcleo de cemento, entendiéndose por tal el clínker y las adiciones, con exclusión del sulfato de calcio (regulador de fraguado) y de los aditivos. ❷ El contenido de puzolana natural no deberá ser superior el 40 %. ❸ Los componentes minoritarios adicionales pueden ser filler, o uno o más de los componentes principales, a menos que estén incluidos ya como tales en el cemento.						

Tabla 2-3

2.1.4 Cemento de aluminato cálcico. CAC/R: Norma UNE-EN 14647:2006

El cemento de aluminato cálcico está compuesto únicamente de clínker de aluminato de calcio.

2.1.5 Cementos resistentes a sulfatos y/o al agua de mar. SR y MR: Norma UNE 80303-1:2013 y Norma UNE 80303-2:2011

Los cementos resistentes a sulfatos (SR) y/o al agua de mar (MR) pueden ser los de todos los tipos, subtipos y variantes, incluidos en la norma UNE-EN 197-1:2011 (cementos comunes), si su clínker cumple ciertas condiciones de composición, en cuanto a límites porcentuales de C_3A y C_3A+C_4AF ⁵. Las condiciones son las señaladas en la tabla 2-4:

Tipo	Resistentes a los sulfatos (SR)		Resistentes al agua de mar (MR)	
	C_3A %	C_3A %+ C_4AF %	C_3A	C_3A + C_4AF
I	≤5,0	≤22,0	≤5,0	≤22,0
CEM II /A-S CEM II /B-S CEM II /A-D CEM II /A-P CEM II /B-P CEM II /A-V CEM II /B-V	≤6,0	≤22,0	≤8,0	≤25,0
CEM III/A	≤8,0	≤25,0	≤10,0	≤25,0
CEM III/B	Lo son siempre		Lo son siempre	
CEM III/C	Lo son siempre		Lo son siempre	
CEM IV/A CEM IV/B	≤6,0 ≤8,0	≤22,0 ≤25,0	≤8,0 ≤10,0	≤25,0 ≤25,0
CEM V/A	≤8,0	≤25,0	≤10,0	≤25,0
<ul style="list-style-type: none"> Las especificaciones sobre C_3A y ($C_3A + C_4AF$) se refieren al clínker. Los contenidos de C_3A y C_4AF se determinarán por cálculo, según UNE 80304:2006, a partir de los ensayos realizados sobre el clínker según UNE-EN 196-2:2014. 				

Tabla 2-4

⁵ Se utiliza la siguiente notación abreviada:

C_3A : Aluminato tricálcico ($3CaO \cdot Al_2O_3$)

C_4AF : Ferrito-aluminato tetracálcico ($4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$)

Los cementos blancos cumplirán igualmente lo especificado para los cementos comunes en la tabla anterior.

Se designan según la norma a la que pertenezcan, y con el complemento SR y/o MR separado de la anterior designación por una barra.

2.2 Clases resistentes

En los cementos además de especificar el tipo (tipo, subtipo, variante y características adicionales), función de su composición, es necesario especificar su clase de resistencia, para lo cual se deberá tener en cuenta, evidentemente, el tipo de obra y las exigencias de la misma.

En la tabla 2-5 se muestran las especificaciones mecánicas de los cementos según las clases resistentes normalizadas, definidas éstas por el valor mínimo exigido a compresión en mortero normal a 6 horas, 24 horas, 28 días y 90 días:

Tipo de cementos	Clase resistente	6 horas	2 días	28 días		90 días
		mínimo	mínimo	mínimo	máximo	mínimo
Comunes (CEM) Blancos (BL)	32.5 N		16 [7 días]	32.5	52.5	
	32.5 R		10	32.5	52.5	
	42.5 N		10	42.5	62.5	
	42.5 R		20	42.5	62.5	
	52.5 N		20	52.5	-	
	52.5 R		30	52.5	-	
Usos Especiales (ESP)	22.5 N			12.5	22.5	22.5
	32.5 N			22.5	32.5	32.5
	42.5 N			32.5	42.5	42.5
Aluminato de calcio (CAC)	R	20	40			

R significa **Alta** resistencia inicial
N significa resistencia inicial **Normal**

2.3 Especificaciones físicas

Las prescripciones que deben cumplir los cementos relativos a las características físicas figuran en la tabla 2-6

Tipo	Clase	Tiempo de fraguado		Expansión [mm]
		Inicio [min]	Final [horas]	
CEM BL	32,5	≥ 75	≤ 12	≤ 10
	42,5	≥ 60		
	52,5	≥ 45		
ESP		≥ 60		
CAC/R				--

Tabla 2-6: Especificaciones físicas de los cementos

2.4 Designaciones de los cementos

Se aplicarán los siguientes criterios:

□ CEMENTOS COMUNES Y BLANCOS

Referencia a la norma UNE-EN 197-1 seguido de las siglas CEM, junto con el tipo, subtipo y variante, la clase de resistencia y la letra (R) si es de alta resistencia inicial o de (N) si es de resistencia inicial normal.

- Ejemplo: Cemento p rtland de clase resistente 42,5 y alta resistencia inicial
EN 197-1 CEM I 42,5 R
- Ejemplo: Cemento p rtland BLANCO de clase resistente 42,5 y alta resistencia inicial
BL I 42,5 R UNE 80305

Si el cemento común es de bajo calor de hidratación, se debe añadir las letras LH al final de la designación correspondiente a un cemento común.

- Ejemplo: Cemento p rtland de clase resistente 42,5 y alta resistencia inicial y bajo calor de hidratación
EN 197-1 CEM I 42,5 R-LH

□ CEMENTOS CON CARACTERÍSTICAS ADICIONALES

se designarán de la misma manera a la expresada para los correspondientes cementos comunes, omitiendo el prefijo CEM, seguida por una barra (/) y de las siglas que identifican la característica adicional correspondiente (SR, MR) y finalizando con la referencia a la norma UNE correspondiente:

- Ejemplo: Cemento p rtland de clase resistente 42,5 y resistente a los sulfatos
I 42,5 R/SR UNE 80303-1

2.5 Cementos utilizables en las estructuras de hormigón estructural

Podrán utilizarse los cementos que cumplan las siguientes condiciones:

- Cumplir la vigente instrucción para la Recepción de Cementos, RC-16.
- Corresponder a la clase resistente 32,5   superior.
- Cumplir las limitaciones establecidas en la siguiente tabla:

Tipo de hormigón	Tipo de cemento
Hormigón en masa	CEM, BL, ESP
Hormigón armado	CEM, BL
Hormigón pretensado	CEM I, CEM II/A-D
La utilización permitida de los cementos comunes y blancos para cada tipo de hormigón se debe considerar extendida a los cementos con características adicionales: SR, MR y LH	

El empleo del cemento de aluminato de calcio deberá ser objeto en cada caso, de estudio especial, exponiendo las razones que aconsejan su uso y observándose las especificaciones contenidas en el Anejo n 3 de la EHE.

2.6 Principales aplicaciones de los cementos

Sin pretender detallar los diferentes tipos de cementos que demandan las distintas aplicaciones y condiciones de las construcciones, se esbozan aquí, con mucha generalidad, las aplicaciones más importantes de los diferentes tipos de cemento de las distintas normas UNE relativas a ellos.

2.6.1 Cementos Comunes (CEM)

- CEM I: Hormigones de muy altas y altas resistencias. Obras públicas especiales en hormigón pretensado. Prefabricación.
- CEM II: Hormigones y morteros en general.
- CEM III: Hormigones en ambientes agresivos (sulfatos de los terrenos, aguas agresivas y de mar, etc.), particularmente si responden a la norma UNE 80303:96.
- CEM IV: Hormigones y morteros en general especialmente en ambientes moderadamente agresivos de carácter  cido. Obras hidráulicas (particularmente si responden a la norma UNE 80 306:96).
Hormigones con áridos reactivos con la sílice.

- ❑ CEM V: Estabilización de suelos y terrenos. Bases tratadas para carreteras y firmes de hormigón. Hormigonado de grandes macizos (presas) de hormigón compactado con rodillo.

2.6.2 Cementos Resistentes a Sulfatos y/o al Agua de Mar (SR o MR)

- ❑ Cualquiera de ellos, y en particular los de tipo III, en los casos específicos de hormigones resistentes a sulfatos del terreno y/o al agua de mar.
- ❑ Cimentaciones en terrenos yesíferos.
- ❑ Obras marítimas.

2.6.3 Cementos Blancos (BL)

Estos cementos cuya particularidad es el color blanco se utilizan generalmente en los siguientes casos:

- ❑ En hormigones estructurales de cara vista, con fines arquitectónicos o decorativos.
- ❑ Como base de hormigones coloreados, con áridos o pigmentos minerales de color.
- ❑ En solados, pavimentación, enfoscados, revocos, albañilería, etc.

2.6.4 Cementos de Bajo Calor de Hidratación (BC)

Estos cementos están especialmente indicados en los siguientes casos:

- ❑ Hormigones de baja retracción térmica.
- ❑ Hormigonado en tiempo cálido.
- ❑ Grandes masas de hormigón (presas).

2.6.5 Cementos para usos especiales (ESP)

En fines muy específicos, según el tipo de obra o aplicación:

- ❑ Estabilización de suelos y terrenos.
- ❑ Bases tratadas para carreteras y firmes de hormigón.
- ❑ Hormigonado de grandes macizos (presas) de hormigón compactado con rodillo.

2.6.6 Cemento de aluminato de Calcio (CAC)

Las utilizaciones de estos cementos son muy específicas y deben tenerse muy en cuenta todas las indicaciones y recomendaciones que para el empleo de los mismos se dan en el apéndice de su norma correspondiente. Las aplicaciones en las que estos cementos están más indicados son:

- ❑ Hormigones y morteros refractarios.
- ❑ Hormigones en masa y morteros en medios agresivos por sulfatos, aguas marinas o débilmente ácidas, etc.

3. ARIDOS

Es posible utilizar como áridos materiales naturales o artificiales que posean la resistencia necesaria y no influyan en la resistencia y durabilidad del hormigón. Por esta razón deben estar libres de impurezas (limo y arcilla) y componentes nocivos (cloruros, sulfatos y sulfuros).

Generalmente se utilizan arenas y gravas naturales, rocas machacadas o escorias siderúrgicas apropiadas cuyo empleo se encuentre sancionado por la práctica. Si no se tienen antecedentes o en caso de duda, deberá comprobarse que cumplen las condiciones del Artículo 28 de la Instrucción EHE.

Los áridos naturales son, en general, de aristas redondeadas y superficie lisa, y se obtienen con ellos hormigones de fácil colocación en obra.



Figura 3-1: Áridos

Los áridos artificiales procedentes de machaqueo (figura 3-2) son angulosos y de aristas vivas, por lo que se obtienen de ellos hormigones de difícil colocación en obra. Por otro lado estos áridos presentan una mejor adherencia con la pasta de cemento, lo que los hace más útiles para fabricar hormigones resistentes al desgaste.

Se denomina **arena o árido fino**, al árido o fracción del mismo que pasa por un tamiz de 4 mm. de luz de malla; **grava o árido grueso** el que resulta retenido por dicho tamiz; y **árido total** o simplemente **árido** el que posee las proporciones de grava y arena adecuadas para la fabricación del hormigón en el caso particular que se considere.

Se define la **granulometría** de un árido, como la distribución de los porcentajes en que intervienen los distintos tamaños de árido. Ésta se determina realizando un cribado en una serie de tamices normalizados, según la norma UNE EN 933-2:1996, y su forma normal de representación es mediante una curva en un sistema cartesiano, donde la abscisa corresponde al tamaño de la abertura del tamiz (en escala logarítmica) y la ordenada el % de árido en peso que ha dejado pasar dicho tamiz (figura 3-3).

Los áridos constituidos fundamentalmente por granos gruesos dejan un volumen mayor de huecos que los formados por granos finos, y estos huecos deben rellenarse con cemento. Por el contrario los áridos constituidos fundamentalmente por granos finos presentan una mayor superficie para recubrir con el cemento. Por lo tanto se deduce que un buen árido debe dejar el menor volumen de huecos al mismo tiempo que su superficie total sea la menor posible. Es por esto por lo que se establecen las proporciones de las dimensiones de los granos (granulometría), de tal forma que los de tamaño más reducido encajen en los huecos que dejan los mayores (aumenta la compacidad), teniendo la precaución de que no queden en contacto, ya que si no la pasta de cemento no los recubriría totalmente.

La forma de obtener un árido que cumpla las condiciones de compacidad anteriormente mencionadas es tratando de que su granulometría se ajuste lo más posible a curvas granulométricas teóricas que cumplen esta condición. Las más conocidas son las de Fuller y Bollomey.

En la figura 3-3 se muestran las curvas granulométricas de la arena y grava que van a formar el árido (compuesto) que se va a utilizar para la formación de un hormigón, así como la curva teórica de referencia dada por Fuller.



Figura 3-2: Áridos de machaqueo

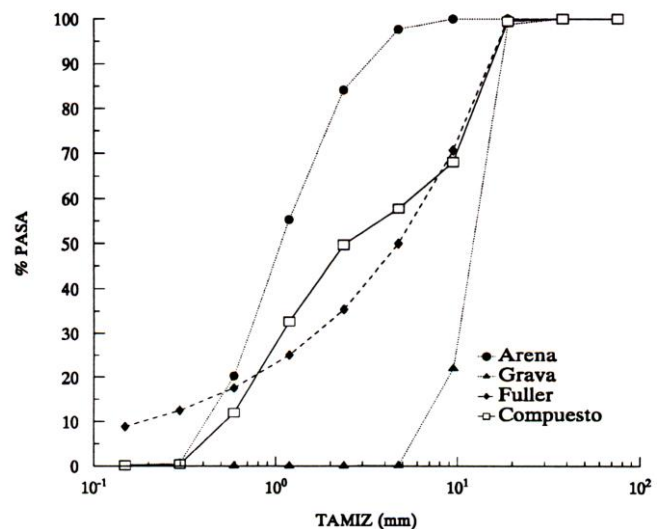


Figura 3-3

3.1 Designación

Los áridos se designarán, de acuerdo con el siguiente formato:

d/D – IL

ó preferentemente:

d/D – IL - N

donde:

- d/D: Fracción granulométrica, comprendida entre un tamaño mínimo, **d**, y un tamaño máximo, **D**, en mm.
- IL: Forma de presentación:

- R: Rodado
 - T: Triturado (de machaqueo)
 - M: Mezcla.
- N: Naturaleza del árido (C, calizo; S, silíceo; G, granito; O, ofita; B, basalto; D, dolomítico; Q, traquita; I, fonolita; V, varios; A, artificial; R, reciclado).

Se denomina **tamaño máximo del árido, D**, la mínima abertura de tamiz UNE EN 933-2 que cumple los requisitos generales recogidos en la tabla 28.3.a, en función del tamaño del árido.

Se denomina **tamaño mínimo del árido, d**, la máxima abertura de tamiz UNE EN 933-2 que cumple los requisitos generales recogidos en la tabla 28.3.a, en función del tipo y del tamaño del árido.

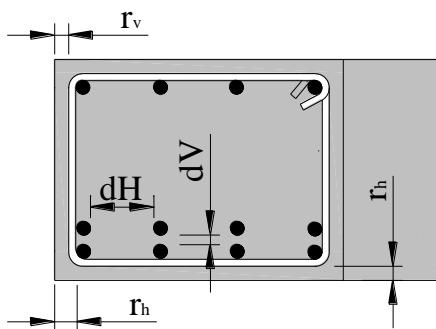
Tabla 28.3.a		Porcentaje que pasa (en masa)				
		2 D	1,4 D	D	d	d/2
Árido grueso	$D > 11,2$ ó $D/d > 2$	100	98 a 100	90 a 99	0 a 15	0 a 5
	$D \leq 11,2$ o $D/d \leq 2$	100	98 a 100	85 a 99	0 a 20	0 a 5
Árido fino	$D \leq 4$ y $d = 0$	100	95 a 100	85 a 99	-	-

3.2 Requisitos del Tamaño Máximo del árido

En la fase de proyecto, a efectos de la especificación del hormigón, es necesario únicamente establecer para el árido su tamaño máximo en mm, de acuerdo con el Artículo 28.3 de EHE-08 (donde se denomina **TM**) y, en su caso, especificar el empleo de árido reciclado y su porcentaje de utilización.

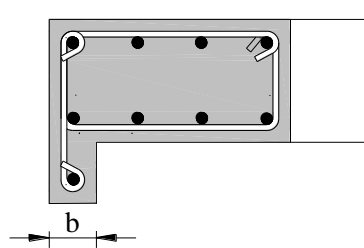
Con objeto de facilitar la puesta en obra del hormigón y evitar la formación de coqueas, se limita el tamaño máximo de un árido a la menor de las dimensiones siguientes (Artículo 28.3 de EHE-08):

- 0,8 de la distancia libre horizontal (dH) y vertical (dV) entre armaduras que no formen grupo⁶, o entre un borde de la pieza y una armadura que forme un ángulo mayor de 45° con la dirección de hormigonado (r_h).
- 1,25 de la distancia entre un borde de la pieza y una armadura que forme un ángulo menor de 45° con la dirección de hormigonado (r_v).



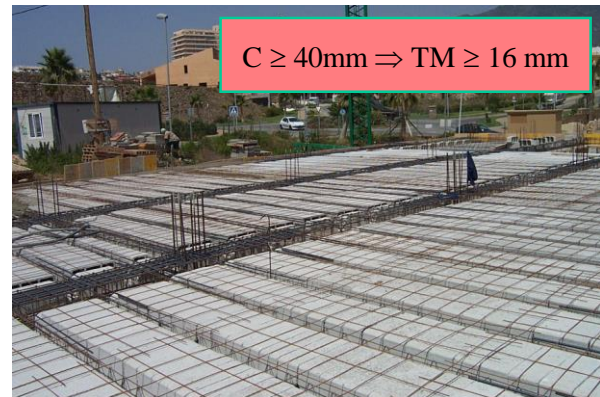
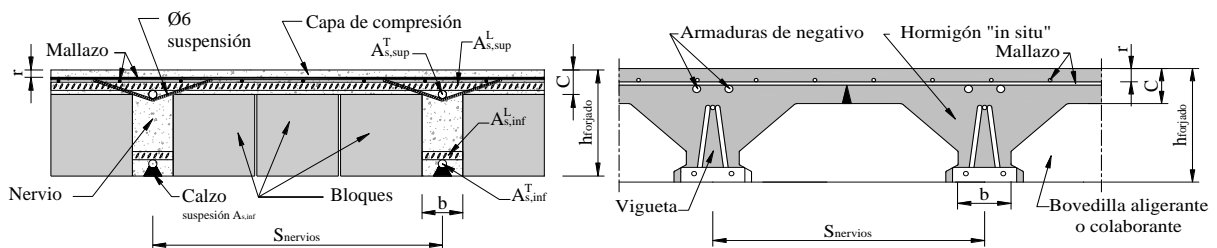
⁶ Se llama grupo de barras a dos o más barras corrugadas puestas en contacto.

- 0,25 de la dimensión mínima de la pieza



Excepto en los casos siguientes:

- ↳ Piezas de ejecución muy cuidada (caso de prefabricación en taller) y aquellos elementos en los que el efecto pared del encofrado sea reducido (forjados que se encofran por una sola cara) en cuyo caso será menor que 0,33 veces el espesor mínimo.
- ↳ 0,4 del espesor mínimo de la losa superior en los forjados (C).



4. AGUA

El **agua de amasado** es la cantidad de agua que se añade a la mezcla seca de áridos y cemento. El agua necesaria para la hidratación del cemento durante el fraguado se denomina **agua de fraguado**. La cantidad de agua de amasado debe ser superior a la de fraguado fundamentalmente por los siguientes motivos:

- Se producen pérdidas de agua durante el amasado, transporte y puesta en obra del hormigón, así como por evaporación.
- Parte del agua de amasado es succionada por los áridos, en mayor cantidad cuanto menor sea su tamaño.
- El agua le proporciona movilidad a la masa de hormigón, facilitando la colocación en obra de ese hormigón.

El agua de amasado juega, por tanto, un doble papel en el hormigón. Por un lado, participa en las reacciones de hidratación del cemento; por otro, confiere al hormigón la trabajabilidad necesaria para una correcta puesta en obra.

La cantidad de agua de amasado debe limitarse al mínimo estrictamente necesario, ya que el agua en exceso se evapora y crea una serie de huecos en el hormigón (capilares) que



Porosidad provocada por exceso de agua de amasado

disminuyen su resistencia; pero, por otra parte, no puede disminuirse excesivamente el contenido en agua, pues podrían obtenerse masas poco trabajables y de difícil colocación en obra.

La casi totalidad de las aguas naturales son aptas para ser utilizadas como agua de amasado. Podrán utilizarse todas las aguas sancionadas como aceptables por la práctica. Cuando no se posean antecedentes, o en caso de duda, deberán ser analizadas, rechazándose las que no cumplan las condiciones establecidas en el Artículo 27 de la Instrucción EHE, a no ser que se justifique que no alteran perjudicialmente las propiedades exigibles al hormigón.

En particular el agua de mar, o aguas salinas análogas, puede emplearse para la fabricación de hormigones en masa, teniendo presente que pueden retardar el fraguado y endurecimiento, provocar manchas y eflorescencias en la superficie del hormigón, así como también reducir las resistencias aproximadamente en un 15%. En estos casos se recomienda la utilización de un cemento de características adicionales MR o SR

5. ADITIVOS Y ADICIONES DEL HORMIGÓN

5.1 Aditivos

Los aditivos son aquellas sustancias o productos que incorporados al hormigón antes de, o durante, el amasado (o durante un amasado suplementario) en una proporción no superior al 5% del peso del cemento, producen la modificación deseada en estado fresco y/o endurecido de alguna de sus características, de sus propiedades habituales o de su comportamiento.

Los aditivos más empleados en la actualidad son:

- **Aceleradores:** su misión es la de adelantar el fraguado o el endurecimiento del hormigón y, en general, ambos procesos.
- **Retardadores:** su misión es la de retardar el fraguado del hormigón. En general, las resistencias a compresión muy tempranas (1 a 3 días) suelen verse disminuidas, pero no así las de 28 ó 90 días, que pueden incluso resultar más elevadas que las del hormigón sin aditivo.
- **Plastificantes:** su misión es la de aumentar la docilidad y trabajabilidad del hormigón, permitiendo emplear masas que de otra forma sería casi imposible colocar en obra, o bien reducir el agua de amasado de los hormigones en beneficio de su resistencia o de la dosificación del cemento.
- **Aireantes:** su misión es la de ocluir en la masa del hormigón infinidad de burbujas de aire uniformemente repartidas, las cuales interceptan la red capilar del hormigón endurecido, mejorando así su resistencia a las heladas y a los agentes agresivos.
- **Plastificantes-aireantes:** reúne las propiedades de ambos tipos de aditivos, permitiendo obtenerse hormigones más trabajables y de mayor resistencia mecánica y química que los hormigones ordinarios.

Otros aditivos también empleados en la actualidad son:

- ◇ Expansivos o compensadores de retracción.
- ◇ Gasificantes.
- ◇ Endurecedores de superficie.
- ◇ Colorantes.
- ◇ Inhibidores de corrosión.
- ◇ Hidrófugos... etc.

5.2 Adiciones

Las adiciones son materiales inorgánicos, puzolánicos o con hidraulicidad latente que, finamente divididos, pueden ser añadidos al hormigón con el fin de mejorar alguna de sus propiedades o conferir características especiales.

La instrucción EHE recoge únicamente la utilización de cenizas volantes o humo de sílice como adiciones en el momento de la fabricación del hormigón.

El humo de sílice tiene aplicación fundamentalmente en la fabricación de hormigones de alta resistencia.

En la fabricación de hormigones que contengan cenizas volantes o humo de sílice se empleará siempre cemento tipo CEM I.

BIBLIOGRAFÍA:

- EHE-08. Instrucción de Hormigón Estructural
 - ⌘ Artículo 26. Cementos
 - ⌘ Artículo 27. Agua
 - ⌘ Artículo 28. Áridos
 - ⌘ Artículo 29. Aditivos
 - ⌘ Artículo 30. Adiciones
 - ⌘ Anejo nº3. Prescripciones para la utilización del cemento de aluminato de calcio
 - ⌘ Anejo nº4. Recomendaciones para la selección del tipo de cemento a emplear en hormigones estructurales.
- Jiménez Montoya y otros. “Hormigón armado”. GG.
- RC-16: Instrucción para la recepción de cementos
[Real Decreto 256/2016, de 10 de junio](#)
- UNE-EN 197-1:2011. Cemento. Parte 1: Composición, especificaciones y criterios de conformidad de los cementos comunes
- UNE 80303-1:2013. Cementos con características adicionales. Parte 1: Cementos resistentes a los sulfatos
- UNE 80303-2:2011. Cementos con características adicionales. Parte 2: Cementos resistentes al agua de mar
- UNE 80305:2012. Cementos blancos
- UNE 80307:2001. Cementos para usos especiales
- UNE-EN 14647:2006. Cemento de aluminato de calcio. Composición, especificaciones y criterios de conformidad
- UNE 80117:2012. Métodos de ensayo de cementos. Ensayos físicos. Determinación del color en los cementos blancos
- UNE EN 933-1:2012. Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 1: Determinación de la granulometría de las partículas. Método del tamizado.
- UNE EN 933-2:1996. Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 2: Determinación de la granulometría de las partículas. Tamices de ensayo, tamaño nominal de las aberturas
- UNE 80304:2006. Cementos. Cálculo de la composición potencial del clínker pòrtland
- UNE-EN 196-1:2005. Métodos de ensayo de cementos. Parte 1: Determinación de resistencias mecánicas.
- UNE-EN 196-2:2014. Métodos de ensayo de cementos. Parte 2: Análisis químico de cementos