

Cementos, morteros y hormigones

3. Morteros y hormigones (1)



Juan Antonio Polanco Madrazo

Jesús Setién Marquín

DPTO. DE CIENCIA E INGENIERÍA DEL
TERRENO Y DE LOS MATERIALES

Este tema se publica bajo Licencia:

[Creative Commons BY-NC-SA 3.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/)

Morteros y hormigones

Mortero: mezcla constituida por arena, un conglomerante y agua

Dosificación del mortero: relación entre cantidad de conglomerante y cantidad de arena

- **Mortero normal:** compuesto por una parte de conglomerante por cada tres de arena, de manera que aquél rellene los vacíos existentes en ésta
- **Mortero magro:** el volumen de conglomerante es insuficiente para rellenar los huecos del volumen de arena empleada
- **Mortero graso:** el volumen de conglomerante es superior al de los huecos que presenta la arena

Morteros

Como conglomerante, se emplea el **cemento**, el **yesso** y la **cal**, los cuales pueden utilizarse solos o combinados. Así, en el caso de que la mezcla lleve dos o más de los mismos, el mortero se denomina **mixto**

RESISTENCIA DE MORTEROS DE CEMENTO		
Dosificación	Cemento (kg/m ³)	Resistencia (N/mm ²)
1:10	161	3,0
1:8	197	5,0
1:6	255	7,5
1:4	361	13,0
1:3	455	16,0

RESISTENCIA DE CEMENTOS MIXTOS		
Dosificación	Cemento (kg/m ³)	Resistencia (N/mm ²)
1:1:4	294	6.0
1:1:6	222	5.0
1:1:8	179	3.5
1:1:10	151	2.0
1:2:4	236	4.0
1:2:6	189	3.0
1:2:8	156	2.0
1:2:10	134	1.0

Morteros

Las características exigibles a un mortero son:

- Retener agua para evitar que sea totalmente absorbida por los materiales en su contacto
- Resistencia para soportar las cargas que han de actuar sobre el muro o fábrica
- Adherencia a las piezas o zonas que solidariza
- Durabilidad en concordancia con las condiciones a las que va a estar expuesto



Hormigones

Hormigón: material de construcción constituido básicamente por rocas, de tamaño máximo limitado, que cumplen ciertas condiciones en cuanto a sus características mecánicas, químicas y granulométricas, unidas por una pasta aglomerante formada por un conglomerante (**cemento**) y agua

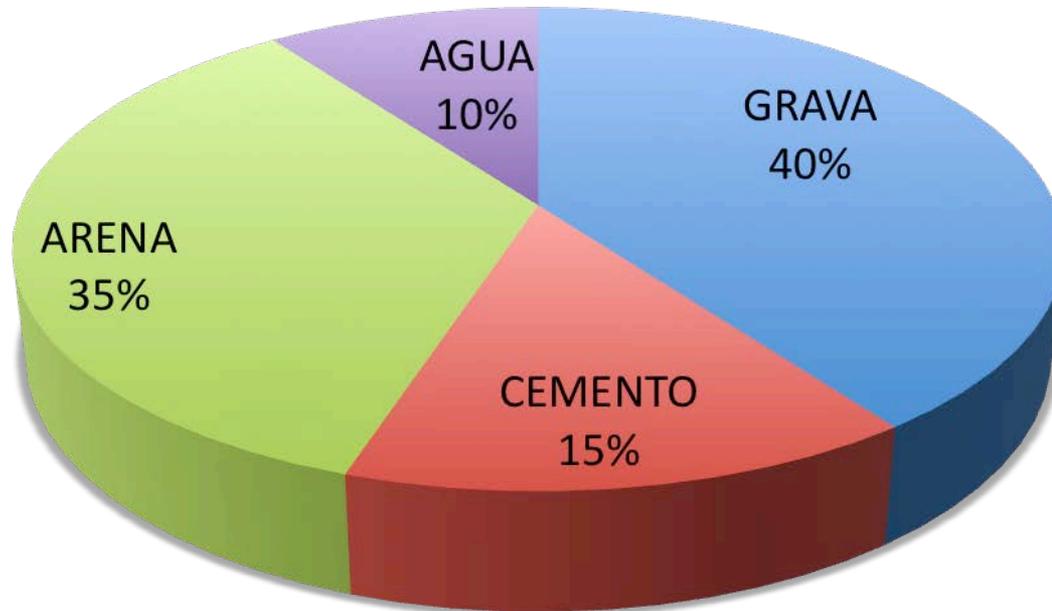
A estos componentes básicos, y en el momento de su amasado, pueden añadirse otros productos o materiales para mejorar algunas características determinadas

El hormigón es un compuesto de dureza similar a la de una roca, que puede ser fabricado completamente a pie de obra. Su gran ventaja estriba en la facultad y facilidad de moldeo, al tomar la forma y figura geométrica del molde, envase o encofrado en que se vierte, y alcanzando, tras un periodo dado de endurecimiento, una gran resistencia a la deformación

Hormigones

Los componentes fundamentales del hormigón son el **cemento**, el **agua**, los **áridos** y, ocasionalmente, otros productos, **aditivos** y **adiciones**, que se incorporan a la mezcla para dotar al hormigón de unas características especiales

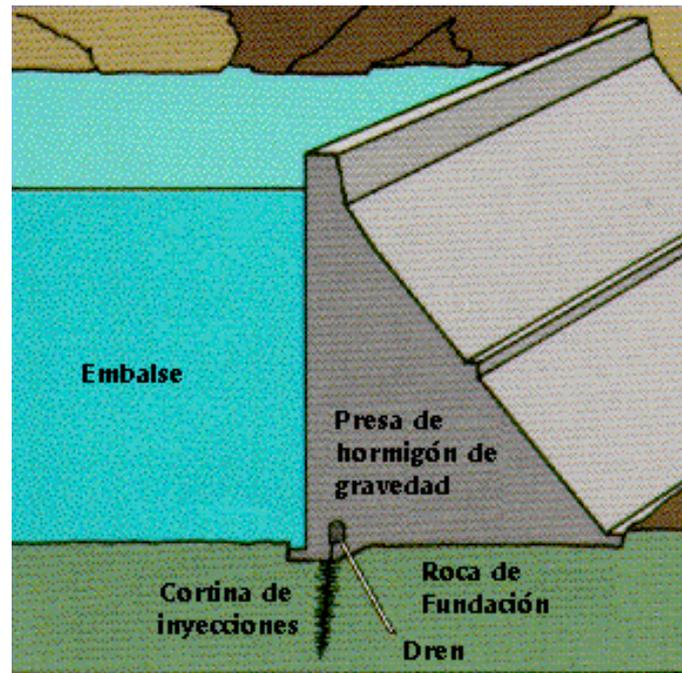
Materiales componentes del hormigón



Hormigones

Los hormigones, según su capacidad resistente, se clasifican en:

- **Hormigón en masa**: apto para resistir únicamente esfuerzos de compresión



Hormigones

Los hormigones, según su capacidad resistente, se clasifican en:

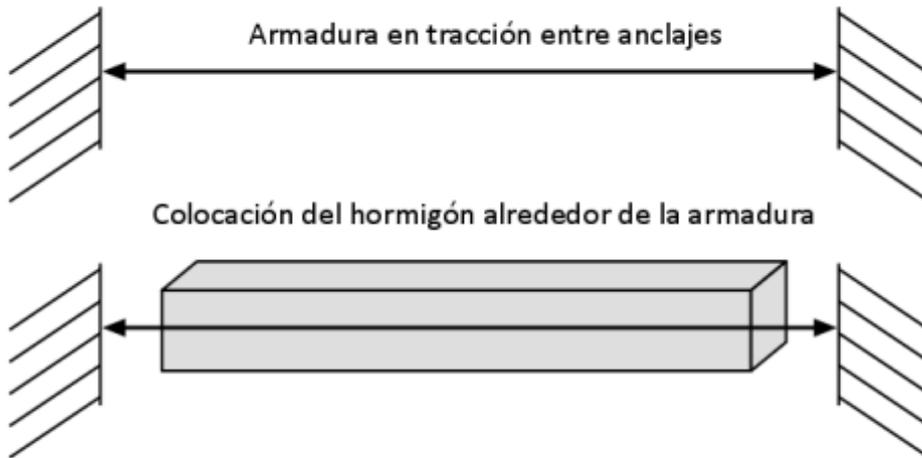
- **Hormigón armado**: provisto de armaduras pasivas, debidamente dimensionadas y dispuestas en el seno de la masa, lo cual le hace apto para resistir esfuerzos combinados de tracción y compresión



Hormigones

Los hormigones, según su capacidad resistente, se clasifican en:

- **Hormigón pretensado**: hormigón en el que, previamente a su endurecimiento, sus armaduras de acero especial están sometidas a un esfuerzo de tracción



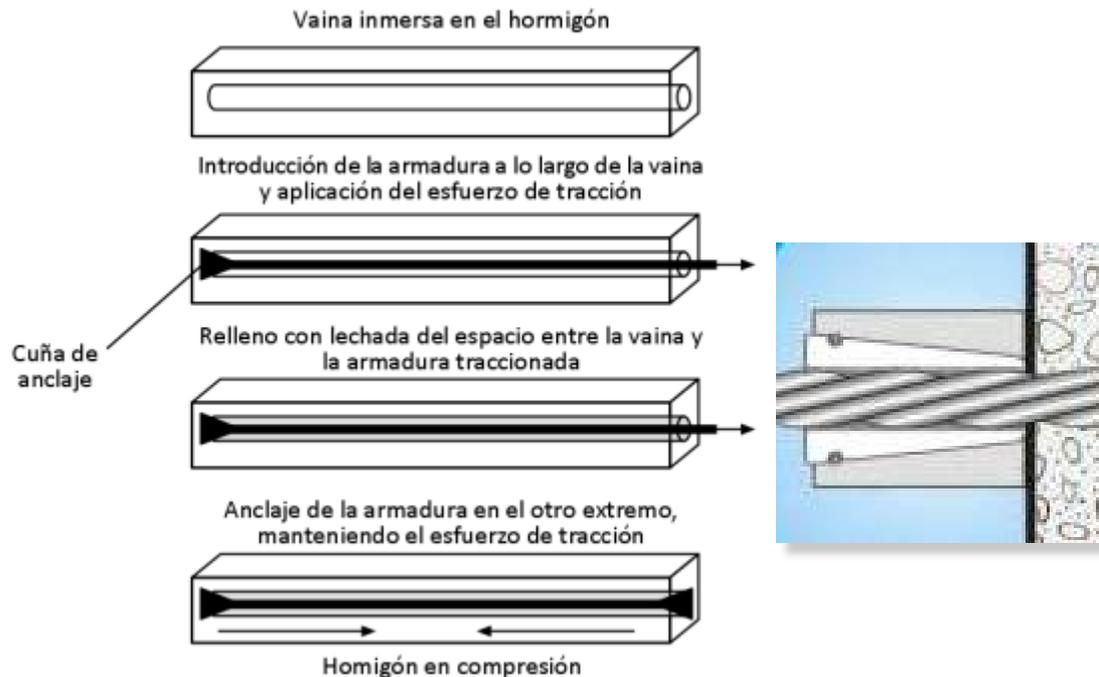
La armadura se suelta de los anclajes una vez endurecido el hormigón, con lo cual éste se encuentra sometido a un esfuerzo de compresión



Hormigones

Los hormigones, según su capacidad resistente, se clasifican en:

- **Hormigón postensado**: se realiza vertiendo la masa en el encofrado donde previamente se han dejado unas vainas, cuyos aceros se tensan una vez endurecido el hormigón



Componentes del homigón

CEMENTOS

Para la confección de hormigones, podrán utilizarse los cementos comunes y los cementos para usos especiales recogidos en el pliego vigente (RC-08)

El empleo del cemento de aluminato de calcio deberá ser objeto de un estudio especial, exponiendo las razones que aconsejan su uso

Se consideran cementos de endurecimiento lento los de clase resistente 32,5N, de endurecimiento normal los de clase 32,5R y 42,5N y de endurecimiento rápido los de clases 42,5R, 52,5N y 52,5R

El cemento no debe llegar a la obra u otras instalaciones de uso excesivamente caliente. Si su manipulación se va a realizar por medios mecánicos, su temperatura no excederá de 70°C , y si se va a realizar a mano, no debe superar los 40°C

El almacenamiento máximo aconsejable es de tres meses, dos meses y un mes, respectivamente, para las clases resistentes 32,5, 42,5 y 52,5

Componentes del homigón

AGUA

El agua utilizada para el amasado del hormigón en obra no debe contener ningún ingrediente dañino en cantidades tales que afecten a las propiedades del hormigón o a la protección de las armaduras frente a la corrosión. En general, podrán emplearse todas las aguas sancionadas como aceptables por la práctica

Podrán emplearse aguas de mar o aguas salinas análogas para el amasado de hormigones que no contengan armadura alguna. Salvo estudios especiales, se prohíbe expresamente el empleo de estas aguas para el amasado del hormigón armado o pretensado

CARACTERÍSTICAS A CUMPLIR POR EL AGUA DE AMASADO	
Exponente de hidrógeno pH (UNE 7234)	≥ 5
Sustancias disueltas (UNE 7130:58)	$\leq 15 \text{ g/l (15.000 p.p.m)}$
Sulfatos, expresados en SO_4^- (UNE 7131) excepto para el cemento SR en que se eleva este límite a 5 g/l (5.000 p.p.m)	$\leq 1 \text{ g/l (1.000 p.p.m)}$
Ion cloruro, Cl^- (UNE 7178) <ul style="list-style-type: none"> • Para hormigón pretensado • Para hormigón armado u hormigón en masa con armaduras para reducir la fisuración 	$\leq 1 \text{ g/l (1.000 p.p.m)}$ $\leq 3 \text{ g/l (3.000 p.p.m)}$
Hidratos de carbono (UNE 7132)	0
Sustancias orgánicas solubles en éter (UNE 7235)	$\leq 15 \text{ g/l (15.000 p.p.m)}$

Componentes del homigón

ÁRIDOS

Los áridos son materiales granulares inertes, de tamaño comprendido entre 0 y 100 mm, de naturaleza inorgánica y de procedencia natural o artificial que contribuyen a la estabilidad de volumen, resistencias y economía de los morteros y hormigones

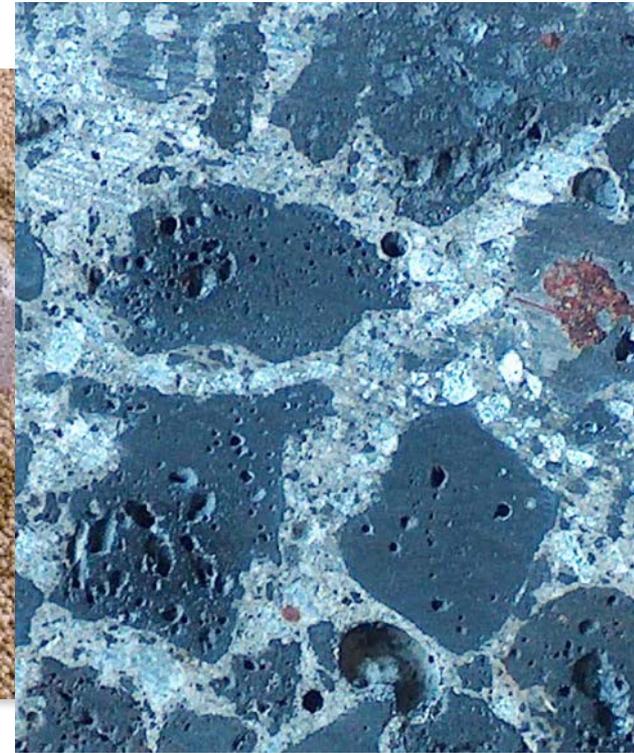
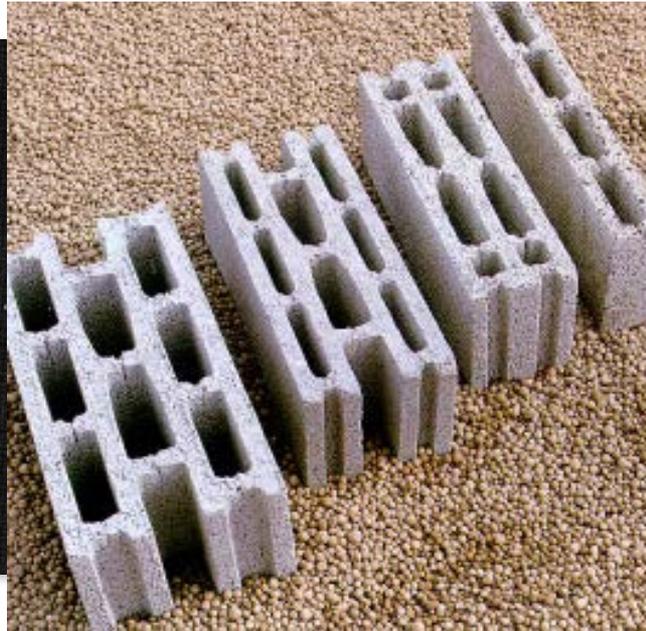
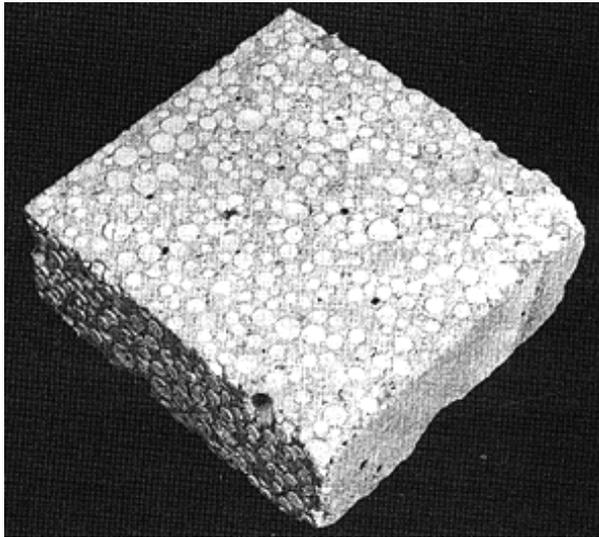
- **Áridos naturales**: proceden directamente de la naturaleza y se encuentran para su explotación en canteras, graveras o grandes depósitos



ÁRIDOS

Componentes del homigón

- **Áridos artificiales:** obtenidos mediante un proceso industrial a partir de materiales inorgánicos u orgánicos



Componentes del homigón

ÁRIDOS

- **Áridos reciclados:** procedentes de derribos de edificaciones y estructuras



Componentes del homigón

ÁRIDOS

Los áridos naturales admiten una clasificación propia según cual haya sido su proceso de formación:

- **Áridos de machaqueo**: se producen en canteras, por lo que presentan formas angulosas



Componentes del homigón

ÁRIDOS

Los áridos naturales admiten una clasificación propia según cual haya sido su proceso de formación:

- **Cantos rodados**: de forma redondeada, acumulados en depósitos



ÁRIDOS

Componentes del homigón

Arena o árido fino: árido o fracción del mismo, que pasa por un tamiz de 4 mm de luz de malla (tamiz 4 UNE-EN 933-2)

Grava o árido grueso: árido o fracción del mismo, que resulta retenido por un tamiz de 4 mm de luz de malla (tamiz 4 UNE-EN 933-2)

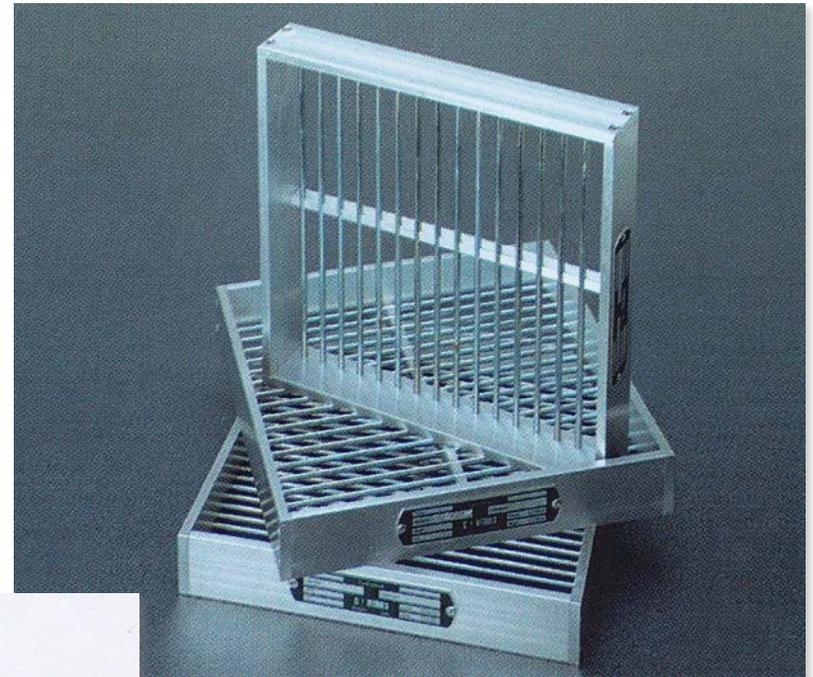
Árido total: aquél que, de por sí o por mezcla, posee las proporciones de arena y grava adecuadas para fabricar el hormigón necesario en el caso particular que se considere



Características de los áridos

Forma de las partículas

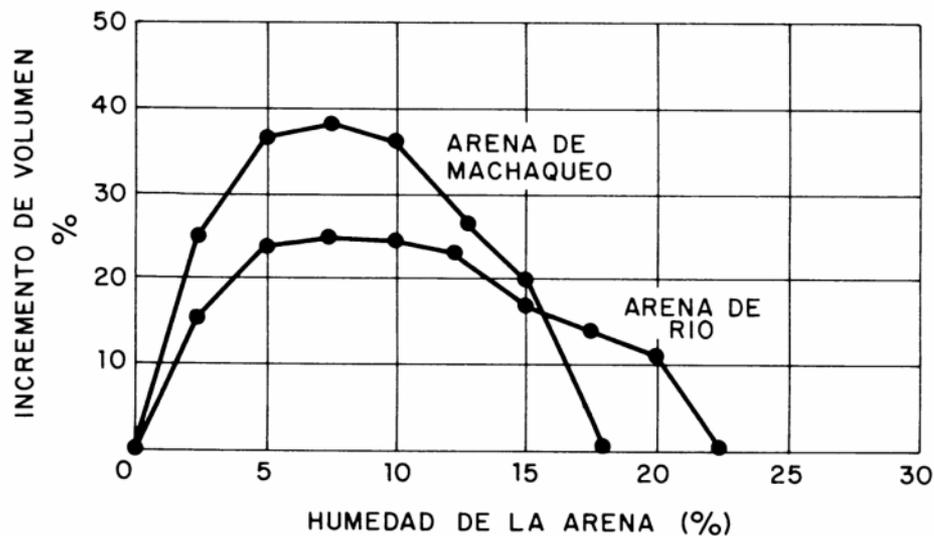
- Coeficiente de forma, UNE 7238
- Índice de lajas, UNE-EN 933-3



Características de los áridos

Humedad

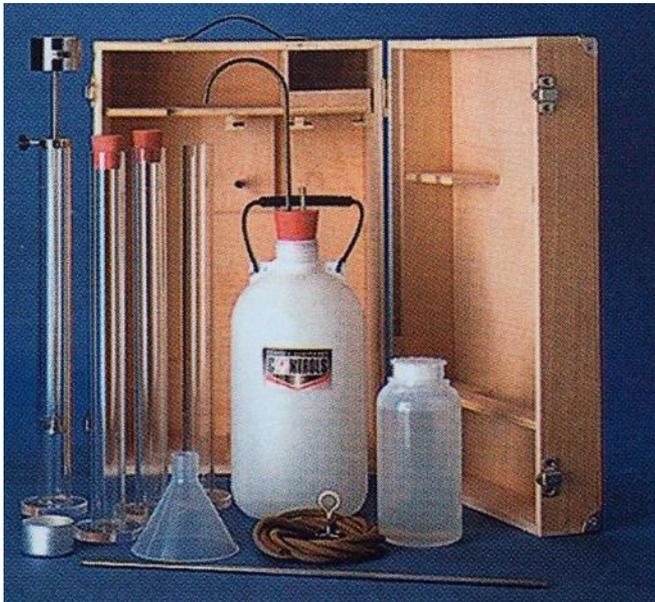
- Absorción, UNE 83134
- Entumecimiento



Características de los áridos

Sustancias perjudiciales

– Equivalente de arena, UNE 83131



Características de los áridos

Resistencias mecánicas

– Ensayo Los Ángeles, UNE-EN 1097-2



Características de los áridos

Resistencias mecánicas

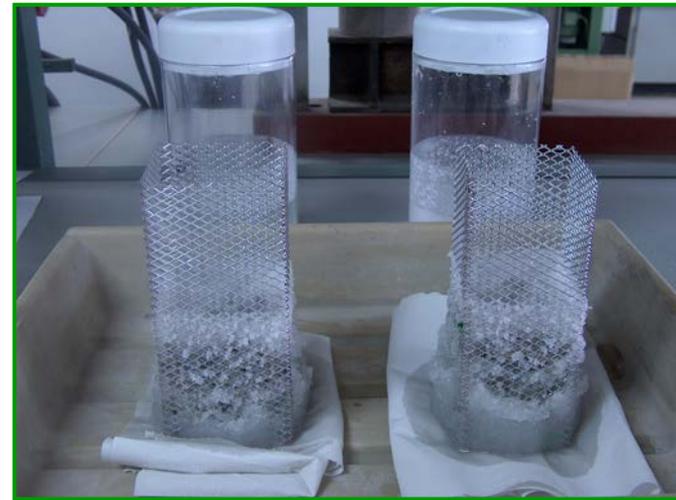
– Ensayo micro-Deval, UNE-EN 1097-1



Características de los áridos

Resistencia a las heladas

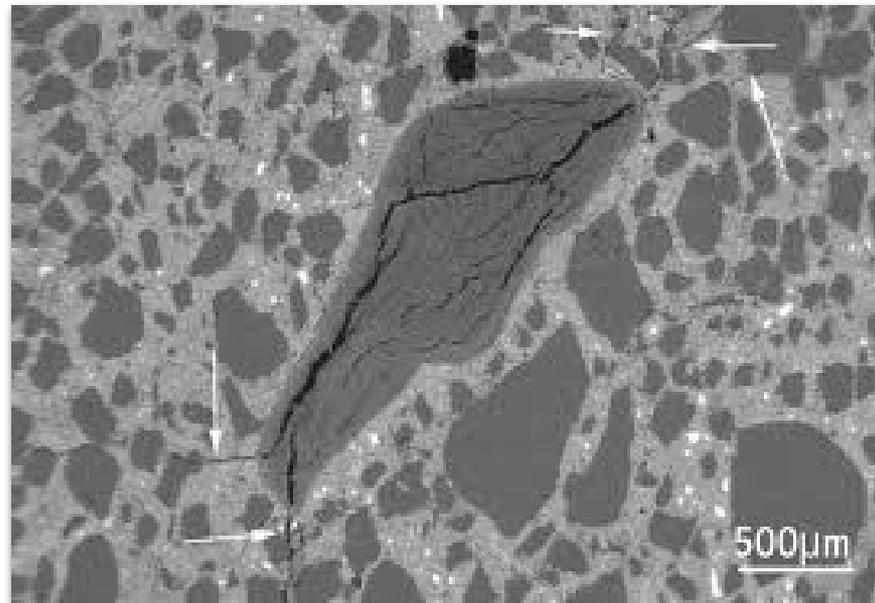
- Exposición a soluciones de sulfato magnésico, UNE-EN 1367-2



Características de los áridos

Reactividad

- Reactividad álcali-sílice, UNE 146508
- Reactividad álcali-carbonato, UNE 146507-2 EX



Características de los áridos

Tamaño de las partículas

Análisis granulométrico: determinación de la distribución y clasificación por tamaños de las partículas que lo forman

Granulometría: expresión porcentual de las cantidades existentes de cada tamaño, como resultado del análisis granulométrico realizado

El análisis granulométrico se efectúa con la ayuda de una serie de cribas o tamices



Criba



Tamiz

Características de los áridos

Tamaño de las partículas

Los tamices se eligen de entre los que pertenecen a unas series definidas

TAMICES DE LAS SERIES AMERICANA Y ESPAÑOLA		
Nº	SERIE TYLER	SERIE ESPAÑOLA
1	3"	63 mm
2	1 1/2"	31,5 mm
3	3/4"	16 mm
4	3/8"	8 mm
5	Nº 4	4 mm
6	Nº 8	2 mm
7	Nº 16	1 mm
8	Nº 30	0,50 mm
9	Nº 50	0,25 mm
10	Nº 100	0,125 mm



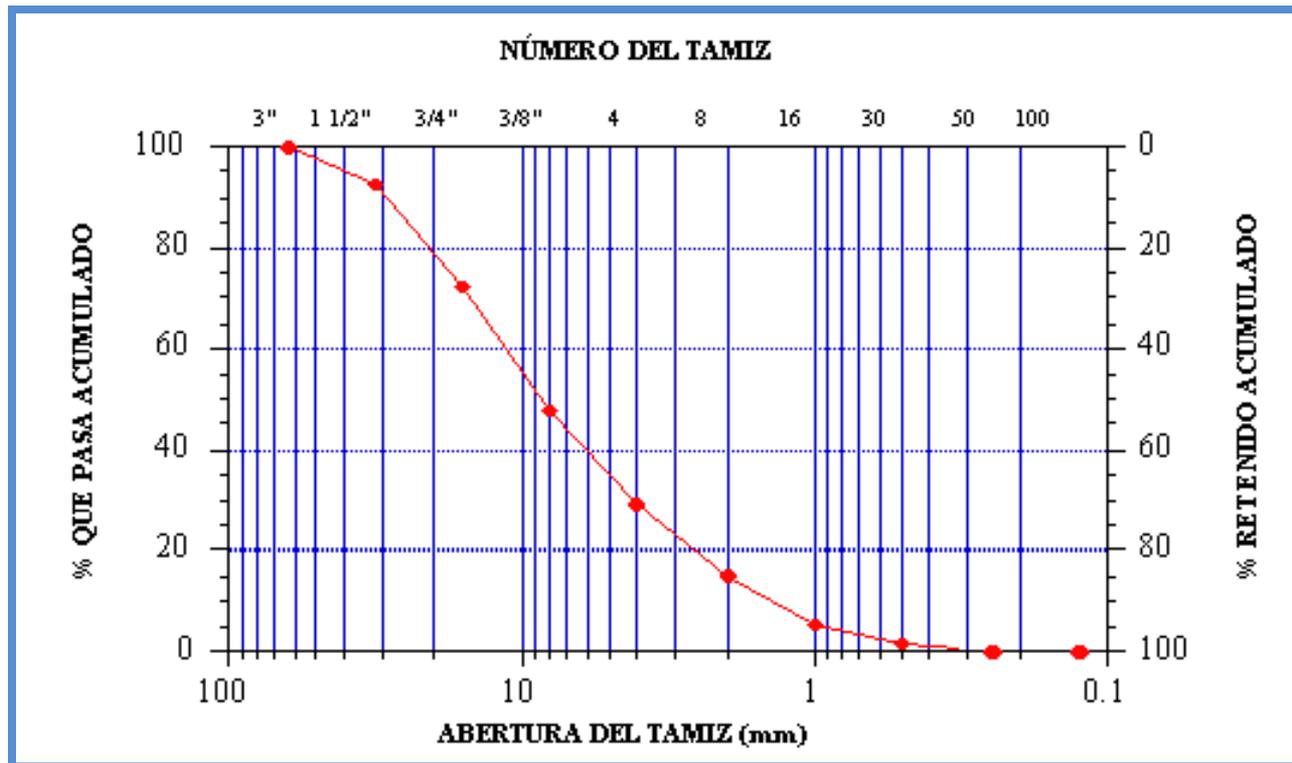
TAMIZ	Retenido entre tamices		% Retenido acumulado	% Pasa
	Peso (g)	%		
63	0.0	0.0	0.0	100.0
31.5	73.0	7.3	7.3	92.7
16	204.0	20.4	27.7	72.3
8	246.0	24.6	52.3	47.7
4	186.0	18.6	70.9	29.1
2	143.0	14.3	85.2	14.8
1	92.0	9.2	94.4	5.6
0.50	41.0	4.1	98.5	1.5
0.25	15.0	1.5	100.0	0.0
0.125	0.0	0.0	100.0	0.0
Pasa	0.0			
Suma	1000.0			

Módulo granulométrico: suma de los tantos por uno retenidos acumulados en los tamices de la serie UNE española (suma de los porcentajes retenidos acumulados dividida por 100). Si se emplea la serie americana, se denomina **módulo de finura** o de Abrams

Características de los áridos

Tamaño de las partículas

Curva granulométrica: representación gráfica del análisis granulométrico efectuado



Características de los áridos

Tamaño de las partículas

Tamaño máximo (D)

Tamaño mínimo (d)

REQUISITOS GENERALES DE LOS TAMAÑOS MÁXIMO "D" Y MÍNIMO "d"						
Árido		Porcentaje que pasa en masa				
		2D	1,4D	D	D	d/2
Árido grueso	$D > 11,2$ y $D/d > 2$	100	98 a 100	90 a 99	0 a 15	0 a 5
	$D \leq 11,2$ ó $D/d \leq 2$	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	---	---

Siempre debe cumplirse que $D/d \geq 1,4$

Características de los áridos

Designación

La denominación de los áridos se realiza en base a sus tamaños mínimo y máximo:
 $d/D - IL - N$

TAMICES PARA LA DESIGNACIÓN DE LOS ÁRIDOS		
Serie Básica (mm)	Serie Básica + Serie 1 (mm)	Serie Básica + Serie 2 (mm)
0,063	0,063	0,063
0,125	0,125	0,125
0,250	0,250	0,250
0,500	0,500	0,500
1	1	1
2	2	2
4	4	4
---	5,6 (5)	---
---	---	6,3 (6)
8	8	8
---	---	10
---	11,2 (11)	---
---	---	12,5 (12)
---	---	14
16	16	16
---	---	20
---	22,4 (22)	---
31,5 (32)	31,5 (32)	31,5 (32)
---	---	40
---	45	---
63	63	63
125	125	125

IL es la forma de presentación:

R = rodado

T = triturado

M = mezcla

N es la naturaleza del árido:

C = calizo

S = silíceo

G = granito

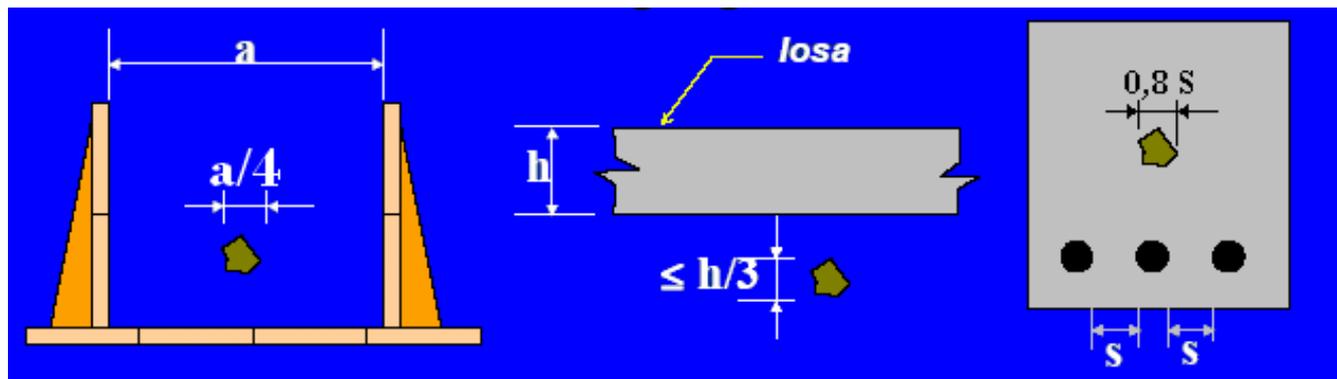
A = artificial

R = reciclado

Características de los áridos

Las dimensiones y la tipología de la estructura a hormigonar condicionan el tamaño del árido a emplear. Así, el tamaño máximo del árido grueso será menor que las dimensiones siguientes:

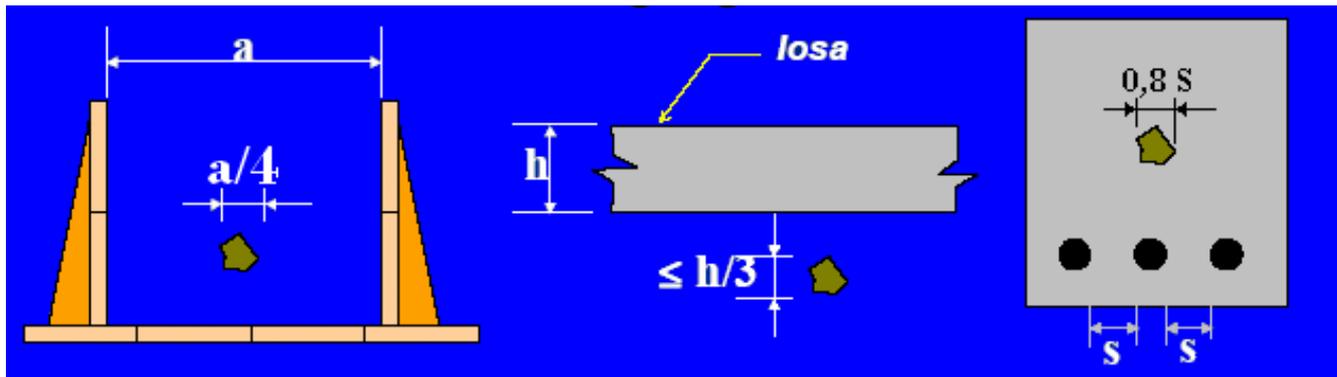
- 0,8 de la distancia horizontal libre entre vainas o armaduras que no formen grupo, o entre un borde de la pieza y una vaina o armadura que forme un ángulo mayor que 45° con la dirección de hormigonado
- 1,25 de la distancia entre un borde de la pieza y una vaina o armadura que forme un ángulo no mayor que 45° con la dirección de hormigonado



Características de los áridos

Las dimensiones y la tipología de la estructura a hormigonar condicionan el tamaño del árido a emplear. Así, el tamaño máximo del árido grueso será menor que las dimensiones siguientes:

- 0,25 de la dimensión mínima de la pieza, excepto:
 - Losa superior de los forjados, donde el tamaño máximo del árido será menor que 0,4 veces el espesor mínimo
 - Piezas de ejecución muy cuidada (prefabricación en taller) y 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



Características de los áridos

Contenido de sustancias perjudiciales

LIMITACION DE SUSTANCIAS PERJUDICIALES APORTADAS POR EL ARIDO			
Cantidad máxima en % del peso total de la muestra		Arido fino	Arido grueso
Terrones de arcilla (UNE 7133)		1,00	0,25
Partículas blandas (UNE 7134)		—	5,00
Material retenido por el tamiz 0,063 UNE EN 933-2 y que flota en un líquido de peso específico 2 (UNE 7244)		0,50	1,00
Compuestos totales de azufre expresados en SO_3^- (UNE EN 1744-1)		1,00	1,00
Sulfatos solubles en ácidos, expresados en SO_3^- (UNE EN 1744-1)		0,80	0,80
Cloruros expresados en Cl^- (UNE EN 1744-1)	Hormigón armado u hormigón en masa que contenga armaduras para reducir la fisuración	0,05	0,05
	Hormigón pretensado	0,03	0,03

El equivalente de arena será superior a:

- 70, para obras sometidas a la clase general de exposición I, IIa ó IIb y que no estén sometidas a ninguna clase específica de exposición
- 75, el resto de los casos

Características de los áridos

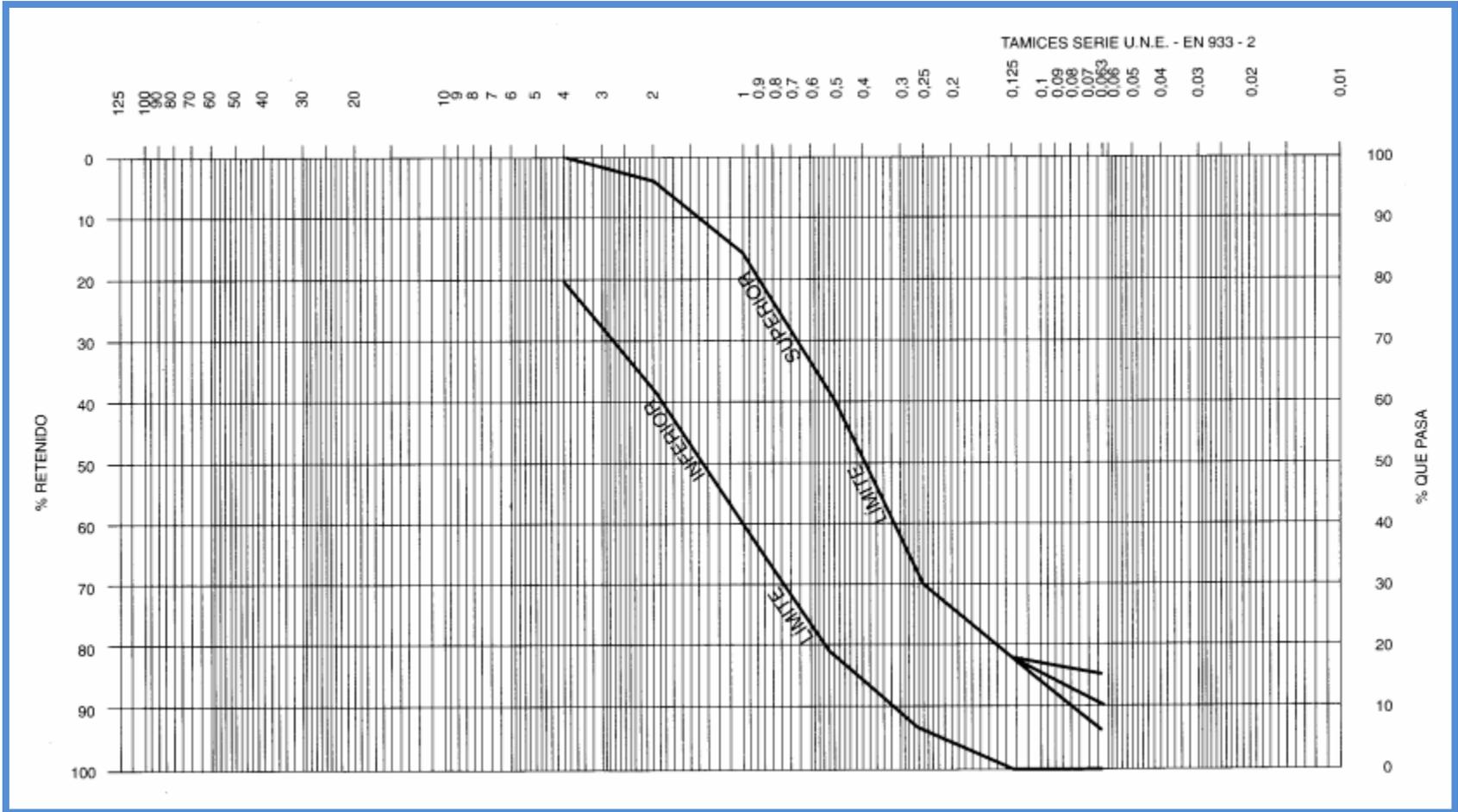
Condiciones físico-mecánicas

PRESCRIPCIONES REFERENTES AL ÁRIDO		
Característica	Normativa	Limitación
Coefficiente de forma	UNE 7238	$> 0,20$
Índice de lajas	UNE EN 933-3	≤ 35
Ensayo micro-Deval	UNE EN 1097-1	≤ 40
Ensayo Los Ángeles	UNE EN 1097-2	≤ 40
Absorción	UNE 83133 // UNE 83134	$\leq 5\%$
Resistencia a la helada (pérdida en peso)	UNE EN 1367-2	Árido fino $< 15\%$ Árido grueso $< 18\%$

CONTENIDO MÁXIMO DE FINOS EN LOS ÁRIDOS		
Árido	Porcentaje máximo que pasa por el tamiz 0,063 mm	Tipo de árido
Grueso	1,5%	- Cualquiera
Fino	6%	- Áridos redondeados - Áridos de machaqueo no calizos para obras sometidas a las clases generales de exposición IIIa, IIIb, IIIc, IV o bien a alguna clase específica de exposición
	10%	- Áridos de machaqueo calizos para obras sometidas a las clases generales de exposición IIIa, IIIb, IIIc, IV o bien a alguna clase específica de exposición - Áridos de machaqueo no calizos para obras sometidas a las clases generales de exposición I, IIa ó IIb y no sometidas a ninguna clase específica de exposición
	16%	- Áridos de machaqueo calizos para obras sometidas a las clases generales de exposición I, IIa ó IIb y no sometidas a ninguna clase específica de exposición

Características de los áridos

Huso granulométrico de la arena



Características del hormigón

ADICIONES

Productos que se añaden al hormigón para dotarlo de unas características especiales que repercuten, fundamentalmente, en su capacidad resistente

La Instrucción EHE recoge, únicamente, la utilización de las cenizas volantes y del humo de sílice como adiciones al hormigón en el momento de su fabricación

- El cemento a emplear será siempre del tipo CEM I
- Para hormigón pretensado, el porcentaje máximo de sustitución será del 20% usando las cenizas volantes y del 10% con humo de sílice
- En estructuras de edificación, la cantidad máxima de cenizas volantes adicionadas no excederá del 35% del peso de cemento, mientras que la máxima cantidad de humo de sílice no sobrepasará del 10% del peso del cemento
- Los contenidos mínimos de cemento serán de 200, 250, ó 275 kg/m³, según se trate de hormigón en masa, armado o pretensado

Aditivos

Aditivo reductor de agua/plastificante: aditivo que, sin modificar la trabajabilidad, permite reducir el contenido en agua de un determinado hormigón, o que, sin modificar el contenido en agua, aumenta la trabajabilidad, o que produce ambos efectos a la vez

Requisitos específicos para los aditivos reductores de agua/plastificantes (a igual consistencia)

Nº	Propiedades	Hormigón de referencia	Método de ensayo	Requisitos
1	Reducción de agua	EN 480-I Hormigón de referencia I	Ensayo de asentamiento (cono) (EN 12350-2) o de escurrimiento (EN 12350-5)	Para el hormigón para ensayo: ≥ 5% con relación a la del hormigón testigo.
2	Resistencia a compresión	EN 480-1 Hormigón de referencia I	prEN 12390-3:1999	A 7 días y a 28 días: Hormigón para ensayo: ≥ 110% que la del hormigón testigo.
3	Contenido en aire en el hormigón fresco	EN 480-1 Hormigón de referencia I	EN 12350-7	Para el hormigón para ensayo: ≤ 2%, en volumen por encima del correspondiente al del hormigón testigo, salvo indicación contraria del fabricante.

Aditivos

Aditivo reductor de agua de alta actividad/superplastificante: aditivo que, sin modificar la trabajabilidad, permite reducir fuertemente el contenido en agua de un determinado hormigón, o que, sin modificar el contenido en agua, aumenta considerablemente la trabajabilidad, o que produce ambos efectos a la vez

Requisitos específicos para los aditivos reductores de agua de alta actividad/superplastificantes (a igual consistencia)

Nº	Propiedades	Hormigón de referencia	Método de ensayo	Requisitos
1	Reducción de agua	EN 480-1 Hormigón de referencia I	Ensayo de asentamiento (cono) (EN 12350-2) o de escurrimiento (EN 12350-5)	Para el hormigón para ensayo: ≥ 12% con relación a la del hormigón testigo.
2	Resistencia a compresión	EN 480-1 Hormigón de referencia I	prEN 12390-3:1999	A un día: Hormigón para ensayo: ≥ 140% que la del hormigón testigo A 28 días: Hormigón para ensayo: ≥ 115% que la del hormigón testigo.
3	Contenido en aire en el hormigón fresco	EN 480-1 Hormigón de referencia I	EN 12350-7	Para el hormigón para ensayo: ≤ 2% en volumen por encima del correspondiente al del hormigón testigo, salvo indicación contraria del fabricante.

Aditivos

Aditivo reductor de agua de alta actividad/superplastificante: aditivo que, sin modificar la trabajabilidad, permite reducir fuertemente el contenido en agua de un determinado hormigón, o que, sin modificar el contenido en agua, aumenta considerablemente la trabajabilidad, o que produce ambos efectos a la vez

Requisitos específicos para los aditivos reductores de agua de alta actividad/superplastificantes (a igual relación agua/cemento)

Nº	Propiedades	Hormigón de referencia	Método de ensayo	Requisitos
1	Aumento de la consistencia	EN 480-1 Hormigón de referencia IV	Ensayo de asentamiento (cono) (EN 12350-2) o de escurrimiento (EN 12350-5)	Aumento del asiento (cono) ≥ 120 mm con relación a los (30 ± 10) mm iniciales. Aumento del escurrimiento ≥ 160 mm con relación a los (350 ± 20) mm iniciales.
2	Mantenimiento de la consistencia	EN 480-1 Hormigón de referencia IV	Ensayo de asentamiento (cono) (EN 12350-2) o de escurrimiento (EN 12350-5)	30 min después de la adición, la consistencia del hormigón para ensayo no debe ser inferior al valor inicial de la consistencia del hormigón testigo.
3	Resistencia a compresión	EN 480-1 Hormigón de referencia IV	prEN 12390-3:1999	A 28 días: Hormigón para ensayo $\geq 90\%$ que la del hormigón testigo.
4	Contenido en aire en el hormigón fresco	EN 480-1 Hormigón de referencia IV	EN 12350-7	Para el hormigón para ensayo: $\leq 2\%$ en volumen por encima del correspondiente al del hormigón testigo, salvo indicación contraria del fabricante.

Aditivos

Aditivo inclusor de aire: aditivo que permite incorporar durante el amasado una cantidad controlada de pequeñas burbujas de aire, uniformemente repartidas, que permanecen después del endurecimiento

Requisitos específicos para los aditivos inclusores de aire (a igual consistencia)

Nº	Propiedades	Hormigón de referencia	Método de ensayo	Requisitos
1	Contenido en aire en el hormigón fresco (aire ocluido)	EN 480-1 Hormigón de referencia III	EN 12350-7	Para el hormigón para ensayo: ≥ 2,5% en volumen por encima del correspondiente al del hormigón testigo. Contenido en aire total: 4% a 6% en volumen
2	Características de los huecos de aire en el hormigón endurecido	EN 480-1 Hormigón de referencia III	EN 480-11	Factor de espaciado en el hormigón para ensayo: ≤ 0,200 mm.
3	Resistencia a compresión	EN 480-1 Hormigón de referencia III	prEN 12390-3:1999	A 28 días: Hormigón para ensayo: ≥ 75% que la del hormigón testigo.

Aditivos

Aditivo acelerador de fraguado: aditivo que disminuye el tiempo de transición de la mezcla para pasar del estado plástico al estado rígido

Requisitos específicos para los aditivos aceleradores de fraguado (a igual consistencia)

Nº	Propiedades	Mortero/hormigón de referencia	Método de ensayo	Requisitos
1	Tiempo de principio de fraguado	EN 480-1 Mortero	EN 480-2	A 20 °C: Para el mortero para ensayo: ≥ 30 min. A 5 °C: Para el mortero para ensayo: ≤ 60% que el correspondiente al del mortero testigo.
2	Resistencia a compresión	EN 480-1 Hormigón de referencia I	prEN 12390-3:1999	A 28 días: Hormigón para ensayo: ≥ 80% que la del hormigón testigo. A 90 días: Hormigón para ensayo ≥ que la del hormigón para ensayo a 28 días.
3	Contenido en aire en el hormigón fresco	EN 480-1 Hormigón de referencia I	EN 12350-7	Para el hormigón para ensayo: ≤ 2% en volumen por encima del correspondiente al del hormigón testigo, salvo indicación contraria del fabricante

Aditivos

Aditivo retardador de fraguado: aditivo que aumenta el tiempo de transición de la mezcla para pasar del estado plástico al estado rígido

Requisitos específicos para los aditivos retardadores de fraguado (a igual consistencia)

Nº	Propiedades	Mortero/ hormigón de referencia	Método de ensayo	Requisitos
1	Tiempos de fraguado	EN 480-1 Mortero	EN 480-2	Principio de fraguado: para el mortero para ensayo: \geq que el del mortero testigo + 90 min. Final de fraguado: para el mortero para ensayo: \leq que el del mortero testigo + 360 min.
2	Resistencia a compresión	EN 480-1 Hormigón de referencia I	prEN 12390-3:1999	A 7 días: Hormigón para ensayo: \geq 80% que la del mortero testigo. A 28 días: Hormigón para ensayo: \geq 90% que la del hormigón testigo.
3	Contenido en aire en el hormigón fresco	EN 480-1 Hormigón de referencia I	EN 12350-7	Para el hormigón para ensayo: \leq 2% en volumen por encima del correspondiente al del hormigón testigo, salvo indicación contraria del fabricante.

Aditivos

Aditivo multifuncional: modifica más de una de las funciones definidas en los grupos anteriores

Requisitos específicos para los aditivos retardadores de fraguado/reductores de agua de alta actividad/superplastificantes (a igual relación agua/cemento)

Nº	Propiedades	Hormigón/mortero de referencia	Método de ensayo	Requisitos
1	Mantenimiento de la consistencia	EN 480-1 Hormigón de referencia IV	Ensayo de asentamiento (cono) (EN 12350-2) o de escurrimiento (EN 12350-5)	60 min después de la adición, la consistencia del hormigón para ensayo no debe caer por debajo del valor inicial de la consistencia del hormigón testigo
2	Resistencia a compresión	EN 480-1 Hormigón de referencia IV	prEN 12390-3:1999	A 28 días: Hormigón para ensayo $\geq 90\%$ que la del hormigón testigo.
3	Contenido en aire en el hormigón fresco	EN 480-1 Hormigón de referencia I	EN 12350-7	Para el hormigón para ensayo: $\leq 2\%$ en volumen por encima del correspondiente al del hormigón testigo, salvo indicación contraria del fabricante

Aditivos

Dosificación de referencia: propuesta del fabricante de la proporción de aditivo, expresada en % de la masa de cemento, con la que se cumplen los requisitos exigidos por la normativa vigente

Intervalo de eficacia: intervalo de dosificaciones, expresado en % de la masa de cemento, que el fabricante recomienda para su producto

En los hormigones armados o pretensados no podrán utilizarse como aditivos el cloruro cálcico ni, en general, productos en cuya composición intervengan cloruros, sulfuros, sulfitos u otros componentes químicos que puedan ocasionar o favorecer la corrosión de las armaduras

En los elementos pretensados mediante armaduras ancladas exclusivamente por adherencia, no podrán utilizarse aditivos que tengan carácter de inclusores de aire

Hormigones

CLASE GENERAL DE EXPOSICIÓN				DESCRIPCIÓN	EJEMPLOS
Clase	Subclase	Designación	Tipo de proceso		
No agresiva		I	Ninguno	<ul style="list-style-type: none"> - interiores de edificios no sometidos a condensaciones - elementos de hormigón en masa 	<ul style="list-style-type: none"> - interiores de edificios protegidos de la intemperie
Normal	Humedad alta	Ila	Corrosión de origen diferente de los cloruros	<ul style="list-style-type: none"> - interiores sometidos a humedades relativas medias altas (> 65%) o a condensaciones - exteriores en ausencia de cloruros y expuestos a lluvia en zonas con precipitación media anual superior a 600 mm - elementos enterrados o sumergidos 	<ul style="list-style-type: none"> - sótanos no ventilados - cimentaciones - tableros y pilas de puentes en zonas con precipitación media anual superior a 600 mm - elementos de hormigón de cubiertas de edificios
	Humedad media	IIb	Corrosión de origen diferente de los cloruros	<ul style="list-style-type: none"> - exteriores en ausencia de cloruros sometidos a la acción del agua de lluvia, en zonas con precipitación media anual inferior a 600 mm 	<ul style="list-style-type: none"> - construcciones exteriores protegidas de la lluvia - tableros y pilas de puentes en zonas con precipitación media anual inferior a 600 mm
Marina	aérea	IIla	Corrosión por cloruros	<ul style="list-style-type: none"> - elementos de estructuras marinas por encima del nivel de pleamar - elementos exteriores de estructuras situadas en las proximidades de la línea costera (a menos de 5 km) 	<ul style="list-style-type: none"> - edificaciones en las proximidades de la costa - puentes en las proximidades de la costa - zonas aéreas de diques, pantalanés y otras obras de defensa del litoral - instalaciones portuarias
	sumergida	IIIb	Corrosión por cloruros	<ul style="list-style-type: none"> - elementos de estructuras marinas sumergidas permanentemente, por debajo del nivel mínimo de bajamar 	<ul style="list-style-type: none"> - zonas sumergidas de diques, pantalanés y otras obras de defensa del litoral - cimentaciones y zonas sumergidas de pilas de puentes en el mar
	En zona de mareas	IIIc	Corrosión por cloruros	<ul style="list-style-type: none"> - elementos de estructuras marinas situadas en la zona de carrera de las mareas 	<ul style="list-style-type: none"> - zonas situadas en el recorrido de marea de diques, pantalanés y otras obras de defensa del litoral - zonas de pilas de puentes sobre el mar situadas en el recorrido de la marea
Con cloruros de origen diferente del medio marino		IV	Corrosión por cloruros	<ul style="list-style-type: none"> - instalaciones no impermeabilizadas en contacto con agua que presente un contenido elevado de cloruros no relacionados con el ambiente marino - superficies expuestas a sales de deshielo no impermeabilizadas 	<ul style="list-style-type: none"> - piscinas - pilas de pasos superiores o pasarelas en zonas de nieve - estaciones de tratamiento de agua

Hormigones

CLASE ESPECÍFICA DE EXPOSICIÓN				DESCRIPCIÓN	EJEMPLOS
Clase	Subclase	Designación	Tipo de proceso		
Con heladas	Sin sales fundentes	H	Ataque hielo-deshielo	- elementos situados en contacto frecuente con agua, o zonas con humedad relativa media ambiental en invierno superior al 75% y que tengan una probabilidad anual superior al 50% de alcanzar al menos una vez temperaturas por debajo de -5°C	- construcciones en zonas de alta montaña - estaciones invernales
	Con sales fundentes	F	Ataque por sales fundentes	- elementos destinados al tráfico de vehículos o peatones con más de 5 nevadas anuales o con valor medio de la temperatura mínima en los meses de invierno inferior a 0°C	- tableros de puentes o pasarelas en zonas de alta montaña
Química agresiva	Débil	Qa	Ataque químico	- elementos situados en ambientes con contenidos de sustancias químicas capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad lenta	- instalaciones industriales con sustancias débilmente agresivas - construcciones en proximidades de áreas industriales, con agresividad débil
	Media	Qb	Ataque químico	- elementos en contacto con agua de mar - elementos situados en ambientes con contenidos de sustancias químicas capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad media	- dolos, bloques y otros elementos para diques - estructuras marinas, en general - instalaciones industriales con sustancias de agresividad media - construcciones en proximidades de áreas industriales con agresividad media - instalaciones de conducción y tratamiento de aguas residuales con sustancias de agresividad media
	Fuerte	Qc	Ataque químico	- elementos situados en ambientes con contenidos de sustancias químicas capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad rápida	- instalaciones industriales con sustancias de agresividad alta - instalaciones de conducción y tratamiento de aguas residuales con sustancias de agresividad alta
Erosión		E	Abrasión, cavitación	- elementos sometidos a desgaste superficial - elementos de estructuras hidráulicas en los que la cota piezométrica pueda descender por debajo de la presión de vapor del agua	- pilas de puentes en cauces muy torrenciales - elementos de diques, pantalanos y otras obras de defensa del litoral que se encuentren sometidos a fuertes oleajes - pavimentos de hormigón - tuberías de alta tracción

Tipos de hormigón

Los hormigones, según su densidad, se clasifican en:

Hormigones normales: densidad comprendida entre 2000 y 2800 kg/m³

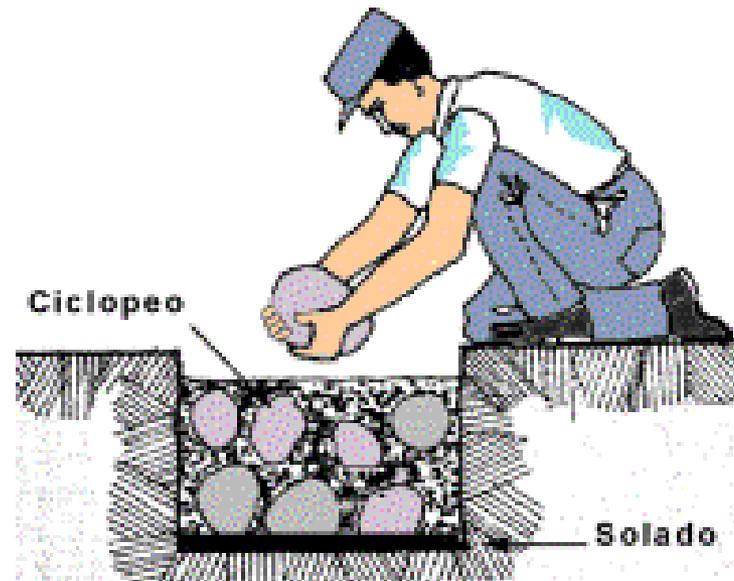
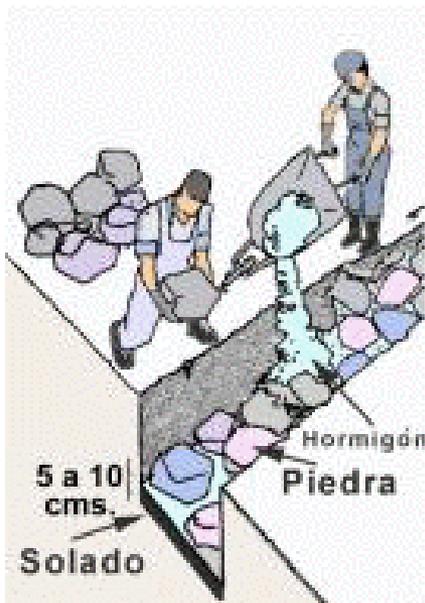
Hormigones ligeros: densidad comprendida entre 1000 y 2000 kg/m³



Hormigones pesados: densidad superior a 2800 kg/m³

Tipos de hormigón

Hormigón ciclópeo: con mampuestos embebidos de dimensiones superiores a los 30 cm



Hormigón inyectado: resultado de inyectar un mortero en el interior de un encofrado donde se ha colocado previamente el árido grueso

Tipos de hormigón

Hormigón sumergido: se coloca en fresco debajo del agua



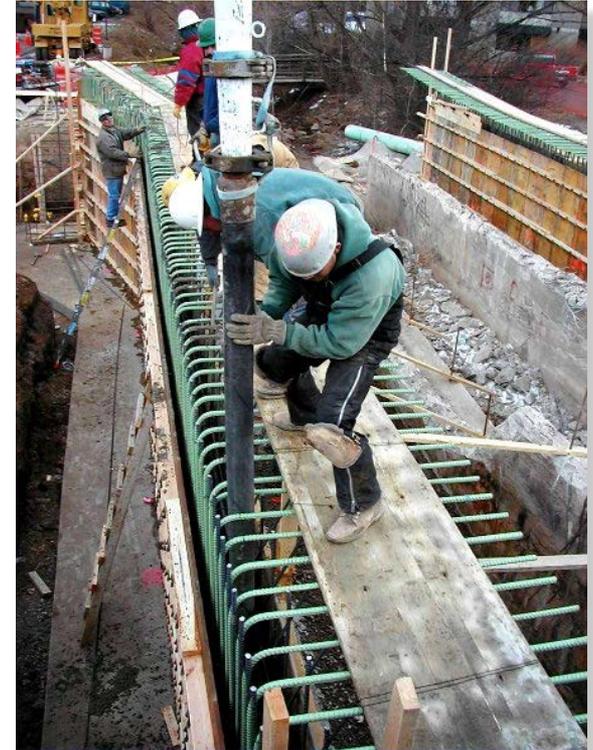
Tipos de hormigón

Hormigón vibrado: se consolida por vibración para incrementar su compacidad



Tipos de hormigón

Hormigón bombeado: se transporta de forma continua al ser impulsado a través de una tubería o manguera



Tipos de hormigón

Hormigón centrífugado: hormigón que, una vez moldeado, se somete a un proceso de centrifugación, por el cual se produce su compactación



Tipos de hormigón

Hormigón proyectado: consiste en conducir el hormigón o mortero a lo largo de un tubo provisto de una boquilla, por la que sale lanzado a gran velocidad



Tipos de hormigón

Hormigón reforzado con fibras: incorpora fibras cortas que, amasadas conjuntamente, se dispersan uniformemente en su masa



Tipos de hormigón

Hormigón seco compactado con rodillo: mezclas que, en estado fresco, permiten la circulación de rodillos vibrantes que posibilitan su compactación



Tipos de hormigón

Hormigón refractario: capaz de resistir elevadas temperaturas y cambios bruscos de las mismas



Tipos de hormigón

Hormigón de alta resistencia: tras una cuidada selección y proporción de sus componentes, muestra unas características, fundamentalmente resistentes, muy superiores a las de los hormigones convencionales



Tipos de hormigón

Hormigón autocompactante: hormigón que sin necesidad de vibración (ni otro tipo de compactación) es capaz de rellenar todos los rincones del encofrado, a través de la armadura, sin que se produzca segregación del árido grueso

