

Cementos (rc-08)

	<i>Página</i>
1. Definición	1
2. Componentes de los cementos	1
2.1. Componentes principales.....	1
2.1.1. Clínter de cemento (K).....	1
2.1.2. Escoria granulada del horno alto (S).....	2
2.1.3. Puzolanas (P, Q)	2
2.1.4. Cenizas volantes (V, W).....	2
2.1.5. Esquisto calcinado (T).....	2
2.1.6. Caliza (L, LL)	3
2.1.7. Humo de sílice (D).....	3
2.2. Componentes adicionales minoritarios	3
2.2.1. Sulfato de calcio	3
2.2.2. Aditivos	3
3. Prescripciones físicas y mecánicas de los cementos	4
3.1. Fraguado	4
3.2. Expansión.....	5
3.3. Finura de molido.....	5
3.4. Resistencias mecánicas	6
4. Tipos de cementos	7
4.1. Cementos sujetos al mercado CE	7
4.1.1. Cementos comunes (CEM), incluidos los de bajo calor de hidratación (LH).....	7
4.1.2. Cementos de escoria de horno alto de baja resistencia inicial (CEM III/..L).....	10
4.1.3. Cementos especiales de muy bajo calor de hidratación (VLH)	11
4.1.4. Cementos de aluminato de calcio (CAC)	11
4.1.5. Cementos de albañilería (MC)	12
4.2. Cementos sujetos al Real Decreto 1313/1988.....	13
4.2.1. Cementos resistentes a los sulfatos (/SR)	13
4.2.2. Cementos resistentes al agua de mar (MR).....	14
4.2.3. Cementos blancos (BL)	15
4.2.4. Cementos para usos especiales (ESP).....	16
5. Recomendaciones de uso	17
5.1. Cementos recomendados para aplicaciones genéricas de tipo estructural.....	17
5.2. Cementos recomendados para cimentaciones	18
5.3. Cementos recomendados para obras portuarias y marítimas	18
5.4. Cementos recomendados para presas	18
5.5. Cementos recomendados para obras hidráulicas distintas a las presas	18
5.6. Cementos recomendados en distintas circunstancias de hormigonado.....	19
5.7. Cementos recomendados según las diferentes clases de exposición.....	19
5.8. Cementos recomendados para hormigones a emplear en firmes de de carretera, de puertos y de aeropuertos	19
5.9. Cementos recomendados para hormigones a emplear en aplicaciones de tipo no estructural	20
5.10. Cementos recomendados para morteros de albañilería	20

Cementos (rc-08)

1. Definición

En general, se llaman conglomerantes hidráulicos aquellos productos que, amasados con el agua, fraguan y endurecen tanto expuestos al aire como sumergidos en agua, por ser estables en tales condiciones los compuestos resultantes de su hidratación. Los conglomerantes hidráulicos más importantes son los cementos.

Los cementos en España están regulados por la *Instrucción para la Recepción de Cementos, RC-08* y las Normas UNE, concordantes con la Norma europea EN 197.

2. Componentes de los cementos

A continuación se indican los componentes (constituyentes) de los cementos que, dosificados en distintas proporciones y molturados conjuntamente, dan origen a los distintos tipos de cementos.

2.1. Componentes principales

2.1.1. Clínker de cemento

a) *Clínker de cemento pórtland (K)*

Son los productos que se obtienen al calcinar hasta fusión parcial mezclas muy íntimas, preparadas artificialmente, de calizas y arcillas, hasta conseguir la combinación prácticamente total de sus componentes.

Los clínkeres de cemento pórtland empleados en cementos resistentes a los sulfatos y en cementos resistentes al agua de mar presentan limitaciones en su contenido de aluminato tricálcico y de la suma de sus contenidos de aluminato tricálcico y ferrito-aluminato tetracálcico.

b) *Clínker de cemento de aluminato de calcio (K)*

Son productos que se obtienen por fusión de una mezcla de calizas y bauxitas de composición y granulometría adecuadas para conseguir un contenido mínimo de alúmina del 36 por 100.

2.1.2. Escoria granulada de horno alto (S)

Son granulados de horno alto, que se obtienen por templado o por enfriado brusco, con agua o con aire, de la ganga fundida procedente de procesos siderúrgicos. Deben poseer carácter básico e hidraulicidad latente o potencial, así como un contenido mínimo de fase vítrea.

2.1.3. Puzolanas (P, Q)

Las puzolanas son sustancias naturales de composición silíceo-aluminosa o combinación de ambas.

Las puzolanas no endurecen por sí mismas cuando se amasan con agua, pero finamente molidas y en presencia de agua reaccionan, a la temperatura ambiente normal, con el hidróxido de calcio disuelto para formar compuestos de silicato de calcio y aluminato de calcio capaces de desarrollar resistencia. Estos compuestos son similares a los que se forman durante el endurecimiento de los materiales hidráulicos.

Las puzolanas naturales (P) son normalmente materiales de origen volcánico o rocas sedimentarias con composición química y mineralógica adecuadas.

Las puzolanas naturales calcinadas (Q) son materiales de origen volcánico, arcillas, pizarras o rocas sedimentarias activadas por tratamiento térmico.

2.1.4. Cenizas volantes (V, W)

Las cenizas volantes se obtienen por precipitación electrostática o mecánica de partículas pulverulentas arrastradas por los flujos gaseosos de hornos alimentados con carbón pulverizado. Las cenizas obtenidas por otros métodos no deberán emplearse en los cementos.

Las cenizas volantes pueden ser de naturaleza silíceo (V) o calcárea (W). Las primeras tienen propiedades puzolánicas; las segundas pueden tener, además, propiedades hidráulicas.

2.1.5. Esquisto calcinado (T)

El esquisto calcinado, particularmente el bituminoso, se produce en un horno especial a temperaturas de aproximadamente 800°C. Debido a la composición del material natural y al proceso de producción, el esquisto calcinado contiene fases de clínker y proporciones mayores de óxidos puzolánicamente reactivos. En consecuencia, en estado finamente molido, el esquisto calcinado presenta propiedades hidráulicas como las del cemento pòrtland, así como propiedades puzolánicas.

2.1.6. Caliza (L, LL)

Son compuestos principalmente de carbonato cálcico en forma de calcita (superior al 85 %), que molidos conjuntamente con el clínker pòrtland, en proporciones determinadas, afectan favorablemente a las propiedades y comportamiento de los morteros y hormigones, tanto frescos como endurecidos. Su acción principal es de carácter físico: dispersión, hidratación, trabajabilidad, retención de agua, capilaridad, permeabilidad, retracción, fisuración.

2.1.7. Humo de sílice (D)

Es un subproducto de la obtención del silicio y del ferrosilicio. Se reduce en horno eléctrico cuarzo muy puro y carbón, recogándose del humo generado, mediante filtro electrostático, partículas de muy pequeño diámetro formadas, principalmente, por sílice muy reactiva.

2.2. **Componentes adicionales minoritarios**

Los componentes adicionales minoritarios son materiales minerales naturales o derivados del proceso de la fabricación del clínker. También pueden ser componentes adicionales minoritarios los especificados en los apartados 2.1.2 a 2.1.6, a menos que estén incluidos como componentes principales del cemento.

Estos componentes no aumentarán sensiblemente la demanda de agua del cemento, no disminuirán la resistencia del hormigón o del mortero en ningún caso, ni reducirán la protección de las armaduras frente a la corrosión. Estos componentes suelen mejorar las propiedades físicas de los cementos, tales como la docilidad o la retención de agua.

2.2.1. Sulfato de calcio

El sulfato de calcio se añade durante la fabricación del cemento para controlar el fraguado.

El sulfato de calcio puede ser yeso (sulfato de calcio dihidratado, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), hemihidrato ($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$) o anhidrita (sulfato de calcio anhidro CaSO_4) o cualquier mezcla de ellos. El yeso y la anhidrita se encuentran en la naturaleza. Además, el sulfato de calcio también puede obtenerse como subproducto de ciertos procesos industriales.

2.2.2. Aditivos

Son productos que pueden emplearse en la fabricación del cemento, para facilitar el proceso de molienda o bien para aportar al cemento o a sus derivados algún comportamiento específico (inclusores de aire). La dosificación de los aditivos debe ser inferior al 1 por 100 en masa.

En los cementos de albañilería se emplean agentes aireantes con el fin de mejorar su docilidad y durabilidad. Sin embargo, se limita el contenido de aire con el fin de asegurar una buena adherencia. Cuando la designación del cemento incluye el signo «X» indica que no lleva un agente aireante incorporado.

No debe confundirse con los aditivos del hormigón.

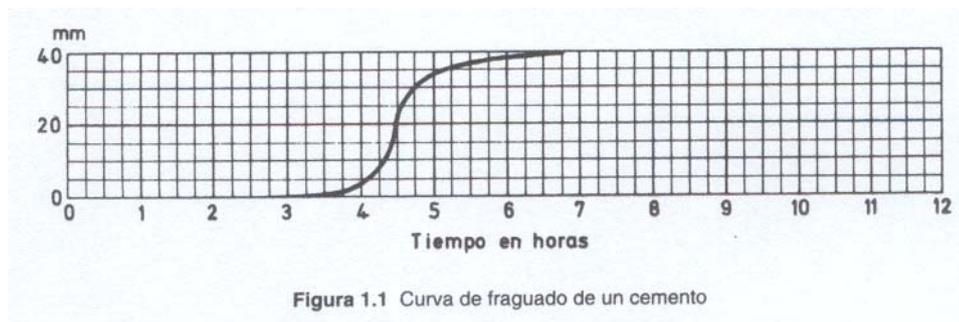
3. Prescripciones físicas y mecánicas de los cementos

Las características físicas y mecánicas más importantes son: fraguado, expansión, finura de molido y resistencia a compresión.

3.1. Fraguado

La velocidad de fraguado de un cemento viene limitada por las normas estableciendo un período de tiempo, a partir del amasado, dentro del cual deben producirse el principio y el fin del fraguado. Ambos conceptos se definen de un modo convencional, mediante la aguja de Vicat, ya que el fraguado es un proceso continuo que se inicia al amasar el cemento y se prolonga por el endurecimiento sin solución de continuidad.

Las penetraciones de la aguja de Vicat sobre una probeta de pasta normal de cemento, en función del tiempo, dan una idea del proceso de fraguado. Como resultado del ensayo puede dibujarse un diagrama como el indicado en la figura 1.1 (Norma europea EN 196-3).



Según la Instrucción española RC-08 el fraguado del cemento debe cumplir las siguientes prescripciones:

Resistencia del cemento	Principio del fraguado (min)	Final del fraguado (horas)
Muy alta	> 45	< 12
Alta, media, baja	> 60	< 12

El límite inferior que marcan las normas para el comienzo del fraguado es pequeño y puede resultar insuficiente para muchas obras de hormigón, en las que

las distancias de transporte sean grandes. Debe comprobarse, en tales casos, que el principio de fraguado del cemento se aleja del mínimo admitido, especialmente si la temperatura ambiente supera a la normalizada del ensayo, que es de 18° C a 22° C para el agua de amasado.

Para obras de pavimentos de hormigón ejecutadas en verano conviene utilizar cementos cuyo principio de fraguado, en ensayo efectuado a 30° C, tenga lugar no antes de una hora.

El fraguado es tanto más corto y rápido en su comienzo cuanto más elevada es la finura del cemento. La meteorización de éste (almacenamiento prolongado) aumenta la duración del fraguado. La presencia de materia orgánica (que puede provenir del agua o de la arena) retrasa el fraguado y puede llegar a inhibirlo. A menor cantidad de agua de amasado, así como a mayor sequedad del aire ambiente, corresponde un fraguado más corto.

3.2. Expansión

Los ensayos de estabilidad de volumen tienen por objeto manifestar, a corto plazo, el riesgo de expansión tardía que puede tener un cemento fraguado debida a la hidratación del óxido de calcio y/o del óxido de magnesio libres.

El método de ensayo que se utiliza, tanto en España como en el resto de Europa, es el de las agujas de Le Chatelier (Norma europea EN 196-3). Consiste en un pequeño molde cilíndrico abierto por una generatriz y terminado por dos agujas para amplificar la expansión. Una vez relleno con la pasta de cemento, se mantiene 24 horas en la cámara húmeda. El aumento de la distancia de las dos puntas de las agujas después de sumergido el molde en agua en ebullición, durante tres horas, mide la expansión.

Según la Instrucción RC-08, la expansión de cualquier tipo de cemento no debe ser superior a 10 milímetros.

3.3. Finura de molido

Es una característica íntimamente ligada al *valor hidráulico* del cemento, ya que influye decisivamente en la velocidad de las reacciones químicas que tienen lugar durante su fraguado y primer endurecimiento.

Al entrar en contacto con el agua, los granos de cemento se hidratan sólo en una profundidad de 0,01 mm, por lo que, si dichos granos fuesen muy gruesos, su rendimiento sería muy pequeño al quedar en su interior un núcleo prácticamente inerte.

Si el cemento posee una finura excesiva, su retracción y calor de fraguado son muy altos (lo que, en general, resulta perjudicial), el conglomerante resulta ser más susceptible a la meteorización (envejecimiento) tras un almacenamiento prolongado, y disminuye su resistencia a las aguas agresivas. Pero siendo así que las

resistencias mecánicas aumentan con la finura, se llega a una situación de compromiso: *el cemento pórtland debe estar finamente molido, pero no en exceso.*

Lo deseable es que un cemento alcance sus debidas resistencias, a las distintas edades, por razón de calidad del clínter más bien que por razón de finura de molido. La nueva normativa, tanto europea como española, no incluye en sus Pliegos prescripciones para la finura de molido.

Para la determinación de la finura de molido existen varios métodos de ensayo siendo el más conocido el de la *superficie específica Blaine* (Norma UNE 80.122). Consiste en determinar la superficie de un gramo de cemento cuyas partículas estuviesen totalmente sueltas, expresándose en centímetros cuadrados. La superficie específica Blaine de los distintos cementos está comprendida, generalmente, entre 2500 y 4000 cm²/g.

Otros métodos para determinar la superficie específica de molido son por tamizado en seco (Norma UNE 80.107) y por tamizado húmedo (Norma UNE 80.108).

3.4. Resistencias mecánicas

Como resistencia de un cemento se entiende la de un mortero normalizado, amasado con arena de características y granulometría determinadas, con relación agua/cemento igual a 0,5, en las condiciones que especifica la Norma UNE 80.101, que es análoga a la europea EN 196-1.

Las probetas son prismáticas de 4 x 4 x 16 cm³. Se rompen primero a flexotracción con carga centrada y luego, cada uno de los trozos resultantes, se rompe a compresión sobre superficie de 4 x 4 cm². Las roturas se efectúan normalmente a 2, 7 y 28 días.

La resistencia mecánica de un hormigón será tanto mayor cuanto mayor sea la del cemento empleado. Pero esta característica no es la única que debe buscarse, ya que por sí sola no garantiza otras igualmente necesarias, o incluso más, como por ejemplo la durabilidad.

En la tabla 2 se dan las prescripciones mecánicas de los cementos, según la Instrucción española RC-08. Recuérdese que *el número que identifica la clase de un cemento corresponde a la resistencia mínima a compresión, a 28 días, expresada en N/mm²* (excepto en cementos para usos especiales, en que dicha resistencia se refiere a 90 días). Ni la Instrucción española ni la Norma europea especifican valores para la resistencia a flexotracción.

4. Tipos de cemento

4.1. Cementos sujetos al mercado CE

4.1.1. Cementos comunes (CEM), incluidos los de bajo calor de hidratación (LH)

Definidos en la tabla A1.1.1.

- El **cemento pórtland** se designará con las siglas **CEM I**, seguidas de la clase de resistencia (32,5 – 42,5 – 52,5) y de la letra (R) si es de alta resistencia inicial o de (N) si es de resistencia inicial normal. En estos cementos, la designación comenzará con la referencia a la norma EN 197-1.

Ejemplo 1. EN 197-1 CEM I 42,5 R

Cemento pórtland de clase resistente 42,5 y alta resistencia inicial.

- Los **cementos pórtland con adiciones** se designarán con las siglas **CEM II** seguidas de una barra (/) y de la letra que indica el subtipo (A o B) separada por un guión (-) de la letra identificativa del componente principal empleado como adición del cemento, es decir:
 - S escoria de horno alto
 - D humo de sílice
 - P puzolana natural
 - Q puzolana natural calcinada
 - V ceniza volante silíceo
 - W ceniza volante calcárea
 - T esquistos calcinados
 - L, LL caliza.

A continuación se indicará la clase de resistencia (32,5 – 42,5 – 52,5), y seguidamente la letra (R) si es de alta resistencia inicial o la letra (N) en el caso de ser de resistencia inicial normal.

En estos cementos, la designación comenzará con la referencia a la norma EN 197-1.

Ejemplo 2. EN 197-1 CEM II/A-L 32,5 N

Cemento pórtland con caliza, tipo A (contenido en caliza 6-20%), clase resistente 32,5 y resistencia inicial normal.

En el caso de **cemento pórtland mixto (M)** se indicará además, entre paréntesis, las letras identificativas de los componentes principales empleados como adición.

Tipos	Denominación	Designación	Composición (proporción en masa ¹⁾)											Componentes, minoritarios			
			Componentes principales														
			Clinker K	Escoria de horno alto S	Humo de sílice D ²⁾	Puzolana		Cenizas volantes		Esquistos calcinados T	Caliza ⁴⁾						
			Natural P	Natural calcinada Q	Silíceas V	Calciúreas W		L	LL								
CEM I	Cemento pórtland	CEM I	95-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5	
	Cemento pórtland con escoria	CEM III/A-S	80-94	6-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEM III/B-S	65-79	21-35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
	Cemento pórtland con humo de sílice	CEM III/A-D	90-94	-	6-10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEM III/A-P	80-94	-	-	6-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
	Cemento pórtland con puzolana	CEM III/B-P	65-79	-	-	21-35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEM III/A-Q	80-94	-	-	6-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEM III/B-Q	65-79	-	-	-	21-35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEM III/A-V	80-94	-	-	-	6-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
	CEM II	Cemento pórtland con ceniza volante	CEM II/B-V	65-79	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CEM III/A-W			80-94	-	-	-	-	-	6-20	-	-	-	-	-	-	-	0-5
CEM II/B-W			65-79	-	-	-	-	-	21-35	-	-	-	-	-	-	-	0-5
CEM III/A-T			80-94	-	-	-	-	-	-	-	6-20	-	-	-	-	-	0-5
Cemento pórtland con esquistos calcinados	Cemento pórtland con ceniza	CEM III/B-T	65-79	-	-	-	-	-	-	-	-	21-35	-	-	-	0-5	
		CEM III/A-L	80-94	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6-20	-	-	0-5	
	CEM III/B-L	65-79	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21-35	-	-	0-5	
	CEM III/A-LL	80-94	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6-20	-	0-5	
	CEM III/B-LL	65-79	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21-35	0-5	
	CEM III/A-M	80-94	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5	
CEM III	Cemento con escorias de horno alto	CEM III/B-M	65-79	-	-	-	-	-	-	-	-	21-35	-	-	-	0-5	
		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/A	65-89	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5	
		CEM IV/B	45-64	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5	
CEM V	Cemento compuesto ³⁾	CEM V/A	40-64	18-30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5	
		CEM V/B	20-38	31-50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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 pórtland mixtos CEM III/A-M y CEM III/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 diferentes del clinker deben ser declarados en la designación del cemento (véase el apartado A1.1.2.).

4) El contenido de carbono orgánico total (TOC), determinado conforme al UNE EN 13639, será inferior al 0,20% en masa para calizas LL, o inferior al 0,50% en masa para calizas L.

Ejemplo 3. EN 197-1 CEM II/A-M (S-V-L) 32,5 R

Cemento pórtland mixto con escoria granulada de horno alto (S), ceniza volante silíceas (V) y caliza (L), tipo A (contenido 6-20%), clase resistente 32,5 y alta resistencia inicial.

- Los **cementos con escorias de horno alto**, los **cementos puzolánicos** y los **cementos compuestos** se designarán con las siglas **CEM III**, **CEM IV** y **CEM V**, respectivamente, seguidas de una barra (/) y de la letra que indica el subtipo (A; B o C). En el caso de cementos puzolánicos tipo IV o cementos compuestos tipo V, se indicarán, además, las letras identificativas de los componentes principales empleados como adición.

A continuación se indicará la clase de resistencia (32,5 – 42,5 – 52,5), y seguidamente la letra (R) si es de alta resistencia inicial o la letra (N) en el caso de ser de resistencia inicial normal. En estos cementos, la designación comenzará con la referencia a la norma EN 197-1

Ejemplo 4. EN 197-1 CEM III/B 32,5 N

Cemento con escoria de horno alto, tipo C (contenido en escoria granulada de horno alto entre 66-80%), clase resistente 32,5 y resistencia inicial normal.

- En el caso del **cemento común con bajo calor de hidratación**, se debe añadir las letras (**LH**) al final de la designación correspondiente a un cemento común.

Ejemplo 5. EN 197-1 CEM II/A-L 32,5 N-LH

Cemento pórtland con caliza de bajo calor de hidratación, tipo A (contenido en caliza entre 6-20%), clase resistente 32,5 y resistencia inicial normal.

Tabla A1.1.3 Prescripciones mecánicas y físicas de los cementos comunes, incluidos los de bajo calor de hidratación

Clase de resistencia ¹⁾	Resistencia a compresión UNE-EN 196-1 ²⁾				Tiempo de fraguado UNE-EN196-3		Estabilidad de volumen según UNE-EN 196-3	Calor de hidratación ³⁾	
	Resistencia inicial (N/mm ²)		Resistencia nominal (N/mm ²)		Inicio (min)	Final (h)	Expansión (mm)	UNE-EN 196-9 (J/g)	UNE-EN 196-8 (J/g)
	2 días	7 días	28 días					41 horas	7días
32,5N	-	≥ 16,0	≥ 32,5	≤ 52,5	≥ 75	≤ 12	≤ 10	≤ 270	
32,5R	≥ 10,0	-							
42,5N	≥ 10,0	-	≥ 42,5	≤ 62,5	≥ 60				
42,5R	≥ 20,0	-							
52,5N	≥ 20,0	-	≥ 52,5	-	≥ 45				
52,5R	≥ 30,0	-							

¹⁾ R = Alta resistencia inicial
N = Resistencia inicial normal

²⁾ 1 N/mm² = 1 MPa

³⁾ Solo para los comunes de bajo calor de hidratación

4.1.2. Cementos de escorias de horno alto de baja resistencia inicial (CEM III/...L)

Tabla A1.2.1 Cementos de escorias de horno alto de baja resistencia inicial

Tipo	Denominación	Designación	Composición (% en masa) ^{1),2)}		
			Componentes principales		Componentes minoritarios
			Clinker	Escoria de horno alto	
			K	S	
CEM III	Cementos de escorias 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

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

²⁾ Los requisitos para la composición se refieren a la suma de todos los componentes principales y minoritarios. El cemento final es la suma de los componentes principales y minoritarios más el sulfato de calcio y cualquier aditivo.

Tabla A1.2.3 Prescripciones mecánicas y físicas de los cementos de escorias de horno alto de baja resistencia inicial

Clases de resistencia	Resistencia a compresión Norma UNE-EN 196-1 (N/mm ²)				Tiempo de fraguado (Inicio) Norma UNE-EN 196-3 (min)	Estabilidad de volumen (expansión) Norma UNE-EN 196-3 (mm)	Calor de hidratación ¹⁾ (J/g) UNE-EN 196-8 a 7 días ó UNE-EN 196-9 a 41 h.
	Resistencia inicial		Resistencia nominal				
	2 días	7 días	28 días				
32,5 L	-	≥12,0	≥32,5	≤52,5	≥75	≤10	≤270
42,5 L	-	≥16,0	≥42,5	≤62,5	≥60		
52,5 L	≥10,0	-	≥52,5	-	≥45		

¹⁾ Sólo exigible cuando el cemento sea de bajo calor de hidratación (LH).

- Los **cementos de escorias de horno alto de baja resistencia inicial** se identificarán por el tipo y subtipo de cemento. A continuación se indicará la clase de resistencia (32,5, 42,5 y 52,5). Además se debe añadir la letra (L) con el fin de indicar la baja resistencia inicial. En estos cementos, la designación comenzará con la referencia a la norma EN 197-4.

Ejemplo 1. EN 197-4 CEM III/B 32,5 L

Cemento con escoria de horno alto, tipo B (contenido en escoria granulada de horno alto entre 66-80%), clase resistente 32,5 y baja resistencia inicial.

- En el caso de que además sea de **bajo calor de hidratación** se deberá añadir al final las letras **LH**.

Ejemplo 2. EN 197-4 CEM III/B 32,5 L-LH

Cemento con escoria de horno alto, tipo B (contenido en escoria granulada de horno alto entre 66-80%), clase resistente 32,5, baja resistencia inicial y bajo calor de hidratación.

4.1.3. Cementos especiales de muy bajo calor de hidratación (VLH)

Tabla A1.3.1 Cementos especiales de muy bajo calor de hidratación

Tipos	Denominación	Designación	Composición (proporción en masa) ¹⁾							Componentes minoritarios
			Componentes principales					Cenizas volantes		
			Clínker K	Escorias de horno alto S	Humo de sílice D ²⁾	Puzolana		Silíceas V	Cálcicas W	
			Natural P	Natural Calcinada Q						
VLH III	Cemento de escorias de horno alto	VLH III/B	20-34	66-80	-	-	-	-	-	0-5
		VLH III/C	5-19	81-95	-	-	-	-	-	0-5
VLH IV	Cemento puzolánico ³⁾	VLH IV/A	65-89	-	<-----11-35----->				0-5	
		VLH IV/B	45-64	-	<-----36-55----->				0-5	
VLH V	Cemento compuesto ³⁾	VLH V/A	40-64	18-30	-	<-----18-30----->		-	0-5	
		VLH V/B	20-38	31-50	-	<-----31-50----->		-	0-5	

¹⁾ Los valores de la tabla se refieren a la suma de los componentes principales y minoritarios. Los requisitos para la composición se refieren a la suma de todos los componentes principales y minoritarios. El cemento final es la suma de los componentes principales y minoritarios más el sulfato de calcio y cualquier aditivo.

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

³⁾ En los cementos puzolánicos VLH IV/A y VLH IV/B y en cementos compuestos VLH V/A y VLH V/B los componentes principales diferentes del clínker deben ser declarados en la designación del cemento.

Los cementos especiales de muy bajo calor de hidratación se identificarán por el tipo de cemento (tabla A1.3.1) y por las cifras 22,5, que indican la resistencia nominal. En estos cementos la designación comenzará con la referencia a la norma UNE-EN 14216.

Ejemplo: UNE-EN 14216 VLH IV/B (P) 22,5

Cemento especial puzolánico de muy bajo calor de hidratación, tipo B (contenido en puzolana natural entre 36-55%) y de clase resistente 22,5.

4.1.4. Cementos de aluminato de calcio (CAC)

El cemento de aluminato de calcio está compuesto únicamente por clínker de cemento de aluminato de calcio, obtenido a partir de una mezcla definida de materiales aluminosos y calcáreos sometida a tratamiento térmico adecuado.

El cemento de aluminato de calcio se identificará por las letras CAC. La designación comenzará con la referencia a la norma UNE-EN 14647. No se hace referencia a la clase resistente.

Ejemplo: UNE-EN 14647 CAC

Cemento de aluminato de calcio.

El cemento de aluminato de calcio desarrolla resistencia a mucha mayor velocidad que el cemento pòrtland, alcanzando en pocas horas valores similares a los del cemento pòrtland a los 28 días. Con el tiempo las resistencias suelen disminuir al tener lugar el proceso de conversión de los aluminatos de calcio

hidratados, desde su estructura hexagonal a primeras edades a una estructura cúbica, termodinámicamente estable. Este proceso es muy dependiente de la relación agua/cemento y de la temperatura durante las primeras 24 horas después de la puesta en obra.

Tabla A1.4.3 Prescripciones mecánicas y físicas del cemento de aluminato de calcio

Resistencia a compresión Normas UNE-EN 196-1 y UNE-EN 14647 (aptdo. 7.1) (N/mm ²)		Tiempo de fraguado (Inicio) Normas UNE-EN 196-3 y UNE-EN 14647 (aptdo. 7.2 (min)
A 6 horas	A 24 horas	
≥ 18,0	≥ 40,0	≥ 90

Tabla A1.4.4 Prescripciones químicas del cemento de aluminato de calcio

Propiedad	Ensayo de referencia	Exigencia ¹⁾
Contenido de alúmina (como Al ₂ O ₃)	UNE-EN 196-2	35 % ≤ Al ₂ O ₃ ≤ 58%
Contenido de sulfuro (como S ²⁻)		≤ 0,10 %
Contenido del ion cloruro		≤ 0,10 %
Contenido de álcalis ²⁾		≤ 0,4 %
Contenido del ion sulfato (como SO ₃)		≤ 0,5 %

¹⁾ Las exigencias se dan en porcentajes en masa de cemento final.

²⁾ Expresado como Na₂O equivalente (Na₂O + 0,658 K₂O).

4.1.5. Cementos de albañilería (MC)

Los cementos de albañilería están compuestos por clínker de cemento pórtland, componentes inorgánicos y, cuando sea necesario, aditivos tal y como se recoge en la tabla A1.5.1. El sulfato de calcio se añade en pequeñas cantidades a los otros componentes del cemento de albañilería durante su fabricación para controlar el fraguado.

Tabla A1.5.1 Composición de los cementos de albañilería

Tipo y clase de resistencia	Contenido (% en masa)	
	Clínker de cemento pórtland	Aditivos ^{1) y 2)}
MC 5	≥ 25	≤ 1
MC 12,5 MC 12,5 X ³⁾ MC 22,5 X ³⁾	≥ 40	≤ 1

¹⁾ Excluidos los pigmentos.

²⁾ La cantidad de aditivos orgánicos sobre una base seca no debe exceder el 0,5 % de la masa del cemento de albañilería.

³⁾ El término X designa un cemento de albañilería al cual no se ha incorporado un aditivo inclusor de aire

Los componentes inorgánicos de los cementos de albañilería deben ser materiales seleccionados a partir de:

- Materiales minerales naturales.

- Materiales minerales empleados en el proceso de fabricación del clínker, o productos resultantes de dicho proceso.
- Cales hidratadas y/o hidráulicas para la construcción de acuerdo con la norma UNE-EN 459-1.
- Componentes especificados en la norma UNE-EN 197-1.
- Pigmentos inorgánicos (excepto aquellos que contengan negro de humo) de acuerdo con la norma UNE-EN 12878.

Los cementos de albañilería se identificarán empleando las letras MC, seguidas de la clase de resistencia (5, 12,5 y 22,5) y, cuando se aplique, la letra X, que indica que no se ha añadido un aditivo inclusor de aire. La designación comenzará con la referencia a la norma UNE-EN 413-1.

Ejemplo: UNE-EN 413-1 MC 12,5 X

Cemento de albañilería, de clase resistente 12,5 y sin aditivo inclusor de aire.

Tabla A1.5.3a Prescripciones mecánicas y físicas de los cementos de albañilería

Tipo y clase de resistencia	Resistencia a compresión (N/mm ²) UNE-EN 196-1 ¹⁾		Tiempo de fraguado UNE-EN 413-2		Finura sobre Tamiz de 90 μ m UNE 80122	Estabilidad de Volumen UNE-EN 196-3
	7 días	28 días	Inicio (min)	Final ²⁾ (horas)	Residuo (%)	Expansión (mm)
MC 5	-	$\geq 5,0$ ≤ 15	≥ 60	≤ 15	≤ 15	≤ 10
MC 12,5	≥ 7	$\geq 12,5$ $\leq 32,5$				
MC 12,5 X	≥ 7	$\geq 12,5$ $\leq 32,5$				
MC 22,5 X	≥ 10	$\geq 22,5$ $\leq 42,5$				

¹⁾ El ensayo deberá ser realizado según la norma-UNE-EN 196-1. Si a la edad de 24 horas las probetas no muestran resistencia suficiente, podrán ser retiradas de los moldes transcurridas 48 horas. La velocidad de carga para la rotura de las probetas de los cementos de clase resistente 5 será de 400 ± 40 N/s. Podrá emplearse como equipo de compactación alternativo el de la norma UNE-EN 459-2.

²⁾ Si el tiempo de principio de fraguado del cemento de albañilería es menor de 6 horas, no se prescribe ningún requisito para el final de fraguado.

4.2. Cementos sujetos al Real Decreto 1313/1988

4.2.1. Cementos resistentes a los sulfatos (/SR)

Los cementos resistentes a los sulfatos 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). En estos cementos, la designación finalizará con la referencia a la norma UNE correspondiente (UNE 80303-1 y UNE 80303-1/1M).

Ejemplo 1: I 42,5 R/SR UNE 80303-1

Cemento pórtland resistente a los sulfatos, de clase resistente 42,5 y con alta resistencia inicial.

Tabla A2.1.1 Prescripciones adicionales para los cementos resistentes a los sulfatos

Tipos	Denominaciones		Designaciones	Especificaciones del clinker de los cementos resistentes a los sulfatos (SR)	
				C ₃ A%	C ₃ A% + C ₄ AF%
I	Cementos p�rtland resistentes a sulfatos		I	≤ 5,0	≤ 22,0
II	Cementos p�rtland con adiciones, resistentes a sulfatos	Con escoria de horno alto (S)	II/A-S	≤ 6,0	≤ 22,0
II			II/B-S		
II		Con humo de sílice (D)	II/A-D		
II		Con Puzolana Natural (P)	II/A-P		
II			II/B-P		
II		Con ceniza volante (V)	II/A-V		
II			II/B-V		
III		Cementos con adiciones, resistentes a sulfatos	Con escoria de horno alto (S)		
III	III/B			Ninguna	
III	III/C			Ninguna	
IV	Cementos Puzolánicos (D+P+V)		IV/A	≤ 6,0	≤ 22,0
IV			IV/B	≤ 8,0	≤ 25,0
V	Cementos compuestos (S+P+V)		V/A	≤ 8,0	≤ 25,0

Las prescripciones sobre C₃A y (C₃A + C₄AF) se refieren a porcentajes en masa de clinker. Los contenidos de C₃A y C₄AF se determinarán por cálculo, según la norma UNE 80304, a partir de los ensayos realizados sobre el clinker según la norma UNE-EN 196-2

En el caso de un **cemento** que, además de poseer la característica **SR**, también sea de **bajo calor de hidratación (LH)**, se incluirán unas siglas a continuación de las otras, expresadas en este orden: primero LH, seguido por una barra (/) y después SR.

Ejemplo 2: I 42,5 N-LH/SR UNE 80303-1

Cemento p rtland resistente a los sulfatos y de bajo calor de hidratación, de clase resistente 42,5 y con resistencia inicial normal.

4.2.2. Cementos resistentes al agua de mar (/MR)

Los cementos resistentes a los sulfatos 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 (MR). En estos cementos, la designación finalizar  con la referencia a la norma UNE correspondiente (UNE 80303-2 y UNE 80303-2/1M).

Ejemplo 1: III/B 32,5 R/MR UNE 80303-2

Cemento con escorias de horno alto resistente al agua de mar, subtipo B, de clase resistente 32,5 y con alta resistencia inicial.

En el caso de un **cemento** que, además de poseer la característica **MR**, también sea de **bajo calor de hidratación (LH)**, se incluirán unas siglas a continuación de las otras, expresadas en este orden: primero LH, seguido por una barra (/) y después MR.

Ejemplo 2: III/B 32,5 N-LH/MR UNE 80303-2

Cemento con escorias de horno alto resistente al agua de mar, de bajo calor de hidratación, subtipo B, de clase resistente 32,5 y con resistencia inicial normal.

Tabla 2.2.1 Prescripciones adicionales para los cementos resistentes al agua de mar

Tipos	Denominaciones		Designaciones	Especificaciones del clinker de los cementos resistentes a agua de mar (MR)	
				C ₂ A%	C ₂ A% + C ₂ AF%
I	Cementos p�rtland resistentes a agua de mar		I	≤ 5,0	≤ 22,0
II	Cementos p�rtland con adiciones, resistentes a agua de mar	Con escoria de horno alto (S)	II/A-S	≤ 8,0	≤ 25,0
II			II/B-S		
II		Con humo de silice (D)	II/A-D		
II		Con Puzolana Natural (P)	II/A-P		
II			II/B-P		
II		Con ceniza volante (V)	II/A-V		
II			II/B-V		
III	Cementos con adiciones, resistentes a agua de mar	Con escoria de horno alto (S)	III/A	≤ 10,0	≤ 25,0
III			III/B	Ninguna	
III			III/C	Ninguna	
IV	Cementos Puzolánicos (D+P+V)		IV/A	≤ 8,0	≤ 25,0
IV			IV/B	≤ 10,0	≤ 25,0
V	Cementos compuestos (S+P+V)	V/A			

Las prescripciones sobre C₂A y (C₂A + C₂AF) se refieren a porcentajes en masa de clinker. Los contenidos de C₂A y C₂AF se determinarán por cálculo, según la norma UNE 80304, a partir de los ensayos realizados sobre el clinker según la norma-EN 196-2

4.2.3. Cementos blancos (BL)

- Cementos comunes blancos

Los tipos, subtipos, denominaciones y composición corresponden a los sealados para los cementos comunes CEM.

La designación de los cementos comunes blancos es la misma que la de los cementos homólogos correspondientes de UNE-EN 197-1, sustituyendo el prefijo CEM por el prefijo BL. A continuación se incluye la referencia a UNE 80305.

Ejemplo: BL I 42,5 R UNE 80305

Cemento p rtland blanco, de clase resistente 42,5 y alta resistencia inicial.

- Cementos de albañilería blancos

El cemento de albañilería blanco tendrá la clase de resistencia 22,5 X, y sus constituyentes serán conformes a lo indicado en el apartado 4.1.5.

Se designará con las siglas BL seguidas del tipo y clase de resistencia 22,5, de la letra X y de la referencia UNE 80305.

Ejemplo: BL 22,5 X UNE 80305

Cemento de albañilería (tipo MC) blanco, de clase resistente 22,5 y sin agente inclusor de aire.

Tabla A2.3.1.2 Composición del cemento de albañilería blanco

Tipo y clase de resistencia	Contenido (% en masa)	
	Clínker pòrtland	Aditivos ¹⁾
BL 22,5 X	≥ 40	≤ 1 ^{1) 2)}

¹⁾ Excluidos los pigmentos.

²⁾ El contenido de material orgánico no deberá superar el 0,5% expresado en masa de producto desecado.

Tabla A2.3.3.2a Prescripciones mecánicas y físicas del cemento de albañilería blanco

Tipo y clase de resistencia	Resistencia a compresión (N/mm ²) UNE-EN 196-1 ¹⁾		Tiempo de fraguado UNE-EN 196-3		Finura sobre tamiz de 90 µm UNE 80122	Estabilidad de volumen UNE-EN 196-3
	7 días	28 días	Inicio (min)	Final ²⁾ (horas)	Residuo (%)	Expansión (mm)
BL 22,5 X	≥ 10	≥ 22,5 ≤ 42,5	≥ 60	≤ 15	≤ 15	≤ 10

¹⁾ El ensayo deberá ser realizado según la norma-EN 196-1. Si a la edad de 24 horas las probetas no presentan resistencia suficiente, podrán ser retiradas de los moldes transcurridas 48 horas. Podrá emplearse como equipo de compactación alternativo el descrito en la norma UNE-EN 459-2.

²⁾ Si el tiempo de principio de fraguado del cemento de albañilería blanco es menor de 6 horas, no se prescribe ningún requisito para final de fraguado.

4.2.4. Cementos para usos especiales (ESP)

Tabla A2.4.3 Prescripciones mecánicas y físicas de los cementos para usos especiales

Clases de resistencia	Resistencia a compresión N/mm ² UNE-EN 196-1		Principio de tiempo de fraguado UNE-EN 196-3	Estabilidad de Volumen UNE-EN 196-3
	28 días	90 días	min	Expansión (mm)
22,5 N	≥ 12,5	≤ 32,5	≥ 22,5	≤ 10
32,5 N	≥ 22,5	≤ 42,5	≥ 32,5	
42,5 N	≥ 32,5	≤ 52,5	≥ 42,5	

En el caso de cementos para usos especiales, se indicará la designación correspondiente al tipo (ESP VI-I), seguida de la relativa a la clase de resistencia (22,5N – 32,5N – 42,5N) y de la referencia a UNE 80307.

Ejemplo: ESP VI-I 32,5N UNE 80303-2

Cemento para usos especiales, de clase resistente 32,5 y con resistencia inicial normal.

5. Recomendaciones de uso

Son recomendaciones proporcionadas por el RC-08, dirigidas fundamentalmente a los Projectistas y Directores facultativos, con el fin de facilitar la selección de los cementos a utilizar.

Se refieren a consideraciones relativas a los tipos y a las clases resistentes, así como a la aptitud de los cementos frente a los diferentes ambientes agresivos que más incidencia pueden tener en los diferentes tipos de utilizaciones.

5.1. Cementos recomendados para aplicaciones genéricas de tipo estructural

Tabla A8.2.1

Aplicación	Cementos recomendados
Hormigón en masa	Todos los cementos comunes, excepto los tipos CEM II/A-Q, CEM II/B-Q, CEM II/A-W, CEM II/B-W, CEM II/A-T, CEM II/B-T y CEM III/C Cementos para usos especiales ESP VI-1 (*)
Hormigón armado	Todos los cementos comunes excepto los tipos CEM II/A-Q, CEM II/B-Q, CEM II/A-W, CEM II/B-W, CEM II/A-T, CEM II/B-T, CEM III/C, CEM V/B
Hormigón pretensado incluidos los prefabricados estructurales	Cementos comunes (**) de los tipos CEM I, CEM II/A-D, CEM II/A-V, CEM II/A-P y CEM II/A-M (V-P) (***)
Elementos estructurales prefabricados de hormigón armado	Resultan muy adecuados los cementos comunes (**) de los tipos CEM I, CEM II/A y adecuado el cemento común tipo CEM IV/A cuando así se deduzca de un estudio experimental específico.
Hormigón en masa y armado en grandes volúmenes	Resultan muy adecuados los cementos comunes CEM III/B y CEM IV/B y adecuados los cementos comunes tipo CEM II/B, CEM III/A, CEM IV/A y CEM V/A, Cementos para usos especiales ESP VI-1 (*) Es muy recomendable la característica adicional de bajo calor de hidratación (LH) y de muy bajo calor de hidratación (VLH), según los casos
Hormigón de alta resistencia	Muy adecuados los cementos comunes tipo CEM I y adecuados los cementos comunes tipo CEM II/A-D y CEM II/A 42,5 R. El resto de cementos comunes tipo CEM II/A pueden resultar adecuados cuando así se deduzca de un estudio experimental específico.
Hormigones para reparaciones rápidas de urgencia	Los cementos comunes tipo CEM I, CEM II/A-D, y el cemento de aluminato de calcio (CAC),
Hormigones para desencofrado y descimbrado rápido	Los cementos comunes (**) tipo CEM I, y CEM II,
Hormigón proyectado	Los cementos comunes tipo CEM I, y CEM II/A
Hormigones con áridos potencialmente reactivos (****)	Resultan muy adecuados los cementos comunes tipo CEM III, CEM IV, CEM V, CEM II/A-D, CEM II/B-S y CEM II/B-V, y adecuados los cementos comunes tipo CEM II/B-P y CEM II/B-M

(*) En el caso de grandes volúmenes de hormigón en masa.

(**) Dentro de los indicados son preferibles los de alta resistencia inicial.

(***) La inclusión de los cementos CEM II/A-V, CEM II/A-P y CEM II/A-M (V-P) como utilizables para la aplicación de hormigón pretensado, es coherente con la posibilidad, contemplada en la EHE, de utilización de adición al hormigón pretensado de cenizas volantes en una cantidad no mayor del 20 % del peso de cemento.

(****) Para esta aplicación son recomendables los cementos con bajo contenido en alcalinos o aquellos citados en la tabla.

5.2. Cementos recomendados para cimentaciones

Tabla A8.2.2.1

Aplicación	Cementos recomendados
Cimentaciones de hormigón en masa	Muy adecuados los cementos comunes tipo CEM IV/B, siendo adecuados el resto de cementos comunes, excepto los CEM II/A-Q, CEM II/B-Q, CEM II/A-W, CEM II/B-W, CEM II/A-T y CEM II/B-T. En todos los casos es recomendable la característica adicional de bajo calor de hidratación (LH). Es necesario cumplir las prescripciones relativas al empleo de la característica adicional de resistencia a sulfatos (SR) o al agua de mar (MR) cuando corresponda
Cimentaciones de hormigón armado	Muy adecuados los cementos comunes tipo CEM I y CEM II/A, siendo adecuados el resto de cementos comunes a excepción de los CEM III/B, CEM IV/B CEM II/A-Q, CEM II/B-Q, CEM II/A-W, CEM II/B-W, CEM II/A-T y CEM II/B-T. Es necesario cumplir las prescripciones relativas al empleo de la característica adicional de resistencia a sulfatos (SR) o al agua de mar (MR) cuando corresponda

5.3. Cementos recomendados para obras portuarias y marítimas

Tabla A8.2.2.2

Aplicación	Tipo de hormigón	Cementos recomendados
Obras portuarias y marítimas	En masa	Cementos comunes, excepto los tipos CEM III/C, CEM II/A-Q, CEM II/B-Q, CEM II/A-W, CEM II/B-W, CEM II/A-T, CEM II/B-T,
	Armado	Cementos comunes, excepto los tipos CEM II/A-Q, CEM II/B-Q, CEM II/A-W, CEM II/B-W, CEM II/A-T, CEM II/B-T, CEM III/C y CEM V/B
	Pretensado	Cementos comunes(*) de los tipos CEM I, CEM II/A-D, CEM II/A-P, CEM II/A-V y CEM II/A-M(V-P)

(*) Dentro de los indicados son preferibles los de alta resistencia inicial.

5.4. Cementos recomendados para presas

Tabla A8.2.2.3

Aplicación	Cementos recomendados
Presas de hormigón vibrado	Cementos comunes de los tipos CEM II/A, CEM III/A, CEM III/B y CEM IV/A
Presas de hormigón compactado	Cementos comunes de los tipos CEM III, CEM IV y CEM V; Cementos para usos especiales ESP VI-1; Cementos especiales de muy bajo calor de hidratación VLH III, VLH IV y VLH V; y Cementos de escoria de horno alto de baja resistencia inicial L

5.5. Cementos recomendados para obras hidráulicas distintas de las presas

Tabla A8.2.2.4

Aplicación	Tipo de hormigón	Cementos recomendados
Tubos de hormigón, canales y otras aplicaciones hidráulicas	En masa	Cementos comunes excepto los tipos CEM II/A-Q, CEM II/B-Q, CEM II/A-W, CEM II/B-W, CEM II/A-T, CEM II/B-T, CEM III/C
	Armado	Cementos comunes excepto los tipos CEM II/A-Q, CEM II/B-Q, CEM II/A-W, CEM II/B-W, CEM II/A-T, CEM II/B-T, CEM III/C, y CEM V/B
	Pretensado	Cementos comunes de los tipos CEM I, CEM II/A-D, CEM II/A-V, CEM II/A-P y CEM II/A-M (V-P)

5.6. Cementos recomendados en determinadas circunstancias de hormigonado

Tabla A8.2.3

Circunstancias de hormigonado	Cementos recomendados
Hormigonado en tiempo frío (*) (**)	Los cementos comunes tipo CEM I ,CEM II/A y CEM IV/A
Hormigonado en ambientes secos y sometidos al viento y, en general, en condiciones que favorecen la desecación del hormigón (**)	Cementos comunes tipo CEM I y CEM II/A
Insolación fuerte u hormigonado en tiempo caluroso (**)	Los cementos comunes tipo CEM II, CEM III/A, CEM IV/A y CEM V/A,

(*) En estas circunstancias, no conviene emplear la característica adicional de bajo calor de hidratación (LH)

(**) En estas circunstancias, resulta determinante tomar, durante el proceso de ejecución o puesta en obra, las medidas adecuadas especificadas en la reglamentación correspondiente y, en su caso, en la Instrucción de Hormigón Estructural EHE.

5.7. Cementos recomendados según las diferentes clases de exposición

Tabla A8.2.4

Clase de exposición	Tipo de proceso (Agresividad debida a)	Cementos recomendados
I	Ninguno	Todos los recomendados según la aplicación prevista
II	Corrosión de las armaduras de origen diferente de los cloruros	CEM I, cualquier CEM II (preferentemente CEM II/A), CEM III/A, CEM IV/A.
III (*)	Corrosión de las armaduras por cloruros de origen marino	Muy adecuados los cementos CEM II/S, CEM II/V (preferentemente los CEM II/B-V), CEM II/P (preferentemente los CEM II/B-P), CEM II/A-D, CEM III, CEM IV (preferentemente los CEM IV/A) y CEM V/A
IV	Corrosión de las armaduras por cloruros de origen no marino	Preferentemente, los CEM I y CEM II/A y, además, los mismos que para la clase de exposición III.
Q (**)	Ataque al hormigón por sulfatos	Los mismos que para la exposición III
Q	Lixiviación del hormigón por aguas puras, ácidas, o con CO ₂ agresivo	Los cementos comunes de los tipos CEM II/P, CEM II/V, CEM II/A-D, CEM II/S, CEM III, CEM IV y CEM V
Q	Reactividad álcali-árido	Cementos de bajo contenido en alcalinos (***) (óxidos de sodio y de potasio) en los que $(Na_2O)_{eq} = Na_2O (\%) + 0,658 K_2O (\%) < 0,60$

(*) En esta clase de exposición es necesario cumplir las prescripciones relativas al empleo de la característica adicional de resistencia al agua de mar (MR), tal y como establece la Instrucción de Hormigón Estructural EHE.

(**) En esta clase de exposición es necesario cumplir las prescripciones relativas al empleo de la característica adicional de resistencia a los sulfatos (SR), en el caso de que la clase específica Qb o Qc, tal y como establece la Instrucción de Hormigón Estructural EHE. En los casos en que el elemento esté en contacto con agua de mar será necesario cumplir las prescripciones relativas al empleo de la característica adicional de resistencia al agua de mar (MR).

(***) También son recomendables los cementos citados en la tabla A8.2.1 para hormigones con áridos potencialmente reactivos (que necesitarían cementos con bajo contenido en alcalinos).

5.8. Cementos recomendados para hormigones a emplear en firmes de carretera, de puertos y de aeropuertos

Tabla A8.3

Aplicación	Cementos recomendados
Pavimentos de hormigón vibrado	Cementos comunes, excepto los tipos CEM II/A-Q, CEM II/B-Q, CEM II/A-W, CEM II/B-W, CEM II/A-T, CEM II/B-T, CEM III/B CEMIII-C y CEM V/B
Suelocemento y gravacemento y hormigón compactado	Cementos comunes de los tipos CEM II/B, CEM III, CEM IV y CEM V; Cemento para usos especiales ESP VI-1; y Cementos de escoria de horno alto de baja resistencia inicial (L)
Estabilización de suelos (*)	Cementos para usos especiales ESP VI-1; y los cementos comunes tipo CEM II/B, CEM III, CEM IV/A, CEM IV/B y CEM V,

(*) Cuando la agresividad del suelo, debido a la presencia de sulfatos, lo requiera, es necesario utilizar cementos con la característica adicional de resistencia a sulfatos (SR).

5.9. Cementos recomendados para hormigones a emplear en aplicaciones de tipo no estructural

Tabla A8.4

Aplicación	Cementos recomendados
Prefabricados no estructurales	Cementos comunes, excepto CEM II/A-Q, CEM II/B-Q, CEM II/A-W, CEM II/B-W, CEM II/A-T, CEM II/B-T y CEM III/C
Solado de pavimentos	Los cementos comunes, a excepción de los cementos CEM I, CEM II/A-D, CEM III/B, CEM II/A-Q, CEM II/B-Q, CEM II/A-W, CEM II/B-W y CEM II/A-T
Hormigones de limpieza y relleno de zanjas	Cementos comunes
Otras aplicaciones de tipo no estructural ejecutadas en obra	Cemento para usos especiales ESP VI-1; Cementos comunes, excepto CEM II/A-Q, CEM II/B-Q, CEM II/A-W, CEM II/B-W, CEM II/A-T, CEM II/B-T y CEM III/C,

5.10. Cementos recomendados para morteros de albañilería

Tabla A8.5

Aplicación	Cementos recomendados
Morteros de albañilería	Cemento de albañilería Cementos comunes, excepto los tipos CEM I y CEM II/A