

ANEJO I

CEMENTOS SUJETOS AL MARCADO CE. COMPOSICIÓN, DESIGNACIÓN, PRESCRIPCIONES Y NORMAS DE REFERENCIA

AI.1 Composición, designación, prescripciones y durabilidad de los cementos comunes de la norma UNE-EN 197-1

Se consideran cementos comunes sujetos al marcado CE, los definidos en la norma UNE-EN 197-1. Incluye 27 cementos comunes, 7 cementos comunes resistentes a los sulfatos, así como 3 cementos de horno alto de baja resistencia inicial de los que 2 de ellos son resistentes a los sulfatos.

AI.1.1 Composición

Las proporciones en masa de los componentes de los cementos comunes se especifican en las tablas AI.1.1a y AI.1.1b, según su clasificación por tipo, denominación y designación.

Los requisitos para la composición se refieren a la suma de todos los componentes principales y minoritarios adicionales. Se sobreentiende que el cemento final es la suma de los componentes principales y minoritarios adicionales más el sulfato de calcio necesario y cualquier aditivo.

AI.1.2 Designación

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

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 guion (-) 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 silíceas;

W: ceniza volante calcárea;

T: esquistos calcinados;

L: caliza con un contenido en carbono orgánico total menor o igual a 0,5% en masa;

LL: caliza con un contenido en carbono orgánico total menor o igual a 0,2% en masa;

(Véase ejemplo 2).

En el caso de que se utilice una combinación de los componentes anteriores se designará con la letra M, indicando además entre paréntesis las letras identificativas de los componentes principales empleados como adición. A continuación se indicará la clase de resistencia (32,5 - 42,5 - 52,5), se añadirá un espacio en blanco y la letra R si es de alta resistencia inicial o la letra N si es de resistencia inicial normal. En estos cementos, la designación comenzará con la referencia a la norma EN 197-1 seguida de un guion (véase ejemplo 3).

Los cementos 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 su caso. Cuando se trate de cementos puzolánicos tipo IV o cementos compuestos tipo V, se indicará, además, entre paréntesis, las letras identificativas de los componentes principales empleados como adición. A continuación, se reflejará la clase de resistencia (32,5 - 42,5 - 52,5) y, seguidamente, un espacio en blanco y la letra R si se trata de un cemento de alta resistencia inicial o la letra N en el caso de ser de resistencia inicial normal y la letra L si es de baja resistencia inicial (véanse ejemplos 4 y 5). Este último caso se contempla exclusivamente para los cementos de horno alto. En estos cementos, la designación comenzará con la referencia a la norma EN 197-1 seguida de un guion.

En el caso de los cementos comunes de bajo calor de hidratación se debe añadir las letras LH precedidas por un guion al final de la designación correspondiente (véase ejemplo 5).

En el caso de los cementos comunes resistentes a los sulfatos se debe añadir las letras SR precedidas por un guion al final de la designación correspondiente (véanse ejemplos 6, 7 y 8). En el caso del CEM I, a las letras SR se añadirá un espacio en blanco y el número 0, 3 o 5, según sea su contenido de C₃A en el clínker del 0%, ≤3% o ≤5%, respectivamente (véase ejemplo 6).

En el caso de los cementos comunes resistentes a los sulfatos y que además sean de bajo calor de hidratación se debe añadir las letras LH/SR, precedidas por un guion al final de la designación correspondiente (véanse ejemplos 4 y 5).

Tabla AI.1.1a. Cementos comunes de la norma UNE-EN 197-1

Tipos	Denominación	Designación	Composición (proporción en masa) ^{(1) (5)}											
			Componentes principales										Componentes minoritarios	
			Clinker K	Escoria de horno alto S	Humo de sílice D ⁽²⁾	Puzolana		Cenizas volantes		Esquistos calcificados T	Caliza ⁽⁴⁾			
			Natural P	Natural calcificada Q	Silíceas V	calcárea s W		L	LL					
CEM I	Cemento pórtland	CEM I	95-100	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0-5
CEM II	Cemento pórtland con escoria	CEM II/A-S	80-94	6-20	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0-5
		CEM II/B-S	65-79	21-35	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0-5
	Cemento pórtland con humo de sílice	CEM II/A-D	90-94	–	6-10	–	–	–	–	–	–	–	–	0-5
		CEM II/B-D	75-89	–	21-35	–	–	–	–	–	–	–	–	0-5
	Cemento pórtland 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
	Cemento pórtland con ceniza volante	CEM II/A-V	80-94	–	–	–	–	6-20	–	–	–	–	–	0-5
		CEM II/B-V	65-79	–	–	–	–	21-35	–	–	–	–	–	0-5
		CEM II/A-W	80-94	–	–	–	–	–	6-20	–	–	–	–	0-5
		CEM II/B-W	65-79	–	–	–	–	–	21-35	–	–	–	–	0-5
	Cemento pórtland con esquistos calcificados	CEM II/A-T	80-94	–	–	–	–	–	–	6-20	–	–	–	0-5
		CEM II/B-T	65-79	–	–	–	–	–	–	21-35	–	–	–	0-5
	Cemento pórtland con caliza	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 pórtland compuesto ⁽³⁾	CEM II/A-M	80-88	12-20										0-5	
	CEM II/B-M	65-79	<----- 21-35 ----->										0-5	
CEM III	Cemento 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 ³⁾	CEM IV/A	65-89	–	<----- 11-35 ----->					–	–	–	0-5	
		CEM IV/B	45-64	–	<----- 36-55 ----->					–	–	–	0-5	
CEM V	Cemento compuesto ³⁾	CEM V/A	40-64	18-30	–	<--- 18-30 --->			–	–	–	–	0-5	
		CEM V/B	20-38	31-49	–	<----- 31-49 ----->			–	–	–	–	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 compuestos, 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 diferentes del clinker deben ser declarados en la designación del cemento (véase el apartado AI.1.2).

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

⁽⁵⁾ Los requisitos para la composición se refieren a la suma de todos los componentes principales y minoritarios adicionales. Se sobreentiende que el cemento final es la suma de los componentes principales y minoritarios adicionales más el sulfato de calcio necesario y cualquier aditivo.

Tabla AI.1.1b. Cementos comunes resistentes a los sulfatos de la norma UNE-EN 197-1

Tipos Principales	Denominación	Designación	Contenido de C ₃ A (%) ⁽⁴⁾	Composición (proporción en masa) ⁽¹⁾				
				Componentes principales				Componentes minoritarios adicionales
				Clínker K	Escoria de horno alto S	Puzolana natural P	Ceniza volante silíceas V	
CEM I	Cemento p ^ó rtland resistente a los sulfatos	CEM I-SR 0	= 0	95-100	-	-	-	0-5
		CEM I-SR 3	≤ 3					
		CEM I-SR 5	≤ 5					
CEM III ⁽³⁾	Cemento de horno alto resistente a los sulfatos	CEM III/B-SR	-	20-34	66-80	-	-	0-5
		CEM III/C-SR	-	5-19	81-95	-	-	0-5
CEM IV	Cemento puzolánico resistente a los sulfatos ⁽²⁾	CEM IV/A-SR	≤ 9	65-79	-	21-35		0-5
		CEM IV/B-SR	≤ 9	45-64	-	36-55		0-5

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

⁽²⁾ En los cementos puzolánicos resistentes a los sulfatos, los tipos CEM IV/A-SR y CEM IV/B-SR, los componentes principales además del clínker deben ser declarados en la denominación del cemento (véase apartado AI.1.2.).

⁽³⁾ En el caso de los cementos de horno alto resistentes a los sulfatos, CEM III/B-SR y CEM III/C-SR, no existe requisito relativo al contenido de C₃A en el clínker.

⁽⁴⁾ Analizado en el clínker.

A continuación se presenta una serie de ejemplos de designación de los cementos comunes.

Ejemplo 1: EN 197-1- CEM I 42,5 R: corresponde a un cemento p^órtland de clase resistente 42,5 y alta resistencia inicial.

Ejemplo 2: EN 197-1- CEM II/A-L 32,5 N: corresponde a un cemento p^órtland con un contenido entre 6% y 20% en masa de caliza (L), con un contenido de carbono orgánico total inferior a 0,5% en masa, de clase resistente 32,5 y resistencia inicial normal.

Ejemplo 3: EN 197-1- CEM II/A-M (S-V-L) 32,5 R: corresponde a un cemento p^órtland compuesto con un contenido entre 18% y 20% en masa de escoria granulada de horno alto (S), ceniza volante silíceas (V) y caliza (L), de clase resistente 32,5 y alta resistencia inicial.

Ejemplo 4: EN 197-1- CEM III/B 32,5 L: corresponde a un cemento de horno alto, con un contenido entre 66% y 80% en masa de escoria de horno alto (S), de clase de resistencia 32,5 y baja resistencia inicial.

Ejemplo 5: EN 197-1- CEM IV/A (V-S) 32,5 N-LH: corresponde a un cemento puzolánico, con un contenido entre 11% y 35% en masa de ceniza volante silíceas (V) y escoria de horno alto (S), de clase de resistencia 32,5, resistencia inicial normal y bajo calor de hidratación.

Ejemplo 6: EN 197-1- CEM I 42,5 R-SR 3: corresponde a un cemento p^órtland, de clase resistente 42,5, de elevada resistencia inicial y resistente a los sulfatos con un contenido de C₃A en el clínker menor o igual del 3%.

Ejemplo 7: EN 197-1- CEM III/B 32,5 N-LH/SR: corresponde a un cemento de horno alto, con un contenido entre 66% y 80% en masa de escoria de horno alto (S), de clase de resistencia 32,5, resistencia inicial normal, de bajo calor de hidratación y resistente a los sulfatos.

Ejemplo 8: EN 197-1- CEM IV/A (P-V) 32,5 N-SR: corresponde a un cemento puzolánico resistente a los sulfatos, con un contenido entre 21% y 35% en masa de puzolana natural (P) y ceniza volante silíceas (V), de clase de resistencia 32,5, con resistencia inicial normal y un contenido de C₃A en clínker igual o inferior al 9% en masa.

AI.1.3 Prescripciones mecánicas y físicas

Las prescripciones relativas a las características mecánicas y físicas que deben cumplir los cementos comunes según sus clases de resistencia figuran en la tabla AI.1.3.

Tabla AI.1.3 Prescripciones mecánicas y físicas de los cementos comunes de la norma UNE-EN 197-1

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

(1) Clase de resistencia definida sólo para los CEM III.

(2) 1 N/mm² = 1 MPa.

(3) Solo para cementos de bajo calor de hidratación (LH).

Al.1.4 Prescripciones químicas

Las prescripciones relativas a las características químicas que deben cumplir los cementos comunes figuran en las tablas Al.1.4a y Al.1.4b.

Tabla Al.1.4a Prescripciones químicas de los cementos comunes de la norma UNE-EN 197-1

Característica	Norma de ensayo	Tipo de cemento	Clase de resistencia	Prescripción ⁽¹⁾
Pérdida por calcinación	UNE-EN 196-2	CEM I CEM III	Todas	≤ 5,0%
Residuo insoluble	UNE-EN 196-2 ⁽²⁾	CEM I CEM III	Todas	≤ 5,0%
Contenido de sulfatos (como SO ₃)	UNE-EN 196-2	CEM I CEM II ⁽³⁾ CEM IV CEM V	32,5 N	≤ 3,5%
			32,5 R	
		42,5 N	≤ 4,0%	
		42,5 R		
52,5 N				
52,5 R				
		CEM III ⁽⁴⁾	Todas	
Contenido de cloruros (Cl ⁻)	UNE-EN 196-2	Todos ⁽⁵⁾	Todas	≤ 0,10% ⁽⁶⁾
Puzolanicidad	UNE-EN 196-5	CEM IV	Todas	Cumplimiento del ensayo

⁽⁴⁾ En el caso en que las prescripciones se expresen en porcentajes, estos se refieren a la masa del cemento final.

⁽⁵⁾ La determinación del residuo insoluble se realizará por el método basado en la disolución de la muestra en ácido clorhídrico y posterior ataque con disolución de carbonato de sodio.

⁽⁶⁾ El cemento tipo CEM II/B-T y CEM II/B-M con un contenido de T superior al 20% puede contener hasta el 4,5% de sulfatos para todas las clases de resistencia.

⁽⁷⁾ El cemento tipo CEM III/C puede contener hasta el 4,5% de sulfatos.

⁽⁸⁾ El tipo de cemento CEM III puede contener más del 0,10% de cloruros, pero en tal caso el contenido máximo debe ser consignado en los envases y en los albaranes de entrega.

⁽⁹⁾ Para aplicaciones de pretensado, el cemento puede haber sido fabricado expresamente con valores de cloruros inferiores al máximo admisible. En este caso, se debe expresar dicho valor en los envases y albaranes de entrega.

Tabla AI.1.4b Prescripciones químicas de los cementos comunes resistentes a los sulfatos de la norma UNE-EN 197-1

Característica	Norma de ensayo	Tipo de cemento	Clase de resistencia	Prescripción ⁽¹⁾
Contenido de sulfatos (como SO ₃)	UNE-EN 196-2	CEM I-SR 0 CEM I-SR 3 CEM I-SR 5 ⁽²⁾	32,5 N 32,5 R 42,5 N	≤ 3,0%
		CEM IV/A-SR CEM IV/B-SR	42,5 R 52,5 N 52,5 R	≤ 3,5%
C ₃ A en el clínker ⁽³⁾	UNE-EN 196-2 ⁽⁴⁾	CEM I-SR 0	Todas	0%
		CEM I-SR 3		≤ 3%
		CEM I-SR 5		≤ 5%
	- ⁽⁵⁾	CEM IV/A-SR CEM IV/B-SR		≤ 9%
Puzolanicidad	UNE-EN 196-5	CEM IV/A-SR CEM IV/B-SR	Todas	Cumplimiento del ensayo a los 8 días

⁽¹⁾ Los requisitos vienen dados en porcentaje en masa del cemento final o clínker tal y como se define en la tabla.

⁽²⁾ Se puede producir un CEM I-SR 5 con un contenido de sulfatos superior para algunas aplicaciones específicas. En tal caso, se debe declarar en el albarán el valor numérico mayor del contenido de sulfatos.

⁽³⁾ El método de ensayo para la determinación del contenido de C₃A en el clínker mediante un análisis del cemento final está en estudio.

⁽⁴⁾ En el caso particular del CEM I, es permisible el cálculo del contenido de C₃A en el clínker a partir del análisis químico del cemento. El contenido de C₃A se debe calcular con la fórmula: $C_3A = 2,65 A - 1,69 F$, siendo A y F los porcentajes en masa del óxido de aluminio (Al₂O₃) y del óxido de hierro (III) (Fe₂O₃) del clínker, respectivamente, determinados de acuerdo con la Norma UNE-EN 196-2.

⁽⁵⁾ Hasta la finalización del método de ensayo, el contenido de C₃A se debe determinar en base al análisis del clínker como parte del control de producción en fábrica del fabricante.

AI.1.5. Durabilidad

Para muchas aplicaciones, particularmente en condiciones ambientales severas, el tipo, subtipo y clase de resistencia del cemento pueden influir en la durabilidad de los hormigones, morteros y pastas, como por ejemplo en la resistencia a los agresivos químicos, en la resistencia al hielo-deshielo y, en su caso, en la protección de las armaduras.

Los cementos de horno alto de baja resistencia inicial podrían requerir precauciones adicionales tales como una ampliación del tiempo de retirada del encofrado y un cuidado especial con climatología adversa, todo ello debido a su lento desarrollo de resistencias.

AI.2. Composición, designación, prescripciones y durabilidad de los cementos especiales de muy bajo calor de hidratación

Se consideran cementos especiales de muy bajo calor de hidratación aquéllos definidos en la norma UNE-EN 14216.

AI.2.1 Composición

Las proporciones en masa de los componentes de los cementos especiales de muy bajo calor de hidratación se especifican en la tabla AI.2.1, según su clasificación por tipo, denominación y designación.

TABLA AI.2.1 Cementos especiales de muy bajo calor de hidratación

Tipos	Denominación	Designación	Composición (proporción en masa) ⁽¹⁾							Componentes minoritarios
			Componentes principales							
			Clínker K	Escoria de horno alto S	Humo de sílice D ⁽²⁾	Puzolana		Cenizas volantes		
Natural P	Natural calcínada Q	Silíceas V				Calcáreas W				
VLH III	Cemento 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	31-49	-	<-----31-49----->		-	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.

AI.2.2 Designación

Los cementos especiales de muy bajo calor de hidratación se designan con las siglas VLH seguidas del tipo de cemento, de acuerdo con el apartado AI.2.1, Cuando se trate de cementos puzolánicos tipo IV o cementos compuestos tipo V, se indicará además, entre paréntesis, las letras identificativas de los componentes principales empleados como adición. A continuación se indicará la clase resistente nominal 22,5. En estos cementos, la designación comenzará con la referencia a la norma UNE-EN 14216 seguida de un guion.

Ejemplo 9: EN 14216- VLH IV/B (P) 22,5: corresponde a un cemento especial puzolánico de muy bajo calor de hidratación, con un contenido entre 36% y 55% en masa de puzolana natural (P) y de clase resistente 22,5.

AI.2.3 Prescripciones mecánicas y físicas

Las prescripciones relativas a las características mecánicas y físicas que deben cumplir los cementos especiales de muy bajo calor de hidratación según su clase de resistencia figuran en la tabla AI.2.3.

Tabla AI.2.3 Prescripciones mecánicas y físicas de los cementos especiales de muy bajo calor de hidratación

Clase de resistencia	Resistencia a compresión UNE-EN 196-1 (N/mm ²)		Tiempo de principio de fraguado UNE-EN 196-3 (min)	Estabilidad de volumen UNE-EN 196-3 Expansión (mm)	Calor de hidratación (J/g)	
	Resistencia nominal 28 días				UNE-EN 196-9 a 41 horas	UNE-EN 196-8 a 7 días
22,5	≥ 22,5	≤ 42,5	≥ 75	≤ 10	≤ 220	

AI.2.4 Prescripciones químicas

Las prescripciones relativas a las características químicas que deben cumplir los cementos especiales de muy bajo calor de hidratación figuran en la tabla AI.2.4.

Tabla AI.2.4 Prescripciones químicas de los cementos especiales de muy bajo calor de hidratación

Propiedad	Ensayo de referencia	Designación	Prescripción ⁽¹⁾
Perdida por calcinación	UNE-EN 196-2	VLH III	≤ 5,0%
Residuo insoluble	UNE-EN 196-2 ⁽²⁾	VLH III	≤ 5,0%
Contenido de sulfatos (como SO ₃)	UNE-EN 196-2	VLH III/B	≤ 4,0%
		VLH III/C	≤ 4,5%
		VLH IV	≤ 3,5%
		VLH V	≤ 3,5%
Contenido de ion cloruro		Todos ⁽³⁾	≤ 0,10%
Puzolanidad	UNE-EN 196-5	VLH IV	Cumplimiento del ensayo a 8 días

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

⁽²⁾ Determinación del residuo insoluble en ácido clorhídrico y carbonato de sodio.

⁽³⁾ El cemento tipo VLH III puede contener más de 0,10% de cloruros, pero en tal caso, el contenido máximo se debe consignar en los sacos o albaranes de entrega.

AI.2.5 Durabilidad

Para muchas aplicaciones, particularmente en condiciones ambientales severas, el tipo, subtipo y clase de resistencia del cemento puede influir en la durabilidad de los hormigones, morteros y pastas, como por ejemplo en la resistencia a los agresivos químicos, en la resistencia al hielo-deshielo, en la resistencia química y en la protección de las armaduras.

Los hormigones o morteros fabricados con cementos especiales de muy bajo calor de hidratación necesitan una protección adicional contra la desecación y la carbonatación durante su curado. La resistencia al hielo-deshielo de los cementos especiales de muy bajo calor de hidratación deberá ser adecuada para las condiciones ambientales en el lugar de su utilización.

AI.3. Composición, designación, prescripciones y durabilidad del cemento de aluminato de calcio

Se considera cemento de aluminato de calcio aquél definido en la norma UNE-EN 14647.

AI.3.1 Composición

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.

AI.3.2 Designación

El cemento de aluminato de calcio se identificará por las letras CAC, sin hacer referencia a la clase de resistencia. En este cemento, la designación comenzará con la referencia a la norma UNE-EN 14647 seguida de un guion.

Ejemplo 10: UNE-EN 14647- CAC

corresponde a un cemento de aluminato de calcio.

AI.3.3 Prescripciones mecánicas y físicas

Las prescripciones relativas a las características mecánicas y físicas que debe cumplir el cemento de aluminato de calcio figuran en la tabla AI.3.3.

Tabla AI.3.3 Prescripciones mecánicas y físicas del cemento de aluminato de calcio

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

AI.3.4 Prescripciones químicas

Las prescripciones relativas a las características químicas que debe cumplir el cemento de aluminato de calcio figuran en la tabla AI.3.4.

Tabla AI.3.4 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 sulfuros (como S ²⁻)		≤ 0,10%
Contenido de ion cloruro		≤ 0,10%
Contenido de álcalis ⁽²⁾		≤ 0,4%
Contenido de sulfatos (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).

AI.3.5 Durabilidad

El cemento de aluminato de calcio desarrolla resistencias a mucha mayor velocidad que el cemento pórtland, alcanzando en pocas horas valores similares a los de éste a 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.

El cemento de aluminato de calcio tiene buena resistencia a los sulfatos, resiste bien algunos medios agresivos siempre que no sean alcalinos. Para asegurar la durabilidad de obras con él elaboradas han de seguirse las prescripciones establecidas en el Código Estructural vigente y las indicaciones de la norma UNE-EN 14647. Con áridos adecuados se pueden fabricar morteros y hormigones refractarios.

AI.4. Composición, designación, prescripciones y durabilidad de los cementos de albañilería

Se consideran cementos de albañilería aquéllos definidos en la norma UNE-EN 413-1.

AI.4.1 Composición

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 AI.4.1. El sulfato de calcio se añade en pequeñas cantidades a los otros componentes del cemento de albañilería durante su fabricación para controlar el fraguado.

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.

Tabla AI.4.1 Composición de los cementos de albañilería

Tipo y clase de resistencia	Contenido (% en masa)	
	Clínker de cemento p ^ó rtland	Aditivos ⁽¹⁾ y ⁽²⁾
MC 5	≥ 25	≤ 1
MC 12,5 MC 12,5 X ⁽³⁾ MC 22,5 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 inductor de aire.

AI.4.2 Designación

Los cementos de albañilería se identificarán empleando las letras MC, seguidas de la clase de resistencia (5, 12,5 y 22,5) y, cuando aplique, la letra X indicativa de que no se ha incorporado a él ningún aditivo inductor de aire. En estos cementos, la designación comenzará con la referencia a la norma EN 413-1 seguida de un guion (véase ejemplo 11).

Ejemplo 11: EN 413-1- MC 12,5 X: corresponde a un cemento de albañilería, de clase resistente 12,5 y sin aditivo inductor de aire.

AI.4.3 Prescripciones mecánicas y físicas

Las prescripciones relativas a las características mecánicas y físicas que deben cumplir los cementos de albañilería según su tipo y clase de resistencia figuran en la tabla AI.4.3a.

Tabla AI.4.3a. 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 μm UNE-EN 196-6	Estabilidad de volumen UNE-EN 196-3
	7 días	28 días		principio (min)	Final ⁽²⁾ (horas)	Residuo (%)	Expansión (mm)
		≥ 5,0	≤ 15				
MC 5	-	≥ 5,0	≤ 15	≥ 60	≤ 15	≤ 15	≤ 10
MC 12,5	≥ 7	≥ 12,5	≤ 32,5				
MC 12,5 X	≥ 7	≥ 12,5	≤ 32,5				
MC 22,5	≥ 10	≥ 22,5	≤ 42,5				
MC 22,5 X	≥ 10	≥ 22,5	≤ 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.

Adicionalmente, para los cementos de albañilería también son de aplicación las prescripciones establecidas en la tabla AI.4.3b relativas al mortero fresco. Las características del mortero fresco serán determinadas sobre una pasta de consistencia normal obtenida para un valor de penetración de 35 ± 3 mm, determinado por aplicación del método de referencia definido en UNE EN 413-2. Alternativamente se puede emplear el ensayo de la mesa de sacudidas.

Tabla Al.4.3b. Prescripciones para el mortero fresco de los cementos de albañilería

Tipo y clase de resistencia	Contenido de aire UNE-EN 413-2 (% en volumen)	Retención de agua UNE-EN 413-2 (% en masa)
MC 5 MC 12,5 MC 22,5	$8 \leq \text{contenido de aire} \leq 22$	≥ 80
MC 12,5 X MC 22,5 X	≤ 6 ⁽¹⁾	≥ 75

¹⁾ El control del proceso de producción del cemento de albañilería asegura que no se excede este límite superior.

Al.4.4 Prescripciones químicas

Las prescripciones relativas a las características químicas que deben cumplir los cementos de albañilería figuran en la tabla Al.4.4.

Tabla Al.4.4. Prescripciones químicas de los cementos de albañilería

Característica	Norma de ensayo	Tipo y clase del cemento	Valor (% en masa)
Contenido de sulfatos (expresado como SO ₃)	UNE-EN 196-2	MC 5	$\leq 2,5$
		MC 12,5 MC 12,5 X MC 22,5 MC 22,5 X	$\leq 3,5$
MC 5		Sin requisito	
MC 12,5 MC 12,5 X MC 22,5 MC 22,5 X		$\leq 0,10$	
Contenido de cloruros (expresado como Cl ⁻)			

Al.4.5 Durabilidad

Para muchas aplicaciones, particularmente en condiciones ambientales severas, el tipo y clase de resistencia del cemento de albañilería puede influir en la durabilidad del mortero. La elección del tipo de cemento para diferentes usos y tipos de exposición debe seguir las normas apropiadas y/o reglamentaciones válidas en el lugar de uso del mortero.

Al.5 Normas de referencia para los cementos sujetos al mercado CE

La relación de las versiones correspondientes a las normas aplicables en cada caso, con referencia a su fecha de aprobación, es la que se indica en este apartado, excepto en los siguientes casos:

(*) Normas armonizadas. Las normas armonizadas recogidas en este apartado se utilizarán en la última versión publicada en el Diario Oficial de la Unión Europea (DOUE)

(**) Norma citada en norma armonizada. Se utilizará la versión incluida en la norma armonizada que corresponda.

AI.5.1 Normas de producto

UNE-EN 197-1(*)	Cemento. Parte 1: Composición, especificaciones y criterios de conformidad de los cementos comunes.
UNE-EN 14216 (*)	Cemento. Composición, especificaciones y criterios de conformidad de los cementos especiales de muy bajo calor de hidratación.
UNE-EN 413-1 (*)	Cementos de albañilería. Parte 1: Composición, especificaciones y criterios de conformidad.
UNE-EN 14647 (*)	Cemento de aluminato de calcio. Composición, especificaciones y criterios de conformidad.

AI.5.2 Normas relativas a la evaluación de conformidad

UNE-EN 197-2 (**)	Cemento. Parte 2: Evaluación de la conformidad.
UNE-EN 197-2 (**)	ERRATUM Cemento. Parte 2: Evaluación de la conformidad.

AI.5.3 Normas relativas a la toma de muestras y a los métodos de ensayo

UNE-EN 196-1: (**)	Métodos de ensayo de cementos. Parte 1: Determinación de resistencias mecánicas.
UNE-EN 196-2 (**)	Métodos de ensayo de cementos. Parte 2: Análisis químico de cementos.
UNE-EN 196-3: (**)	Métodos de ensayo de cementos. Parte 3: Determinación del tiempo de fraguado y de la estabilidad del volumen.
UNE-EN 196-5 (**)	Métodos de ensayo de cementos. Parte 5: Ensayo de puzolanidad para los cementos puzolánicos.
UNE-EN 196-6: (**)	Métodos de ensayo de cementos. Parte 6: Determinación de la finura.
UNE-EN 196-7 (**)	Métodos de ensayo de cementos. Parte 7: Métodos de toma y preparación de muestras de cemento.
UNE-EN 196-8 (**)	Métodos de ensayo de cementos. Parte 8: Determinación del calor de hidratación. Método por disolución.
UNE-EN 196-9 (**)	Método de ensayo de cementos. Parte 9: Determinación del calor de hidratación. Método semi-adiabático.
UNE-EN 196-10:2016	Método de ensayo de cementos. Parte 10: Determinación del contenido de cromo (VI) soluble en agua en cementos.
UNE-EN 413-2(**)	Cementos de albañilería. Parte 2 Métodos de ensayo.

AI.5.4 Otras normas

UNE-EN 451-1: (**)	Métodos de ensayo de cenizas volantes. Parte 1: Determinación de óxido de cal libre.
UNE-EN 459-1 (*)	Cales para la construcción. Parte 1: Definiciones, especificaciones y criterios de conformidad.
UNE-EN 459-2 (**)	Cales para la construcción. Parte 2: Métodos de ensayo.
UNE-EN 933-9 (**)	Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 9: Evaluación de los finos. Ensayo de azul de metileno.
UNE-EN 12878 (*)	Pigmentos para la coloración de materiales de construcción fabricados a partir de cemento y/o cal. Especificaciones y métodos de ensayo.
UNE EN 13639 (**)	Determinación del carbono orgánico total en la caliza.
UNE-EN 45501:2016:	Aspectos metrológicos de los instrumentos de pesaje de funcionamiento automático.
UNE-ISO 9277: 2009 (**)	Determinación del área superficial específica de los sólidos mediante la adsorción de gas utilizando el método BET.