

CEMENTO

1. Definición

Se definen como cementos los conglomerantes hidráulicos que, convenientemente amasados con agua, forman pastas que fraguan y endurecen a causa de las reacciones de hidrólisis e hidratación de sus constituyentes, dando lugar a productos hidratados mecánicamente resistentes y estables tanto al aire como bajo agua.

Estos cumplirán las prescripciones del artículo 202 del PG3.

2. Fabricación

La fabricación del cemento es una actividad industrial del procesado de minerales que se divide en 3 etapas básicas:

- Obtención de las materias primas (materiales calcáreos y arcillas principalmente), para conseguir la composición deseada de óxidos reactivos al agua en la producción del clinker.
- Molienda y cocción de las materias primas, se realiza con equipos mecánicos rotatorios que reducen el tamaño de las partículas de materias para que las reacciones químicas de cocción en el horno, puedan realizarse de forma adecuada. El material obtenido debe ser homogeneizado para garantizar la calidad del producto final de la cocción o clinker y la correcta operación del horno.
- Molienda del cemento, con equipos mecánicos, sometiendo la mezcla de materiales a impactos de cuerpos metálicos o fuerzas de compresión elevadas, junto con la molienda conjunta del clinker, yeso (en proporciones bajas, su función es de retardador de fraguado) y otros materiales denominados “adiciones” (que son los que dan características especiales a los cementos) termina la fabricación del cemento. El grado de finura de molido da las características resistentes, así, a mayor finura de molido aumenta la clase resistente.
- Almacenamiento, en silos para servir ensacado o a granel

3. Clasificación y tipología

- Cementos comunes, UNE-EN 197-1:2000
- Cementos comunes con características adicionales:
 - Cementos resistentes a los sulfatos, UNE 80303-1:2001.
 - Cementos resistentes al agua del mar, UNE 80303-2:2001.
 - Cementos de bajo calor de hidratación, UNE 80303-3:2001.
- Cementos de albañilería, artículo 4.3 de la RC-03.
- Cementos blancos, UNE 80305:2001.
- Cementos de aluminato de calcio (CAC/R), UNE 80310:1996.

La nomenclatura utilizada en la definición de los cementos es una combinación de elementos del cuadro siguiente (tipo de cemento, clase resistente, adiciones, etc.).

Tabla 1. Clasificación de los cementos

TIPO DE CEMENTO	CEM	Cementos comunes.
	CEM I	Cemento Pórtland
	CEM II	Cemento Pórtland con adiciones
	CEM III	Cemento con escorias de hornos alto.
	CEM IV	Cemento puzolánico
	CEM V	Cemento compuesto
TIPOS DE SUBDIVISIONES DEL CEMENTO PRINCIPAL	A, B ó C	Subtipos de cemento, van seguidos de guión (-) y la letra de la adición.
	M	Cementos Pórtland compuestos.
	I, II, III, IV, V	Cementos con características adicionales (sin la letra CEM).
CLASE RESISTENTE	32,5 42,5 52,5	Clase de resistencia (a compresión en N (mm ²).
TIPO RESISTENCIA	R	Cemento de alta resistencia inicial.
	N	Cemento de resistencia normal.
ADICIONES	S	Escoria de horno alto.
	O	Humo de sílice.
	P	Puzolana natural
	Q	Puzolana natural caliza
	V	Ceniza volante sílices
	W	Ceniza volante calcárea
	T	Esquistos calcinados
	L y LL	Caliza.
CARACTERÍSTICAS ESPECIALES DE LOS CEMENTOS	SR	Cementos resistentes a los sulfatos.
	MR	Cementos resistentes al agua de mar
	BC	Cementos de bajo calor de hidratación
	ESP	Cementos para usos especiales
	MC	Cementos de albañilería
	X	Cementos de aditivo aireante
	BL	Cementos blanco comunes
CAC/R	Cementos de aluminato de calcio	

4. Características físico-químicas. Especificaciones

Tabla 2. Prescripciones físico-mecánicas de los cementos comunes I

RC-03; TABLA 4.1.2 Prescripciones físico-mecánicas de los cementos comunes							
Clase de Resistencia (1)	Resistencia a compresión (N/mm ²) Según UNE-EN 196-1:1996 (2)				Tiempo de fraguado		Estabilidad de volumen según UNE-EN 196-3:1996
	Resistencia inicial		Resistencia nominal		Inicio - minutos	Final - horas	Expansión - mm
	2 días	7 días	28 días				
32,5 N	-	>=16,0	>= 32,5	<= 52,5	>= 75		
32,5 R	>= 10,0	-					
42,5 N	>= 10,0	-	>= 42,5	<= 62,5	>= 60	<= 12	<= 10
42,5 R	>= 20,0	-					
52,5 N	>= 20,0	-	>= 52,5	-	>= 45		
52,5 R	>= 30,0						

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

(2) 1N/mm² = 1 MPa

Tabla 3. Prescripciones físico-mecánicas de los cementos comunes II

RC-03; TABLA 4.1.3 Prescripciones químicas de los cementos comunes				
Característica	Norma de ensayo	Tipo de cemento	Clase de resistencia	Prescripción (1)
Pérdida por calcinación.	UNE-EN 196-2:1996	CEM I CEM III	Todas	« 5,0 %
Residuo insoluble.	UNE-EN 196-2:1996 (2)	CEM I CEM III	Todas	« 5,0 %
Contenido de sulfatos (expresado en SO ₃).	UNE-EN 196-2:1996	CEM I CEM II (3) CEM IV CEM V	32,5 N 32,5 R 42,5 N	« 3,5 %
		CEM III (4)	42,5 R 52,5 N 52,5 R	« 4,0 %
Contenido de cloruros (Cl ⁻).	UNE 80217:1991 (EN 196-21)	Todos (5)	Todas	« 0,10 % (6)
Puzolanidad.	UNE-EN 196-5:1996	CEM IV	Todas	Puzolanidad a la edad de 8 ó 15 días

(1) En el caso en que las prescripciones se expresan en porcentajes, éstos se refieren a la masa del cemento final.

(2) 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.

(3) El cemento tipo CEM II/B-T puede contener hasta el 4,5% de sulfato para todas las clases de resistencia.

(4) El cemento tipo CEM III/C puede contener hasta el 4,5% en masa de sulfato.

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

(6) 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 el valor real en los sacos y albaranes de entrega, reemplazando, en su caso, el valor por defecto del 0,10% en masa.

5. Otras características

Tabla 3. Prescripciones adicionales

TABLA 4.2.1 Prescripciones adicionales para los cementos resistentes a los sulfatos			TABLA 4.2.2 Prescripciones adicionales para los cementos resistentes al agua de mar		
Tipo	Resistentes a los sulfatos (SR)		Tipo	Resistentes al agua de mar (MR)	
	C3A%	C3A%+C4AF%		C3A%	C3A%+C4AF%
I	« 5,0	« 22,0	I	« 5,0	« 22,0
II/A-S II/B-S II/A-D II/A-P II/B-P II/A-V II/B-V	« 6,0	« 22,0	II/A-S II/B-S II/A-D II/A-P II/B-P II/A-V II/B-V	« 8,0	« 25,0
III/A	« 8,0	« 25,0	III/A	« 10,0	« 25,0
III/B	Los de siempre		III/B	Los de siempre	
III/C	Los de siempre		III/C	Los de siempre	
IV/A	« 6,0	« 22,0	IV/A	« 8,0	« 25,0
IV/B	« 8,0	« 25,0	IV/B	« 10,0	« 25,0
V/A	« 8,0	« 25,0	V/A	« 10,0	« 25,0

Las prescripciones sobre C3Ay(C3A+C4AF) se refieren a porcentajes en masa de clínker. Los contenidos de C3AyC4AF se determinarán por cálculo, según UNE 80304:1986, a partir de los ensayos realizados sobre el clínker según UNE-EN 196-2:1996.

Las especificaciones sobre C3Ay(C3A+C4AF) se refieren al clínker. Los contenidos de C3AyC4AF se determinarán por cálculo, según UNE 80304:1986, a partir de los ensayos realizados sobre el clínker según UNE-EN 196-2:1996.

6. Recomendaciones de uso y aplicación

Los cementos recomendados para firmes de carreteras, de puertos y de aeropuertos son:

Tipo de hormigón	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, CEM III-C Y CEM V/B.
Suelo cemento y grava cemento y hormigón compactado.	Cementos comunes de los tipos CEM II/B, CEM III, CEM IV, CEM V. Cemento para usos especiales ESP VI-1.
Estabilización in situ de suelos.	Cementos comunes excepto los tipos EM 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. Cementos para usos especiales ESP VI-1

Para el caso de estabilización in situ de suelos, suelo cemento y grava cemento, se recomienda utilizar cementos de la clase resistente baja (32,5), no se emplearán cementos de aluminato de calcio, ni mezclas de cemento con adiciones que no hayan sido realizadas en fábrica.

Si el contenido en Sulfatos Solubles (SO_3) en el suelo que se vaya a estabilizar, determinado según la UNE 103201, fuera superior al (0,5%) en masa, deberá emplearse un cemento resistente a los sulfatos y aislar adecuadamente estas capas de las obras de paso de hormigón.

El Pliego de Prescripciones Técnicas fijará el principio de fraguado, según UNE-EN196-3.

7. Documentación

- Instrucción para la Recepción de Cementos RC-03
- Artículo 202 Cementos, del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Carreteras y Puentes PG-3.
- Manual de Firmes con Capas tratadas con Cemento (IECA – CEDEX), para estabilizaciones, suelos cemento y gravacemento.