

Diciembre 2011

TÍTULO

Cemento

Parte 1: Composición, especificaciones y criterios de conformidad de los cementos comunes

Cement. Part 1: Composition, specifications and conformity criteria for common cements.

Ciment. Partie 1: Composition, spécifications et critères des conformité des ciments courants.

CORRESPONDENCIA

Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN 197-1:2011.

OBSERVACIONES

Esta norma anulará y sustituirá a las Normas UNE-EN 197-1:2000, UNE-EN 197-1:2002 Erratum, UNE-EN 197-1:2000/A1:2005, UNE-EN 197-1:2000/A3:2008 y UNE-EN 197-4:2005 antes de 2013-07-01.

ANTECEDENTES

Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico AEN/CTN 80 *Cementos y cales* cuya Secretaría desempeña OFICEMEN.

Editada e impresa por AENOR
Depósito legal: M 49288:2011

© AENOR 2011
Reproducción prohibida

LAS OBSERVACIONES A ESTE DOCUMENTO HAN DE DIRIGIRSE A:

AENOR

Asociación Española de
Normalización y Certificación

Génova, 6
28004 MADRID-España

info@aenor.es
www.aenor.es

Tel.: 902 102 201
Fax: 913 104 032

38 Páginas

Grupo 23

Versión en español

Cemento
Parte 1: Composición, especificaciones y criterios
de conformidad de los cementos comunes

**Cement. Part 1: Composition,
specifications and conformity criteria
for common cements.**

**Ciment. Partie 1: Composition,
spécifications et critères de conformité
des ciments courants.**

**Zement. Teil 1: Zusammensetzung,
Anforderungen und Konformitätskriterien
von Normalzement.**

Esta norma europea ha sido aprobada por CEN el 2011-08-06.

Los miembros de CEN están sometidos al Reglamento Interior de CEN/CENELEC que define las condiciones dentro de las cuales debe adoptarse, sin modificación, la norma europea como norma nacional. Las correspondientes listas actualizadas y las referencias bibliográficas relativas a estas normas nacionales pueden obtenerse en el Centro de Gestión de CEN, o a través de sus miembros.

Esta norma europea existe en tres versiones oficiales (alemán, francés e inglés). Una versión en otra lengua realizada bajo la responsabilidad de un miembro de CEN en su idioma nacional, y notificada al Centro de Gestión, tiene el mismo rango que aquéllas.

Los miembros de CEN son los organismos nacionales de normalización de los países siguientes: Alemania, Austria, Bélgica, Bulgaria, Chipre, Croacia, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Malta, Noruega, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Rumanía, Suecia y Suiza.

CEN
COMITÉ EUROPEO DE NORMALIZACIÓN
European Committee for Standardization
Comité Européen de Normalisation
Europäisches Komitee für Normung
CENTRO DE GESTIÓN: Avenue Marnix, 17-1000 Bruxelles

ÍNDICE

	Página
PRÓLOGO	6
INTRODUCCIÓN.....	8
1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN.....	8
2 NORMAS PARA CONSULTA	8
3 TÉRMINOS Y DEFINICIONES	9
4 CEMENTO	11
5 COMPONENTES.....	11
5.1 Generalidades	11
5.2 Componentes principales.....	11
5.2.1 Clínter de cemento Portland (K).....	11
5.2.2 Escoria granulada de horno alto (S)	12
5.2.3 Materiales puzolánicos (P, Q).....	12
5.2.4 Cenizas volantes (V, W)	12
5.2.5 Esquisto calcinado (T).....	14
5.2.6 Caliza (L, LL)	14
5.2.7 Humo de sílice (D)	14
5.3 Componentes minoritarios adicionales.....	15
5.4 Sulfato de calcio	15
5.5 Aditivos.....	15
6 COMPOSICIÓN Y DESIGNACIÓN	15
6.1 Composición y designación de los cementos comunes.....	15
6.2 Composición y designación de los cementos comunes resistentes a los sulfatos (cementos SR)	18
6.3 Composición y designación de los cementos comunes de baja resistencia inicial	19
7 REQUISITOS MECÁNICOS, FÍSICOS, QUÍMICOS Y DE DURABILIDAD.....	19
7.1 Requisitos mecánicos.....	19
7.1.1 Resistencia nominal.....	19
7.1.2 Resistencia inicial	19
7.2 Requisitos físicos.....	20
7.2.1 Tiempo de principio de fraguado	20
7.2.2 Estabilidad de volumen	20
7.2.3 Calor de hidratación	20
7.3 Requisitos químicos.....	20
7.4 Requisitos de durabilidad	21
7.4.1 Generalidades	21
7.4.2 Resistencia a los sulfatos	21
8 DESIGNACIÓN NORMALIZADA	22

9	CRITERIOS DE CONFORMIDAD	23
9.1	Requisitos generales	23
9.2	Criterios de conformidad para propiedades mecánicas, físicas y químicas y procedimiento de evaluación	25
9.2.1	Generalidades	25
9.2.2	Criterios de conformidad estadísticos	25
9.2.3	Criterios de conformidad para resultados individuales.....	27
9.3	Criterios de conformidad para la composición del cemento.....	29
9.4	Criterios de conformidad para las propiedades de los componentes del cemento.....	29
ANEXO A (Informativo)	LISTA DE CEMENTOS COMUNES CONSIDERADOS COMO RESISTENTES A LOS SULFATOS POR LAS NORMAS NACIONALES EN DIFERENTES PAÍSES MIEMBROS DEL CEN, PERO QUE NO ESTÁN INCLUIDOS EN LA TABLA 2 O NO CUMPLEN LOS REQUISITOS INDICADOS EN LA TABLA 5.....	30
ANEXO ZA (Informativo)	CAPÍTULOS DE ESTA NORMA EUROPEA RELATIVOS A LOS REQUISITOS ESENCIALES DE LA DIRECTIVA DE PRODUCTOS DE CONSTRUCCIÓN DE LA UE.....	31
ZA.1	Objeto, campo de aplicación y características relativas a los requisitos esenciales	31
ZA.2.2	Certificado de conformidad CE	34
ZA.3	Marcado CE y etiquetado	35
BIBLIOGRAFÍA		38

PRÓLOGO

Esta Norma EN 197-1:2011 ha sido elaborada por el Comité Técnico CEN/TC 51 *Cemento y cales de construcción*, cuya Secretaría desempeña NBN.

Esta norma europea debe recibir el rango de norma nacional mediante la publicación de un texto idéntico a ella o mediante ratificación antes de finales de marzo de 2012, y todas las normas nacionales técnicamente divergentes deben anularse antes de finales de junio de 2013.

Se llama la atención sobre la posibilidad de que algunos de los elementos de este documento estén sujetos a derechos de patente. CEN y/o CENELEC no es(son) responsable(s) de la identificación de dichos derechos de patente.

Esta norma anula y sustituye a las Normas EN 197-1:2000, EN 197-4:2004.

Esta norma europea ha sido elaborada bajo un Mandato dirigido a CEN por la Comisión Europea y por la Asociación Europea de Libre Comercio, y sirve de apoyo a los requisitos esenciales de las Directivas europeas.

La relación con las Directivas UE se recoge en el anexo informativo ZA, que forma parte integrante de esta norma.

Los anexos A y ZA son informativos.

Además de la integración de las Normas y proyectos de Normas EN 197-1:2000/A1:2004, EN 197-1:2000/prA2, EN 197-1:2000/A3:2007, EN 197-4:2004 y EN 197-4:2004/prA1 en una única norma, los principales cambios respecto a la Norma EN 197-1:2000 son la introducción de requisitos adicionales para los cementos comunes de bajo calor de hidratación y para los cementos comunes con propiedades de resistencia a los sulfatos.

La preparación de una norma europea de cementos fue iniciada por la Comunidad Económica Europea (CEE) en 1969 y, a propuesta de un Estado miembro en 1973, el trabajo se encargó al Comité Europeo de Normalización (CEN). Al Comité Técnico CEN/TC 51 se le dio la responsabilidad de preparar una norma de cementos para los países de Europa Occidental miembros de la CEE y la AELC.

A principios de los años 80, el Comité Técnico CEN/TC 51 decidió incluir en la norma de cementos sólo aquellos destinados a ser utilizados en cualquier tipo de hormigón armado o en masa, y que son usuales en la mayoría de los países de Europa Occidental, porque han sido producidos y utilizados en estos países durante muchos años. La Directiva de Productos de Construcción de la UE (89/106/CEE) requiere la incorporación de todos los cementos tradicionales y bien experimentados, con el fin de suprimir las barreras técnicas en el campo de la construcción. Todavía no hay criterios para las definiciones de "tradicional" y "bien experimentado" y se consideró necesario separar los "cementos comunes" de los cementos especiales, es decir, aquellos con propiedades adicionales o especiales.

Los requisitos en esta norma están basados en los resultados de ensayos de cementos realizados conforme a las Normas EN 196-1, EN 196-2, EN 196-3, EN 196-5, EN 196-6, EN 196-7, EN 196-8 y EN 196-9. El esquema para la evaluación de la conformidad de los cementos comunes, incluidos los cementos comunes de bajo calor de hidratación y los cementos comunes generalmente aceptados como resistentes a los sulfatos, se describe en la Norma EN 197-2.

Con el fin de conocer qué cementos comunes son generalmente aceptados como resistentes a los sulfatos y por tanto deberían incluirse en la Norma EN 197-1, se llevó a cabo un estudio en el seno del Comité Técnico CEN/TC 51 en el que se analizarán todas las especificaciones y recomendaciones nacionales de la Unión Europea. La revisión de dicho estudio permitió llegar a los siguientes resultados:

- Existe una gran variedad de cementos que se han clasificado como resistentes a los sulfatos en los diferentes Estados miembros de la Unión Europea. Esto es debido a las diferentes condiciones climáticas y geográficas en las que se produce el ataque por sulfatos en los morteros y hormigones en el lugar de uso, y a las diferentes prácticas tradicionales que han regido la producción y uso de los morteros y hormigones resistentes a los sulfatos.
- La resistencia a los sulfatos es una propiedad adicional y, por tanto, los cementos resistentes a los sulfatos tienen que, primeramente, cumplir los requisitos de las normas que definen el producto en cuestión, por ejemplo, la Norma EN 197-1 para los cementos comunes.
- Los requisitos adicionales que tienen que cumplir los cementos especificados a nivel nacional como resistentes a los sulfatos, se refieren a características seleccionadas para las que los valores límite requeridos son más exigentes que aquellos valores establecidos para los cementos comunes.
- Aún satisfaciendo los requisitos locales para varios tipos de cementos, muchos países aplican restricciones o limitaciones adicionales a la producción del hormigón que se va a utilizar en un ambiente con sulfatos, tales como un contenido mínimo de cemento y/o una relación agua/cemento máxima, que varía dependiendo del tipo de cemento y del tipo e intensidad de las condiciones de los sulfatos.

En base a estos resultados, se han elegido los diferentes tipos de cementos comunes que se han de armonizar a nivel europeo. La mayor parte de los cementos considerados resistentes a los sulfatos presentes en el mercado han sido incluidos en esta selección. Por otra parte, no fue posible tener en cuenta las particularidades nacionales que se recogen en las normas nacionales, reglamentaciones/disposiciones o guías de aplicación.

La resistencia alcanzada a los 28 días es el criterio más importante en la clasificación de los cementos para la mayoría de las aplicaciones. Para alcanzar una determinada clase de resistencia a los 28 días, la resistencia inicial a los 2 o 7 días puede variar, y algunos tipos de cementos pueden no alcanzar las resistencias mínimas iniciales especificadas en la Norma EN 197-1 para los cementos comunes.

El calor de hidratación está relacionado con la reactividad a edades tempranas, y las resistencias iniciales más bajas son indicativas de una evolución más lenta del calor de hidratación y de temperaturas más bajas en el hormigón. Para estos cementos, pueden ser necesarias precauciones adicionales para garantizar un adecuado curado y seguridad en la construcción.

El objeto de esta norma es especificar los requisitos de la composición y los requisitos de conformidad para los cementos comunes, incluidos los cementos comunes de bajo calor de hidratación y los cementos comunes con una adecuada resistencia a los sulfatos, así como los cementos de horno alto de baja resistencia inicial y los cementos de horno alto de baja resistencia inicial y bajo calor de hidratación.

Los tipos de cemento y las clases de resistencia definidos en esta norma europea permiten al prescriptor y/o al usuario cumplir los objetivos de sostenibilidad de las construcciones a base de cemento. Los tipos de cemento producidos utilizando los componentes relacionados y definidos en el capítulo 5, permiten al fabricante minimizar el uso de recursos naturales de acuerdo con las condiciones locales de producción.

De acuerdo con el Reglamento Interior de CEN/CENELEC, están obligados a adoptar esta norma europea los organismos de normalización de los siguientes países: Alemania, Austria, Bélgica, Bulgaria, Chipre, Croacia, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Malta, Noruega, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Rumanía, Suecia y Suiza.

INTRODUCCIÓN

Sabido es que diferentes cementos tienen diferentes propiedades y prestaciones. Tales ensayos de prestaciones actualmente disponibles (es decir, tiempo de fraguado, resistencia, estabilidad de volumen y calor de hidratación), se han incluido en esta norma. Además, el Comité Técnico CEN/TC 51 está trabajando en la identificación de cualquier otro ensayo adicional que sea necesario para especificar cualquier otra característica sobre prestaciones del cemento. Hasta que otros ensayos de prestaciones estén disponibles, es necesario que la elección del cemento, especialmente el tipo y/o la clase de resistencia, en relación con los requisitos de durabilidad dependiendo de la clase de exposición y el tipo de construcción a la que es incorporado, siga las normas y/o reglamentos apropiados para el hormigón o el mortero válidos en el lugar de utilización.

1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma europea define y proporciona las especificaciones de 27 cementos comunes distintos, de 7 cementos comunes resistentes a los sulfatos, así como de 3 cementos de horno alto de baja resistencia inicial y de 2 cementos de horno alto de baja resistencia inicial resistentes a los sulfatos y de sus componentes. La definición de cada cemento incluye las proporciones en las que deben ser combinados los componentes para producir los diferentes productos en un rango de nueve clases de resistencia. La definición también incluye los requisitos que deben cumplir los componentes. Además, incluye los requisitos mecánicos, físicos y químicos. Así mismo, esta norma establece los criterios de conformidad y las reglas aplicables. También se incluyen los requisitos necesarios de durabilidad.

Además de los cementos resistentes a los sulfatos definidos en esta norma, existen otros cementos conformes, o bien con esta norma o bien con otras normas, europeas o nacionales, para los que se ha demostrado a nivel nacional que poseen propiedades de resistencia a los sulfatos. Estos cementos, relacionados en el anexo A, son considerados por diferentes países miembros del CEN como resistentes a los sulfatos dentro de los límites de su territorio.

NOTA 1 Además de los requisitos especificados, puede ser útil un intercambio de información adicional entre el fabricante del cemento y el usuario. Los procedimientos para tal intercambio no forman parte del objeto de esta norma, pero deberían llevarse a cabo según normas o reglamentos nacionales o por acuerdo entre las partes implicadas.

NOTA 2 La palabra "cemento" en la Norma EN 197-1 se emplea para referirse solamente a los cementos comunes, salvo que se especifique lo contrario.

Esta norma europea no trata del:

- cemento especial de muy bajo calor de hidratación tratado en la Norma EN 14216;
- cemento sobresulfatado tratado en la Norma EN 15743;
- cemento de aluminato de calcio tratado en la Norma EN 14647;
- cemento de albañilería tratado en la Norma EN 413-1.

2 NORMAS PARA CONSULTA

Las normas que a continuación se indican son indispensables para la aplicación de esta norma. Para las referencias con fecha, sólo se aplica la edición citada. Para las referencias sin fecha se aplica la última edición de la norma (incluyendo cualquier modificación de ésta).

EN 196-1 *Métodos de ensayo de cementos. Parte 1: Determinación de resistencias mecánicas.*

EN 196-2 *Métodos de ensayo de cementos. Parte 2: Análisis químico de cementos.*

EN 196-3 *Métodos de ensayo de cementos. Parte 3: Determinación del tiempo de fraguado y de la estabilidad de volumen.*

EN 196-5 *Métodos de ensayo de cementos. Parte 5: Ensayo de puzolanicidad para los cementos puzolánicos.*

EN 196-6 *Métodos de ensayo de cementos. Parte 6: Determinación de la finura.*

EN 196-7 *Métodos de ensayo de cementos. Parte 7: Métodos de toma y preparación de muestras de cemento.*

EN 196-8 *Métodos de ensayo de cementos. Parte 8: Determinación del calor de hidratación. Método por disolución.*

EN 196-9 *Métodos de ensayo de cementos. Parte 9: Determinación del calor de hidratación. Método semiadiabático.*

EN 197-2:2000 *Cemento. Parte 2: Evaluación de la conformidad.*

EN 451-1 *Métodos de ensayo de cenizas volantes. Parte 1: Determinación del contenido de óxido de calcio libre.*

EN 933-9 *Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 9: Evaluación de los finos. Ensayo de azul de metileno.*

EN 13639 *Determinación del carbono orgánico total en la caliza.*

ISO 9277 *Determinación del área superficial específica de los sólidos mediante la adsorción de gas utilizando el método BET.*

ISO 9286 *Granos abrasivos y crudo. Análisis químico del carburo de silicio.*

3 TÉRMINOS Y DEFINICIONES

Para los fines de este documento, se aplican los términos y definiciones siguientes:

3.1 óxido de calcio reactivo, CaO:

Fracción de óxido de calcio que, en condiciones normales de endurecimiento, puede formar silicatos de calcio hidratados o aluminatos de calcio hidratados.

NOTA Para evaluar esta fracción, se descuenta del contenido de óxido de calcio total (véase la Norma EN 196-2) la fracción correspondiente al carbonato de calcio (CaCO_3), basado en la medida del contenido de dióxido de carbono (CO_2) (véase la Norma EN 196-2), y la fracción correspondiente al sulfato de calcio (CaSO_4), basado en la medida del contenido de sulfatos (SO_3) (véase la Norma EN 196-2) después de restar la cantidad de SO_3 fijada por los álcalis¹⁾.

3.2 dióxido de silicio reactivo, SiO_2 :

Fracción de dióxido de silicio que es soluble después de su tratamiento en ebullición con ácido clorhídrico (HCl) y con una disolución de hidróxido de potasio (KOH).

NOTA La cantidad de dióxido de silicio reactivo se determina restando, del contenido de dióxido de silicio total (véase la Norma EN 196-2), la fracción contenida en el residuo insoluble en ácido clorhídrico e hidróxido de potasio (véase la Norma EN 196-2), ambos determinados en base seca.

3.3 componente principal:

Material inorgánico especialmente seleccionado, incorporado en proporción superior al 5% en masa con respecto a la suma de todos los componentes principales y minoritarios adicionales.

3.4 componente minoritario adicional:

Material inorgánico especialmente seleccionado, incorporado en una proporción no superior al 5% en masa con respecto a la suma de todos los componentes principales y minoritarios adicionales.

3.5 tipo de cemento común:

Uno de los 27 productos (véase la tabla 1) de la familia de los cementos comunes.

3.6 clase de resistencia del cemento:

Clase de resistencia a compresión.

1) NOTA NACIONAL: Los álcalis se determinan de acuerdo con la Norma UNE-EN 196-2.

3.7 ensayos de autocontrol:

Ensayos realizados en continuo por el fabricante sobre muestras de cemento puntuales tomadas en el (los) punto(s) de suministro de la fábrica/punto(s) de expedición.

3.8 período de control:

Período de producción y expedición definido, sobre el que se realiza la evaluación de los resultados de los ensayos de autocontrol.

3.9 valor característico:

Valor de una propiedad requerida fuera del cual se sitúa un porcentaje especificado, el percentil P_k , de todos los valores de la población.

3.10 valor característico especificado:

Valor característico de una propiedad mecánica, física o química que, en el caso de un límite superior, no puede ser sobrepasado o, en el caso de un límite inferior, debe, como mínimo, ser alcanzado.

3.11 valor límite de cada resultado individual:

Valor característico de una propiedad mecánica, física o química que, en el caso de un límite superior, no puede ser sobrepasado o, en el caso de un límite inferior, debe, como mínimo, ser alcanzado -para cualquier resultado individual de ensayo.

3.12 probabilidad de aceptación permitida, CR:

Para un plan de muestreo dado, es la probabilidad de aceptación permitida de un cemento con un valor característico fuera del valor característico especificado.

3.13 plan de muestreo:

Plan específico que establece (estadísticamente) el tamaño muestral a emplear, el percentil P_k y la probabilidad de aceptación admisible, CR.

3.14 muestra puntual:

Muestra tomada en un corto periodo de tiempo y en el mismo lugar, de una cantidad más grande, relacionada con los ensayos considerados. Puede obtenerse combinando una o más extracciones elementales inmediatamente consecutivas.

NOTA Véase la Norma EN 196-7.

3.15 calor de hidratación:

Cantidad de calor desarrollado por la hidratación de un cemento durante un periodo de tiempo dado.

3.16 cemento común de bajo calor de hidratación:

Cemento común con un calor de hidratación limitado.

3.17 cemento común resistente a los sulfatos:

Cemento común que cumple los requisitos de las propiedades de resistencia a los sulfatos.

3.18 cemento de horno alto, de baja resistencia inicial y de bajo calor de hidratación:

Cemento de horno alto de baja resistencia inicial que desarrolla un calor de hidratación limitado.

3.19 cemento de horno alto, de baja resistencia inicial y resistente a los sulfatos:

Cemento de horno alto de baja resistencia inicial que cumple los requisitos de las propiedades de resistencia a los sulfatos.

4 CEMENTO

El cemento es un conglomerante hidráulico, es decir, un material inorgánico finamente molido que, cuando es amasado con agua, forma una pasta que fragua y endurece por medio de reacciones y procesos de hidratación y que, una vez endurecido, conserva su resistencia y estabilidad incluso bajo el agua.

El cemento conforme con esta norma, designado cemento CEM, debe ser capaz, cuando se dosifica y mezcla apropiadamente con áridos y agua, de producir un hormigón o un mortero que conserve su trabajabilidad durante un tiempo suficiente y de alcanzar, después de unos periodos definidos, los niveles especificados de resistencia. También debe tener estabilidad de volumen a largo plazo.

El endurecimiento hidráulico del cemento CEM se debe principalmente a la hidratación de los silicatos de calcio, aunque también pueden participar en el proceso de endurecimiento otros compuestos químicos, como por ejemplo, los aluminatos. La suma de las proporciones de óxido de calcio reactivo (CaO) y de dióxido de silicio reactivo (SiO₂) en el cemento CEM debe ser al menos del 50% en masa, cuando las proporciones se determinen de acuerdo con la Norma EN 196-2.

Los cementos CEM están constituidos por diferentes materiales y son, en composición, estadísticamente homogéneos como consecuencia de los procesos de producción y manipulación de material con una calidad asegurada. La relación entre estos procesos de producción y manipulación del material y la conformidad del cemento con esta norma se establece en la Norma EN 197-2.

NOTA También existen cementos cuyo endurecimiento se debe principalmente a otros compuestos como, por ejemplo, el aluminato de calcio en el cemento de aluminato de calcio.

5 COMPONENTES

5.1 Generalidades

Los requisitos de los componentes especificados en los apartados del 5.2 al 5.5 se deben determinar, en principio, de acuerdo con los métodos de ensayo descritos en la Norma EN 196, salvo que se especifique otra cosa.

5.2 Componentes principales

5.2.1 Clínter de cemento Portland (K)

El clínter de cemento Portland se obtiene por sinterización de una mezcla especificada con precisión de materias primas (crudo, harina o pasta) conteniendo elementos, normalmente expresados en forma de óxidos, CaO, SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, y pequeñas cantidades de otros materiales. El crudo, harina o pasta, se divide finamente y se mezcla íntimamente para obtener un producto homogéneo.

El clínter de cemento Portland es un material hidráulico que debe estar constituido, al menos en dos tercios de su masa, por silicatos de calcio (3CaO·SiO₂ y 2CaO·SiO₂), estando constituido el resto por fases del clínter conteniendo aluminio y hierro y por otros compuestos. La relación en masa (CaO)/(SiO₂) no debe ser menor de 2,0. El contenido de óxido de magnesio (MgO) no debe exceder del 5,0% en masa.

El clínter de cemento Portland incorporado en los cementos Portland resistentes a los sulfatos (CEM I) y en los cementos puzolánicos resistentes a los sulfatos (CEM IV) deben cumplir unos requisitos adicionales para el contenido de aluminato tricálcico (C₃A). El contenido de aluminato tricálcico del clínter debe calcularse con la ecuación (1) tal y como sigue:

$$C_3A = 2,65 A - 1,69 F \quad (1)$$

donde

A es el porcentaje en masa del óxido de aluminio (Al₂O₃) del clínter determinado de acuerdo con la Norma EN 196-2.

F es el porcentaje en masa del óxido de hierro (III) (Fe₂O₃) del clínter determinado de acuerdo con la Norma EN 196-2.

NOTA Puede suceder que se obtenga un valor negativo de C_3A en el cálculo. En este caso, se debería registrar el valor del 0%. Actualmente, se está desarrollando un método de ensayo en el Comité Técnico CEN/TC 51 para determinar el contenido de C_3A del clinker a partir del análisis de una muestra puntual de cemento. Hasta que este método esté disponible, el contenido de C_3A debería determinarse directamente en el clinker. En el caso particular del CEM I, es permisible el cálculo del contenido de C_3A del clinker a partir del análisis químico del cemento. La frecuencia mínima de ensayo y la utilización de métodos alternativos para la evaluación directa o indirecta del C_3A debería incluirse en el control de producción en fábrica (véase la Norma EN 197-2). Una frecuencia de ensayo típica es de dos al mes en situaciones normales.

Los cementos Portland resistentes a los sulfatos y los cementos puzolánicos resistentes a los sulfatos se elaboran con clinker de cemento Portland en el cual el contenido de C_3A no excede:

- Para el CEM I: 0%, 3% o 5%, según corresponda (véase 6.2).
- Para el CEM IV/A y CEM IV/B: 9%.

5.2.2 Escoria granulada de horno alto (S)

La escoria granulada de horno alto se obtiene por enfriamiento rápido de una escoria fundida de composición adecuada, obtenida por la fusión del mineral de hierro en un horno alto y constituida, al menos en dos tercios de su masa, por escoria vítrea y posee propiedades hidráulicas cuando se activa de manera adecuada.

La escoria granulada de horno alto debe estar constituida, al menos en dos tercios de su masa, por la suma de óxido de calcio (CaO), óxido de magnesio (MgO) y dióxido de silicio (SiO_2). El resto contiene óxido de aluminio (Al_2O_3) junto con pequeñas cantidades de otros compuestos. La relación en masa $(CaO + MgO)/(SiO_2)$ debe ser superior a 1,0.

5.2.3 Materiales puzolánicos (P, Q)

5.2.3.1 Generalidades

Los materiales puzolánicos son sustancias naturales de composición silicea o silico-aluminosa o una combinación de ambas. Aunque las cenizas volantes y el humo de sílice tienen propiedades puzolánicas, estos componentes están especificados en apartados separados (véanse 5.2.4 y 5.2.7).

Los materiales puzolánicos no endurecen por sí mismos cuando se amasan con agua, pero finamente molidos y en presencia de agua reaccionan, a temperatura ambiente, con el hidróxido de calcio disuelto ($Ca(OH)_2$) para formar compuestos de silicato de calcio y de 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 están compuestas esencialmente por dióxido de silicio reactivo (SiO_2) y óxido de aluminio (Al_2O_3). El resto contiene óxido de hierro (Fe_2O_3) y otros óxidos. La influencia de la proporción del óxido de calcio reactivo es despreciable para el endurecimiento. El contenido de dióxido de silicio reactivo no debe ser menor del 25,0% en masa.

Los materiales puzolánicos deben prepararse correctamente, es decir, deben ser seleccionados, homogeneizados, secados o tratados térmicamente y pulverizados, dependiendo de su estado de producción o de suministro.

5.2.3.2 Puzolana natural (P)

Las puzolanas naturales son normalmente materiales de origen volcánico o rocas sedimentarias con composición química y mineralógica adecuadas, y deben ser conformes con el apartado 5.2.3.1.

5.2.3.3 Puzolana natural calcinada (Q)

Las puzolanas naturales calcinadas son materiales de origen volcánico, arcillas, pizarras o rocas sedimentarias activadas por tratamiento térmico, y deben ser conformes con el apartado 5.2.3.1.

5.2.4 Cenizas volantes (V, W)

5.2.4.1 Generalidades

La ceniza volante se obtiene por precipitación electrostática o mecánica de partículas pulverulentas arrastradas por los flujos gaseosos de hornos alimentados con carbón pulverizado.

NOTA 1 Para la definición de ceniza volante véase la Norma EN 450-1.

La ceniza obtenida por otros métodos no debe emplearse en los cementos que son conformes con esta norma.

La ceniza volante puede ser de naturaleza silícea o calcárea. La primera tiene propiedades puzolánicas; la segunda puede tener, además, propiedades hidráulicas. La pérdida por calcinación de la ceniza volante determinada de acuerdo con la Norma EN 196-2, pero empleando un tiempo de calcinación de 1 h, se debe encontrar dentro de alguno de los siguientes límites:

- a) 0% a 5,0% en masa;
- b) 2,0% a 7,0% en masa;
- c) 4,0% a 9,0% en masa.

El límite superior de la pérdida por calcinación de la ceniza volante empleada como componente principal en la producción de un cemento debe indicarse en el envase y/o en el albarán.

NOTA 2 El objeto de especificar la pérdida por calcinación es limitar el residuo del carbón inquemado en la ceniza volante. Por tanto, es suficiente demostrar, a través de la medida directa del residuo de carbón inquemado, que el contenido de carbón inquemado se sitúa dentro de los límites de las categorías especificadas anteriormente. El contenido de carbón inquemado se determina de acuerdo con la Norma ISO 10694.

5.2.4.2 Ceniza volante silícea (V)

La ceniza volante silícea es un polvo fino, de partículas esféricas en su mayoría, que tiene propiedades puzolánicas. Consta esencialmente de dióxido de silicio reactivo (SiO_2) y de óxido de aluminio (Al_2O_3). El resto contiene óxido de hierro (Fe_2O_3) y otros compuestos.

La proporción de óxido de calcio reactivo (CaO) debe ser menor del 10,0% en masa, y el contenido de óxido de calcio libre, determinado según el método descrito en la Norma EN 451-1, no debe exceder del 1,0% en masa. También es aceptable la ceniza volante con un contenido de óxido de calcio libre superior al 1,0% en masa pero inferior al 2,5% en masa, con la condición de que el requisito de expansión (estabilidad de volumen) no sobrepase los 10 mm cuando se ensaye de acuerdo con la Norma EN 196-3, utilizando una mezcla de un 30% en masa de ceniza volante silícea y un 70% en masa de un cemento CEM I conforme con la Norma EN 197-1.

El contenido de dióxido de silicio reactivo no debe ser inferior al 25% en masa.

5.2.4.3 Ceniza volante calcárea (W)

La ceniza volante calcárea es un polvo fino que tiene propiedades hidráulicas y/o puzolánicas. Consta esencialmente de óxido de calcio reactivo (CaO), dióxido de silicio reactivo (SiO_2) y óxido de aluminio (Al_2O_3). El resto contiene óxido de hierro (Fe_2O_3) y otros compuestos. La proporción de óxido de calcio reactivo no debe ser menor del 10,0% en masa. La ceniza volante calcárea que contenga entre el 10,0% y el 15,0% en masa de óxido de calcio reactivo debe tener un contenido no inferior al 25,0% en masa de dióxido de silicio reactivo.

Adecuadamente molida, la ceniza volante calcárea con más del 15,0% en masa de óxido de calcio reactivo, debe tener una resistencia a compresión de al menos 10,0 MPa a 28 días cuando se ensaya de acuerdo con la Norma EN 196-1. Antes de ser ensayada, la ceniza volante debe molerse y la finura, expresada como la proporción en masa de la ceniza retenida sobre el tamiz de 40 μm , siendo tamizada en húmedo, debe estar entre el 10% y el 30% en masa. El mortero de ensayo debe prepararse sólo con ceniza volante calcárea molida, en lugar de cemento. Las probetas de mortero deben desmoldarse 48 h después de su preparación y posteriormente curadas en una atmósfera húmeda con una humedad relativa de, al menos, un 90% hasta su ensayo.

La expansión (estabilidad de volumen) de la ceniza volante calcárea no debe sobrepasar los 10 mm cuando se ensaya de acuerdo con la Norma EN 196-3, empleando una mezcla de un 30% en masa de ceniza volante calcárea molida tal y como se ha descrito anteriormente, y un 70% en masa de un cemento CEM I conforme con la Norma EN 197-1.

NOTA Si el contenido de sulfatos (SO_3) de la ceniza volante supera el límite superior permitido para el contenido de sulfatos en el cemento, el fabricante del cemento debe tenerlo en cuenta, reduciendo convenientemente los componentes que contienen sulfato de calcio.

5.2.5 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 del clínker, principalmente silicato dicálcico y aluminato monocálcico. También contiene, además de pequeñas cantidades de óxido de calcio libre y de sulfato de calcio, mayores proporciones de óxidos puzolánicamente reactivos, especialmente dióxido de silicio. En consecuencia, en estado finamente molido, el esquisto calcinado presenta propiedades hidráulicas pronunciadas, como las del cemento Portland, así como propiedades puzolánicas.

Adecuadamente molido, el esquisto calcinado debe tener una resistencia a compresión de, al menos, 25,0 MPa a 28 días, cuando se ensaye conforme a la Norma EN 196-1. El mortero de ensayo se debe preparar sólo con esquisto calcinado finamente molido, en lugar de cemento. Las probetas de mortero se deben desmoldar 48 h después de su preparación, y posteriormente curarse en una atmósfera húmeda con una humedad relativa de, al menos, un 90% hasta su ensayo.

La expansión (estabilidad de volumen) del esquisto calcinado no debe sobrepasar los 10 mm cuando sea ensayado de acuerdo con la Norma EN 196-3, empleando una mezcla de un 30% en masa de esquisto calcinado molido y un 70% en masa de un cemento CEM I conforme con la Norma EN 197-1.

NOTA Si el contenido de sulfatos (SO_3) del esquisto calcinado supera el límite superior permitido para el contenido de sulfatos en el cemento, el fabricante del cemento debe tenerlo en cuenta, reduciendo convenientemente los componentes que contienen sulfato de calcio.

5.2.6 Caliza (L, LL)

La caliza debe cumplir los siguientes requisitos:

- a) El contenido de carbonato de calcio (CaCO_3), calculado a partir del contenido de óxido de calcio, no debe ser inferior al 75% en masa.
- b) El contenido de arcilla, determinado mediante el ensayo del azul de metileno de acuerdo con la Norma EN 933-9, no debe exceder de 1,20 g/100 g. Para este ensayo, la caliza debe estar molida a una finura aproximada de 5 000 cm^2/g , determinada como superficie específica de acuerdo con la Norma EN 196-6.
- c) El contenido de carbono orgánico total (TOC), ensayado de acuerdo con la Norma EN 13639, debe cumplir uno de los siguientes criterios:
 - 1) LL: no debe exceder el 0,20% en masa.
 - 2) L: no debe exceder el 0,50% en masa.

5.2.7 Humo de sílice (D)

El humo de sílice se origina por la reducción de cuarzo de elevada pureza con carbón en hornos de arco eléctrico, en la producción de silicio y aleaciones de ferrosilicio, y consiste en partículas esféricas muy finas que contienen al menos un 85% en masa de dióxido de silicio amorfo. El contenido de silicio elemental (Si), determinado de acuerdo con la Norma ISO 9286, no debe ser superior al 0,4% en masa.

El humo de sílice debe cumplir los siguientes requisitos:

- a) La pérdida por calcinación no debe exceder el 4,0% en masa, determinada de acuerdo con la Norma EN 196-2 pero empleando un tiempo de calcinación de 1 h.
- b) La superficie específica (BET) del humo de sílice no tratado debe ser, al menos, de 15,0 m^2/g , cuando se ensaya de acuerdo con la Norma ISO 9277.

Para la molienda conjunta de clínker y sulfato de calcio, el humo de sílice puede estar en su estado original o compactado o peletizado (con agua) o procesado de una forma equivalente.

5.3 Componentes minoritarios adicionales

Los componentes minoritarios adicionales son materiales minerales inorgánicos naturales o materiales minerales inorgánicos derivados del proceso de fabricación del clínker, o alguno de los componentes especificados en el apartado 5.2, especialmente seleccionados, a menos que ya estén incluidos como componentes principales del cemento.

Los componentes minoritarios adicionales, mediante una adecuada preparación, y teniendo en cuenta su distribución granulométrica, mejoran las propiedades físicas del cemento (tales como la trabajabilidad o la retención de agua). Pueden ser inertes o poseer propiedades ligeramente hidráulicas, hidráulicas latentes o puzolánicas. Sin embargo, no se establecen requisitos a este respecto.

Los componentes minoritarios adicionales deben estar correctamente preparados, es decir, seleccionados, homogeneizados, secados y pulverizados, en función de su estado de producción o suministro. No deben aumentar sensiblemente la demanda de agua del cemento, no deben perjudicar la resistencia al deterioro del hormigón o del mortero en ningún caso, ni deben reducir la protección de las armaduras frente a la corrosión.

NOTA La información sobre los componentes minoritarios adicionales del cemento debería ser facilitada por el fabricante, a demanda del usuario.

5.4 Sulfato de calcio

El sulfato de calcio se añade a los demás componentes del cemento durante su fabricación 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. El sulfato de calcio también puede obtenerse como subproducto de ciertos procesos industriales.

5.5 Aditivos

Los aditivos, para el propósito de la Norma EN 197-1, son componentes no contemplados en los apartados del 5.2 al 5.4, que se añaden para mejorar la fabricación o las propiedades del cemento.

La cantidad total de aditivos no debe superar el 1,0% en masa del cemento (a excepción de los pigmentos). La cantidad de aditivos orgánicos, medida sobre el residuo seco, no debe exceder del 0,2% en masa del cemento. Se puede añadir una cantidad mayor en los cementos siempre y cuando se declare la cantidad máxima, en %, en el envase y/o albarán.

Estos aditivos no deben causar la corrosión de las armaduras ni perjudicar las propiedades del cemento ni de los morteros y hormigones con él fabricados.

Cuando se usan en el cemento aditivos para hormigones, morteros o pastas conformes con la serie de Normas EN 934, debe declararse la designación normalizada del aditivo en los sacos o en los albaranes.

6 COMPOSICIÓN Y DESIGNACIÓN

6.1 Composición y designación de los cementos comunes

En la tabla 1 se presentan los productos de la familia de los cementos comunes cubiertos por la Norma EN 197-1, y su designación. Se agrupan en cinco tipos principales como se indica a continuación:

- CEM I Cemento Portland.
- CEM II Cemento Portland compuesto.

- CEM III Cemento de horno alto.
- CEM IV Cemento puzolánico.
- CEM V Cemento compuesto.

La composición de cada uno de los productos de la familia de los cementos comunes debe estar de acuerdo con la tabla 1.

NOTA Por razones de claridad en la definición, 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 (véase 5.4) y cualquier aditivo (véase 5.5).

Tabla 1 –Los 27 productos de la familia de los cementos comunes

Tipos princi- pales	Designación y denominación de los 27 productos (tipos de cementos comunes)		Composición (proporción en masa ^a)											
			Componentes principales										Componentes minoritarios adicionales	
			Clínker	Escoria de horno alto	Humo de sílice	Puzolana		Ceniza volante		Esquisto calcinado	Caliza			
						natural	natural calcinada	silíceas	calcáreas					
			K	S	D ^b	P	Q	V	W	T	L	LL		
CEM I	Cemento Portland	CEM I	95-100	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0-5	
CEM II	Cemento Portland con escoria	CEM II/A-S	80-94	6-20	–	–	–	–	–	–	–	–	0-5	
		CEM II/B-S	65-79	21-35	–	–	–	–	–	–	–	–	0-5	
	Cemento Portland con humo de sílice	CEM II/A-D	90-94	–	6-10	–	–	–	–	–	–	–	0-5	
	Cemento Portland con puzolana	CEM II/A-P	80-94	–	–	6-20	–	–	–	–	–	–	0-5	
		CEM II/B-P	65-79	–	–	21-35	–	–	–	–	–	–	0-5	
		CEM II/A-Q	80-94	–	–	–	6-20	–	–	–	–	–	0-5	
		CEM II/B-Q	65-79	–	–	–	21-35	–	–	–	–	–	0-5	
	Cemento Portland 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 Portland con esquisto calcinado	CEM II/A-T	80-94	–	–	–	–	–	–	6-20	–	–	0-5	
		CEM II/B-T	65-79	–	–	–	–	–	–	21-35	–	–	0-5	
	Cemento Portland 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 Portland compuesto ^c	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 ^c	CEM IV/A	65-89	–	<----- 11-35 ----->					–	–	–	0-5	
		CEM IV/B	45-64	–	<----- 36-55 ----->					–	–	–	0-5	
CEM V	Cemento compuesto ^c	CEM V/A	40-64	18-30	–	<----- 18-30 ----->			–	–	–	–	0-5	
		CEM V/B	20-38	31-49	–	<----- 31-49 ----->			–	–	–	–	0-5	
^a Los valores de la tabla se refieren a la suma de los componentes principales y minoritarios adicionales.														
^b La proporción de humo de sílice está limitada al 10%.														
^c En los cementos Portland compuestos CEM II/A-M y CEM II/B-M, en los cementos puzolánicos CEM IV/A y CEM IV/B y en los cementos compuestos CEM V/A y CEM V/B, los componentes principales diferentes del clínker se deben declarar en la designación del cemento (véanse los ejemplos en el capítulo 8).														

6.2 Composición y designación de los cementos comunes resistentes a los sulfatos (cementos SR)

Los siete productos de la familia de los cementos comunes resistentes a los sulfatos contemplados por esta norma se presentan en la tabla 2.

Se agrupan en tres tipos de cementos principales, como se indica a continuación:

Cemento Portland resistente a los sulfatos:

- CEM I-SR 0: Cemento Portland resistente a los sulfatos (contenido de C_3A en el clinker = 0%).
- CEM I-SR 3: Cemento Portland resistente a los sulfatos (contenido de C_3A en el clinker $\leq 3\%$).
- CEM I-SR 5: Cemento Portland resistente a los sulfatos (contenido de C_3A en el clinker $\leq 5\%$).

Cemento de horno alto resistente a los sulfatos:

- CEM III/B-SR: Cemento de horno alto resistente a los sulfatos (no tiene requisito relativo al contenido de C_3A en el clinker).
- CEM III/C-SR: Cemento de horno alto resistente a los sulfatos (no tiene requisito relativo al contenido de C_3A en el clinker).

Cemento puzolánico resistente a los sulfatos:

- CEM IV/A-SR: Cemento puzolánico resistente a los sulfatos (contenido de C_3A en el clinker $\leq 9\%$),
- CEM IV/B-SR: Cemento puzolánico resistente a los sulfatos (contenido de C_3A en el clinker $\leq 9\%$).

La composición de cada uno de los siete productos de la familia de los cementos comunes resistentes a los sulfatos debe estar de acuerdo con la tabla 2. La designación del tipo de cemento debe estar de acuerdo con los requisitos de esta norma pero con la designación adicional SR 0, SR 3 o SR 5 para los cementos CEM I y únicamente "SR" para los cementos CEM III y IV.

Tabla 2 – Los siete productos de la familia de los cementos comunes resistentes a los sulfatos

Tipos principales	Designación y denominación de los siete productos (tipos de cementos comunes resistentes a los sulfatos)		Composición (porcentaje en masa ^a)				
			Componentes principales				Componentes minoritarios adicionales
			Clínker K	Escoria de horno alto S	Puzolana natural P	Ceniza volante silíceas V	
CEM I	Cemento Portland resistente a los sulfatos	CEM I-SR 0 CEM I-SR 3 CEM I-SR 5	95-100	–	–	–	0-5
CEM III	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 ^b	CEM IV/A-SR	65-79	–	← -- 21-35 -- →		0-5
		CEM IV/B-SR	45-64	–	← -- 36-55 -- →		0-5

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

^b En los cementos puzolánicos resistentes a los sulfatos, los tipos CEM IV/A-SR y CEM IV/B-SR, los componentes principales diferentes del clínker se deben declarar en la designación del cemento (véanse los ejemplos del capítulo 8).

6.3 Composición y designación de los cementos comunes de baja resistencia inicial

Los cementos comunes de baja resistencia inicial son los cementos de horno alto CEM III especificados en la tabla 1. Se diferencian de los demás cementos comunes en sus requisitos de resistencia inicial (véase 7.1.2). Los cementos CEM III de baja resistencia inicial conformes con los requisitos de la tabla 2, también pueden ser declarados como cementos comunes resistentes a los sulfatos.

7 REQUISITOS MECÁNICOS, FÍSICOS, QUÍMICOS Y DE DURABILIDAD

7.1 Requisitos mecánicos

7.1.1 Resistencia nominal

La resistencia nominal de un cemento es la resistencia a compresión a los 28 días, determinada de acuerdo con la Norma EN 196-1, y debe cumplir con los requisitos de la tabla 3.

Se contemplan tres clases de resistencia nominal: clase 32,5, clase 42,5 y clase 52,5 (véase la tabla 3).

7.1.2 Resistencia inicial

La resistencia inicial de un cemento es la resistencia a compresión, a 2 días o a 7 días, determinada de acuerdo con la Norma EN 196-1, y debe cumplir los requisitos de la tabla 3.

Se definen tres clases de resistencias iniciales para cada clase de resistencia nominal: una clase con resistencia inicial ordinaria indicada por N, una clase con resistencia inicial elevada indicada por R, y una clase con baja resistencia inicial indicada por L (véase la tabla 3). La clase de resistencia L sólo es aplicable a los cementos CEM III. Éstos son los cementos de horno alto de baja resistencia inicial.

Tabla 3 – Requisitos mecánicos y físicos expresados como valores característicos

Clase de resistencia	Resistencia a compresión MPa				Tiempo de principio de fraguado	Estabilidad de volumen (Expansión)
	Resistencia inicial		Resistencia nominal			
	2 días	7 días	28 días		mín.	mm
32,5 L ^a	–	≥ 12,0	≥ 32,5	≤ 52,5	≥ 75	≤ 10
32,5 N	–	≥ 16,0				
32,5 R	≥ 10,0	–				
42,5 L ^a	–	≥ 16,0	≥ 42,5	≤ 62,5	≥ 60	
42,5 N	≥ 10,0	–				
42,5 R	≥ 20,0	–				
52,5 L ^a	≥ 10,0	–	≥ 52,5	–	≥ 45	
52,5 N	≥ 20,0	–				
52,5 R	≥ 30,0	–				

^a Clase de resistencia definida sólo para los cementos CEM III.

7.2 Requisitos físicos

7.2.1 Tiempo de principio de fraguado

El tiempo de principio de fraguado, determinado de acuerdo con la Norma EN 196-3, debe cumplir los requisitos de la tabla 3.

7.2.2 Estabilidad de volumen

La expansión, determinada de acuerdo con la Norma EN 196-3, debe cumplir el requisito de la tabla 3.

7.2.3 Calor de hidratación

El calor de hidratación de los cementos comunes de bajo calor de hidratación no debe superar el valor característico de 270 J/g, determinado de acuerdo, bien con la Norma EN 196-8 a 7 días, o bien con la Norma EN 196-9 a 41 h.

Los cementos comunes de bajo calor de hidratación se deben identificar con la designación LH.

NOTA 1 Un estudio prenormativo ha demostrado la equivalencia de los resultados de ensayo obtenidos con la Norma EN 196-8 a 7 días y con la Norma EN 196-9 a 41 h. Sin embargo, en caso de desacuerdo entre los laboratorios, se debería acordar el método de ensayo.

NOTA 2 Un cemento con un mayor calor de hidratación es adecuado para algunas aplicaciones. Este valor debería ser acordado entre el fabricante y el usuario, y este cemento no debería ser identificado como de bajo calor de hidratación (LH).

7.3 Requisitos químicos

Las propiedades de los cementos cuyos tipos y clases de resistencia figuran en las columnas 3 y 4 respectivamente de la tabla 4, deben cumplir los requisitos indicados en la columna 5 de dicha tabla, cuando se ensayen de acuerdo con las normas citadas en la columna 2.

Tabla 4 – Requisitos químicos expresados como valores característicos

1	2	3	4	5
Propiedad	Ensayo de referencia	Tipo de cemento	Clase de resistencia	Requisitos ^a
Pérdida por calcinación	EN 196-2	CEM I CEM III	Todas	$\leq 5,0\%$
Residuo insoluble	EN 196-2 ^b	CEM I CEM III	Todas	$\leq 5,0\%$
Contenido de sulfatos (como SO ₃)	EN 196-2	CEM I CEM II ^c CEM IV CEM V	32,5 N 32,5 R 42,5 N	$\leq 3,5\%$
			42,5 R 52,5 N 52,5 R	$\leq 4,0\%$
		CEM III ^d	Todas	
Contenido de cloruros	EN 196-2	Todos ^e	Todas	$\leq 0,10\%$ ^f
Puzolanidad	EN 196-5	CEM IV	Todas	Cumplir el ensayo
^a Los requisitos vienen dados como porcentaje en masa del cemento final. ^b Determinación del residuo insoluble en ácido clorhídrico y carbonato de sodio. ^c Los tipos de cemento CEM II/B-T y CEM II/B-M con un contenido de T > 20% pueden contener hasta un 4,5% de sulfatos (como SO ₃) para todas las clases de resistencia. ^d El cemento del tipo CEM III/C puede contener hasta un 4,5% de sulfatos. ^e El cemento del tipo CEM III puede contener más del 0,10% de cloruros, pero en tal caso, el contenido máximo se debe indicar en el envase y/o albarán. ^f Para las aplicaciones de pretensado, los cementos se pueden fabricar de acuerdo con un requisito menor. Si es así, se debe reemplazar el valor de 0,10% por dicho menor valor, el cual se debe indicar en el albarán.				

7.4 Requisitos de durabilidad

7.4.1 Generalidades

Para muchas aplicaciones, particularmente en condiciones ambientales severas, la elección del cemento influye en la durabilidad del hormigón, mortero y pasta, por ejemplo, en la resistencia al hielo-deshielo, en la resistencia química y en la protección de la armadura. Los álcalis del cemento u otros componentes del hormigón pueden reaccionar químicamente con algunos áridos. Los requisitos apropiados se establecen en la Norma EN 206-1.

La elección del cemento, a partir de esta norma, en particular en lo que concierne al tipo y clase de resistencia para las diferentes aplicaciones y clases de exposición, debe seguir las normas y/o los reglamentos correspondientes para el hormigón y el mortero que sean válidas en el lugar de uso.

Los cementos comunes de baja resistencia inicial tendrán una resistencia inicial más baja comparada con la de otros cementos comunes de la misma clase de resistencia nominal, y pueden requerir precauciones adicionales en su utilización, tales como la ampliación del tiempo de retirada del encofrado o la protección frente a la climatología adversa. En el resto de aspectos, sus prestaciones y adecuación al uso serán similares a las de los otros cementos comunes, conformes con esta norma, del mismo tipo y clase de resistencia nominal.

7.4.2 Resistencia a los sulfatos

El cemento común resistente a los sulfatos debe cumplir los requisitos químicos adicionales especificados en la tabla 5. Los cementos comunes resistentes a los sulfatos se deben identificar mediante la designación SR.

**Tabla 5 – Requisitos adicionales para los cementos comunes
resistentes a los sulfatos expresados como valores característicos**

1	2	3	4	5
Propiedad	Ensayo de referencia	Tipo de cemento	Clase de resistencia	Requisitos ^a
Contenido de sulfatos (expresado como SO ₃)	EN 196-2	CEM I-SR 0	32,5 N	≤ 3,0%
		CEM I-SR 3	32,5 R	
		CEM I-SR 5 ^b	42,5 N	≤ 3,5%
		CEM IV/A-SR	42,5 R	
		CEM IV/B-SR	52,5 N	
			52,5 R	
C ₃ A en el clinker ^c	EN 196-2 ^d	CEM I-SR 0	Todas	= 0%
		CEM I-SR 3		≤ 3%
		CEM I-SR 5		≤ 5%
	— ^e	CEM IV/A-SR CEM IV/B-SR		≤ 9%
Puzolanidad	EN 196-5	CEM IV/A-SR CEM IV/B-SR	Todas	Cumplir el ensayo a los 8 días

^a Los requisitos vienen dados en porcentaje en masa del cemento final o clinker tal y como se define en la tabla.

^b 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.

^c El método de ensayo para la determinación del contenido de C₃A en el clinker mediante un análisis del cemento final está en estudio en el Comité Técnico CEN/TC 51.

^d En el caso particular del CEM I, es permisible el cálculo del contenido de C₃A en el clinker a partir del análisis químico del cemento. El contenido de C₃A se debe calcular con la fórmula: C₃A = 2,65 A - 1,69 F (véase 5.2.1).

^e Hasta la finalización del método de ensayo, el contenido de C₃A en el clinker (véase 5.2.1) se debe determinar en base al análisis del clinker como parte del control de producción en fábrica del fabricante (véase 4.2.1.2 de la Norma EN 197-2:2000).

8 DESIGNACIÓN NORMALIZADA

Los cementos CEM se deben identificar, al menos, por la designación del tipo de cemento, como se especifica en la tabla 1, y por las cifras 32,5, 42,5 o 52,5 que indican la clase de resistencia (véase 7.1). Para indicar la clase de resistencia inicial se deben añadir las letras N, R o L, según corresponda (véase 7.1).

Cuando en la misma fábrica un fabricante produce diferentes cementos que corresponden a la misma designación normalizada, estos cementos reciben una identificación adicional en forma de un número o de dos letras minúsculas, entre paréntesis, con el fin de distinguir estos cementos unos de otros. Para el sistema numérico, éste número debería ser el 1 para el segundo cemento certificado, 2 para el siguiente y así sucesivamente. Para el sistema de letras, éstas se deben elegir de tal forma que se evite cualquier confusión.

El cemento resistente a los sulfatos se debe designar adicionalmente con las letras SR.

Los cementos no recogidos por esta norma europea con relación a su propiedad de resistencia a los sulfatos, pero considerados resistentes a los sulfatos de acuerdo con las normas nacionales contempladas en el anexo A, no se deben identificar con las letras SR.

NOTA El marcado CE puede estamparse en dichos productos como cementos comunes.

El cemento común de bajo calor de hidratación se debe designar adicionalmente con la notación LH.

EJEMPLO 1 Un cemento Portland conforme con la Norma EN 197-1, y de clase de resistencia 42,5 con elevada resistencia inicial, se designa como:

Cemento Portland EN 197-1 – CEM I 42,5 R

- EJEMPLO 2 Un cemento Portland con caliza, conforme con la Norma EN 197-1, con un contenido entre el 6% y el 20% en masa de caliza (L), con un contenido de TOC que no exceda del 0,50% en masa, y de clase de resistencia 32,5 con una resistencia inicial ordinaria, se designa como:
- Cemento Portland con caliza EN 197-1 – CEM II/A-L 32,5 N**
- EJEMPLO 3 Un cemento Portland compuesto, conforme con la Norma EN 197-1, conteniendo en total una cantidad de escoria granulada de horno alto (S), de ceniza volante silícea (V) y de caliza (L) entre el 12% y el 20% en masa, y de clase de resistencia 32,5 con alta resistencia inicial, se designa como:
- Cemento Portland compuesto EN 197-1 – CEM II/A-M (S-V-L) 32,5 R**
- EJEMPLO 4 Un cemento compuesto, conforme con la Norma EN 197-1, que contiene entre el 18% y el 30% en masa de escoria granulada de horno alto (S), y entre el 18% y el 30% en masa de ceniza volante silícea (V), y de clase de resistencia 32,5 con una resistencia inicial ordinaria, se designa como:
- Cemento compuesto EN 197-1 – CEM V/A (S-V) 32,5 N**
- EJEMPLO 5 Un cemento de horno alto, conforme con la Norma EN 197-1, que contiene entre el 66% y el 80% en masa de escoria granulada de horno alto (S), de clase de resistencia 32,5 con una resistencia inicial ordinaria, de bajo calor de hidratación y resistente a los sulfatos, se designa como:
- Cemento de horno alto EN 197-1 – CEM III/B 32,5 N – LH/SR**
- EJEMPLO 6 Un cemento Portland, conforme con la Norma EN 197-1, de clase de resistencia 42,5 con una elevada resistencia inicial, y resistente a los sulfatos con un contenido de C₃A en el clínker ≤ 3% en masa, se designa como:
- Cemento Portland EN 197-1 – CEM I 42,5 R – SR 3**
- EJEMPLO 7 Un cemento puzolánico, conforme con la Norma EN 197-1, que contiene entre el 21% y el 35% en masa de puzolana natural (P), de clase de resistencia 32,5 con una resistencia inicial ordinaria, resistente a los sulfatos con un contenido de C₃A en el clínker ≤ 9% en masa, y que cumple el requisito de puzolanidad, se designa como:
- Cemento puzolánico EN 197-1 – CEM IV/A (P) 32,5 N – SR**
- EJEMPLO 8 Un cemento de horno alto, conforme con la Norma EN 197-1, que contiene entre el 81% y el 95% en masa de escoria granulada de horno alto (S), de clase de resistencia 32,5 de baja resistencia inicial, de bajo calor de hidratación y resistente a los sulfatos, se designa como:
- Cemento de horno alto EN 197-1 – CEM III/C 32,5 L – LH/SR**
- EJEMPLO 9 Un cemento Portland, conforme con la Norma EN 197-1, de clase de resistencia 42,5 con una elevada resistencia inicial y en una fábrica en la que se producen diferentes cementos que cumplen con la misma designación normalizada, se designa como:
- Cemento Portland EN 197-1 – CEM I 42,5 R (1)**

9 CRITERIOS DE CONFORMIDAD

9.1 Requisitos generales

La conformidad de los productos con esta norma se debe evaluar de forma continua mediante ensayos sobre muestras puntuales. Las propiedades, métodos de ensayo, y frecuencias de ensayo mínimas para la realización de los ensayos de autocontrol por parte del fabricante se especifican en la tabla 6. En el caso de cementos que tienen expedición discontinua, para las frecuencias de ensayo y otros detalles, véase la Norma EN 197-2. Se podrían emplear métodos de ensayo alternativos siempre y cuando hayan sido validados de acuerdo con las disposiciones adecuadas que aparecen en las normas de métodos de ensayo de referencia citadas. En caso de desacuerdo, sólo deberían ser empleados los métodos de referencia.

NOTA 1 Esta norma no contempla el control de aceptación de un suministro (control de recepción).

NOTA 2 Para la certificación de la conformidad por un organismo notificado, la conformidad del cemento con esta norma se evalúa de acuerdo con la Norma EN 197-2.

El cumplimiento de los cementos comunes con los requisitos de esta norma y con los valores establecidos (incluyendo las clases) se debe demostrar mediante:

- ensayos iniciales de tipo,
- control de producción en fábrica por el fabricante, incluyendo la evaluación del producto.

Tabla 6 – Propiedades, métodos de ensayo y frecuencias mínimas de ensayo para el autocontrol del fabricante, y procedimiento de evaluación estadística

Propiedad	Cementos a ensayar	Método de ensayo ^{a b}	Ensayos de autocontrol			
			Frecuencia mínima de ensayo		Procedimiento de evaluación estadística	
			Situación normal	Periodo inicial para un cemento nuevo	Inspección por Variables ^c	Atributos
1	2	3	4	5	6	7
Resistencia inicial Resistencia nominal	Todos	EN 196-1	2/semana	4/semana	x	
Tiempo de principio de fraguado	Todos	EN 196-3	2/semana	4/semana		x ^d
Estabilidad de volumen (expansión)	Todos	EN 196-3	1/semana	4/semana		x
Pérdida por calcinación	CEM I CEM III	EN 196-2	2/mes ^e	1/semana		x ^d
Residuo insoluble	CEM I, CEM III	EN 196-2	2/mes ^e	1/semana		x ^d
Contenido de sulfatos	Todos	EN 196-2	2/semana	4/semana		x ^d
Contenido de cloruros	Todos	EN 196-2	2/mes ^e	1/semana		x ^d
C ₃ A en el clinker ^f	CEM I-SR 0 CEM I-SR 3 CEM I-SR 5	EN 196-2 ^g	2/mes	1/semana		x ^d
	CEM IV/A-SR CEM IV/B-SR	— ^h				
Puzolanicidad	CEM IV	EN 196-5	2/mes	1/semana		x
Calor de hidratación	Cementos comunes de bajo calor de hidratación	EN 196-8 o EN 196-9	1/mes	1/semana		x ^d
Composición	Todos	— ⁱ	1/mes	1/semana		

^a Se pueden utilizar otros métodos distintos de los indicados en aquellos casos en los que la parte correspondiente de la Norma EN 196 lo permita, siempre que proporcionen resultados correlacionados y equivalentes a los obtenidos mediante el método de referencia.

^b Los métodos utilizados para la toma y preparación de muestras deben estar de acuerdo con la Norma EN 196-7.

^c Si los datos no se ajustan a una distribución normal, el método de evaluación estadística utilizable se puede decidir en cada caso.

^d Si el número de muestras es, al menos, de una por semana durante el periodo de control, la evaluación estadística puede realizarse por variables.

^e Cuando ninguno de los resultados de ensayo exceda del 50% del valor característico, dentro de un periodo de 12 meses, la frecuencia de ensayo se puede reducir a uno al mes.

^f El método de ensayo para la determinación del contenido de C₃A en el clinker, a partir del análisis del cemento final, está en desarrollo en el seno del Comité Técnico CEN/TC 51.

^g En el caso particular del CEM I, es permisible el cálculo del contenido de C₃A en el clinker a partir del análisis químico del cemento. El contenido de C₃A se debe calcular con la fórmula: C₃A = 2,65 A – 1,69 F (véase 5.2.1).

^h La determinación del contenido de C₃A del clinker (véase 5.2.1) se debe determinar en base al análisis del clinker como parte del control de producción en fábrica por el fabricante (véase 4.2.1.2 de la Norma EN 197-2:2000) hasta que se haya finalizado el método de ensayo.

ⁱ Método de ensayo apropiado elegido por el fabricante.

9.2 Criterios de conformidad para propiedades mecánicas, físicas y químicas, y procedimiento de evaluación

9.2.1 Generalidades

Se acepta la conformidad de un cemento con los requisitos relativos a las propiedades mecánicas, físicas y químicas de esta norma si se cumplen los criterios de conformidad especificados en los apartados 9.2.2 y 9.2.3. La conformidad se debe evaluar en base a un muestreo continuo de muestras puntuales, tomadas en los lugares de expedición, y en base a los resultados de ensayo obtenidos sobre todas las muestras de autocontrol tomadas durante el periodo de control.

9.2.2 Criterios de conformidad estadísticos

9.2.2.1 Generalidades

La conformidad se debe formular en términos de un criterio estadístico basado en:

- los valores característicos especificados para las propiedades mecánicas, físicas y químicas indicados en los apartados 7.1, 7.2 y 7.3;
- el percentil, P_k , en el que se basa la definición de valor característico, como se indica en la tabla 7;
- la probabilidad de aceptación permitida CR, tal y como se indica en la tabla 7.

Tabla 7 – Valores requeridos de P_k y CR

	Requisitos mecánicos		Requisitos físicos y químicos
	Resistencia inicial y nominal (límite inferior)	Resistencia nominal (límite superior)	
El percentil P_k , en el que se basa la definición de valor característico	5%	10%	
Probabilidad de aceptación permitida, CR	5%		

NOTA La evaluación de la conformidad mediante un procedimiento basado en un número finito de resultados de ensayo sólo puede dar un valor aproximado de la proporción de resultados fuera del valor característico especificado en una población. A mayor tamaño de la muestra (número de resultados de ensayo), mejor es la aproximación. La probabilidad de aceptación seleccionada CR controla el grado de aproximación del plan de muestreo.

La conformidad con los requisitos de esta norma se debe evaluar o bien por variables, o bien por atributos, tal y como se describe en los apartados 9.2.2.2 y 9.2.2.3, y como se especifica en la tabla 6.

El periodo de control debe ser de 12 meses.

9.2.2.2 Inspección por variables

Para esta evaluación se asume que los resultados de ensayo se ajustan a una distribución normal.

La conformidad se acepta cuando se cumple(n) la(s) ecuación(es) (2) y (3), según corresponda:

$$\bar{x} - k_A \cdot s \geq L \quad (2)$$

y

$$\bar{x} + k_A \cdot s \leq U \quad (3)$$

donde

$\bar{x}$ es la media aritmética de la totalidad de los resultados de los ensayos de autocontrol en el periodo de control;

s es la desviación típica de la totalidad de los resultados de los ensayos de autocontrol en el periodo de control;

k_A es la constante de aceptabilidad;

L es el límite inferior especificado que se indica en la tabla 3, al que se hace referencia en el apartado 7.1;

U es el límite superior especificado que se indica en las tablas 3, 4 y 5, al que se hace referencia en el capítulo 7.

La constante de aceptabilidad k_A depende del percentil P_k en el que se basa la definición de valor característico, de la probabilidad de aceptación permitida CR, y del número n de resultados de ensayo. Los valores de k_A se indican en la tabla 8.

Tabla 8 – Constante de aceptabilidad k_A

Número de resultados de ensayo, n	k_A^a	
	para $P_k = 5\%$	para $P_k = 10\%$
	Resistencias inicial y nominal (límite inferior)	Otras propiedades
20 a 21	2,40	1,93
22 a 23	2,35	1,89
24 a 25	2,31	1,85
26 a 27	2,27	1,82
28 a 29	2,24	1,80
30 a 34	2,22	1,78
35 a 39	2,17	1,73
40 a 44	2,13	1,70
45 a 49	2,09	1,67
50 a 59	2,07	1,65
60 a 69	2,02	1,61
70 a 79	1,99	1,58
80 a 89	1,97	1,56
90 a 99	1,94	1,54
100 a 149	1,93	1,53
150 a 199	1,87	1,48
200 a 299	1,84	1,45
300 a 399	1,80	1,42
> 400	1,78	1,40
NOTA Los valores indicados en esta tabla son válidos para CR = 5%.		
^a También se pueden utilizar valores de k_A interpolados para valores intermedios de n .		

9.2.2.3 Inspección por atributos

Se debe contar el número c_D de resultados de ensayo que exceden el valor requerido y se debe comparar con un número de aceptabilidad c_A , calculado a partir del número n de resultados de ensayos de autocontrol y del percentil P_k , tal y como se especifica en la tabla 9.

La conformidad se acepta cuando se cumple la ecuación (4):

$$c_D \leq c_A \quad (4)$$

El valor c_A depende del percentil P_k en el que se basa la definición de valor característico, de la probabilidad de aceptación permitida CR, y de un número n de resultados de ensayo. Los valores de c_A se indican en la tabla 9.

Tabla 9 – Valores de c_A

Número de resultados de ensayo n^a	c_A para $P_k = 10\%$
20 a 39	0
40 a 54	1
55 a 69	2
70 a 84	3
85 a 99	4
100 a 109	5
110 a 123	6
124 a 136	7
NOTA Los valores indicados en esta tabla son válidos para CR = 5%.	
^a Si el número de resultados de ensayo es $n < 20$ (para $P_k = 10\%$) no es posible un criterio de conformidad con base estadística. A pesar de esto, en los casos en que $n < 20$ se debe utilizar el criterio de $c_A = 0$. Si el número de resultados de ensayo es $n > 136$, c_A puede calcularse como sigue: $c_A = 0,075 (n - 30)$.	

9.2.3 Criterios de conformidad para resultados individuales

Además de los criterios de conformidad estadísticos, la conformidad de los resultados de ensayo con los requisitos de esta norma requiere que se verifique que cada resultado de ensayo permanece dentro de los valores límite para los resultados individuales especificados en la tabla 10.

Tabla 10 – Valores límite para los resultados individuales

Propiedad		Valores límite para los resultados individuales								
		Clase de resistencia								
		32,5 L	32,5 N	32,5 R	42,5 L	42,5 N	42,5 R	52,5 L	52,5 N	52,5 R
Resistencia inicial (MPa), valor límite inferior	2 días	–	–	8,0	–	8,0	18,0	8,0	18,0	28,0
	7 días	10,0	14,0	–	14,0	–	–	–	–	–
Resistencia nominal (MPa), valor límite inferior	28 días	30,0			40,0			50,0		
Tiempo de principio de fraguado (min), valor límite inferior		60			50			40		
Estabilidad de volumen (expansión en mm), valor límite superior		10								
Contenido de sulfatos (como % SO ₃), valor límite superior	CEM I CEM II ^a CEM IV CEM V	–	4,0	–	4,0	4,5	–	4,5		
	CEM I-SR 0 CEM I-SR 3 CEM I-SR 5 ^b CEM IV/A-SR CEM IV/B-SR	–	3,5	–	3,5	4,0	–	4,0		
	CEM III/A CEM III/B	4,5								
	CEM III/C	5,0								
C ₃ A (%), valor límite superior	CEM I-SR 0	1								
	CEM I-SR 3	4								
	CEM I-SR 5	6								
	CEM IV/A-SR	10								
	CEM IV/B-SR	10								
Contenido de cloruros (%) ^c , valor límite superior		0,10 ^d								
Puzolanicidad		–	Cumplir el ensayo a 15 días	–	Cumplir el ensayo a 15 días	–	Cumplir el ensayo a 15 días			
Calor de hidratación (J/g), valor límite superior	LH	300								

^a Los tipos de cemento CEM II/B-T y CEM II/B-M con un contenido de T > 20% pueden contener hasta un 5,0% de sulfatos (como SO₃) para todas las clases de resistencia.

^b El CEM I–SR 5 utilizado en aplicaciones específicas puede producirse con un valor mayor de contenido de sulfatos (véase la tabla 5). En este caso, el valor límite superior es de un 0,5% por encima del valor declarado.

^c El cemento tipo CEM III puede contener más del 0,10% de cloruros, pero en este caso el contenido máximo de cloruros debe ser declarado.

^d Para las aplicaciones de pretensado, los cementos se pueden fabricar de acuerdo con un requisito menor. Si es así, se debe reemplazar el valor de 0,10% por dicho menor valor, el cual se debe indicar en el albarán.

9.3 Criterios de conformidad para la composición del cemento

La composición del cemento se debe comprobar por lo menos una vez al mes por el fabricante, realizándose, como regla general, sobre una muestra puntual tomada en el lugar de expedición del cemento. La composición del cemento debe cumplir los requisitos especificados en las tablas 1 y 2. Las cantidades límite de los componentes principales especificados en las tablas 1 y 2, son valores de referencia que ha de cumplir la composición media calculada a partir de las muestras puntuales tomadas en el periodo de control. Para los resultados individuales, se permiten unas desviaciones máximas de -2 del límite inferior del intervalo de referencia y de $+2$ del límite superior del intervalo de referencia.

Durante la producción se deben documentar y aplicar procedimientos y métodos de evaluación adecuados para garantizar el cumplimiento de estos requisitos.

9.4 Criterios de conformidad para las propiedades de los componentes del cemento

Los componentes del cemento deben cumplir los requisitos especificados en el capítulo 5. Durante la producción se deben documentar y aplicar procedimientos adecuados para garantizar el cumplimiento de estos requisitos.

ANEXO A (Informativo)

**LISTA DE CEMENTOS COMUNES CONSIDERADOS COMO RESISTENTES A
LOS SULFATOS POR LAS NORMAS NACIONALES EN DIFERENTES PAÍSES
MIEMBROS DEL CEN, PERO QUE NO ESTÁN INCLUIDOS EN LA
TABLA 2 O NO CUMPLEN LOS REQUISITOS INDICADOS EN LA TABLA 5**

**Tabla A.1 – Lista de cementos comunes considerados como resistentes a los sulfatos
por las normas nacionales en diferentes países miembros del CEN, pero que no están
incluidos en la tabla 2 o no cumplen los requisitos indicados en la tabla 5**

Países miembros del CEN	Norma nacional	Tipos de cemento CEM
Austria	ÖNORM B 3327-1 ÖNORM B 4710-1	II/A-S, II/B-S, II/A-V, II/B-V, II/A-M, II/B-M, II/A-D, III/A
Bélgica	NBN B12-108	V/A (S-V)
Dinamarca	DS/INF 135	I II/A-V, II/B-V
Francia	NF P 15-319	II/A-S, II/B-S, II/A-V, II/A-P, II/A-M(S-V) III/A V/A, V/B
Hungría	MSZ 4737-1	II/A-V
Italia	UNI 9156	II/A-S, II/B-S, II/A-D, II/A-P, II/A-V, II/A-L, II/A-LL, II/B-L, II/B-LL, II/A-M, II/A-W, II/A-T, II/B-P, II/B-V, II/B-W, II/B-T, II/B-M III/A IV/A, IV/B V/A, V/B
Polonia	PN-B-19707	II/B-V III/A V/A, V/B
Portugal	NP EN 206-1	II/A-L, II/A-LL, II/A-M, II/A-S, II/B-S, II/A-D, II/A-P, II/B-P, II/A-V, II/B-V III/A IV/A, IV/B V/A, V/B
España	UNE 80303-1	II/A-S, II/B-S, II/A-D, II/A-P, II/B-P, II/A-V, II/B-V III/A V/A
Suiza	SN EN 206-1	II/A-D, II/B-M (D, V, S, T, LL)
Reino Unido	BS 8500	II/B-V III/A IV/A (V), IV/B (V)

ANEXO ZA (Informativo)**CAPÍTULOS DE ESTA NORMA EUROPEA RELATIVOS A LOS REQUISITOS
ESENCIALES DE LA DIRECTIVA DE PRODUCTOS DE CONSTRUCCIÓN DE LA UE****ZA.1 Objeto, campo de aplicación y características relativas a los requisitos esenciales**

Esta norma europea y este anexo ZA han sido elaborados bajo el Mandato M/114 "Cemento, cales de construcción y otros conglomerantes hidráulicos" dado a CEN por la Comisión Europea y la Asociación Europea de Libre Comercio.

Los capítulos de esta norma europea que figuran en este anexo satisfacen los requisitos del mandato dado en el marco de la Directiva de Productos de Construcción de la UE (89/106/CEE).

El cumplimiento de estos capítulos confiere presunción de conformidad de los cementos comunes cubiertos por esta norma para las aplicaciones previstas. Debe hacerse referencia a la información que acompaña al marcado CE.

ADVERTENCIA: Los productos incluidos en el campo de aplicación de esta norma pueden estar afectados por otros requisitos y otras Directivas de la UE que no afecten a su aptitud al uso para las aplicaciones previstas.

NOTA 1 Además de los posibles capítulos relativos a sustancias peligrosas contenidos en esta norma, pueden existir otros requisitos adicionales aplicables a los productos cubiertos por su campo de aplicación (por ejemplo, transposición de legislación y leyes europeas, reglamentaciones y disposiciones administrativas nacionales). Con el fin de cumplir con las disposiciones de la Directiva de Productos de Construcción, es necesario que estos requisitos sean respetados igualmente donde y cuando apliquen.

NOTA 2 Se puede consultar una base de datos informativa sobre las disposiciones europeas y nacionales relativas a las sustancias peligrosas, en el dominio de Construcción EUROPA, accesible mediante <http://ec.europa.eu/enterprise/construction/cpd-ds/>).

Este anexo establece las condiciones del mercado CE de los cementos comunes para los usos previstos indicados en la tabla ZA.1.1, donde se indican los capítulos correspondientes aplicables.

El objeto y campo de aplicación de este anexo es el mismo que el que se indica en el capítulo 1 de esta norma y se define en la tabla ZA.1.

Tabla ZA.1 – Campo de aplicación y capítulos relativos a los requisitos esenciales aplicables

Productos de construcción: 27 cementos comunes diferentes, 7 cementos comunes resistentes a los sulfatos así como 3 cementos de horno alto de baja resistencia inicial y 2 cementos de horno alto de baja resistencia inicial y resistentes a los sulfatos (véanse las tablas 1 y 2)				
Uso previsto: Preparación de hormigones, morteros, pastas y otras mezclas para la construcción y para la fabricación de productos de construcción (véanse las notas de esta tabla)				
Requisito/características del mandato	Capítulos relativos a requisitos ^a en esta norma europea		Nivel(es) o clase(s) mandatadas	Notas
	Capítulos ^a	Condiciones de los requisitos		
Cementos comunes (subfamilias) componentes y composición	3, 4, 5, 6, 8, 9	Composición de los diferentes productos (véanse la tabla 1) dentro de la familia de "Cementos Comunes", definidos en base a sus componentes y composición.	Ninguno	La selección de cementos, por los Estados miembros en sus reglamentos técnicos para aplicaciones previstas particulares, debe ser posible, basado en los distintos tipos de cemento y en las clases de resistencia de los mismos.
Resistencia a compresión (inicial y nominal)	7.1, 8, 9	Requisitos de resistencia a compresión expresados en términos de clases y límites de resistencia ^b	Ninguno	
Tiempos de fraguado	7.2, 9	Requisitos expresados en términos de límites inferiores ^b	Ninguno	
Residuo insoluble	7.3, 9	Requisitos expresados en términos de límites superiores ^b	Ninguno	Sólo para CEM I y CEM III.
Pérdida por calcinación	7.3, 9	Requisitos expresados en términos de límites superiores ^b	Ninguno	Sólo para CEM I y CEM III.
Estabilidad de volumen – expansión –contenido de SO ₃	7.2, 9, 7.3, 9	Requisitos expresados en términos de límites superiores ^b	Ninguno	
Calor de hidratación	7.2.3, 9	Requisitos expresados en términos de límites superiores ^b	Ninguno	Sólo para cementos de bajo calor de hidratación
Contenido de cloruros	7.3, 9	Requisitos expresados en términos de límites superiores ^b	Ninguno	
Puzolanicidad (sólo para cementos puzolánicos)	7.3, 9	Requisitos expresados en términos de límites ^b	Ninguno	Sólo para CEM IV.
Durabilidad	4, 5, 7.4			La durabilidad se refiere al hormigón, mortero, pastas y otras mezclas hechas de cemento, de acuerdo con las reglas de aplicación válidas en el lugar de uso.
C ₃ A en el clínker	7.4.2, 9	Requisitos expresados en términos de límites superiores ^b	Ninguno	Sólo para cementos resistentes a los sulfatos
Emisión de sustancias peligrosas	Véanse las notas 1 y 2			Véanse las notas 1 y 2
^a Los requisitos de estos capítulos, incluyendo los contenidos completos y las tablas de los capítulos indicados, son partes totalmente integradas de esta norma europea armonizada de cemento.				
^b Estos límites son parte de la definición de los productos incluidos en esta norma europea armonizada de cemento.				

Los requisitos relativos a una característica determinada no son de aplicación en los Estados miembros en los que no exista reglamentación al respecto para el uso previsto del producto. En este caso, los fabricantes que comercialicen sus productos en dichos Estados miembros no están obligados a determinar, ni a declarar las prestaciones de sus productos referentes a dicha característica. La información que acompaña al marcado CE (véase el capítulo ZA.3) puede entonces incluir la opción "Prestación No Determinada" (PND)¹⁾.

Sin embargo, esta opción (PND) no es aplicable cuando existe un valor límite de la característica.

ZA.2 Procedimiento de verificación de la conformidad de los productos

ZA.2.1 Sistema de verificación de la conformidad

El sistema de verificación de la conformidad de los 27 cementos comunes diferentes, los 7 cementos comunes resistentes a los sulfatos así como los 3 cementos de horno alto de baja resistencia inicial y los 2 cementos de horno alto de baja resistencia inicial y resistentes a los sulfatos o de los cementos comunes de bajo calor de hidratación indicados en la tabla ZA.1, se indica en la tabla ZA.2 para el(los) uso(s) previsto(s), conforme a la Decisión de la Comisión de 14 de julio de 1997 (97/555/CE) publicada en el Diario Oficial de las Comunidades Europeas e incluido en el anexo 3 del mandato para la familia de "Cementos".

Tabla ZA.2 – Sistema de verificación de la conformidad

Producto(s)	Uso(s) previsto(s)	Nivel(es) o clase(s)	Sistema de verificación de la conformidad
Cementos comunes, incluyendo los cementos comunes de bajo calor de hidratación y los cementos comunes resistentes a los sulfatos, así como los cementos de horno alto de baja resistencia inicial y los cementos de horno alto de baja resistencia inicial y bajo calor de hidratación.	Preparación de hormigón, mortero, pastas y otras mezclas para la construcción y para la fabricación de productos de la construcción		1+
– Cementos Portland			
– Cementos Portland compuestos: C. Portland con escoria C. Portland con humo de sílice C. Portland con puzolana C. Portland con cenizas volantes C. Portland con esquistos calcinados C. Portland con caliza C. Portland compuesto			
– Cementos de horno alto			
– Cementos puzolánicos			
– Cementos compuestos			
Sistema 1+: Véase la Directiva 89/106/CEE (Directiva de Productos de Construcción), anexo III.2(i), con ensayos de contraste de muestras tomadas en fábrica.			

1) NOTA: En inglés "No Performance Determined" (NPD).

La verificación de la conformidad los cementos comunes, incluyendo los cementos comunes de bajo calor de hidratación y los cementos comunes generalmente aceptados como resistentes a los sulfatos, así como los cementos de horno alto de baja resistencia inicial y los cementos de horno alto de baja resistencia inicial y bajo calor de hidratación de la tabla ZA.1 debe basarse en los procedimientos de evaluación de la conformidad recogidos en la tabla ZA.3 que resultan de la aplicación de los capítulos de esta norma europea que se indican en la misma. El capítulo 6 de la Norma EN 197-2:2000 proporciona reglas relativas a las acciones a llevar a cabo en caso de no conformidad.

El capítulo 9 de la Norma EN 197-2:2000, que incluye reglas relativas a los Centros de Distribución, no forma parte del procedimiento de verificación de la conformidad para el estampado del marcado CE bajo la Directiva de Productos de Construcción.

Tabla ZA.3 – Asignación de tareas para la evaluación de la conformidad de los cementos bajo el sistema 1+

Tareas		Contenido de la tarea	Capítulos aplicables para la evaluación de la conformidad
Tareas bajo la responsabilidad del fabricante	Control de producción en fábrica (CPF)	Parámetros relativos a todas las características pertinentes para el uso previsto de la tabla ZA.1 ^a	Capítulo 9 de esta norma y capítulo 4 de la Norma EN 197-2:2000
	Ensayos complementarios de muestras tomadas en fábrica	Todas las características pertinentes para el uso previsto de la tabla ZA.1 ^a	Capítulo 9 de esta norma y capítulo 4 de la Norma EN 197-2:2000
Tareas bajo la responsabilidad del organismo de certificación del producto	Ensayos iniciales de tipo	Aquellas características pertinentes para el uso previsto de la tabla ZA.1 ^a	Capítulo 9 de esta norma y capítulos 5 y 7 de la Norma EN 197-2:2000
	Inspección inicial de la fábrica y del control de producción en fábrica	Parámetros relativos a todas las características pertinentes para el uso previsto de la tabla ZA.1 ^a .	Capítulo 9 de esta norma y capítulos 5 y 7 de la Norma EN 197-2:2000
	Vigilancia, evaluación y autorización permanente del control de producción en fábrica	Parámetros relativos a todas las características pertinentes para el uso previsto de la tabla ZA.1 ^a	Capítulo 9 de esta norma y capítulos 5 y 7 de la Norma EN 197-2:2000
	Ensayos de contraste de muestras tomadas en fábrica	Aquellas características pertinentes para el uso previsto de la tabla ZA.1 ^a	Capítulo 9 de esta norma y capítulos 5 y 7 de la Norma EN 197-2:2000
^a Excepto la durabilidad.			

ZA.2.2 Certificado de conformidad CE

Cuando se alcance la conformidad con los requisitos de este anexo, el organismo de certificación debe emitir un certificado de conformidad (certificado de conformidad CE) que autoriza al fabricante a fijar el marcado CE. El certificado debe incluir:

- el nombre, la dirección y el número de identificación del organismo de certificación;
- el nombre y la dirección del fabricante o de su representante autorizado establecido en el Espacio Económico Europeo (EEE), así como lugar de producción;

NOTA El fabricante también puede ser el responsable de comercializar el producto dentro del EEE si se hace responsable del marcado CE.

- una descripción del producto (tipo, identificación, uso...);
- las disposiciones con las que el producto es conforme (es decir, el anexo ZA de esta norma europea);

- las condiciones específicas aplicables al uso del producto (por ejemplo, las disposiciones relativas a la utilización en ciertas condiciones);
- el número del certificado;
- las condiciones y periodo de validez del certificado, si procede;
- el nombre y el cargo de la persona facultada para firmar el certificado.

El certificado citado anteriormente debe presentarse en el o los idiomas oficiales del Estado miembro en el que el producto se va a comercializar.

ZA.3 Marcado CE y etiquetado

El fabricante o su representante autorizado establecido en el EEE, es el responsable del estampado del marcado CE. El símbolo del marcado CE a estampar debe ser conforme con la Directiva 93/68/CE, y debe mostrarse sobre el saco o, para repartos a granel, en la documentación comercial que le acompaña, por ejemplo, en el albarán de entrega. El símbolo del marcado CE debe ir acompañado de la siguiente información:

- a) el número de identificación del organismo notificado;
- b) el nombre, la marca comercial y la dirección registrada del fabricante;
- c) los dos últimos dígitos del año en el que se stampa el marcado;
- d) el número del certificado de conformidad CE o del certificado de control de producción en fábrica, si procede;
- e) una referencia a esta norma europea;
- f) descripción del producto: nombre genérico... y uso previsto;
- g) la información sobre aquellas características esenciales pertinentes recogidas en la tabla ZA.1, indicadas de la siguiente forma:
 - 1) los valores declarados y, cuando proceda, nivel o clase a declarar para cada característica esencial, según se indica en la columna "Notas" de la tabla ZA.1 (incluyendo "Pasa" para los requisitos de "Pasa/No pasa" cuando sea necesario),
 - 2) alternativamente, la designación normalizada, sola o en combinación con los valores declarados indicados anteriormente,
 - 3) "Prestación No Determinada" (PND) para aquellas características a las que aplique esta opción.

La opción "Prestación No Determinada" (PND) no se puede utilizar cuando la característica tiene un nivel umbral. Por otra parte, esta opción se puede utilizar cuando y donde la característica, para un uso previsto, no esté sujeta a reglamentación en el Estado miembro de destino.

La figura ZA.1 proporciona un ejemplo de la información que se debe suministrar en el producto, la etiqueta, el embalaje y/o en la documentación comercial que le acompaña.

En el caso de cemento ensacado, el marcado de conformidad CE, el número de identificación del organismo de certificación y la información adjunta, tal y como se indica debajo, deben ir indicados en el saco o en la documentación comercial que lo acompaña (albaranes de entrega), o bien en una combinación de ambos. Si sólo parte de la información aparece en el saco, entonces, es conveniente que la información completa se incluya en la documentación comercial adjunta. En todos los casos, el marcado CE sobre los sacos, debe acompañarse, al menos, por el nombre o marca comercial del fabricante, los dos últimos dígitos del año en el que se estampó el marcado, y el número del certificado de conformidad e indicaciones para identificar las características del producto, es decir, la designación normalizada.

 0123	<i>Marcado de conformidad CE que consiste en el símbolo "CE" establecido en la Directiva 93/68/CEE</i> <i>Número de identificación del organismo de certificación</i>
Empresa Dirección registrada Fábrica 10 (o sello con la fecha) 0123-CPD-0456	<i>Nombre o marca comercial del fabricante</i> <i>Dirección registrada del fabricante</i> <i>Nombre o marca comercial de la fábrica donde se produce el cemento¹⁾</i> <i>Los dos últimos dígitos del año en que se concedió la marca²⁾</i> <i>Número del certificado de conformidad CE</i>
EN 197-1:2011 CEM I 42,5R-SR 3 Información adicional	<i>Número de la norma europea, con indicación de la versión</i> <i>Ejemplo de designación normalizada que indique el tipo de cemento y su clase de resistencia (y cuando proceda, notación de bajo calor de hidratación y/o de resistencia a los sulfatos), tal y como se especifica en el capítulo 8 de la Norma EN 197-1:2011.</i> <i>Límite de cloruros en %³⁾.</i> <i>Límite superior de pérdida por calcinación de cenizas volantes en %⁴⁾.</i> <i>Nomenclatura normalizada de aditivos⁵⁾</i> <i>Límite de sulfatos, en %⁶⁾</i> <i>Límite para los aditivos orgánicos que superen el 0,2%⁷⁾</i>

Figura ZA.1 – Ejemplo de la información del marcado CE

Por razones prácticas, se puede utilizar cualquiera de las siguientes formas de presentar la documentación adjunta para el cemento ensacado:

- 1) Considerado necesario para los requisitos de la Norma EN 197-2 pero no obligatorio.
- 2) El año de marcado debería referirse bien al momento de ensacado o bien al momento de expedición desde la fábrica o el punto de expedición. Los dos últimos dígitos de estampado podrían ser los dos últimos dígitos del año de producción del producto con marcado CE.
- 3) Sólo cuando el cemento común o el cemento común resistente a los sulfatos es fabricado con un contenido de cloruros diferente al límite especificado en la tabla 4 de la Norma EN 197-1:2011.
- 4) Sólo cuando, de acuerdo con el apartado 5.2.4.1 de esta Norma EN 197-1:2011 se utilice una ceniza volante como componente principal.
- 5) Sólo cuando, de acuerdo con el apartado 5.5 de esta Norma EN 197-1:2011 se utilice un aditivo conforme con la serie EN 934.
- 6) Sólo cuando el cemento CEM I-SR 5 se fabrique con un contenido de sulfatos diferente a las especificaciones dadas en la tabla 5 de la Norma EN 197-1:2011.
- 7) Sólo cuando, de acuerdo con el apartado 5.5 de esta Norma EN 197-1:2011, la cantidad de aditivos orgánicos en base seca supere el 0,2% en masa del cemento final.

- h) cuando el marcado CE aparezca en el saco (ésta es la situación normal y preferible), debe indicarse la información recogida en la figura ZA.1;
- i) si los dos últimos dígitos del año de estampado del marcado CE están preimpresos en el saco, el año marcado debería hacer referencia a la fecha de estampado con una precisión de más o menos 3 meses;
- j) cuando los dos últimos dígitos del año en que el marcado es estampado no van preimpresos en el saco, este dato puede presentarse en una parte visible del mismo con un sello de fecha. Esta posición se debería indicar en la información que acompaña al marcado CE.

En el caso de cemento expedido a granel, el marcado de conformidad CE, el número de identificación del organismo de certificación y la información adjunta descrita para el cemento ensacado, deberían recogerse, de alguna forma apropiada, en los documentos comerciales que lo acompañen.

Además de la información específica relativa a las sustancias peligrosas indicada anteriormente, el producto debería ir acompañado, cuando y donde se requiera, y en la forma apropiada, de la documentación en la que se relacione cualquier otra reglamentación sobre sustancias peligrosas, cuyo cumplimiento se exija, junto con la información requerida por dicha reglamentación.

NOTA 1 No es necesario citar las reglamentaciones europeas sin derogación nacional.

NOTA 2 Si un producto está sujeto a más de una Directiva, el estampado del marcado CE significa que cumple con todas las Directivas aplicables.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] EN 206-1, *Concrete. Part 1: Specification, performance, production and conformity.*
- [2] EN 413-1, *Masonry cement. Part 1: Composition, specifications and conformity criteria.*
- [3] EN 450-1, *Fly ash for concrete . Part 1: Definition, specifications and conformity criteria.*
- [4] EN 934 (todas las partes), *Admixtures for concrete, mortar and grout.*
- [5] EN 14216, *Cement. Composition, specifications and conformity criteria for very low heat special cements.*
- [6] EN 14647, *Calcium aluminate cement. Composition, specifications and conformity criteria.*
- [7] EN 15743, *Supersulfated cement. Composition, specifications and conformity criteria.*
- [8] ISO 10694, *Soil quality. Determination of organic and total carbon after dry combustion (elementary analysis).*
- [9] Regulation (EC) No. 1907/2006 of the European Parliament and of the Council of 18 December 2006 concerning the Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (REACH) establishing a European Chemicals Agency amending Directive 1999/45/EC and repealing Council Regulation (EEC) No. 793/93 and Commission Regulation (EC) No. 1488/94 as well as Council Directive 76/769/EEC and Commission Directives 91/155/EEC, 93/67/EEC, 93/105/EC and 2000/21/EC.



Génova, 6
28004 MADRID-España

info@aenor.es
www.aenor.es

Tel.: 902 102 201
Fax: 913 104 032