

PALACIO DE CONGRESOS Y HOTEL EN PALMA DE MALLORCA PREMIO ARQUITECTURA ESPAÑOLA 2017 ARQUITECTO: Francisco Mangado Beloqui FOTOGRAFÍA PORTADA: Roland Halbe FOTOGRAFÍA CONTRAPORTADA: Juan Rodríguez

### **INDICE DE CONTENIDOS**

Pavimentos. La necesidad de crear espacios seguros y confortables					
Seguridad y salud en obras sin proyecto	9				
La obligatoriedad de emplear cementos resistentes al agua de mar en ambientes marinos	17				
Diseño de hormigón arquitectónico para arquitectos (II)	43				
Listado de artículos publicados	47				



Edición Digital ISSN 2255-0879 El CSCAE no se hace responsable de las opiniones, textos e imágenes de los autores de los artículos Equipo de Gobierno

Presidente Jordi Ludevid i Anglada

Vicepresidente 1º Alfonso Samaniego Espejo

Secretario General Eloy Algorri García

Tesorero Rafael Durá Melis Edita

Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos de España

Paseo de la Castellana 12 28046 Madrid

Tel. 91 435 22 00

rá Molis E-mail: cscae@cscae.com

### **CSCAE** anexo n.26 | 12.2017

Pavimentos. La necesidad de crear espacios seguros y confortables

# Pavimentos. La necesidad de crear espacios seguros y confortables

### Raquel García Campillo

Dra. Arquitecta ETSAM por la UPM Secretaría Técnica SRGS.

Vocal Sub-Comité Español de Normalización CTN 41 / SC 11 perteneciente a UNE

Miembro ASEPAU (Asociación de Profesionales de la Accesibilidad)

Miembro del grupo de accesibilidad del COAM

www.srgs.es / info@srgs.es / www.resbaladicidad.org

El pavimento es el elemento constructivo del entorno que más interactúa con el ciudadano. Es la epidermis de nuestra ciudad, de nuestro entorno, donde desarrollamos las actividades de la vida diaria. Pero también es el principal causante de caídas. Es importante que el usuario genere una marcha segura. Esta seguridad reducirá el nivel y el número de caídas.



El estado de los pavimentos instalados (desgaste resbaladicidad, mal estado, resaltes, etc.) en los espacios de tránsito peatonal, debe ser tratado con mayor interés por todos los agentes implicados debido a la gravedad del problema ocasionado por las lesiones tras la caída. Son varias las causas que hacen que un pavimento se encuentre en mal estado. Desde un inadecuado mantenimiento, con la utilización de máquinas limpiadoras, abrillantadores e incluso productos de limpieza que eliminan las características principales convirtiendo la superficie en deslizante. Pasando por Las propias características del pavimento con la composición de materiales que permiten un mayor desgaste de la superficie, hasta no hacer una selección adecuada del pavimento para el uso que va a tener, sumando la falta de control durante la ejecución y preparación de la base que permite un asentamiento

inadecuado del pavimento generando grietas y roturas en los espacios de tránsito, tanto en el exterior como interior de edificios.

El pavimento debe ser adecuado al espacio en el que se instale para las condiciones de uso previstas, atendiendo a criterios de confort y seguridad del usuario según ambientes, entornos, usos. Conocer el lugar, el individuo y el uso al que se destina, definiendo las características fundamentales que deben mantenerse inalterables durante un periodo de tiempo razonable.



### Responsables

Los agentes implicados en la creación de espacios públicos somos responsables de los materiales que utilizamos e instalamos en nuestras ciudades y edificios y debemos preservar la salud, bien estar y seguridad de todos los ciudadanos.

### Costes socioeconómicos

Las caídas son la segunda causa mundial de muerte por lesiones accidentales o no intencionales. Anualmente mueren en el mundo cerca de 424.00 personas debido a caídas. Las personas mayores de 65 años sufren más caídas mortales

### Prevención

Las estrategias preventivas deben hacer hincapié en la educación, capacitación, creación de entornos más seguros. La investigación relacionada con las caídas y el establecimiento de políticas eficaces para deducir riesgos

### Accesibilidad y resbaladicidad

Tanto la Orden VIV/2010, de 1 de febrero, por la que se desarrolla el documento técnico de condiciones básicas de accesibilidad y no discriminación para el acceso y utilización de espacios públicos urbanizados, como todas y cada una de las diferentes normativas específicas de accesibilidad relativas al diseño de entornos urbanos, tratan de manera directa y expresa la exigencia del cumplimiento de la resbaladicidad.

### **Nuevas normas UNE**

En breve entrarán en vigor, en el Código Técnico de Edificación, sustituyendo a la derogada norma UNE-ENV 12633:2003 las normas UNE 41901:2017 EX y UNE 41902:2017 EX: Superficies para tránsito peatonal. Determinación de la resistencia al deslizamiento por el método del péndulo de fricción. Ensayo en húmedo y seco respectivamente.

### Nuevo ensayo de Péndulo

Con la nueva norma UNE 41901:2017 EX hay que realizar "3 ensayos en 1":

- 1.Ensayo verificación de material de referencia STD-P inicial y final.
- 2. Ensayo isotropía de material.
- 3. Ensayo 4/8 emplazamientos.

Este nuevo procedimiento aporta una garantía de resultados, para los clientes, a un nivel hasta ahora no alcanzado.

### Métodos de ensayo

Los nuevos métodos de ensayo, conforme las nuevas normas españolas UNE 41901:2017 EX

y UNE 41901:2017 EX, han sido desarrolladas por el Sub-Comité CTN 41/SC 11 deslizamiento perteneciente a UNE, tanto para obtener medidas en laboratorio como para medidas de suelos en servicio.





Superficies para tránsito peatonal.

Determinación de la resistencia al deslizamiento por el método del péndulo de fricción.

Ensayo en húmedo



Superficies para tránsito peatonal.

Determinación de la resistencia al deslizamiento por el método del péndulo de fricción.

Ensayo en seco.

### Asociación española para la prevención de caídas en el tránsito peatonal

La finalidad de la presente asociación es el desarrollo de todas las actividades que se circunscriben al objeto de prevenir las caídas por resbalamiento / tropiezo, sea cual sea la causa que haya motivado o pueda motivar la caída (uso indebido de pavimentos, aspectos relacionados con conservación, mantenimiento, ejecución de los mismos, control, instalación, desgastes por uso inadecuado o paso del tiempo, etc.).

### **CSCAE** anexo n.26 | 12.2017

Pavimentos. La necesidad de crear espacios seguros y confortables

# Seguridad y salud en obras sin proyecto

### Pedro Antonio Díaz Guirado

Dr. Arquitecto

CAT-SERVICIOS TÉCNICOS DEL COLEGIO OFICIAL DE ARQUITECTOS DE LA REGIÓN DE MURCIA (COAMU)

Tras la celebración de la Jornada y mesa redonda del 6 de junio de 2017 en el COAMU, denominada "<u>la seguridad en las obras sin proyecto: declaración responsable</u>", se procede a realizar una serie de recomendaciones en relación con la gestión de la prevención en una obra sin proyecto como conclusión a dicha jornada.

### **Antecedentes**

Con la aprobación y entrada en vigor de la Ley 13/2015, de 30 de marzo, de ordenación territorial y urbanística de la Región de Murcia (LOTURM) se ha generalizado el trámite por **Declaración Responsable** de obras que no requieren la redacción de un proyecto básico y de ejecución, pero sí de una documentación técnica con un arquitecto director de obra. En estos casos, la gestión de la seguridad y salud tiene una serie de singularidades que es importante aclarar. Por Declaración Responsable también se pueden tramitar obras con proyecto, en las que la gestión de la seguridad se realiza igual que en cualquier obra con proyecto, independientemente de su tramitación municipal.

La LOTURM define las <u>obras menores</u>, como aquellas que por su escasa entidad

constructiva y económica y sencillez en su técnica no precisan ni de proyecto técnico ni de memoria constructiva, consistiendo normalmente en pequeñas obras de simple reparación, decoración, ornato o cerramiento. Se tramitan mediante <u>Comunicación Previa</u> y no requiere, en principio, la participación de un técnico. El resto de obras sin proyecto se tramitan por Declaración Responsable<sup>1</sup>. Esta cuestión es extrapolable a otras comunidades autónomas en las que se regula que no es necesario proyecto técnico en obras de poca envergadura.

El RD 1627/97, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, define **Obra de construcción u obra** como

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> El trámite municipal y documentación técnica son dos cuestiones diferentes. Un proyecto básico y de ejecución puede, en determinados casos, tramitarse por declaración responsable.

"cualquier obra, pública o privada, en la que se efectúen trabajos de construcción o ingeniería civil cuya relación no exhaustiva figura en el anexo I." Se entiende como **proyecto** a los efectos de este Real Decreto "al conjunto de documentos mediante los cuales se definen y determinan las exigencias técnicas de las obras de construcción, de acuerdo con las especificaciones requeridas por la normativa técnica aplicable a cada obra."

La *Guía Técnica para la evaluación y* prevención de riesgos relativos a las obras de construcción distingue dos tipos de obras que pueden realizarse sin proyecto:

### Obras en las que el proyecto no es exigible para su tramitación administrativa, como:

- Revoco y pintura de: fachadas, patios, cajas de escalera, etc.
- Montaje y desmontaje de: instalaciones, montantes, bajantes, canalones, etc.
- Cableado de fachadas
- Acometidas de servicios a edificios: agua, gas, electricidad, teléfono.
- Pequeñas reparaciones de aceras.
- Sustitución de algunas tejas en una cubierta.
- Pequeñas rehabilitaciones en viviendas, oficinas y otros.

### Obras de emergencia

Son aquellas que están condicionadas por la necesidad de una intervención rápida y urgente, lo que imposibilita la redacción de un proyecto, en el sentido estricto del término, antes del inicio de la obra.

Tras la aprobación de la LOTURM se ha generalizado la *Declaración Responsable* (DR) como forma de tramitación de los *títulos habilitantes de naturaleza urbanística* de las obras sin proyecto que no pueden ser consideradas como *obras menores*.

Hay dos aspectos diferenciados que exponer en relación con una obra sin proyecto:

- La designación de Coordinador de Seguridad y Salud en Fase de Obra (CSSFO)
- Los procedimientos y obligaciones preventivas para su ejecución.

Procedemos a resumir los aspectos más relevantes:

### Designación de Coordinador de Seguridad y Salud en Fase de Obra

La designación del CSSFO <u>depende</u> <u>únicamente de la concurrencia de empresas</u>, no de las exigencias de proyecto de ejecución (RD 1627/97):

- Será necesario designación de CSSFO si la obra la ejecuta más de una empresa (varias empresas, o empresa que subcontrata a otra) o una empresa y uno o más autónomos.
- No será necesario designación de CSSFO si la obra la ejecuta una sola empresa, con todos los trabajadores y oficios en plantilla.

Es responsabilidad del promotor la designación de un CSSFO en caso de ser preceptivo.

### Gestión de la seguridad y salud en obras sin proyecto

El Instituto de Seguridad e Higiene en el Trabajo publica unas <u>Notas Técnicas de</u>

<u>Prevención (NTP)</u> con vocación de convertirse en un manual de consulta. No son vinculantes ni de obligado cumplimiento.

En la NTP nº 1071, denominada "Gestión de la seguridad y salud en obras sin proyecto (I): en un centro de trabajo con distinta actividad", se advierte que el hecho de no ser necesario la redacción de un proyecto no implica que no sea necesario analizar de forma específica los riesgos de la obra ni planificar la actividad

preventiva que se vaya a desarrollar. La percepción de un "menor peligro en las obras sin proyecto es de por sí un obstáculo adicional que se debe evitar, como tantos otros, para alcanzar un nivel de protección adecuado durante la ejecución de los trabajos".

Esta NTP incluye un esquema general a seguir en la gestión de la seguridad y salud que reproducimos en la siguiente figura:

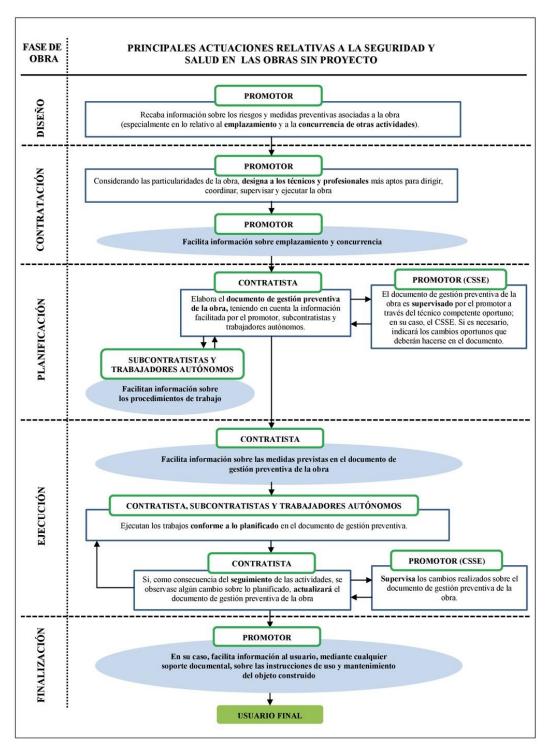


Figura 1. Esquema general de gestión de la seguridad y salud en una obra de construcción sin proyecto. Fuente: NTP nº 1071 del INSHT

Seguidamente, procedemos a destacar los aspectos que consideramos más relevantes de las NTP y que pueden entenderse como un procedimiento válido a seguir, no siendo obligatorio o exigible. Es fundamental insistir en que las obligaciones en gestión de seguridad y salud de las empresas en una obra sin proyecto son similares a una con proyecto, aunque haya diferencias en cuanto al procedimiento y documentación.

Se establecen 5 etapas o fases en este tipo de obras sin proyecto:

- Diseño
- Contratación
- Planificación
- Ejecución
- Finalización

En cada etapa podemos destacar las siguientes cuestiones:

**FASE DE DISEÑO**: el <u>promotor</u> deberá recabar la información sobre los riesgos y medidas preventivas para ponerla en conocimiento del contratista para que realice la correcta planificación.

FASE DE CONTRATACIÓN: el promotor designará a los técnicos necesarios para dirigir, coordinar, supervisar y ejecutar la obra. Si la obra la ejecuta más de una empresa o una empresa y uno o más autónomos, será necesario la designación de un coordinador de seguridad y Salud (CSS).

FASE DE PLANIFICACIÓN: En una obra sin proyecto no es exigible Estudio Básico o Estudio de Seguridad y Salud (ESYS), por lo que no procede la redacción del Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo (PSST).

Se deben integrar todas las medidas preventivas en el proceso constructivo para lo que el Contratista elabora el <u>Documento de Gestión</u>

Preventiva de la Obra (DGPO), fundamentado

en los procedimientos de trabajo. Es un documento que, aunque no está sujeto a los trámites formales de aprobación establecidos para el Plan de Seguridad y Salud en una obra con proyecto, debe ser revisado y aprobado por el promotor a través de su técnico (que será el CSS o en su caso por el arquitecto que dirija las obras) y quedará constancia documental.

El DGPO es un documento análogo al Plan de Seguridad y Salud. Debe ser <u>veraz</u>, <u>específico y práctico</u>, describiendo las actividades a desarrollar, quién las lleva a cabo y cómo se ponen en práctica.

La supervisión y aprobación del DGPO <u>debe</u> <u>documentarse</u> de un modo equivalente a lo que en una obra con proyecto (con un documento análogo al Acta de Aprobación del Plan de Seguridad).

Si en la obra hay una actividad distinta a la construcción que sigue en marcha, lo que es muy habitual en este tipo de obras, se ha de prever una doble coordinación: obra y actividad en el centro de trabajo conforme al RD 1710/2004.

Antes de iniciar la obra se organizarán los medios y recursos materiales y humanos.

FASE DE EJECUCIÓN: el Contratista facilitará la información sobre las medidas previstas en el DGP a subcontratistas y autónomos. Si hay cambios o modificaciones en la planificación, se deberá actualizar el DGP, siempre supervisado por el promotor a través de su arquitecto (CSS o director de obra según el caso).

Todas las cuestiones legalmente exigibles a una obra deben realizarse también en una obra sin proyecto: comunicación de apertura del centro de trabajo, libro de subcontratación, recurso preventivo...etc.

Durante esta fase es necesario realizar un seguimiento de la gestión de la seguridad análogo al Libro de Incidencias. Dado que este no es obligatorio en una obra sin proyecto, se recomienda utilizar cualquier otro soporte documental, como otro libro en papel o digital que muestre que se ha realizado el seguimiento. No conlleva las mismas obligaciones que el Libro de Incidencias, pero comparten el mismo fin.

FASE DE FINALIZACIÓN: Para la Finalización de la obra, aportaremos la documentación e información necesaria para el adecuado uso y mantenimiento de lo construido. El contratista aportará al promotor todo documento o dato relevante que será transmitido al usuario final.

No hay aclaración sobre cuál es el umbral inferior para activar este procedimiento, es decir, a partir de que tamaño o relevancia de obra es necesario realizar toda esta documentación. Lo que parece claro es que, si eres el técnico responsable de la obra y si actúas como Coordinador de Seguridad y Salud es recomendable, aunque no obligatorio, seguirlo.

Lo que propone el INSHT es un procedimiento paralelo al de una obra con proyecto que, al final, supone hacer prácticamente lo mismo, pero con matices: se plantean otros documentos que equivalen a los que deben realizarse en una obra con proyecto y que exponemos a modo de ejemplo en la siguiente tabla:

OBRA CON PROYECTO	OBRA SIN PROYECTO
Estudio de Seguridad y Salud	Información riesgos y medidas preventivas
Plan de Seguridad y Salud (PSS)	Documento de Gestión Preventiva de la Obra (DGPO)
Acta de Aprobación del PSS	DPGO Supervisada por el promotor a través de su técnico. Debe documentarse a través de un acta de supervisión
Libro de Incidencias	Libro de seguimiento: no hay modelo oficial

El documento equivalente al Plan de Seguridad y salud es la DGPO. En la figura 2, de la "Guía de obligaciones preventivas para empresas en obras de construcción", editada por la Mesa Técnica de Seguridad laboral en la construcción de la Región de Murcia", tenemos el esquema para la elaboración de la Documentación de Gestión Preventiva de la Obra.

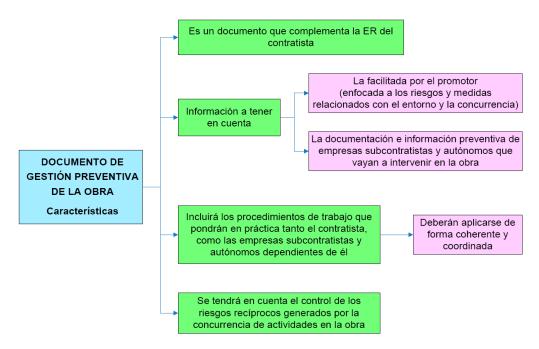
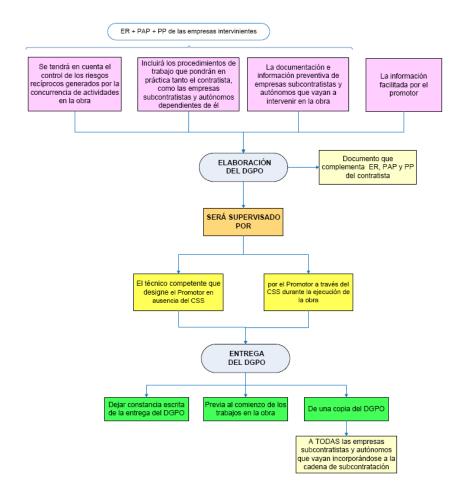


Figura 2. Características de los contenidos del documento de gestión preventiva de la obra. Fuente: GOP de la MTSC



### **Conclusiones**

- La existencia o no de Proyecto es independiente de la necesidad de Coordinador de Seguridad y Salud en Fase de Obra (CSSFO).
- La necesidad de CSSFO depende de la concurrencia de empresas. Siempre que intervengan más de una empresa o empresa y trabajadores autónomos será necesaria la designación de CSSFO por parte del promotor.
- En una obra sin proyecto es necesario analizar de forma específica los riesgos de la obra y planificar la actividad preventiva que se vaya a desarrollar. El procedimiento y la documentación es distinta a una obra con proyecto.
- Dado que en estas obras es necesario la intervención de un arquitecto como técnico designado por la propiedad, es aconsejable, aunque no obligatorio, seguir las recomendaciones del INSHT, que plantea un procedimiento análogo al de una obra con proyecto: es fundamental documentarlo todo para dejar constancia del control de la gestión preventiva en la obra.
- La inspección de trabajo exige que haya pruebas documentales de la gestión preventiva, por lo que tendremos que redactar actas de reuniones, libros de seguimiento y documentos que analicen la gestión preventiva en la obra.

### **Bibliografía**

Recomendamos la lectura de los siguientes documentos, redactados por fuentes oficiales como el INSHT, que tratan sobre esta cuestión:

# Notas Técnicas de Prevención del INSHT (NTP)

El Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) publica las notas técnicas de prevención, que aclaran distintos aspectos relacionados con la seguridad y salud.

Recientemente ha publicado dos Notas

Técnicas, la 1071 y 1072, que abordan la gestión de seguridad y salud en obras sin proyecto.

Todas las NTP del INSHT están en el siguiente Enlace.

La NTP 1071 denominada <u>Gestión de la</u> <u>seguridad y salud en obras sin proyecto (I): en un centro de trabajo con distinta actividad</u>, detalla las singularidades de este caso en aplicación de la normativa vigente.

La NTP 1072 denominada <u>Gestión de la</u> <u>seguridad y salud en obras sin proyecto (II): en una comunidad de propietarios</u>, donde se realiza un caso práctico de una intervención en un edificio de vivienda colectiva.

Enlaces: NTP 1071 NTP 1072

### La guía técnica para la evaluación y prevención de riesgos relativos a las obras de construcción (GT)

El RD 1627/97 insta al INSHT a la elaboración y actualización de esta guía que, no siendo vinculante, facilita la aplicación del Real Decreto.

Guía disponible en el siguiente Enlace.

# Guía de obligaciones preventivas para empresas en obras de construcción (GOP)

La Mesa Técnica de Seguridad Laboral en la Construcción de la Región de Murcia (MTSC) publicó a finales de 2016 la <u>Guía de</u> <u>obligaciones preventivas para empresas en obras de construcción</u> (GOP), en cuya

redacción participamos desde los Servicios Técnicos del COAMU.

En el punto 4.3. Obligaciones aplicables a obras sin proyecto, se aborda la cuestión, exponiendo esquemáticamente como se debe organizar una obra de este tipo.

Guía disponible en el siguiente Enlace.

# La obligatoriedad de emplear cementos resistentes al agua de mar en ambientes marinos

### Miguel Ángel Sanjuán Barbudo

Jefe del Área de Cementos y Morteros
Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones (IECA)
www.ieca.es

### Resumen

Se presentan las razones técnicas fundamentales que justifican la obligatoriedad de emplear cementos resistentes al agua de mar en los hormigones que vayan a estar expuestos a los ambientes marinos IIIb (totalmente sumergidos) y IIIc (en carrera de mareas) conforme con la Instrucción de Hormigón Estructural, EHE-08. También es muy recomendable que se utilicen estos cementos en el ambiente IIIa (atmósferas marinas con humedad y salinidad ambientales).

Los cementos resistentes al agua de mar se designan con las letras **MR** (según la norma UNE 80.303-2:2017), **SRC** (según la norma UNE 80.303-1:2017) o **SR** (según la norma UNE-EN 197-1:2011).

La Marca N de AENOR para cementos garantiza las características MR, SRC o SR basándose en los ensayos que periódicamente se realizan sobre los clínkeres de cemento portland tomados en las fábricas e inspeccionando el autocontrol sobre el contenido de  $C_3A\%$  y  $C_3A + C_4AF\%$ .

### 1. El porqué de la obligatoriedad

A veces, los procedimientos, métodos, normas, reglamentos y otros documentos que nos dicen cómo hacer las cosas, adolecen de no explicar el porqué de hacerse de una forma y no de otra. Por este motivo, a continuación, se pretende dar a conocer los hechos técnicos que justifican que la reglamentación española obligue a la utilización de cementos resistentes al agua de mar en edificios, puentes y obras marítimas en general situados en ambientes marinos. Más concretamente, el Artículo 37.3.6 de la Instrucción de Hormigón Estructural, EHE-08 [1], exige que los hormigones que vayan a estar expuestos al agua de mar, en los ambientes IIIb (totalmente sumergidos) y IIIc (en carrera de mareas) se fabriquen con cementos que sean, al menos, resistentes al agua de mar, MR (según la norma UNE 80.303-2:2017).

# 2. Justificación de la necesidad de utilizar cementos resistentes al agua de mar

La justificación de la necesidad de utilizar cementos que posean la característica adicional de ser resistentes a los agentes agresivos que hay en el agua de mar cuando se fabrican hormigones estructurales destinados a la edificación y a las obras marítimas es múltiple. En primer lugar, el hecho de que el agua de mar contiene, en cantidades significativas y no agotables, elementos agresivos para el hormigón, tanto para la pasta cementante como para su armadura (Figs. 1-3), y en segundo lugar, la circunstancia particular de que España tiene un desarrollo costero cercano a los 8.000 km (Fig. 4), unos 5.000 km de litoral peninsular y 3.000 km de costa insular, en los cuales se llevan a cabo, una elevada cantidad de obras marítimas de muy diversa índole (Fig. 5).

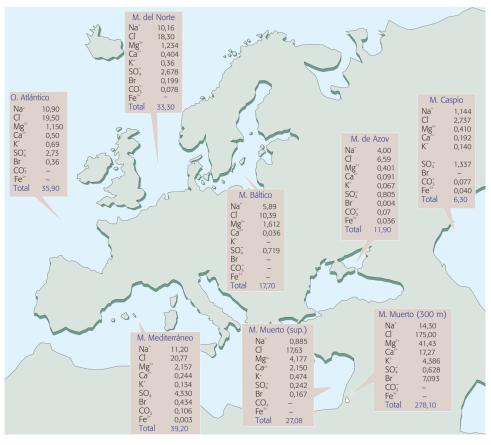
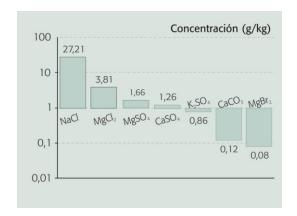


Figura 1. Composición química del agua de mar en partes por mil (‰).



ATLÁNTICO NO
1.064 km

ATLÁNTICO SUR
1.064 km

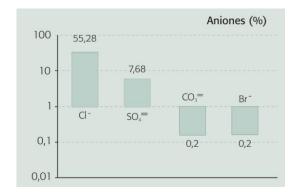
CANARIAS
1.583 km

CEUTA
20 km

MELILLA
9 km

Figura 2. Composición química media del agua del mar.

Figura 4. Desarrollo costero español (km).



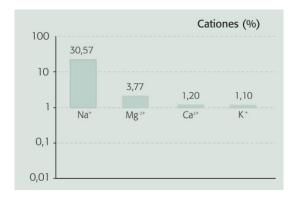


Figura 3. Composición iónica media del agua de mar en porcentaje (%).



Figura 5. Obras marítimas españolas.

# 3. Cómo se minimiza el efecto del agua de mar

La reglamentación de la mayoría de los países costeros considera al agua de mar como un agente muy agresivo para los metales por su contenido en iones cloruro (I) y para la pasta cementante del hormigón sólo cuando éste no se ha fabricado con un cemento resistente al agua de mar. Estos cementos se designan como MR, SRC o SR en la normativa española de cementos:

- Cementos resistentes al agua de mar, MR (según la norma UNE 80.303-2:2017).
- Cementos resistentes a los sulfatos, SRC (según la norma UNE 80.303-1:2017).
- Cementos resistentes a los sulfatos, SR (según la norma UNE-EN 197-1:2011).

En particular hay que remarcar que la Instrucción para la Recepción de Cementos (RC-16) destaca que "todos los cementos SR y SRC son, además de resistentes a los sulfatos, resistentes al agua de mar. Por tanto, cuando se especifique la utilización de un cemento resistente al agua de mar, MR, se podrá emplear un cemento SR o SRC en su lugar" [2].

# 4. Normativa española de los cementos resistentes al agua de mar

Los cementos resistentes al agua de mar son un tipo de cementos sujetos al Real Decreto 1313/1988 [3] ya que presentan características adicionales de resistencia al agua de mar que no están definidas por ninguna norma europea armonizada. Estos cementos, sujetos al Real Decreto 1313/1988 tienen, a su vez, marcado CE [4]. Por tanto, tienen una designación conforme con el Real Decreto 1313/1988 y otra conforme con el marcado CE definido en la norma europea de especificaciones de cementos comunes UNE-EN 197-1:2011. Por razones de falta de espacio y simplificación podrá aparecer únicamente la designación conforme con la norma UNE correspondiente, es decir, una de las tres mencionadas en el apartado 3º.

Se consideran cementos resistentes al agua de mar aquéllos en cuya composición se haya empleado un clínker que cumpla las condiciones descritas en la Tabla 1. Estos cementos deberán cumplir, además, las prescripciones relativas a su tipo y clase recogidas en la norma europea de especificaciones de cementos comunes UNE-EN 197-1:2011.

Por otro lado, como ya se ha dicho, todos los cementos SR y SRC son, además de resistentes a los sulfatos, resistentes al agua de mar. En la Tabla 2 se puede comprobar que las exigencias para los cementos resistentes a los sulfatos de la norma española, SRC, con relación al contenido de C<sub>3</sub>A% y de la suma C<sub>3</sub>A% + C<sub>4</sub>AF%, son superiores que las correspondientes a las de los cementos resistentes al agua de mar, MR, de la Tabla 1. Igual sucede con los cementos resistentes a los sulfatos, SR, de la norma europea UNE-EN 197-1:2011, cuya especificación del contenido máximo de C<sub>3</sub>A% aparece en la Tabla 3.

Tabla 1. Prescripciones adicionales para los cementos resistentes al agua de mar, MR, de la UNE 80303-2:2017.

Tipos	Denominacion	nes	Designaciones	Especificaciones del clínker de los cementos resistentes a agua de mar (MR)		
				C₃A%	C <sub>3</sub> A% + C <sub>4</sub> AF%	
1	Cementos pór mar	tland resistentes a agua de	1	≤ 5,0	≤ 22,0	
II		Con escoria de horno alto	II/A-S			
II	Cementos	(S)	II/B-S			
II	pórtland con	Con humo de sílice (D)	II/A-D			
II	adiciones,	Con puzolana natural (D)	II/A-P	≤ 8,0	≤ 25,0	
II	resistentes a	Con puzolana natural (P)	II/B-P			
II	agua de mar	Con coniza volanto (\/)	II/A-V			
II		Con ceniza volante (V)	II/B-V			
Ш		Con occario do horno alta	III/A	≤10,0	≤ 25,0	
Ш	Cementos	Con escoria de horno alto (S)	III/B	Ninguna		
Ш	con	(3)	III/C	Ninguna		
IV	adiciones,	Cementos Puzolánicos	IV/A	≤9,0	≤ 25,0	
IV	resistentes a	(D+P+V)	IV/B			
V	agua de mar	Cementos compuestos (S+P+V)	V/A	≤ 10,0	≤ 25,0	

Las prescripciones sobre  $C_3A$  y ( $C_3A + C_4AF$ ) se refieren a porcentajes en masa de **clínker**. Los contenidos de  $C_3A$  y  $C_4AF$  se determinarán por cálculo, según la norma UNE 80304, a partir de los ensayos realizados sobre el **clínker** según la norma UNE-EN 196-2

Tabla 2. Prescripciones adicionales para los cementos resistentes a los sulfatos, SRC, de la UNE 80303-1:2017

Tipos	Denominaciones		Designaciones	Especificaciones del clínker de los cementos resistentes a los sulfatos (SRC)		
				C₃A%	$C_3A\% + C_4AF\%$	
II		Con escoria de horno alto	II/A-S			
II	Cementos	(S)	II/B-S			
II	pórtland con	Con humo de sílice (D)	II/A-D		≤ 22,0	
П	adiciones,	Con Dunalana Natural (D)	II/A-P	≤ 6,0		
П	resistentes a	Con Puzolana Natural (P)	II/B-P			
П	sulfatos	Con conico volento ()()	II/A-V			
П		Con ceniza volante (V)	II/B-V			
Ш	Cementos con adiciones,	Con escoria de horno alto (S)	III/A	≤ 8,0	≤ 25,0	
V	resistentes a sulfatos	Cementos compuestos (S+P+V)	V/A	≤ 8,0	≤ 25,0	

Las prescripciones sobre  $C_3A$  y ( $C_3A + C_4AF$ ) se refieren a porcentajes en masa de **clínker**. Los contenidos de  $C_3A$  y  $C_4AF$  se determinarán por cálculo, según la norma UNE 80304, a partir de los ensayos realizados sobre el **clínker** según la norma UNE-EN 196-2.

Tipos Principales	Denominación	Designación	Contenido de C₃A (%)¹)
CEM I	Cemento Portland resistente a los sulfatos	CEM I-SR 0 CEM I-SR 3 CEM I-SR 5	= 0 ≤ 3 ≤ 5
CEM III <sup>2)</sup>	Cemento de horno alto resistente a los sulfatos	CEM III/B-SR CEM III/C-SR	-
CEM IV	Cemento puzolánico resistente a los sulfatos	CEM IV/A-SR CEM IV/B-SR	≤9 ≤9

Tabla 3. Cementos comunes resistentes a los sulfatos de la norma UNE-EN 197-1:2011.

# 5. Reglamentación española del hormigón estructural con relación a la resistencia al agua de mar y a los sulfatos

La Instrucción de Hormigón Estructural, EHE-08 [1], divide la *clase general de exposición III,* ambiente marino, en tres subclases:

- Illa: atmósfera marina con humedad y salinidad ambiental (Fig. 6);
- IIIb: inmersión total en el mar (Fig. 7);
- IIIc: intermitencia periódica de las mareas con acciones alternantes de IIIa y IIIb (Figs. 8 y 9).

Y en sus Artículos 37.3.5 y 37.3.6 reglamenta cuándo se debe emplear un cemento con la característica adicional de resistencia a los sulfatos o con la característica adicional de resistencia al agua de mar, respectivamente, con relación a los ambientes definidos en las Tablas 6 y 7 del apartado 5.1 del presente artículo:

37.3.5 Resistencia del hormigón frente al ataque por sulfatos

En el caso particular de existencia de sulfatos, el cemento deberá poseer la característica adicional de resistencia a los sulfatos, según la vigente instrucción para la recepción de cementos, siempre que su contenido sea igual o mayor que 600 mg/l en el caso de aguas, o igual o mayor que 3000 mg/kg, en el caso de suelos (excepto cuando se trate de agua de mar o el contenido en cloruros sea superior a 5000 mg/l, en que será de aplicación lo indicado en 37.3.6.).

# 37.3.6 Resistencia del hormigón frente al ataque del agua de mar

En el caso de que un elemento estructural armado esté sometido a un ambiente que incluya una clase general del tipo IIIb ó IIIc, o bien que un elemento de hormigón en masa se encuentre sumergido o en zona de carrera de mareas, el cemento a emplear deberá tener la característica adicional de resistencia al agua de mar, según la vigente instrucción para la recepción de cementos.

<sup>1)</sup> Analizado en el clínker.

<sup>2)</sup> En el caso de los cementos de horno alto resistentes a los sulfatos, CEM III/B-SR y CEM III/C-SR, no existe requisito relativo al contenido de C₃A en el clínker.

Todos los cementos SR y SRC son, además de resistentes a los sulfatos, resistentes al agua de mar. Por tanto, cuando se especifique la utilización de un cemento resistente al agua de mar, MR, se podrá emplear un cemento SR o SRC en su lugar [2].

El Artículo 8.2.2 de la Instrucción EHE-08, clases generales de exposición ambiental en relación con la corrosión de armaduras, dice:

En el caso de estructuras marinas aéreas, el Autor del Proyecto podrá, bajo su responsabilidad, adoptar una clase general de exposición diferente de Illa siempre que la distancia a la costa sea superior a 500m y disponga de datos experimentales de estructuras próximas ya existentes y ubicadas en condiciones similares a las de la estructura proyectada, que así lo aconsejen.

Sin embargo, esta posibilidad no se ofrece cuando se trata de clases generales de exposición ambiental IIIb ni IIIc, en las cuales el cemento a emplear deberá tener la característica adicional de resistencia al agua de mar, al menos, o poseer la característica adicional de resistencia a los sulfatos ya que los cementos resistentes a los sulfatos también son resistentes al agua de mar.

Por otro lado, los datos experimentales que se mencionan en el Artículo 8.2.2 de la Instrucción EHE-08 [1] son los relativos a la concentración de sales en la brisa marina, direcciones preferenciales del viento, efecto observado en estructuras vecinas de hormigón armado, entre otros datos. Por tanto, la recomendación general es la de emplear hormigones fabricados con cementos resistentes al agua de mar, MR, SR o SRC, incluso en el ambiente IIIa, caracterizado por la existencia de una atmósfera marina con humedad y salinidad ambiental.

La Instrucción de Hormigón Estructural, EHE-08 [1], también regula los parámetros de dosificación de los hormigones estructurales que van a estar expuestos al ambiente marino, es decir, fija un contenido mínimo de cemento y una relación agua/cemento máxima tal y como se presenta en la Tabla 4, que corresponde con la Tabla 37.3.2.a de la Instrucción EHE-08.

Tabla 4. Tabla 37.3.2.a de la EHE-08 [1].

Da é va va at va «la	Tip a da	Clase de exposición												
Paárametro de dosificación	Tipo de hormigón	1	lla	IIb	Illa	IIIb	IIIc	IV	Qa	Qb	Qc	н	F	E
	masa	0,65	-	-	-	-	-	-	0,50	0,50	0,45	0,55	0,50	0,50
Máxima relación a/c	armado	0,65	0,60	0,55	0,50	0,50	0,45	0,50	0,50	0,50	0,45	0,55	0,50	0,50
	pretensado	0,60	0,60	0,55	0,45	0,45	0,45	0,45	0,50	0,45	0,45	0,55	0,50	0,50
	masa	200	-	-	-	-	-	-	275	300	325	275	300	275
Mínimo contenido de cemento (kg/m³)	armado	250	275	300	300	325	350	325	325	350	350	300	325	300
	pretensado	275	300	300	300	325	350	325	325	350	350	300	325	300

De forma complementaria, pero en este caso sólo como una recomendación, la Tabla 37.3.2.b de la Instrucción EHE-08 (Tabla 5) da unos valores que reflejan las resistencias que pueden esperarse con carácter general cuando se emplean áridos de buena calidad y se respetan las especificaciones estrictas de durabilidad incluidas en dicha Instrucción EHE-08. Hay que remarcar que se trata de una tabla meramente orientativa.

Paárametro de	Tino do	Clase de exposición												
dosificación	Tipo de hormigón	1	lla	llb	Illa	IIIb	IIIc	IV	Qa	Qb	Qc	н	F	E
	masa	20							30	30	35	30	30	30
Resistencia mínima (N/mm²)	armado	25	25	30	30	30	35	30	30	30	35	30	30	30
	pretensado	25	25	30	30	35	35	35	30	35	35	30	30	30

Tabla 5. Tabla 37.3.2.b de la EHE-08 [1].

A continuación, se presentan con más detalle las clases de exposición de la Instrucción de Hormigón Estructural, EHE-08 [1].

### 5.1. Clases de exposición en servicio

El tipo de ambiente según el Artículo 8º de la Instrucción de Hormigón Estructural, EHE-08 [1] es la combinación de una clase general de exposición frente a la corrosión de armaduras (Tabla 8.2.2 de la Instrucción EHE-08) y una clase de exposición específica de procesos de deterioro diferentes a la corrosión de la armadura, cuando aplique (Tabla 8.2.3.a de la Instrucción EHE-08).

Las clases *generales* de exposición relativas a la corrosión de las armaduras (Tabla 8.2.2 de la Instrucción EHE-08) son las siguientes (Tabla 6):

- No agresiva, clase de exposición (I),
- Corrosión de origen diferente de los cloruros (p.e. carbonatación), clase de exposición (II).
- Corrosión por cloruros de origen marino, clase de exposición (III),
- Corrosión por cloruros de origen no marino, clase de exposición (IV).

Las clases *específicas* de exposición de la Tabla 8.2.3.a de la Instrucción EHE-08,

complementada con la Tabla 8.2.3.b de la Instrucción EHE-08, incluyen tres tipos de procesos:

- Agresividad química (Q).
- Heladas (hielo-deshielo) (H –sin sales fundentes–, F –con sales fundentes–).
- Erosión (E).

La agresividad química se clasifica en tres niveles: débil, medio y fuerte (Tabla 7), de acuerdo a las concentraciones de diferentes agentes agresivos de los suelos con sulfatos o de las aguas continentales que los rodean (Artículo 37.3.5): Se prescribe el empleo de cementos resistentes a los sulfatos (SR y SRC), en los casos de agresividad fuerte  $(Q_c)$  y agresividad media  $(Q_b)$ , recomendándose el empleo de cementos resistentes al agua de mar (MR) en el caso de agresividad débil  $(Q_a)$ .

Como ya se ha comentado, en el caso del **agua de mar** (Artículo 37.3.6) se prescriben los cementos resistentes al agua de mar, es decir, los denominados MR junto con los SR y SRC.

En cuanto al efecto de los **medios ácidos**, éste consiste en la disolución de los componentes

básicos de la pasta de cemento, la portlandita y otros. Por tanto, en el caso de aguas puras, ácidas, o con CO<sub>2</sub>, se recomienda el empleo de cementos de adición puzolánica, que fijan la portlandita. Por tanto, los cementos preferibles son los siguientes: CEM IV, CEM V, CEM III, CEM II/B-P, CEM II/B-V, CEM II/A-P, CEM II/A-V, CEM II/A-D, CEM II/B-S y CEM II/A-S.

Las clases de exposición con heladas (H y F) y erosión (E), dependen en gran medida de la calidad del hormigón: densidad, compacidad, porosidad y permeabilidad, por lo que la influencia del tipo de cemento es menor y conviene prestar más atención a la dosificación, elaboración, puesta en obra y curado del hormigón.





Figura 6. Edificio en ambiente marino. Clase de exposición IIIa: atmósfera marina con humedad y salinidad ambientales. Residencial El Carmen, cerca del Puerto de Málaga. Hormigón fabricado con un cemento Portland común resistente al agua de mar IV/A (V) 42,5 R/MR de la fábrica de Málaga.



Figura 7. Obra portuaria. Clase de exposición IIIb: inmersión total en el mar.





Figura 8. Clase de exposición IIIc: intermitencia periódica de las mareas con acciones alternantes de IIIa y IIIb. Reparación de la Lonja de LLanes con un mortero de reparación fabricado con un cemento Portland común CEM I 52,5 R-SR 5 de Añorga.





Figura 9. Clase de exposición IIIc: intermitencia periódica de las mareas con acciones alternantes de IIIa y IIIb. Prueba experimental de la durabilidad frente al ciclo de mareas en el Puerto de Málaga. Hormigón fabricado con un CEM I 42,5 R-SR 5 de Málaga.

Tabla 6. Resumen de las Tablas 8.2.2 (Clases generales de exposición relativas a la corrosión de las armaduras) y 8.2.3.a (Clases específicas de exposición relativas a otros procesos de deterioro distintos de la corrosión) de la Instrucción EHE-08 [1].

DESIGNACIÓN			TIPO DE PROCESO				
Clase general de exp armaduras (Tabla 8.			Agresividad debida a:				
I	No a	agresiva	Ninguno				
<sub>II</sub>	lla	Humedad alta	Corrosión de las armaduras de origen				
Ambiente normal	IIb	Humedad baja	diferente de los cloruros				
III Ambiente marino	IIIa IIIb IIIc	Aérea Sumergida Carrera de mareas	Corrosión de las armaduras por cloruros de origen marino				
IV			Corrosión de las armaduras por cloruros de				
Ambiente con clorur	os de origen	no marino	origen no marino				
-	-	e procesos de deterioro madura (Tabla 8.2.3.a de la	Agresividad debida a:				
Q	Qa		Ataque químico débil				
Ataque químico	Qb		Ataque químico medio				
del hormigón	Qc		Ataque químico fuerte				
l la la de a	Н		Heladas sin sales fundentes				
Heladas	F		Heladas con sales fundentes				
Erosión	Е		Abrasión / Cavitación				

Tabla 7. Clasificación de la agresividad química (Tabla 8.2.3.b de la EHE-08) [1].

ENTORNO DE LA	PARÁMETROS	AGRESIVIDAD DEL	. MEDIO	
ESTRUCTURA EN	(CONCENTRACIONES	Qa	Qb	Qc
SERVICIO	IÓNICAS EN ppm)	Débil	Medio	Fuerte
	рН	6,5 – 5,5	5,5 – 4,5	< 4,5
	CO <sub>2</sub> (mg/l)	15 – 40	40 – 100	> 100
	Residuo seco (mg/l)	75 - 150	50 - 75	< 50
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	15-30	30-60	> 60
Agua	Mg <sup>2+</sup> (mg/l)	300-1000	1000-3000	> 3000
Agua	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	200 – 600 <b>/MR</b>	600 – 3000 agua de mar/MR aguas continentales /SR o /SRC	> 3000 /SR o /SRC
6 1	Grado de acidez Baumann- Gully (ml/kg)	>200	Estas condiciones n práctica	o se dan en la
Suelo	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/kg de suelo seco)	2000- 3000 <b>/MR</b>	3000–12000 /SR o /SRC	> 12000 /SR o /SRC

# 6. Acción del agua de mar en el hormigón

Un hormigón bien dosificado y puesto en obra, que ha sido elaborado con un cemento resistente al agua de mar, suele presentar unas buenas prestaciones en el ambiente marino.

### 6.1 Parámetros que actúan simultáneamente

El ataque del hormigón debido al agua de mar se debe a un conjunto de varios parámetros que actúan conjuntamente:

- Parámetros químicos (iones agresivos);
- Parámetros geofísicos (mareas y fluctuación del nivel del mar);
- Parámetros físicos (ciclos hielodeshielo, activación por elevadas temperaturas);
- Parámetros mecánicos (abrasión).

La alteración del hormigón en ambiente marino puede producirse muy rápidamente (en menos de 10 años) en las obras realizadas con un hormigón de mala calidad, es decir, cuando se ha utilizado un cemento que no sea ni resistente al agua de mar, MR, ni resistente a los sulfatos, SR o SRC, o cuando la relación agua/cemento sea muy elevada, o cuando el contenido de cemento esté por debajo del mínimo requerido. También, el deterioro

prematuro de las estructuras de hormigón armado se puede producir cuando el recubrimiento de las armaduras es inadecuado.

# 6.2 Acciones combinadas del ambiente marino sobre el hormigón armado

La clase general de exposición III de la Instrucción EHE-08 [1], relativa a la corrosión debida a la acción de los cloruros del agua de mar, se subdivide en tres subclases:

- Illa: atmósfera marina con humedad y salinidad ambiental;
- IIIb: inmersión total en el mar;
- IIIc: intermitencia periódica de las mareas con acciones alternantes de IIIa y IIIb.

Los agentes potencialmente agresivos que hay en el mar Mediterráneo y en el agua marina en general se presentan la Tabla 8. Los aniones más agresivos para la pasta de cemento del hormigón son los sulfatos, y los cloruros para la armadura del hormigón armado. Por otro lado, el catión más agresivo es el magnesio para la pasta de cemento. Además, se puede observar que en el mar Mediterráneo el ion sulfato se encuentra en concentraciones en torno a 4.330 mg/l, por tanto, se corresponde con un ambiente Qc (Tabla 7).

Tabla 8. Composición química del agua de mar Mediterráneo y valor medio de los océanos y mares más importantes.

CONCENTRACIÓN DE IONES (‰) (g/l)										
Mar / Océano	Na <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> =	Br⁻	CO <sub>3</sub> =	Fe <sup>3+</sup>	Total
Mediterráneo	11,20	20,77	2,157	0,244	0,134	4,330	0,434	0,106	0,003	39,20
Valor medio de los océanos y mares más importantes	10,75	19,52	1,514	0,383	0,395	3,246	0,331	0,092	_	36,13

Cuando un hormigón entra en contacto con el agua de mar, primero, ésta penetra por absorción capilar a través de los poros capilares del hormigón hasta que éste se satura. Una vez que se satura el hormigón, los aniones sulfato  $SO_4^{2-}$  y cloruro  $Cl^-$ , y los cationes sodio Na<sup>+</sup>, potasio K<sup>+</sup>, magnesio Mg<sup>2+</sup> y calcio Ca<sup>2+</sup>, entre otros, penetran por difusión. A lo largo del tiempo, los sulfatos podrían atacar al hormigón formando compuestos expansivos que provocan su fisuración externa si éste no se ha fabricado con un cemento resistente al agua de mar. Por otro lado, los cloruros podrían provocar la despasivación de la armadura y su corrosión si el hormigón no es lo suficientemente compacto. Los productos de la corrosión son expansivos por lo que causan fisuración interna y pérdida de adherencia entre la armadura y el hormigón. Ambas acciones se pueden producir a la vez y no se pueden considerar por separado [5-7].

# 6.3 Mecanismo de actuación del agua de mar en el hormigón

El agua de mar deteriora al hormigón a través de mecanismos fisicoquímicos que producen expansión y pérdida de las propiedades conglomerantes del gel C-S-H.

### 6.3.1 Acción del CO<sub>2</sub>

La carbonatación del hormigón se produce por el CO<sub>2</sub> disuelto en el agua de mar según la reacción:

$$Ca(OH)_2 + CO_2 + H_2O \rightarrow CaCO_3 + H_2O$$

Esta acción es leve debido a la baja solubilidad de los gases en los líquidos, la cual disminuye cuando aumenta la temperatura.

### 6.3.2 Acción del ion Mg (II)

La portlandita en contacto con el magnesio del agua del mar reacciona para formar hidróxido de magnesio o brucita, Mg(OH)<sub>2</sub>. La brucita

ejerce presiones que provocan una fisuración y un deterioro de la adherencia de la pasta con el árido del hormigón.

Por otro lado, la transformación del gel C-S-H cálcico en gel magnesiano, hace caer la resistencia mecánica ya que el gel C-S-H magnesiano no es hidráulico.

### 6.3.3 Acción del ion cloro (I)

Los cloruros producen un ataque localizado en el acero de la armadura generando una serie de productos voluminosos y poco adherentes que provocan fisuración en el hormigón. Para evitarlo, hay que impedir que los cloruros entren en contacto con el acero; esto se puede conseguir por medio de un método de protección de naturaleza química y otro de naturaleza física.

El método de protección de naturaleza química consiste en que los cloruros pueden reaccionar con los cationes calcio, y con los aluminatos de calcio de la pasta de cemento, para formar cloruro de calcio y cloroaluminato de calcio hidratado o sal de Friedel. Sin embargo, la presencia de sulfatos en el agua de mar y su reacción con el aluminato tricálcico para producir ettringita hace que los cementos con elevado contenido de C<sub>3</sub>A alúmina no se recomienden para fabricar hormigones expuestos al agua de mar.

En definitiva, en función de que el catión sea magnesio o calcio las reacciones que se pueden producir con el ion cloro (I) son:

 En el MgCl<sub>2</sub> se da una sustitución del Mg<sup>2+</sup> por Ca<sup>2+</sup> que es poco agresiva para el hormigón:

$$MgCl_2 + Ca(OH)_2 \rightarrow CaCl_2 + Mg(OH)_2$$

 El CaCl2 reacciona con el C3A para producir la sal de Friedel (cloroaluminato de calcio) que no afecta negativamente a la microestructura del hormigón.

$$CaCl_2 + C_3A + 10H_2O \rightarrow C_3A CaCl_2 10H_2O$$

El método de protección de naturaleza física consiste en la propia compacidad e impermeabilidad del hormigón conseguida mediante una buena selección de materiales y una dosificación idónea con una relación agua/cemento lo más baja posible compatible con una buena compactación. Ésta es la mejor defensa de un hormigón contra los ataques de las acciones agresivas externas.

### 6.3.4 Acción de los sulfatos

Los sulfatos deterioran al hormigón a través de mecanismos fisicoquímicos que producen expansión y pérdida de las propiedades conglomerantes del gel C-S-H. Dichos mecanismos fisicoquímicos dependen de la concentración y del tipo de sulfato, es decir, del catión asociado. La acción de los sulfatos puede iniciarse con un hinchamiento seguido de la formación de compuestos expansivos.

La portlandita, Ca(OH)<sub>2</sub>, en contacto con los sulfatos del agua de mar reacciona primero para formar sulfato de calcio dihidrato o yeso, CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O, cuya cristalización ejerce una presión que puede fisurar la pasta de cemento y reduce su adherencia con el árido. El aluminato tricálcico, C₃A, del cemento anhidro se hidrata combinándose con una parte de la portlandita formada, dando lugar al aluminato de calcio hidratado, C<sub>4</sub>AH<sub>13</sub>, y éste puede reaccionar con el yeso para formar ettringita, C<sub>3</sub>A·3CaSO<sub>4</sub>·32H<sub>2</sub>O, la cual, si se forma por los sulfatos que penetran del exterior en la pasta de cemento endurecida se denomina "secundaria" y es muy expansiva. Sin embargo, si ésta se forma durante el fraguado, es decir, durante la fase "plástica"

de la pasta, se nombra como ettringita "primaria" y no es perjudicial (Fig. 10).

La formación de yeso secundario se puede producir por sustitución iónica entre la portlandita y los sulfatos, por ejemplo, en el caso del sulfato de sodio se puede dar la siguiente reacción:

$$Ca(OH)_2 + Na_2SO_4 + 2H_2O \rightarrow CaSO_4 \cdot 2H_2O + 2NaOH$$

El NaOH produce una elevada alcalinidad que estabiliza al gel C-S-H, mientras que el yeso (CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O) es expansivo, pero sólo se forma en los poros y demás huecos de la pasa de cemento hidratado, por lo que produce una expansión escasa o nula.

La cristalización del yeso es expansiva ya que el volumen del cristal hidratado es mayor que la suma de los volúmenes del sulfato de calcio anhidro más el del agua de cristalización, por lo cual, si los cristales no encuentran espacio para colocarse en huecos y poros, sin crear tensiones, o a partir del momento en que este espacio se haya llenado, se ejerce una presión disruptiva que microfisura la pasta de cemento y deteriora la adherencia entre ésta y el árido.

En el caso del MgSO<sub>4</sub> se produce una sustitución del Mg<sup>2+</sup> por Ca<sup>2+</sup> que es poco agresiva para el hormigón:

$$MgSO_4 + Ca(OH)_2 + 2H_2O \rightarrow CaSO_4 \cdot 2H_2O + Mg(OH)_2$$

El CaSO<sub>4</sub> soluble producido se lixivia del hormigón, mientras que el sulfato cálcico precipitado se denomina yeso secundario, CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O, y produce una cierta expansión. Por otro lado, el Mg(OH)<sub>2</sub> precipitado sirve de protección al hormigón si se sitúa rellenando los espacios vacíos, poros y oquedades.

La formación de ettringita secundaria se puede producir de las formas siguientes:

 A partir del C₃A anhidro que no se ha hidratado. El yeso secundario (CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O) reacciona con el C<sub>3</sub>A para producir ettringita expansiva (Figura 10):

 $C_3A + 3CaSO_4 2H_2O + 26H_2O \implies C_3A 3CaSO_4 32H_2O$ 

- A partir de los aluminatos cálcicos hidratados:
  - Del monosulfoaluminato cálcico:

 $C_3A \cdot CaSO_4 \cdot 18H_2O + 2Ca(OH)_2 + 2SO_4^= + 12H_2O \rightarrow$  $C_3A \cdot 3CaSO_4 \cdot 32H_2O$ 

- Del C4AHx:

 $C_3A\cdot Ca(OH)_2.xH_2O + 2Ca(OH)_2 + 3SO_4^{=} + 11H_2O \rightarrow C_3A\cdot 3CaSO_4\cdot 32H_2O$ 

La precipitación rápida de la ettringita produce la formación de cristales muy finos de ettringita no fibrosa de naturaleza coloidal con un volumen molar de 3 a 8 veces superior al volumen del sólido inicial, según se forme a partir de  $C_3A$  o de  $C_4AH_{13}$ .

La sustitución de los iones Ca<sup>2+</sup> por los iones Mg<sup>2+</sup> en el gel C-S-H produce la pérdida de las propiedades conglomerantes del gel C-S-H:

gel C-S-H + MgSO<sub>4</sub> → CaSO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O + geles (C, M)-S-H (débilmente cohesivos)

La interacción de los diferentes iones presentes en el agua de mar explica que la agresividad frente a la acción del agua de mar sea menor que la de los iones sulfato. Los tipos de ataque descritos actúan en diferentes partes del hormigón tal y como se describe en la Fig. 11.



Figura 10. Formación de ettringita (microfotografía SEM).



Figura 11. Zonas de ataque del agua de mar en el hormigón completamente sumergido (clase de exposición IIIb de la EHE-08).

La acción del agua de mar depende en gran medida de la temperatura ya que las reacciones químicas implicadas se aceleran con ésta. Por este motivo, la agresividad del agua de mar es mayor en el mar Mediterráneo que en el mar Cantábrico. En general, con una temperatura en torno a 10°C la agresividad es débil, mientras que con temperaturas superiores a 25°C dicha agresividad es fuerte.

# 6.4 Ataque conjunto de los iones del agua de mar

La rápida penetración del anión cloruro Cl<sup>-</sup> por difusión debida a su menor tamaño, facilita la formación de la sal de Friedel, C<sub>3</sub>A·CaCl<sub>2</sub>·10H<sub>2</sub>O, al reaccionar con los aluminatos de calcio hidratados, C<sub>4</sub>AH<sub>13</sub>.

Por otro lado, la penetración más lenta del anión sulfato  $SO_4^{2-}$ , de mayor volumen, hace que se forme la ettringita secundaria expansiva, conocida también como sal de Candlot, y se produce un incremento de volumen. Asimismo, el anión sulfato en contacto con la sal de Friedel forman ettringita secundaria expansiva, liberándose los aniones cloruro que producen la corrosión de las armaduras [8].

En conclusión, la sal de Friedel puede retrasar, pero no evitar la corrosión de las armaduras del hormigón por los cloruros cuando el hormigón se encuentra en contacto con sulfatos.

# 6.5 Factores que controlan la resistencia del hormigón al agua de mar

La resistencia del hormigón al agua de mar aumenta con el contenido de cemento al ser, en general, más compactos y menos permeables. Sin embargo, la velocidad de degradación del hormigón es directamente proporcional a la cantidad de C₃A del cemento (Fig. 12). Asimismo, a mayor concentración de sulfatos, mayor ataque. Por ese motivo, la Tabla 8.2.3.b de la EHE-08 (Tabla 7) define tres grados de ataque Qa, Qb y Qc. También hay que destacar que algunos constituyentes de los cementos, como las cenizas volantes, las puzolanas naturales y las

**escorias granuladas de horno alto**, mejoran enormemente la resistencia al agua de mar.

En conclusión, los factores que controlan la resistencia del hormigón al agua de mar son la permeabilidad a los iones agresivos (asegurando una dosificación, un curado y puesta en obra adecuados), la relación agua/cemento (por su relación con la porosidad capilar y la permeabilidad), un recubrimiento adecuado y el tipo de cemento exigido por la Instrucción de Hormigón Estructural, EHE-08 [1]:

 Cemento resistente al agua de mar (de bajo contenido en C₃A, resistente al agua de mar, MR, o a los sulfatos, SR y SRC).

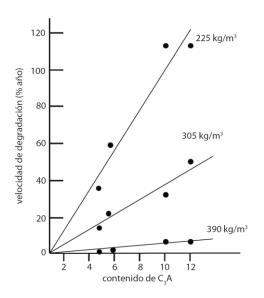


Figura 12. Influencia de la cantidad de cemento y del contenido de C₃A en la velocidad de degradación del hormigón después de 16 años en una solución de Na₂SO₄ al 10%. (Fuente: VERBECK, G.J. 1968 Field and laboratory studies of the sulphate resistance of concrete, PCA Research Department Bulletin 227, pp. 113-124).

### 7. Cementos empleados en la clase general de exposición III y clase específica de exposición Qb (cementos más idóneos para estructuras marítimas)

En España, los cementos resistentes al agua de mar se recogen en las normas UNE 80.303-2:2017 (MR), UNE 80.303-1:2017 (SRC) y UNE-EN 197-1:2011 (SR) (Tablas 1, 2 y 3, respectivamente), las cuales incluyen a los cementos de la UNE-EN 197-1:2011 [9] que pueden ser considerados como resistentes al agua de mar, siempre que cumplan los límites del contenido de C₃A y de C₃A + C₄AF en el clínker, determinados por cálculo, según la norma UNE 80.304:2006. Las condiciones exigidas para los cementos SRC y SR son mayores que para los MR. También para los CEM I son más restrictivas que para el resto de cementos, mientras que los cementos CEM III/B y CEM III/C se consideran siempre como resistentes al agua de mar.

En la selección de los cementos para una clase general de exposición III (corrosión de las armaduras por cloruros de origen marino), hay que decir que se debe evitar la difusión de cloruros, por un lado, y dar al hormigón la resistencia suficiente contra los sulfatos, por otro. Aunque el contenido de aluminatos en el clínker del cemento mejora la capacidad de retención de cloruros, en estos ambientes con sulfatos se recomienda que el cemento Portland sea resistente al agua de mar, MR, o a los sulfatos, SR y SRC, para evitar la formación de compuestos expansivos ya que éstos poseen una reducida cantidad de aluminato tricálcico, C₃A, y ferrito aluminato tetracálcico, C₄AF. Además, los cementos más adecuados son los que contienen adiciones activas (Fig. 13) que dan lugar a pastas hidratadas, cuyos geles reducen el avance penetrante de los cloruros por difusión (cementos con puzolanas naturales, cenizas volantes y escorias de horno alto)1.



Figura 13. Clase de exposición IIIa. Tanque de tormentas de Ferrol. Hormigón con cemento CEM IV/A(V) 42,5 N-SR de la fábrica de Toral de los Vados.

<sup>1</sup> La norma ASTM C 150, recoge al cemento tipo V (resistente a los sulfatos), el cual contiene menos del 5% de C₃A y menos

del 20% de la suma del C₃A y C₄AF; y a un tipo II (moderadamente resistente a los sulfatos) que limita el C₃A al 8%. Además, para ambientes muy agresivos, recomienda el empleo del tipo V con materiales puzolánicos. (ACI 201.2R-10. Manual for Concrete Practice).

Teniendo en cuenta la clase específica de exposición Qb, los cementos más resistentes a los ataques por sulfatos del agua de mar son aquéllos que produzcan pastas hidratadas con menor proporción de componentes más fácilmente atacables: la portlandita, el gel C-S-H y el aluminato tricálcico. Por otro lado, las escorias de horno alto tienen una cierta hidraulicidad latente, es decir, tienen la capacidad de fraguar y endurecer por sí mismas, especialmente cuando se activan con álcalis y sulfatos. Como resultado aportan resistencia mecánica a medio plazo y dan productos de hidratación menos vulnerables a los ataques de los sulfatos o de las sales

magnésicas contenidos en el agua de mar. Así mismo, los materiales puzolánicos como el humo de sílice, las cenizas volantes silíceas y las puzolanas naturales, entre otros, contienen compuestos con sílice o alúmina activas capaces de reaccionar con el hidróxido de calcio, portlandita, formado en la hidratación de los silicatos cálcicos del cemento Portland para producir un gel C-S-H secundario, que no es otra cosa que un silicato de calcio hidratado con una menor relación calcio/sílice que el primario. Este gel C-S-H secundario es más estable y menos atacable por los compuestos de magnesio del agua de mar que el primario (Fig.14).



Figura 14. Clases de exposición IIIb y IIIc. Puerto Exterior de La Coruña. Los cementos empleados en las distintas fases de la obra de los distintos elementos del muelle y espigón han sido el CEM II/B-V 32,5 R-MR y el CEM IV/A(V) 42,5 N-SR de las fábricas de Oural y Toral de los Vados, respectivamente.

La Tabla 9 (columna A) muestra la resistencia relativa de los cementos de la norma UNE-EN 197-1:2011 al **ataque por los sulfatos** del agua de mar en orden de mayor a menor. Otros cementos que también podrán utilizarse en ambiente marino son los CAC/R, pero no en elementos estructurales [1].

Con relación a los cementos más resistentes a la **acción de las sales magnésicas** del agua de mar son aquéllos que dan lugar a pastas hidratadas con menor contenido de portlandita y gel C-S-H al igual que en el caso del ataque por sulfatos, aunque por razones diferentes. Por tanto, hay que evitar tanto la formación de brucita expansiva como de gel C-S-H magnesiano.

La resistencia relativa de los cementos de la norma UNE-EN 197-1:2011 al ataque por el catión magnesio, Mg<sup>2+</sup>, del agua de mar es la indicada en la columna B de la Tabla 9, en orden de mayor a menor.

Tabla 9. Cementos de la norma UNE-EN 197-1:2011 más resistentes a los sulfatos del agua de mar (columna A) y más resistentes al magnesio del agua de mar (columna B).

Α			В				
Cementos resistentes a	los sul	fatos del agua de mar	Cementos resistentes al magnesio del agua de mar				
Tipo de cemento		Designación	Tipo de cemento	Designación			
III DE HORNO ALTO		CEM III/C CEM III/B CEM III/A	IV PUZOLÁNICOS	CEM IV/A			
V COMPUESTOS		CEM V/B CEM V/A	V COMPUESTOS	CEM V/B CEM V/A			
IV PUZOLÁNICOS		CEM IV/A	III DE HORNO ALTO	CEM III/C CEM III/B CEM III/A			
II PORTLAND	II/B	CEM II/B-S CEM II/B-P∴CEM II/B-V	II PORTLAND	CEM II/B-P∴ CEM II/B-V CEM II/B-S			
CON ADICIONES		CEM II/A-S CEM II/A-P :: CEM II/A-V CEM II/A-D	CON ADICIONES	CEM II/A-P∴ CEM II/A-V CEM II/A-S CEM II/A-D			
I PORTLAND		CEMI	I PORTLAND	CEM I			

Considerando la acción simultánea de las sales de los iones sulfato,  $SO_4^{2-}$ , y magnesio,  $Mg^{2+}$ , en la Tabla 9 se observa que los cementos de horno alto y los puzolánicos están en orden inverso. Dado que en el agua de mar existen ambos iones, hay que tener en cuenta que la concentración de sulfatos es más del doble que la del magnesio. Ambos afectan negativamente a la portlandita y al gel C-S-H; pero el anión sulfato, además, afecta negativamente al aluminato tricálcico del cemento. Por otro lado, el magnesio forma brucita, mientras que los sulfatos forman yeso y ettringita, siendo la fuerza expansiva del

yeso y de la ettringita "secundaria" mucho mayor que la de la brucita. A esto se suma que el intercambio catiónico del magnesio con el calcio del gel C-S-H primario es de segundo orden.

En conclusión, los cementos más aptos para los edificios construidos en ambiente marino y las estructuras marítimas en función de la clase de exposición (IIIa, IIIb y IIIc), y de la aplicación (hormigones en masa, armados o pretensados) se recogen en las Tablas 10, 11 y 12 clasificados según distintos grados de utilización: muy utilizables, utilizables, menos utilizables y no utilizables (Figura 15).



Figura 15. Clases de exposición IIIb y IIIc. Distintos elementos de la ampliación del Puente de Rande de Vigo realizada con un hormigón con cemento CEM IV/A(V) 42,5 N-SR de la fábrica de Toral de los Vados.

Tabla 10. Cementos recomendables para ser empleados en estructuras en atmósferas marinas con humedad y salinidad ambientales (Clase de exposición IIIa)

### Para hormigón en masa

- Cementos muy utilizables: CEM IV/A; CEM IV/B; CEM II/B-M; CEM II/B-V; CEM II/B-LL; CEM V/A; CEM V/B; CEM III/A; CEM III/B; CEM III/C; CEM II/B-P; CEM II/B-S.
- Cementos utilizables: CEM II/A-L; CEM II/A-L; CEM II/A-S; CEM II/A-M; CEM II/A-V; CEM II/A-P
- Cementos menos utilizables: CEM II/A-D; CEM I.
- Cementos no utilizables: El resto.

### Para hormigón armado

- Cementos muy utilizables: CEM I; CEM II/A-P; CEM II/A-V; CEM II/A-M; CEM II/A-L; CEM II/A-L; CEM II/A-D.
- Cementos utilizables: CEM II/B-P; CEM II/B-V; CEM II/B-M; CEM II/B-V; CEM II/B-S; CEM IV/A;
   CEM III/A.
- Cementos menos utilizables: CEM IV/B; CEM V/A; CEM III/B.
- Cementos no utilizables: El resto.

### Para hormigón pretensado

Cementos utilizables: CEM II/A-V; CEM II/A-P; CEM II/A-D; CEM II/A-M (P, V) CEM I. (MR, SRC o SR).

Cementos no utilizables: Todos los demás, sin excepciones.

Tabla 11. Cementos utilizables en las estructuras sumergidas en el mar (Clase de exposición IIIb).

# Estos cementos siempre deben tener la condición de ser MR, SR o SRC.

### Para hormigón en masa

- Cementos muy utilizables: CEM III/B; CEM III/C; CEM V/A; CEM V/B; CEM IV/B; CEM II/B-P;
   CEM II/A-P; CEM II/B-M; CEM II/B-V; CEM II/B-P; CEM II/B-S.
- Cementos utilizables: CEM III/A; CEM IV/A; CEM II/A-M; CEM II/A-V; CEM II/A-P; CEM II/A-L;
   CEM II/A-LL.
- Cementos menos utilizables: CEM II/A-D; CEM I.
- Cementos no utilizables: El resto.

# Para hormigón armado

- Cementos muy utilizables: CEM III/A; CEM IV/A CEM V/A; CEM II/B-LL; CEM II/B-P; CEM II/B-S; CEM II/B-M; CEM II/B-V.
- Cementos utilizables: CEM III/B; CEM IV/B; CEM II/A-P; CEM II/A-S; CEM II/A-M; CEM II/A-L;
   CEM II/A-LL; CEM I; CEM II/A-V.
- Cementos menos utilizables: CEM II/A-D.
- Cementos no utilizables: El resto.

# Para hormigón pretensado

- Cementos utilizables: CEM II/A-V; CEM II/A-P; CEM II/A-D; CEM II/A-M (P, V) CEM I. (MR, SRC o SR).
- Cementos no utilizables: Todos los demás, sin excepciones.

Tabla 12. Cementos utilizables en las estructuras sometidas a la acción de las mareas (Clase de exposición IIIc).

### Estos cementos siempre deben tener la condición de ser MR, SR o SRC.

### Para hormigón en masa

- Cementos muy utilizables: CEM IV/A; CEM V/A; CEM V/B; CEM III/B; CEM III/C; CEM IV/B;
   CEM III/A; CEM II/B-P; CEM II/B-S; CEM II/B-M; CEM II/B-V; CEM II/B-LL; CEM II/A-M.
- Cementos utilizables: CEM II/A-P; CEM II/A-S; CEM II/A-V; CEM II/A-LL.
- Cementos menos utilizables: CEM II/A-D; CEM II/A-L; CEM I.
- Cementos no utilizables: El resto.

### Para hormigón armado

- Cementos muy utilizables: CEM IV/A; CEM V/A; CEM III/A; CEM II/B-S; CEM II/B-M; CEM II/B-V; CEM II/B-P; CEM II/B-LL.
- Cementos utilizables: CEM II/A-S; CEM II/A-M; CEM II/A-V; CEM II/A-P; CEM II/A-L; CEM II/A-L; CEM II/A-L; CEM II/A-
- Cementos menos utilizables: CEM II/A-D.
- Cementos no utilizables: Todos los demás, sin excepciones.

# Para hormigón pretensado

- Cementos utilizables: CEM II/A-V; CEM II/A-P; CEM II/A-D; CEM II/A-M (P, V) CEM I. (MR, SRC o SR).
- Cementos no utilizables: Todos los demás, sin excepciones.

# 8. Marcas voluntarias de calidad de producto. La marca N de AENOR

El Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones (IECA) desarrolló a partir del año 1986 un sistema de certificación para cementos denominado "Sello de calidad IECA", basado en un autocontrol por parte del fabricante y una supervisión externa. Este sistema se integró en el sistema de Certificación de AENOR el 12 de Julio de 1988; en ese mismo año se declaró obligatoria la homologación de los cementos para todo tipo de obras y productos prefabricados (Real Decreto 1313/88 de fecha 28 de octubre) y en 1989 se publicó la Orden Ministerial que declaraba a la Certificación Voluntaria de AENOR de cementos como alternativa a la Homologación.

# 8.1 Certificación de la Marca N de AENOR para cementos

La certificación es la acción de acreditar, por medio de un documento fiable, emitido por un organismo autorizado, que un determinado producto o servicio cumple con los requisitos o exigencias definidos por una norma o especificación técnica. En el caso del producto cemento, la certificación es una herramienta para verificar la aplicación de la reglamentación obligatoria y de las normas de especificaciones de los cementos. AENOR desarrolla la certificación de cementos en su Comité Técnico de Certificación AEN/CTC-015 "Cementos" bajo un sistema de total imparcialidad, transparencia y objetividad, ya que dispone de los mecanismos precisos para la certificación de productos y sistemas de gestión de la calidad. Por este motivo, AENOR ha sido acreditada por la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC) y está aceptada por el Ministerio de Fomento como un distintivo de calidad reconocido para todos los efectos de la Instrucción EHE-08 [1].



Figura 16: Logotipo de la Marca N de producto de AENOR.

El sistema de certificación establecido es un sistema de control de calidad dirigido a limitar el riesgo del usuario basado en la realización de un programa de autocontrol por parte del fabricante y de unos ensayos adicionales de contraste por parte de un laboratorio de verificación externo.

Puesto que no existe una norma europea armonizada de cementos resistentes al agua de mar, la Marca N garantiza las características **MR, SRC o SR** basándose en los ensayos que periódicamente se realizan sobre los clínkeres de cemento portland tomados en las fábricas e inspeccionando su autocontrol con relación al contenido de  $C_3A\%$  y  $C_3A$  +  $C_4AF$  (Tabla 13).

La Certificación de la Marca N de AENOR garantiza un alto nivel de calidad en la producción y expedición permitiendo al usuario prescindir de la realización de los ensayos de identificación [2] potestativos previstos en el Artículo 6º de la Instrucción para la Recepción de Cementos (RC-16).

La Certificación voluntaria de cementos (Marca N) supone una garantía de la calidad para los usuarios ya que los productos que están consumiendo no sólo cumplen con los requisitos técnicos establecidos, sino que además garantizan una mayor homogeneidad

y control sobre el producto final, lo cual es corroborado por una Entidad independiente. Por tanto, es una actividad que beneficia tanto a las empresas como a los distintos agentes sociales. Las ventajas que cabe destacar se citan en los siguientes apartados.

Tabla 13. Cementos MR, SR y SRC con Marca N de AENOR de producto en septiembre de 2017, suponen el 25% de los cementos de la Marca N de AENOR.

Fábrica	Cemento	Número del
		Certificado AENOR
MATAPORQUERA	CEM III/B 32,5 N-SR	015/001356
	III/A 42,5 N/SRC	015/001990
DOS HERMANAS	CEM I 42,5 R-SR 3	015/002012
	CEM I 52,5 R-SR 3	015/002082
NIEBLA	CEM I 52,5 N-SR 5	015/001670
TENERIFE	IV/A (P) 42,5 R/MR	015/002079
TORAL DE LOS VADOS	CEM I 52,5 N-SR 5	015/001982
	CEM IV/A (V) 42,5 N-SR	015/001983
ARGUINEGUÍN	IV/A (P) 42,5 R/MR	015/002078
LEMONA	CEM I 52,5 N-SR 5	015/002088
ELIVIOIU.	CEM IV/B (V) 32,5 N-SR	015/002019
SANT VICENÇ DELS HORTS	CEM I 42,5 R-SR 5	015/001991
	CEM I 42,5 R-SR 0	015/002039
	Especificación adicional: Na₂0 equiv.<0,60%	013/002033
	CEM I 42,5 R-SR 3	015/002016
ALCALÁ DE GUADAIRA	Especificación adicional: Na <sub>2</sub> 0 equiv.<0,60%	013/002010
	CEM I 52,5 R-SR 3	015/001986
	Especificación adicional: Na₂0 equiv.<0,60%	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
	CEM IV/B (V) 32,5 N-LH/SR	015/002035
HONTORIA	CEM I 52,5 N-SR 5	015/001993
MORATA DE TAJUÑA	CEM I 52,5 N-SR 5	015/001783
	Especificación adicional: Na₂0 equiv.<0,60%	013/001783
OLAZAGUTÍA	CEM I 42,5 R-SR 5	015/001875
STA. MARGARIDA I ELS MONJOS	CEM I 42,5 N-SR 5	015/001709
STA. MANGARIDA I ELS MONJOS	CEM I 52,5 R-SR 5	015/002077
	CEM I 52,5 N-SR 5	015/001971
	CEM I 52,5 N-SR 5 (ba)	015/001997
ABOÑO	Especificación adicional: Na₂0 equiv.<0,60%	013/001997
ABONO	CEM III/B 32,5 N-SR	015/001381
	II/A-V 42,5 R/MR	015/002032
	III/A 42,5 N/SRC	015/001379
	CEM I 52,5 N-SR 5	045/002005
LA ROBLA	Especificación adicional: Na₂0 equiv.<0,60%	015/002085
	CEM IV/B (V) 32,5 N-SR	015/002084
ALICANTE	III/A 42,5 N/SRC	015/001937
GADOR	CEM I 42,5 R-SR 5	015/002081
	CEM I 52,5 N-SR 5	015/001957
	II/A-V 42,5 R/MR	015/001962
LLOSETA	IV/B (V) 32,5 N/MR	015/002017
	IV/A (V) 42,5 R/MR	015/002112
MORATA DE JALÓN	CEM I 52,5 R-SR 5	015/002095
	II/A-V 42,5 N/SRC	015/001690
	CEM I 52,5 R-SR 3	015/001966
	II/A-S 42,5 N/SRC	015/001445
CARBONERAS	II/A-S 42,5 N/SRC	015/001445
	III/A 42,5 N/SRC	015/001912
	CEM I 42,5 N-SR 5	015/002015
JEREZ DE LA FRONTERA	CEM IV/A (V) 42,5 R-SR	015/002101
SAGUNTO	CEM I 42.5 R-SR 5	013/002101
JAGONIO	Especificación adicional: Lím. Inf. R2d ≥ 40 MPa	015/001293
VILLALUENGA DE LA SAGRA	CEM I 52,5 R-SR 5	015/001871
		015/001871
AÑORGA	CEM 1 52,5 R-SR 5	
ARRIGORRIAGA	III/A 42,5 N/SRC	015/001753
	V/A (S-V) 32,5 N/SRC	015/001754
MÁLAGA	CEM I 42,5 R-SR 5	015/001352
·	IV/A (V) 42,5 R/MR	015/002008

# 8.2 Ventajas para el consumidor

- Garantiza que el contenido de C<sub>3</sub>A y C<sub>3</sub>A + C<sub>4</sub>AF del clínker empleado para fabricar un cemento MR o SRC cumple con las especificaciones de las normas UNE 80.303-1:2017 y UNE 80.303-2:2017, y que el contenido de C<sub>3</sub>A para fabricar un cemento SR cumple con las especificaciones de la norma UNE-EN 197-1:2011, que son de obligado cumplimiento en los casos que recoge la Instrucción EHE-08 (Artículo 37.3.6). Los cementos MR, SR y SRC con Marca N de AENOR de producto suponen el 25% de los 190 cementos de la Marca N de AENOR (Tabla 13).
- Aporta información contrastada por una tercera parte independiente.
- La certificación ayuda al consumidor en la elección de sus cementos.
- Adquiere un cemento con mayor homogeneidad en cuanto a las características químicas, físicas y de resistencia del cemento. Por ejemplo, se puede afirmar que el 90% de los cementos españoles con Marca N de AENOR en el año 1988 tenían una desviación típica media de 2,65 N/mm², siendo dicha desviación a finales de 1994 de 2,15 N/mm², llegando a ser a finales de 2000 de 2,05 N/mm². Este descenso supone una mejora en la regularidad y, por tanto, en la calidad de los cementos.
- Asegura una calidad óptima en relación con el precio.
- Ayuda a la elección de subcontratistas o empresas de suministros y servicios.
- Mejora la fidelidad del cliente al satisfacer sus necesidades y expectativas.
- Permite al usuario prescindir de la realización de los ensayos de

- identificación potestativos previstos en la Instrucción de cementos (Instrucción para la recepción de cementos RC-16), puesto que este producto ha sido previamente inspeccionado.
- Limita el riesgo del consumidor de aceptar partidas defectuosas al 5% siendo este valor en la mayoría de los planes de muestreo del 10%, y en el caso de los hormigones, según la Instrucción EHE-08, aproximadamente del 50%. Uno de los objetivos prioritarios es la prevención de cualquier no conformidad garantizando la calidad del cemento hasta la entrega al cliente.
- El fabricante se hace responsable del producto, asegurándolo a través de la Marca N de AENOR.
- No hay mezclas ni manipulaciones sin control.

# 8.3 Ventajas para el fabricante

- Proporciona una herramienta de reconocimiento en el mercado.
- Habilita para crear valor, tanto a la organización como a sus proveedores, mediante la optimización de costes, recursos y proporcionar flexibilidad y velocidad de respuesta acorde con los cambios del mercado.
- Estimula al fabricante o prestador de servicios a realizar sus actividades identificando y satisfaciendo las necesidades de sus clientes y lograr una ventaja competitiva de una manera eficaz.
- Planificación y sistematización del control de la calidad de los procesos, implantando un sistema de gestión de la calidad, realizando mejoras tecnológicas de equipos, automatizando el proceso y los laboratorios, mejorando las instalaciones de almacenamiento, etc.

- Implantación de técnicas estadísticas para el control de la calidad: planes de muestreo, criterios de aceptación y rechazo, gráficos de control, etc.
- Facilita la venta de productos (cemento, clínker y otros materiales) y servicios (transporte, entre otros) al proporcionar mejor imagen de empresa, pudiendo realizar una mejor publicidad de los mismos.
- Garantiza una mayor competitividad frente a otras empresas que no tienen una Marca de Calidad con prestigio, experiencia demostrada con casi 30 años de existencia y reconocida por la Administración española.
- Se establece como complemento de los sistemas propios de gestión de la calidad.
- Utiliza un lenguaje de referencia común y conocido por todos.
- Disminuye el rechazo de los productos (cemento, clínker y otros materiales) y servicios (transporte, entre otros).

# 8.4 Ventajas para la Administración

 Simplifica los medios de control por parte de la Administración y, por lo tanto, origina un menor coste en la vigilancia del mercado.

# 9. Conclusión

La Instrucción de Hormigón Estructural, EHE-08 [1], exige en su Artículo 37.3.6 (Real Decreto 1247/2008) que los hormigones que vayan a estar expuestos al agua de mar, en los ambientes IIIb (totalmente sumergidos) y IIIc (intermitencia periódica de mareas) se fabriquen con cementos que sean resistentes al agua de mar (MR, SRC, SR). Por otro lado, es muy recomendable que se utilicen estos cementos también en ambientes IIIa

(atmósferas marinas con humedad y salinidad ambientales).

Los cementos resistentes al agua de mar son los designados con las letras **MR** (según la norma UNE 80.303-2:2017), **SRC** (según la norma UNE 80.303-1:2017) o **SR** (según la norma UNE-EN 197-1:2011).

Todos los cementos SR y SRC son, además de resistentes a los sulfatos, resistentes al agua de mar. Por tanto, cuando se especifique la utilización de un cemento resistente al agua de mar, MR, se podrá emplear un cemento SR o SRC en su lugar [2].

Los controles obligatorios para la comercialización de cemento en Europa (marcado CE) no ofrecen ninguna garantía de calidad. Por otro lado, las marcas de calidad de producto, y en particular, la Marca N de AENOR para cementos, ofrecen la máxima garantía en cuanto a la CALIDAD y FIABILIDAD del producto, lo que se traduce en unas ventajas indiscutibles para el usuario. En particular, la Marca N de AENOR garantiza las características MR, SRC o SR basándose en los ensayos que periódicamente se realizan sobre los clínkeres de cemento portland tomados en las fábricas e inspeccionando el autocontrol sobre el contenido de C<sub>3</sub>A% y C<sub>3</sub>A + C<sub>4</sub>AF.

# Referencias

[1] Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08). Secretaría General Técnica.
Ministerio de Fomento. Madrid, 2008 (Real Decreto 1247/2008, de 18 de julio; BOE núm. 203 del viernes 22 agosto 2008).

https://www.fomento.gob.es/MFOM/LANG\_C ASTELLANO/ORGANOS\_COLEGIADOS/MASORG ANOS/CPH/instrucciones/EHE\_es/

[2] Real Decreto 256/2016 de 10 de junio de 2016, por el que se aprueba la Instrucción para la recepción de cementos, **RC-16**. BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO Núm. 153 del

sábado 25 de junio de 2016 Sec. I. Pág. 45755-Pág. 45824.

- [3] Real Decreto 1313/1988, de 28 de octubre, por el que se declara obligatoria la homologación de los cementos destinados para la fabricación de hormigones y morteros para todo tipo de obras y productos prefabricados.
- [4] Reglamento Europeo (EU) nº305/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo de 9 de marzo de 2011 por el que se establecen condiciones armonizadas para la comercialización de productos de construcción y se deroga la Directiva 89/106/CEE del Consejo.
- [5] José Calleja. Recomendaciones para la utilización de los cementos de las normas UNE 1996. IECA. Madrid, octubre 1998. pp. 112-120.
- [6] José Calleja, Miguel Ángel Sanjuán. Cementos recomendados para estructuras marítimas y el control de su calidad (parte 1). Revista Técnica CEMENTO HORMIGÓN. Nº 855. Noviembre, 2003. 4-20.
- [7] José Calleja, Miguel Ángel Sanjuán. Cementos recomendados para estructuras marítimas y el control de su calidad (parte 2). Revista Técnica CEMENTO HORMIGÓN. Nº 857. Diciembre, 2003, pp. 4-16.
- [8] Miguel Ángel Sanjuán. Formation of chloroaluminates in calcium aluminate cements cured at high temperatures and exposed to chloride solutions. Journal of Materials Science 32 (1997), pp. 6207-6213.
- [9] Miguel Ángel Sanjuán. Las novedades de la norma europea de especificaciones de cementos comunes EN 197-1:2011. Revista Técnica CEMENTO HORMIGÓN. Nº948. Enero-Febrero, 2012, pp. 4-25.

# Bibliografía: Normas de especificaciones de cementos

# Normas de producto de los cementos sujetos al Real Decreto 1313/1988

UNE 80303-1:2017. Cementos con características adicionales. Parte 1: Cementos resistentes a los sulfatos.

UNE 80303-2:2017. Cementos con características adicionales. Parte 2: Cementos resistentes al agua de mar.

UNE 80305:2012. Cementos blancos.

UNE 80307:2001. Cementos para usos especiales.

# Normas de producto de los cementos sujetos al marcado CE

UNE-EN 197-1:2011. Cemento. Parte 1: Composición, especificaciones y criterios de conformidad de los cementos comunes.

UNE-EN 14216:2005. Cemento. Composición, especificaciones y criterios de conformidad de los cementos especiales de muy bajo calor de hidratación.

UNE-EN 413-1:2011. Cementos de albañilería. Parte 1: Composición, especificaciones y criterios de conformidad.

UNE-EN 14647:2006. Cemento de aluminato de calcio. Composición, especificaciones y criterios de conformidad.

# Normas necesarias para el cálculo de la composición potencial del clínker pórtland

UNE 80304:2006. Cementos. Cálculo de la composición potencial del clínker pórtland.

UNE-EN 196-2:2006. Métodos de ensayo de cementos. Parte 2: Análisis químico de cementos.

# Diseño de hormigón arquitectónico para arquitectos (II)

Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones (IECA)

## www.ieca.es

Continuación del artículo Diseño de hormigón arquitectónico para arquitectos (I) publicado en el número 25 de la revista Anexo

# 7. Aditivos, adiciones y colorantes

Se debe estudiar siempre la compatibilidad de todos los aditivos a emplear en la dosificación de cualquier hormigón, pero especialmente en el caso de hormigón arquitectónico, realizando las pruebas necesarias a pequeña escala en la muestra y en la maqueta antes de utilizarlos en la obra. Hoy en día se puede estudiar y comprobar los efectos que producen los aditivos en las propiedades del hormigón en estado fresco para garantizar que se pueda conseguir un hormigón

arquitectónico con la calidad estética diseñada por el Arquitecto.

No es recomendable la utilización de adiciones como la ceniza volante, escoria de alto horno o el humo de sílice en la dosificación del hormigón arquitectónico por la variación del color que puede provocar.

Antes incluso de realizar la maqueta/prueba piloto, se deben probar los colorantes a emplear en el hormigón arquitectónico en muestras a pequeña escala. Los colorantes deben ser de calidad contrastada y deben garantizar la durabilidad de todas las

características del hormigón, incluido el color generado inicialmente. Todas las marcas de reconocido prestigio fabrican colorantes o pigmentos para dar color al hormigón con elevada calidad y durabilidad.

# 8. Agua

El agua que emplear deberá cumplir la Instrucción del Hormigón Estructural o normativa sustitutoria en vigor y no debe aportar ningún tipo de color o modificación del mismo.

# 9. Consistencia del hormigón

En general, se recomienda una consistencia del hormigón líquida o fluida, porque este tipo de consistencias aporta una mayor homogeneidad en el color del hormigón, por su gran facilidad de amasado y de puesta en obra. Para casos especiales, se podrá usar consistencia blanda.

Las consistencias líquidas o fluidas de calidad exigen una alta proporción de mortero en la dosificación del hormigón. Como se comentó, los encofrados deben estar preparados para poder resistir los empujes generados por esta consistencia líquida o fluida.

En épocas calurosas y con temperaturas del hormigón fresco elevadas (superiores a los 25°C) se deberá prestar especial cuidado para evitar juntas frías que se puedan apreciar en la estructura del hormigón arquitectónico. Para este caso, se deberá estudiar la posibilidad de utilizar un retardador de fraguado o un reductor de agua de alto rango, con un elevado tiempo de trabajabilidad, que evite estas sombras y las juntas frías o cuasi frías.



# 10. Transporte y colocación

Los camiones de transporte del hormigón arquitectónico deben estar limpios, completamente exentos de agua o cualquier otro producto contaminante antes de cargar el hormigón. Es conveniente utilizar los mismos vehículos mientras dure todo el hormigonado para evitar contaminación con otros tipos de hormigones.

Con el objetivo de evitar segregaciones, la altura máxima para depositar el hormigón en el encofrado no debe ser mayor de un metro. Además, las tongadas deben ser lo más horizontales posible para evitar la posible segregación que pueden generar los vibradores al mover el hormigón lateralmente.

Para evitar las salpicaduras que el vertido del hormigón puede generar en las caras del encofrado y que, una vez endurecidas, pueden generar marcas no deseadas en el hormigón, se suele colocar una boquilla especial en la salida de la tubería que vierte el hormigón.

# 11. Compactación

Como regla general, para la compactación del hormigón arquitectónico se recomienda realizar una vibración interna por inmersión en el hormigón que se coloca en el sitio de forma vertical.

Normalmente, los vibradores suelen tener una frecuencia mínima de 10.000 rpm y un diámetro mínimo de 50 mm. La distancia

mínima de vibrado respecto a la cara del encofrado debe ser de 80 mm, ya que a menor distancia se pueden producir variaciones de color en la superficie del hormigón arquitectónico. Para zonas muy armadas o con poco espacio, se deberán utilizar hormigones con consistencia líquida y otros tipos de vibradores como los de pared, o bien hormigones autocompactantes.

Cuando no se puede aplicar la vibración interna, se podrá utilizar encofrados diseñados específicamente para poder ser vibrados externamente. En ningún caso se debe aceptar aplicar vibración externa a los encofrados si estos no han sido diseñados específicamente para este propósito o están adecuadamente reforzados.

En la maqueta realizada al inicio, se debe ajustar el sistema de vibración para que se eliminen o se produzca la mínima cantidad de huecos en la superficie del hormigón. Los encofrados específicos para aplicar la vibración externa deberán ser también ensayados previamente en la maqueta de prueba a escala.



# 12. Curado

El curado, como ya se sabe, pretende mantener la humedad en el hormigón con el objetivo de que no pierda el agua necesaria para su fraguado y endurecimiento, pero además tiene que intentar asegurar una temperatura constante en la superficie del hormigón.

En el apartado programas informáticos (Publicaciones) de la página web de IECA www.ieca.es se dispone de una herramienta informática gratuita para calcular el periodo mínimo de curado. No obstante, dado que los métodos de curado son múltiples y variados, se deben probar en la maqueta/prototipo a realizar antes de iniciar las obras. Se debe ser especialmente cuidadoso cuando se realiza el curado en el encofrado, ya que este incrementa los posibles cambios de color.

No es necesario incidir en la gran importancia que un adecuado curado puede tener sobre los resultados del hormigón. Un curado deficiente puede suponer una bajada de hasta el 50% de la resistencia del hormigón además de daños estéticos que pueden echar a perder el hormigón arquitectónico.



# **CSCAE** anexo n.26 | 12.2017

Diseño de hormigón arquitectónico para arquitectos (II)

# Listado de artículos publicados

TEMA	TÍTULO	NÚMERO	AÑO	AUTORES
Accesibilidad	El proceso de unificación de la normativa sobre	n. 4	2011	COA
	accesibilidad y no discriminación de personas.			Asturias
	Accesibilidad en edificios existentes.	n. 4	2011	COA Málaga
	La importancia del 6% en la pendiente del suelo	n. 10	2013	COA
				Asturias
	Accesibilidad en obras de reforma y	n. 14	2014	COA Málaga
	acondicionamiento de locales			
	Accesibilidad. Ley general de derechos de las	n. 14	2014	COA Castilla
	personas con discapacidad y de su inclusión social			La Mancha
	Actualización DA DB-SUA/2. Accesibilidad en	n. 20	2015	MFOM
	edificios existentes.			
	Objetivo 4 de diciembre: El desafío de la aplicación	n. 25	2017	E. Frías y J.
	de los ajustes razonables en accesibilidad en los			Queipo de
	edificios existentes			Llano
	Pavimentos. La necesidad de crear espacios seguros	N. 26	2017	Raquel
	y confortables			García
				Campillo
Asuntos	Sobre la sentencia de la sala tercera del tribunal	n. 1	2011	CSCAE
generales	supremo, recurso contencioso administrativo n.			
	30/2006.			
	Publicado RD sobre Inspección Técnica de Edificios	n. 4	2011	Reseña
	Asemas: La seguridad y salud en las obras de	n. 5	2011	Reseña
	construcción			
	Actualización Normas Armonizadas de los productos	n. 4	2011	Reseña
	de construcción			
	Reglamento Europeo de Productos de la	n. 5	2011	Reseña
	Construcción			
	Calificaciones profesionales	n. 6	2011	Reseña
	Organismos de Control	n. 9	2012	Reseña
	Proyecto RD Reglamento Europeo de 305/2011 de	n. 10	2013	COA Illes
	productos de construcción			Balears
	Borrador de Reglamento Infraestructura de la	n. 11	2013	CSCAE
	calidad y Seguridad Industrial			
	Estrategias y criterios de actuación para evitar la	n. 23	2016	B. Frutos; M.
	presencia de radón en edificios			Olaya; S.
	·			García; P.
				Linares

TEMA	TÍTULO	NÚMERO	AÑO	AUTORES
	IndexARQ. Asistente para la generación del índice	n. 23	2016	CSCAE
	de contenido del Proyecto Arquitectónico			
	Los pliegos de condiciones técnicas en los proyectos	n. 23	2016	V. Cerdán
	de edificación			
	Fachadas de ladrillo cara vista para edificios de	n. 24	2017	C. del Río y
	consumo de energía casi nulo			E. de
				Santiago
	Novedades en la normativa técnica de ámbito	n. 25	2017	M. Martín
	estatal. Primer semestre de 2017			Hereda.
				Área Técnica
				CSCAE
	Seguridad y salud en obras sin proyecto.	N. 26	2017	Pedro A.
	Conclusiones y recomendaciones			Díaz Guirado
ВІМ	Aproximación a la tecnología BIM. Level of	n. 19	2015	CSCAE
	Development			
Certificación	Nuevos documentos reconocidos para la calificación	n. 3	2011	COA Sevilla
energética de	energética			
edificios				
	Observaciones al proyecto R. D. por el que se	n. 3	2011	CSCAE
	aprueba el procedimiento para la certificación de			
	eficiencia energética de los edificios existentes.			
	Certificación energética de edificios existentes.	n. 9	2012	CSCAE
	Tarifa certificación y auditoría energética.	n. 12	2013	CSCAE
	Manejo de la herramienta CE3X en uso residencial	n. 12	2013	COA Sevilla
	vivienda			
	Infracciones y sanciones en materia de eficiencia	n. 12	2013	COA Málaga
	energética.			
	Proyecto RD en lo referente a auditorías	n. 13	2014	CSCAE
	energéticas, acreditación de proveedores de			
	servicios y auditores energéticos.			
	Directiva ecodiseño ErP y etiquetado de eficiencia	n. 18	2015	CSCAE
	energética ELD			
	Nuevas Herramientas de Certificación Energética	n. 20	2015	CSCAE
	Actualización Herramienta Unificada LIDER-	n. 22	2016	CSCAE
	CALENER			
	Factores de paso. Repercusión en la certificación	n. 22	2016	CSCAE
	energética de edificios			
Código	Caracterización de recintos según el CTE	n. 1	2011	COA Málaga
Técnico de la				
Edificación				
	Vivienda unifamiliar: singularidades (I).	n. 5	2011	COA Murcia
	Vivienda unifamiliar: singularidades (II).	n. 8	2011	COA Murcia
	Actualización de los documentos básicos del CTE en	n. 24	2017	M. Martín
	diciembre de 2016			Heredia
DB HE Ahorro	Eficiencia energética de las instalaciones de	n. 6	2012	COA Málaga
de energía	iluminación.			

TEMA	TÍTULO	NÚMERO	AÑO	AUTORES
	Contribución solar y calificación energética	n. 5	2011	COA Almería
	Proyecto de modificación del DB HE	n. 9	2012	CSCAE
	Nuevo DB HE 2013	n. 12	2013	CSCAE
	Nuevo DB HE 2013: Nuevas transmitancias, nuevos	n. 13	2014	COA Málaga
	espesores de aislamiento			
	Nuevo DB HE 2013: Demanda energética	n. 13	2014	COA Murcia
	Nuevo DB HE 2013: El calculista energético	n. 13	2014	CSCAE
	¿Cuánta energía consume su edificio, Mr. Foster?	n. 14	2014	Pedro A.
				Diaz
				Guirado,
				Ángel
				Allepuz
	DB HE 2013: Intervención en edificios existentes	n. 15	2014	COA Murcia
	DA HE/3 Puentes Térmicos	n. 16	2014	COA Sevilla
	Predimener: guía para el predimensionado	n. 22	2016	ANDIMAT
	energético de edificios de viviendas			
DB HS	Exigencia de la calidad del aire en el interior de	n. 2	2011	COA Málaga
Salubridad	edificios			
DB SI	Comunicación entre los diferentes sectores	n. 3	2011	COA Sevilla
Protección en	constituidos en un edificio.			
caso de				
incendio				
	Condiciones del entorno forestal de los edificios	n. 4	2011	COA Madrid
	Instalación de ascensor en edificios de viviendas	n. 9	2012	COA Galicia
	Proyecto de Real Decreto de Reglamento de	n. 12	2013	CSCAE
	Instalaciones de Protección contra incendios			
	Nueva clasificación de productos de la construcción	n. 12	2013	CSCAE
	frente a incendios (RD 842/2013)			
	Justificación de las características de	n. 14	2014	MFOM
	comportamiento ante el fuego			
	Justificación de las características de	n. 20	2015	COA Sevilla
	comportamiento ante el fuego Justificación en			
	proyectos de la reacción al fuego de elementos			
	constructivos, decorativos y de mobiliario.		2216	
	Informe sobre fachadas y reacción al fuego de los	n. 22	2016	ANDIMAT
22.112	materiales aislantes.		2042	
DB HR	Sistemas de Información de Contaminación	n. 6	2012	Reseña
Protección	Acústica.			
frente a ruido	Ontiminación de seluciones constructivos unali	- O	2012	COA Candilla
	Optimización de soluciones constructivas mediante	n. 9	2012	COA Sevilla
	el empleo de la Opción General (I)	n 10	2012	COA Cavilla
	Optimización de soluciones constructivas mediante	n. 10	2013	COA Sevilla
	el empleo de la Opción General (II).	r 14	2012	COA Caratti
	Opción simplificada: ejemplo vivienda unifamiliar	n. 11	2013	COA Sevilla
	entre medianera.			

TEMA	TÍTULO	NÚMERO	AÑO	AUTORES
	Patologías acústicas en la construcción	n. 16	2014	Alejandro
				Sansegundo
	Estudio acústico y justificación del DB HR.	n. 21	2016	COA Sevilla
	Guía de aplicación del DB HR.	n. 21	2016	COA Sevilla
	Condicionantes en el proceso y el diseño	n.24	2017	Alejandro
	constructivo debido el DB-HR Protección frente al			Sansegundo
	ruido			
Estructuras	Lo dúctil es lo rígido.	n. 3	2011	José Luis de
				Miguel
	Apuntalamientos de forjados en la EHE 08.	n. 1	2011	COA
				Asturias
	Fichas de prevención de patologías.	n. 2	2011	Reseña
	Comentarios a la nueva Instrucción de Acero	n. 4	2011	Agustí Obio
	Estructural EAE			
	Recomendaciones para la elaboración del informe	n. 4	2011	COA Murcia
	prescrito en la NCSR 02 sobre las consecuencias del			
	sismo en las edificaciones.			
	Instrucción EHE 08 comentada.	n. 7	2012	Reseña
	Modificaciones instrucción EHE y EAE	n. 21	2016	CSCAE
	Diseño de hormigón arquitectónico para arquitectos	n. 25	2017	IECA
	(1)			
	La obligatoriedad de emplear cementos resistentes	n. 26	2017	Miguel
	al agua de mar en ambientes marinos			Ángel
				Sanjuán
				Barbudo
				IECA
	Diseño de hormigón arquitectónico para arquitectos	n. 26	2017	IECA
	(II)			
Instalaciones	Portales en edificios de viviendas: sala de máquinas.	n. 2	2011	COA Murcia
	El nuevo reglamento de infraestructuras comunes	n. 2	2011	Jesús Feijó
	de telecomunicaciones.			
	ICT: aclaraciones ámbito de aplicación	n. 11	2013	COA Galicia
	Evacuación de gases de combustión en viviendas.	n. 1	2011	COA Málaga
	Evacuación de productos de combustión por	n. 2	2011	COA Sevilla
	cubierta.			
	Instalación receptora de gas. Centralización de	n. 4	2011	COA Sevilla
	contadores.			
	Derogada orden que regula los contadores de agua	n. 4	2011	Reseña
	fría.			
	Comentarios al proyecto de RD ITC-BT 52	n. 5	2011	CSCAE
	"Instalaciones con fines especiales. Infraestructura	-		
	para la recarga de vehículos eléctricos"			
	Borradores de Guías del REBT: ITC BT-23, ITC BT-25,	n. 8	2012	CSCAE
	ITC BT-29 y ITC BT- 33.	11. 0	-012	COORL
	Borradores de Guías del Reglamento de eficiencia	n. 10	2013	COA Illes
	energética en instalaciones de alumbrado exterior.	11. 10	2013	Balears
	energenica en instalaciones de alumbiado extellor.			Daiedis

ТЕМА	TÍTULO	NÚMERO	AÑO	AUTORES
	Guías borradores REBT.	n. 11	2013	CSCAE
	Infraestructuras de recarga de coches eléctricos en	n. 17	2015	COA Málaga
	edificios			
	Aerotermia como alternativa a la contribución solar	n. 19	2015	COA Murcia
	mínima ACS			
	Real Decreto 56/2016, referente a auditorías	n. 21	2016	CSCAE
	energéticas.			
	Nuevas normas armonizadas UNE EN 81-20 y UNE	n. 22	2016	CSCAE
	EN 81-50.			
	La medición individual de calefacción permite	n. 23	2016	I. Abati,
	ahorros del 25% de energía en los hogares			
	españoles			
Peritaciones	Cómo afrontar las reclamaciones por humedades	n. 5	2011	COA Castilla
	superficiales de condensación.			La Mancha
	Criterios generales para elaboración de informes y	n. 19	2015	COA Castilla
	dictámenes periciales			La Mancha
NZEB	Definiciones NEZB. El proceso europeo	n. 19	2015	CSCAE
Rehabilitación	CONAMA 2012: Sello Básico del Edificio.	n. 9	2012	CSCAE
	Accesibilidad en edificios existentes.	n. 4	2011	COA Málaga
	Rehabilitación de fachadas.	n. 11	2012	Reseña
	Borrador Plan Estatal para la Rehabilitación,	n. 10	2013	CSCAE
	Regeneración y Renovación urbana			
	Los terremotos y la conservación del patrimonio	n. 10	2013	José Luis
				González
	Plan Estatal para el fomento del alquiler, la	n. 11	2013	CSCAE
	rehabilitación la regeneración y renovación urbana.			
	Ley de rehabilitación, regeneración y renovación	n. 4	2011	Reseña
	urbana.			
	Programas de ayuda a la rehabilitación.	n. 12	2013	CSCAE
	Plan estatal de fomento del alquiler y la	n. 12	2013	COA Sevilla
	rehabilitación edificatoria y la regeneración y			
	renovación urbana, 2013-16.			
	Instalación de ascensor en edificios de viviendas	n. 9	2012	COA Galicia
	Aspectos generales sobre la reparación y/o refuerzo	n. 13	2013	Juan José
	de cimentaciones en rehabilitación de edificio,			Rosas
	técnicas disponibles en el mercado.			
	Estudios geotécnicos en la rehabilitación de	n. 14	2014	Albert
	edificios.			Ventayol
	Estudio T-NEZB. Transformación de los edificios	n. 15	2014	CENER
	existentes hacia los edificios de consumo casi nulo			
	Incidencia de los puentes térmicos en la	n. 16	2014	F. Labastida
	rehabilitación			
	Estrategias a largo plazo de la rehabilitación	n. 15	2014	EHU-UPV
	energética			
	Accesibilidad: criterios de adecuación de edificios	n. 16	2014	F. Labastida
	Patologías acústicas en la construcción	n. 15	2014	DG AVS

TEMA	TÍTULO	NÚMERO	AÑO	AUTORES
	El CTE y la intervención en edificios existentes	n. 16	2014	MFOM
	Análisis de la estanqueidad al aire en la	n. 17	2015	COA Sevilla
	construcción y rehabilitación			
	Programa de Ayudas a la Rehabilitación Eficiencia	n. 18	2015	A.
	Energética			Jiménez/P.B
				ranchi
	Modelo de ordenanza de rehabilitación	n. 18	2015	CSCAE
	Texto Refundido Ley del Suelo y Rehabilitación	n. 20	2015	CSCAE
	Urbana			
Residuos	Posibilidades de intervención en la correcta gestión	n. 25	2017	Helena
	de los residuos de la construcción y demolición en			Granados
	proyecto y obra			
RITE	RD Modificaciones del RITE.	n. 11	2013	CSCAE

