

MANUAL DE CONTROL DE CALIDAD DEL HORMIGÓN: *Normas y buenas prácticas*



COORDINACIÓN:

Secretaría General de Vivienda, Arquitectura y Regeneración Urbana.

Consejería de Infraestructuras, Transporte y Vivienda.

Junta de Extremadura.

ENTIDADES COLABORADORAS:

ANEFHOP

Asociación Nacional Española de Fabricantes de Hormigón Preparado.

INTROMAC

Instituto Tecnológico de Rocas Ornamentales y Materiales de Construcción.

EDEA CICE

Centro de Innovación y Calidad de la Edificación. Junta de Extremadura.

PRÓLOGO

El hormigón es un material esencial en la construcción, cuya presencia es especialmente relevante en las estructuras de edificaciones y obras públicas. Desde hace décadas, a través de diversas *Instrucciones* hasta llegar al actual *Código Estructural*, se ha regulado su calidad en el sentido más amplio. Para ello, se han considerado todos los pasos que van desde el control de sus componentes básicos antes de su fabricación, hasta su reciclaje tras concluir la vida útil de la construcción de la que ha formado parte, incorporando también criterios de sostenibilidad, cada día más presentes y relevantes.

Para asegurar la calidad del hormigón y, por ende, de las estructuras, es fundamental un control riguroso desde su fabricación hasta su recepción y puesta en obra, lo que requiere la cooperación de todos los agentes intervinientes.

Así, este manual refleja un compromiso compartido con la calidad de la edificación, que nace de la colaboración de los fabricantes de hormigón preparado, representados por ANEFHOP, y la Administración Pública, en este caso la Junta de Extremadura, a través de la *Secretaría General de Vivienda, Arquitectura y Regeneración Urbana* de la *Consejería de Infraestructuras, Transporte y Vivienda*.

Por una parte, ANEFHOP tiene un interés directo en garantizar que el hormigón elaborado por los fabricantes cumpla con todas las especificaciones reglamentarias mediante los oportunos controles de producción. Por otra, la Junta de Extremadura ejerce su competencia en materia de calidad de la edificación que, entre otras disposiciones, se materializa en el *Decreto 19/2013 de 5 de marzo*, por el que se regula el control de calidad de la construcción y la obra pública, que establece las obligaciones de los laboratorios de ensayo de control de calidad, los requisitos que han de cumplir y el régimen de inspecciones al que han de someterse.

Por ello, este manual se centra en un aspecto fundamental para asegurar la calidad de las estructuras de hormigón como es el control de su recepción en obra mediante los ensayos que realizan los laboratorios de control de calidad de la edificación.

Si bien estos ensayos están sometidos al *Código Estructural* y al rigor de diversas normas UNE, resulta de capital importancia que el personal que tome las muestras a pie de obra y confeccione las probetas tenga la mejor formación posible, con el fin de que el proceso de control de calidad tenga la máxima fiabilidad y contribuya así de manera efectiva a la calidad del conjunto de la edificación.

Por tanto, este manual no sólo pretende ser una guía de buenas prácticas, sino también constituir una herramienta valiosa para el trabajo diario del analista o auxiliar del laboratorio, que

comúnmente llamamos “*laborante*”, bajo la premisa de la importancia de la formación continua y la mejora constante en el desempeño de su tarea.

Si el objetivo es conseguir la excelencia en la actividad edificatoria para satisfacer plenamente las demandas de los usuarios finales y de la sociedad en su conjunto, hay que reconocer la importancia que tiene cada uno de los pasos del proceso constructivo como es, en este caso concreto, el correspondiente a los ensayos y pruebas de calidad del hormigón. Cuidar cada uno de esos pasos para llegar a esa meta es el objetivo al que pretende contribuir este manual.

La Secretaría General de Vivienda, Arquitectura y Regeneración Urbana.

Lidia López Paniagua

ÍNDICE

| | |
|--|-----------|
| 1. Generalidades sobre el Hormigón | 7 |
| 1.1. Concepto Histórico. Definición y Composición del Hormigón Fresco..... | 12 |
| 1.2. Materiales Componentes del Hormigón | 15 |
| 1.2.1. Cemento | 16 |
| 1.2.2. Áridos | 17 |
| 1.2.3. Agua | 18 |
| 1.2.4. Aditivos..... | 19 |
| 1.2.5. Otros materiales..... | 19 |
| 2. Tipificación del Hormigón según Código Estructural. Hormigones especiales | 23 |
| 3. Condiciones de Transporte y Entrega a obra del Hormigón | 30 |
| 4. Control de Volumen de la amasada de Hormigón | 36 |
| 5. Control de la Homogeneidad del Hormigón | 41 |
| 6. Control de la Calidad del hormigón en obra | 44 |
| 6.1. Tomas de muestras de Hormigón Fresco (UNE-EN 12350-1) | 44 |
| 6.2. Control de la consistencia del hormigón fresco: Método del Cono de Abrams (UNE-EN 12350-2)..... | 47 |
| 6.3. Fabricación y conservación de probetas (UNE-EN 12390-2)..... | 51 |
| 6.4. Pulido de Probetas (UNE-EN 12390-3) | 56 |
| 6.5. Refrentado de probetas con mortero de azufre (UNE-EN 12390-3)..... | 56 |
| 6.6. Rotura por compresión de probetas cilíndricas (UNE-EN 12390-3) | 58 |
| 7. El Hormigón y las Condiciones Ambientales | 67 |
| 7.1. Hormigonado en Tiempo Frío | 67 |
| 7.2. Hormigonado en Tiempo Caluroso | 67 |
| 7.3. Hormigonado con Lluvia..... | 68 |
| 8. Durabilidad del Hormigón | 69 |
| 8.1. Ensayo de penetración de agua..... | 70 |
| 9. Conclusión | 74 |
| 10. Anejos | 75 |

1. Generalidades sobre el Hormigón

El presente Manual tiene como principales destinatarios a los Analistas de Laboratorio en la realización de ensayos de Control de Calidad del Hormigón en las obras de edificación y de otra índole, tradicionalmente denominados *laborantes*, reconociendo su labor como una parte muy relevante en la obtención de datos para su posterior análisis y toma de decisiones por parte de los Técnicos Responsables de las obras (Control de Recepción de Obras) y de la producción de hormigón (Autocontrol de Centrales de Hormigón).

Por ello, este Manual, al recoger las novedades legislativas en cuanto a fabricación del hormigón y ejecución de estructuras, puede constituir una herramienta de soporte para la formación de nuevos analistas de laboratorio y para actualizar los conocimientos de los profesionales que están ejerciendo esta actividad. Así mismo, también pretende ser un documento útil para el conjunto de las partes interesadas del proceso de recepción de hormigón, esto es, Dirección Facultativa, Promotor, Constructor y Empresa propietaria de la Central de producción de hormigón, con el fin de garantizar la calidad de la construcción mediante la aplicación, del conjunto de los procedimientos y disposiciones desarrolladas en la normativa vigente.

Todos los hormigones en masa, armados y pretensados que se fabrican en España a partir del día 10 de noviembre de 2021 quedan regidos por el Real Decreto 470/2021 – Código Estructural (**CodE-21**), el cual deroga al Real Decreto 1247/2008 de fecha 18 de julio – Instrucción de Hormigón Estructural (**EHE-08**), quedando a su vez derogada cualquier otra disposición de igual o inferior rango que se oponga a lo establecido en el dicho Real Decreto. La totalidad de los hormigones referenciados se fabrican en centrales, que pueden pertenecer o no a las instalaciones propias de las obras, y que deberán disponer de un Control de Producción Certificado acorde a los criterios establecidos en el Real Decreto 163/2019, de 22 de marzo, por el que se aprueba la Instrucción Técnica para la realización del control de producción de los hormigones fabricados en central.

Es el citado **Código Estructural** (en adelante, lo denominamos **CodE-21**) el que denomina a los diferentes hormigones de su alcance (Art. 33.6 Tipificación de los hormigones), definiendo la resistencia característica en N/mm^2 (Art. 33.3 Características Mecánicas), el tipo de consistencia en mm (Art. 33.5 Docilidad del hormigón) y el Tamaño Máximo del árido empleado en mm (Art. 30 Áridos), así como importantes parámetros de obligado cumplimiento que se detallan a continuación:

- Delante de la resistencia característica especificada habrá que colocar el indicativo *HM*, *HA* o *HP*, esto es, el hormigón deberá quedar perfectamente identificado en el albarán de fabricación como hormigón en masa, hormigón armado o hormigón pretensado.

- Designación del ambiente o ambientes de exposición al que vaya a estar expuesto el hormigón del elemento estructural diseñado, con la finalidad de asegurar de esta manera el cumplimiento de los requisitos de *Durabilidad*, esto es, tanto el *Contenido mínimo de Cemento* como la *Relación Agua/Cemento máxima* (Tablas 43.2.1.a y 43.2.1.b del CodE-21). Para ello, en el CodE-21 se definen VEINTIUNA (21) clases de ambientes de exposición con diferentes niveles de agresividad hacia el hormigón. De esta manera, el CodE-21 recoge todo hormigón que sea capaz de comportarse satisfactoriamente frente a las acciones físicas o químicas agresivas ambientales, protegiendo adecuadamente las armaduras embebidas en él durante la vida de servicio de la estructura.

Otras características importantes a destacar entre las prescripciones que recoge el CodE-21 son las siguientes:

- Que la serie de resistencias características especificadas a compresión y a 28 días sobre probetas cilíndricas de diámetro 15 cm y altura 30 cm, según lo expuesto en el citado Art. 33.6 *Tipificaciones de los hormigones*, serían: 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 70, 80, 90 y 100 N/mm², limitando la resistencia de 20 N/mm² a hormigones en masa y a los hormigones reciclados a un máximo de 40 N/mm².

- La necesidad de comprobación de la *impermeabilidad al agua* del hormigón, en términos de *Durabilidad* y conforme a la norma UNE EN 12390-8, para validar las dosificaciones correspondientes a las clases más agresivas: XS, XD, XF, XM y XA (Art. 43.3.2 *Impermeabilidad del hormigón*).

- Que toda carga de hormigón fabricado en central, tanto si esta pertenece o no a las instalaciones de la obra, debe de ir acompañada de una *Hoja de Suministro*, según punto 2.5 del Anejo 4. *Documentación de suministro y control de los productos recibidos directamente en obra* del vigente CodE-21, que estará en todo momento a disposición de la Dirección de la Obra y en la que deberán de figurar, como mínimo, los siguientes datos:

- Identificación del suministrador.
- Número de serie de la hoja de suministro.
- Nombre de la central de hormigón.
- Identificación del peticionario.
- Fecha y hora de entrega.
- Cantidad de hormigón suministrado.
- Designación del hormigón según se especifica en el CodE-21. En el caso de designación por propiedades, deberá contener siempre la resistencia a compresión, la consistencia, el tamaño máximo del árido y el tipo de ambiente al que va a ser expuesto. En el caso de designación por dosificación, deberá

contener siempre la dosificación de cemento (en kg/m^3), la consistencia, el tamaño máximo del árido y el tipo de ambiente al que va a ser expuesto. En su caso, estar en posesión de un distintivo de calidad oficialmente reconocido (DCOR).

- Dosificación real del hormigón que incluirá, al menos:
 - Referencia recogida en el *Apartado 13* de la declaración responsable contenida en el *Apartado 1.1.6* del *Anejo 4* en los ambientes XC3, XC4, XD, XS, XF, XA y XM.
 - Tipo y contenido de cemento.
 - Relación agua/cemento.
 - Contenido en adiciones, en su caso.
 - Tipo y cantidad de aditivos.
 - Identificación completa del cemento, aditivos y adiciones empleados.
 - Identificación del lugar de suministro.
 - Identificación del camión que transporta el hormigón.
 - Hora límite de uso del hormigón.

Esta *Hoja de Suministro* o *albarán de entrega de hormigón* contiene la información crucial para identificar la *Muestra* que se vaya a realizar al producto, conforme a normativa que desarrollaremos en próximos apartados. Será el documento que deba solicitarse al transportista del hormigón para iniciar el proceso previo a la Toma de Muestras de la amasada: rellenar el Acta de toma de muestras. Una copia de esta acta de toma de muestras deberá ser entregada a cada uno de los presentes (constructor y suministrador), independientemente de quién sea el peticionario del ensayo, tal y como refleja el *Art. 18 Garantía de la conformidad de productos y procesos de ejecución, distintivos de calidad* del CodE-21.

- El *Art. 51.4.2 Suministro del hormigón* del CodE-21, como complemento a lo expuesto en el apartado anterior en relación con la especificación del hormigón, prescribe lo siguiente: “*Queda expresamente prohibida la adición al hormigón de cualquier cantidad de agua u otras sustancias que pueda alterar la composición original de la masa fresca*”, estableciendo sin embargo que, cuando la docilidad del citado hormigón tuviera que ser modificada para una correcta puesta en obra y compactación del mismo, se podrá pasar a adicionar un *aditivo superfluidificante* hasta alcanzar la consistencia prevista y reflejada en la hoja de suministro, sin rebasar nunca las tolerancias que para la misma establece la *Tabla 57.5.2.2 Tolerancias para la consistencia del hormigón* del CodE-21, nombrándose un *responsable* para la adición del aditivo en obra.

- El procedimiento para comprobar el volumen de hormigón suministrado en m³ de un camión hormigonera (amasada), regulado igualmente por el Real Decreto 163/2019, se establece en dividir el peso de la carga entre el peso del metro cúbico de hormigón fresco determinado según UNE-EN 12350-6. Ensayos de hormigón fresco. Parte 6: determinación de la densidad. Para la determinación del peso de la carga suministrada, se pesará el vehículo antes y después de la descarga en la misma báscula, la cual deberá estar calibrada convenientemente, siendo descontados los pesos de los depósitos (agua y gasoil) y el del propio transportista.

- El concepto de *amasada de hormigón* se define de forma técnica en el CodE-21 para efectos de control de calidad y recepción en obra. Se define como “la cantidad de hormigón fabricada en un solo ciclo de mezclado, ya sea en una amasadora fija (central de hormigonado) o en una amasadora móvil (camión hormigonera), bajo condiciones uniformes y con una misma dosificación”. Es decir, corresponde a un único proceso de mezcla completo, tiene composición, dosificación y características homogéneas, y constituye la unidad básica para el control de producción y toma de muestras. En la práctica, en la central de hormigón, cada carga preparada y enviada en un camión suele corresponder a una amasada, mientras que en una obra con hormigonera propia, cada ciclo completo de mezclado es una amasada. La *amasada* es relevante por lo siguiente:

- Sirve como unidad para toma de muestras.
- Permite definir los lotes de control.
- Es la referencia para ensayos de: resistencia a compresión, consistencia, contenido de aire y densidad.

- La *modalidad de control* del hormigón, de aplicación general o más habitual, en las obras de hormigón en masa, hormigón armado y hormigón pretensado, es la modalidad de *Control Estadístico del Hormigón*, según lo indicado en el Art. 57.5.3 *Modalidades de control de la conformidad de la resistencia del hormigón* del CodE-21.



Figura 1.- Central de Fabricación de Hormigón con doble vía (seca y húmeda).

Aquellas centrales de fabricación de hormigón que se encuentran integradas en la *Asociación Nacional de Fabricantes de Hormigón Preparado (ANEFHOP)*, se encuentran sometidas a inspecciones periódicas para comprobar que sus medios de producción y autocontrol cumplen con los requisitos técnicos exigidos por la normativa oficial vigente, tanto en términos de Calidad como de Seguridad y Medioambiente (Sello Expert), fruto de un trabajo incesante por hacer bien las cosas, que bien vale como definición del concepto de calidad. En la actualidad, se contempla además la citada anteriormente como *Certificación obligatoria* en *Real Decreto 163/2019, de 22 de marzo Instrucción Técnica del Hormigón*. Todo asociado de ANEFHOP deberá acreditar para su incorporación y permanencia en la Asociación la Escritura de Constitución de Empresa, la Inscripción en el Registro Industrial, disponer de Licencia Municipal de Apertura para el desarrollo de la actividad y estar Certificado en el Real Decreto 163/2019. Cualquier empresa fabricante de hormigón que no disponga del preceptivo *Certificado R.D. 163/2019* emitido por Organismo Acreditado estará en una situación de ilegalidad manifiesta si suministrara hormigón a una obra.

En este punto, es pertinente recordar que la *Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación* establece en su *Art. 15* que:

“Son obligaciones del suministrador:

a) Realizar las entregas de los productos de acuerdo con las especificaciones del pedido, respondiendo de su origen, identidad y calidad, así como del cumplimiento de las exigencias que, en su caso, establezca la normativa técnica aplicable.

b) Facilitar, cuando proceda, las instrucciones de uso y mantenimiento de los productos suministrados, así como las garantías de calidad correspondientes, para su inclusión en la documentación de la obra ejecutada.”

Así mismo, esta misma Ley, en su *Art. 13* establece como una de las obligaciones del director de la ejecución de la obra *“Verificar la recepción en obra de los productos de construcción, ordenando la realización de ensayos y pruebas precisas”*.

Finalmente, esta ley dice en su *Art. 18* que *“el constructor responderá directamente de los daños materiales causados en el edificio por las deficiencias de los productos de construcción adquiridos o aceptados por él, sin perjuicio de la repetición a que hubiere lugar.”*

Todo ello no deja lugar a dudas de la enorme importancia que tiene el control de la fabricación del hormigón que llega a la obra, que pasa por la verificación de la idoneidad de su origen.

1.1. Concepto Histórico. Definición y Composición del Hormigón Fresco

Hace *miles de años*, al pasar de sedentario a nómada, el hombre adquirió conciencia del beneficio y necesidad de levantar estructuras allá donde fuera para asentarse, empleando materiales arcillosos o pétreos naturales, aglomerados por una pasta de mortero firme y estable a base de cenizas volcánicas, algas calcinadas, yeso, cal viva o mezcla de algunos de ellos. Ya fuera en la *América Precolombina*, la *Antigua Grecia* o el *Imperio Romano*, el material base de la construcción era una *pasta hidráulica* procedente de un proceso de calcinado y mezclado con materiales naturales (áridos, rocas...).

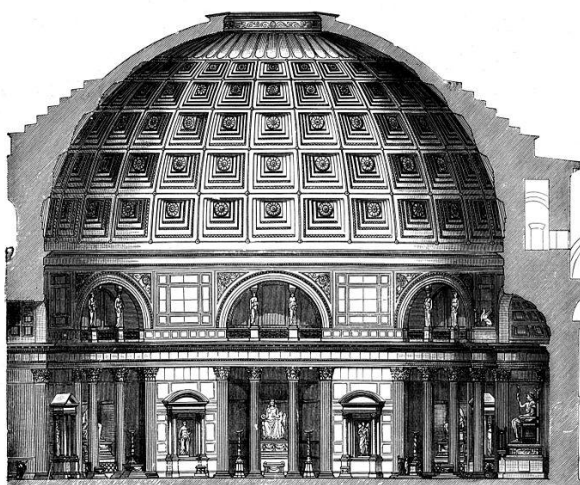


Figura 2.- Sección del Panteón de Agripa en Roma (año 27 a.C.). Hormigón.

Fue en el *Imperio Romano* cuando se definió y desarrolló todo un proceso ingenieril revolucionario de *mezclas de cenizas volcánicas*, a base de roca *puzzolánica* (denominada así por tener su origen en Pozzuoli - Nápoles), y cal viva para la obtención de un material hidráulico conglomerante, conocido en origen como *puzolana*. Tal material cementicio fue empleado en grandes construcciones, tanto por Agripa en su Panteón en el 27 a.C., como por Trajano en el Circo de Roma (s. I d.C.). De hecho, la denominación *Hormigón* parece provenir del latín *hormazo* (del latín *molde* o *forma*), según escritos de Plinio el Viejo, literato de la época.

Tras varios siglos de empleo de este material de construcción, y de haber pasado por todas las civilizaciones antiguas (egipcios, romanos, griegos...), el empleo del hormigón decae hasta que, ya adentrados en el siglo XVIII, James Parker patentó un método para calcinar nódulos de cal con alto contenido en arcillas (*Method of Burning Bricks, Tiles Chalk*). Se le conoce como al *padre del Cemento Romano*, como se bautizó a este producto de calcinación. Sin embargo, puede decirse que el *primer padre del cemento* fue Vicat, ya que es el precursor del método que actualmente se sigue empleando y que ideó a principios del siglo XIX.

Por otro lado, tenemos que fue Joseph Aspdin quien diseñó y fabricó lo que él mismo denominó como *Cemento Portland*, método productivo de cemento que ha llegado a nuestros días. Recibió este nombre debido a lo similar del *color gris-verdoso* de este cemento con una piedra originaria de *Portland*, sur de Inglaterra. En nuestros tiempos, es difícil pensar en estructuras que no contengan el hormigón como material de protección y sustento, adaptándose a los tiempos y evolucionando a un futuro cada vez más sostenible y tecnológico, contribuyendo incluso a la encomiable misión de la *Reducción de la Huella de Carbono*, sobre todo a través del empleo de cementos que son cada vez más ecológicos, que empleen valorización de materiales como combustibles o que reduzcan su cuantía de clinker para obtener las propiedades exigidas.

Se denomina *Hormigón fresco* al hormigón que, por poseer plasticidad y demás propiedades reológicas, se obtiene por hidratación del cemento en el proceso de carga de los materiales en la Central de Fabricación de Hormigón y que tiene la facultad de poder *moldearse* y *adaptarse a su entorno*, teniendo una vida comprendida entre el momento de su fabricación y cuando se inicia el *fraguado del cemento*, siendo esta vida *variable* pues depende del tipo de cemento empleado, de la dosificación de agua, de los aditivos, de la temperatura y humedad ambiente, etc; así, se tienen dos vías en el proceso de fabricación del hormigón:

- *Vía seca*, que será la dosificación directa de las materias primas (cemento, áridos, aditivos y agua) al camión hormigonera para su amasado y posterior transporte.
- *Vía húmeda*, que será la dosificación de las materias primas en amasadora fija, parte de las instalaciones de la planta de hormigón, para su mezcla previa a la descarga al camión hormigonera que lo transportará.

Se contempla normativamente un *proceso mixto de fabricación*, en el cual se dosifican las materias primas a la amasadora fija, donde se inicia su mezcla, para posteriormente finalizar el amasado del hormigón en un camión hormigonera.

De conformidad con CodE-21 en su Art. 51.4.1 *Transporte del Hormigón* se establece que: “El tiempo transcurrido entre la adición de agua de amasado al cemento y a los áridos y la colocación del hormigón, no debe ser mayor de hora y media, salvo que se utilicen aditivos retardadores de fraguado.”. Tras este período de tiempo, y mientras no se adicionen aditivos estabilizadores o retardadores de fraguado, se da por iniciada la *Fase de Fraguado* del hormigón, donde comenzarán a formarse (*reacción de hidratación y posterior cristalización*) los compuestos necesarios por cristalización, evolucionando hacia la *Fase de Endurecimiento* que llevará a la obtención de las resistencias finales y al resto de sus propiedades en *Estado Endurecido*. Es por ello que sea importantísimo y fundamental que *no se continúe amasando el hormigón* una vez iniciado el *Fraguado*, ya que estaríamos poniendo en riesgo el resultado final al interrumpir el proceso (*rotura proceso cristalización*).

El *Hormigón Fresco* es un material esencialmente heterogéneo, puesto que en él coexisten tres fases: la Sólida (mezcla de áridos y cemento), la Líquida (mediante la aportación del agua) y la Gaseosa (el aire ocluido como resultado del amasado en la hormigonera). A su vez, la fase Sólida es heterogénea entre sí, ya que sus granos son de naturaleza y dimensión variables (áridos y cemento).

Las principales características del *Hormigón Fresco* son las expuestas a continuación: **consistencia, docilidad, homogeneidad y peso específico.**

Se entiende por **Consistencia** a la mayor o menor facilidad que tiene un *Hormigón Fresco* para deformarse sin aplicación de fuerzas externas, siendo función de multitud de factores, entre los más importantes: cantidad de agua empleada en el amasado, cuantía de cemento, tipo de aditivos y granulometría, forma y distribución de los áridos.

Existen varios procedimientos para determinar la *Consistencia* o *Asentamiento* de un *Hormigón Fresco*, siendo los más empleados el Cono de Abrams, la Mesa de Sacudidas y el Consistómetro Vebe. Desarrollaremos algunos de estos en el presente Manual a través de las exigencias normativas que apliquen.

La **Docilidad** de un *Hormigón Fresco* puede considerarse como la aptitud que tiene un hormigón para ser puesto en la obra con los medios de compactación de que se disponen. Esta propiedad va a depender, entre otros factores, de los siguientes:

- De la cantidad de agua de amasado.
- De la granulometría de los áridos, siendo más dóciles los hormigones cuyo contenido de arena es mayor.
- De la forma de los áridos, ya que los áridos rodados originan hormigones *más dóciles* que los áridos triturados.
- Del tipo, cantidad y finura del cemento dosificado.
- Del empleo de aditivos plastificantes y superplastificantes.
- Del empleo de cenizas volantes o filler calizo.

De esta propiedad dependerá, en gran medida, la buena colocación del hormigón en obra y la correcta ejecución del elemento.

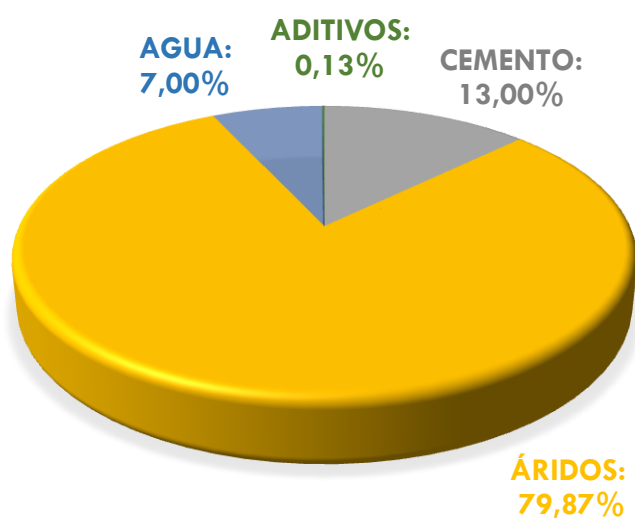
La **Homogeneidad** es la cualidad por la cual los diferentes componentes que contiene un *Hormigón Fresco* aparecen regularmente distribuidos en toda la *amasada* (unidad de volumen transportado en un solo viaje de hormigonera), de manera uniforme y sin segregación. Los ensayos quedan prescritos en el CodE-21, en su Art. 51.2.4. *Equipos de amasado*, siendo medidas las propiedades en muestras obtenidas a $\frac{1}{4}$ y $\frac{3}{4}$ de la *amasada* analizada.

El **peso específico** de un *Hormigón Fresco*, tanto sea sin compactar como compactado, es un dato de gran interés como índice de su homogeneidad. En ambos casos, las variaciones del peso específico en el *Hormigón Fresco* repercuten en la consistencia, e indican una alteración en la granulometría de los áridos, del contenido de cemento o de la cantidad de agua utilizada, por lo que se debe pasar inmediatamente a analizar el origen del problema y a tomar las medidas correctoras oportunas.

El control de los componentes de un *Hormigón Fresco*, esto es, cemento, agua, áridos, aditivos y adiciones (principalmente cenizas volantes o humo de sílice), se encuentran regulados a través del CodE-21 en su *Art. 56.4. Criterios específicos para la comprobación de la conformidad de los productos*, y dicho control debe de estar en todo momento claramente documentado y a disposición de la Dirección de Obra y de los laboratorios que eventualmente ejerzan el control externo del hormigón fabricado.

1.2. Materiales Componentes del Hormigón

Históricamente, los materiales componentes del Hormigón no han sufrido grandes cambios respecto a su origen, en esencia. Principalmente, se trata de una *mezcla heterogénea de cemento, áridos, agua y aditivos*, donde la reactividad la tendrá el cemento al entrar en contacto con el agua (*reacción de hidratación*) y con los aditivos que se dosifiquen en la mezcla y que modificarán sus propiedades tanto en estado Fresco como en Endurecido. Una composición aproximada, en sus proporciones en peso, de un *hormigón convencional* tiene la siguiente distribución de cada uno de sus componentes:



DISTRIBUCIÓN TÍPICA COMPONENTES DEL HORMIGÓN EN PESO

En virtud de las exigencias de la obra en suministro y de los requerimientos de ejecución que contemple el proyecto, estos componentes variarán en sus propiedades, contenidos y prestaciones, superando lo meramente normativo y llegando a alcanzar niveles de diseño muy elevados, generando unos productos especiales de muy alto nivel y que deberán ser tratados de forma específica.

Sin más, pasemos a definir los componentes principales del hormigón recogidos en el **CAPÍTULO 8. Estructuras de Hormigón. Propiedades tecnológicas de los materiales** del vigente Código Estructural 2021 (CodE-21).

1.2.1. Cemento

Esta materia prima está regulada en el CodE-21, Art. 28. Cementos. Se trata de un compuesto hidráulico procedente de la calcinación de minerales naturales calizos, junto con una fracción de arcilla, hasta formar el compuesto base denominado *Clínker Portland*. De entre ellos, el *Clínker Portland* es el mayoritariamente empleado en todo el mundo. En España, el cemento se encuentra regulado por la *Instrucción de Recepción de Cementos RC-16*. Se trata del compuesto activo que va a reaccionar al hidratarse durante la fabricación del hormigón y el que va a darle las principales propiedades tanto a nivel reológico (estado fresco) como para su entrada en servicio en el elemento al que va destinado (estado endurecido).

La Tipificación de los cementos vendrá regulada en la *Instrucción RC-16*, siendo los cementos más comunes empleados en **Extremadura y región Sur de España** los siguientes:

- **CEM I 52,5R:** Cemento Portland de 52,5 MPa (Megapascuales) de resistencia característica a compresión a los 28 días, con evolución rápida (R) del fraguado y con un contenido de *Clínker Portland* de entre 95-100% en peso (I).
- **CEM I 52,5 N/SR 5:** Cemento Portland de 52,5 MPa de resistencia característica a compresión a los 28 días, con evolución normal (N) del fraguado y con un contenido de *Clínker Portland* de entre 95-100% en peso (I), con propiedad adicional de *resistencia a sulfatos* (SR).
- **CEM II/A-L 42,5R:** Cemento Portland con adición (II) de caliza (L), de 42,5 MPa de resistencia característica a compresión a los 28 días, con evolución rápida (R) del fraguado y con un contenido de *Clínker Portland* de entre 80-94% (A) en peso.
- **CEM II/B-L 32,5N:** Cemento Portland con adición (II) de caliza (L), de 32,5 MPa de resistencia característica a compresión a los 28 días, con evolución normal (N) del fraguado y con un contenido de *Clínker Portland* de entre 65-79% (B) en peso.

La selección adecuada del cemento para cada elemento de obra vendrá dada en el *Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares de la Obra (PPTPO)*. El CodE-21 en su *Anejo 6* recoge recomendaciones al respecto para la selección del tipo de cemento a emplear en hormigones

estructurales. Si bien, como material de construcción, deberá poseer una *Certificación de Constancia de Prestaciones* o *Marcado CE* en base a la norma reguladora.

1.2.2. Áridos

Esta materia prima está regulada en el CodE-21, Art. 30. *Áridos*. Será la materia prima mayoritaria que conforma, junto con la pasta cementicia, el Esqueleto del hormigón. Los áridos son materiales naturales, en su mayoría, que van a integrar el hormigón, dotándole de parte importante de sus propiedades. La fracción de árido que es *más pequeña de 5 mm* será denominada *árido fino* o *arena*, mientras que la que es mayor a este tamaño será denominada *árido grueso* o *grava*. Si bien, como material de construcción, deberá poseer una *Certificación de Constancia de Prestaciones* o *Marcado CE* en base a la norma reguladora, que para el caso de su empleo en hormigón es la *UNE-EN 12620 Áridos para hormigón*.

Lo que se pretende con este material es dotar al hormigón de estructura interna, pero siendo *lo más inerte posible a nivel químico* respecto al proceso principal de hidratación del cemento (generación de la pasta de cemento), evitándose así interrumpir la evolución natural del proceso de fraguado-endurecimiento del hormigón. Además, debe ser lo más continuo posible a nivel granulométrico (tamaños de partículas lo más homogéneas), ser resistente y limpio (exento de materia orgánica, Arcilla, contaminantes húmicos/fúlvicos,...). Gracias a sus propiedades, mejorarán las prestaciones del hormigón de cara a su puesta en obra y su trabajabilidad.

El *origen del árido natural* puede ser de la extracción del terreno próximo al río (graveras – áridos rodados principalmente) o mediante explotación de roca viva en montañas (canteras – áridos triturados).



Figura 3.- Ejemplo de áridos Triturados y Rodados.

Actualmente, se está implementando el uso de áridos reciclados de la construcción y demolición denominados (RCD's), en pos de contribuir a la sostenibilidad de la actividad. No obstante, actualmente son de baja calidad, con propiedades muy variables debido a sus diversos orígenes y, por tanto, de uso muy restringido en elementos y en cuantía dentro del hormigón (< 20% de árido grueso reciclado sobre peso total del árido). La definición para los *Hormigones Reciclados* (tipificados como HRM – *Hormigón Reciclado en Masa* y HRA – *Hormigón Reciclado Armado*) vienen recogido en el CodE-21 en su Art. 30.8. *Áridos reciclados*.



Figura 4.- Foto de una Gravera, clasificación de áridos en acopios.

1.2.3. Agua

Esta materia prima queda regulada en el CodE-21, en su Art. 29. *Agua*. Se trata de un material fundamental, por ser la que tiene la misión de *hidratar al principal compuesto activo (cemento)* en la masa del hormigón para dar inicio al proceso de reacción que derivará en el *proceso de fraguado-endurecimiento* del hormigón. El origen del agua puede ser de la *Red de Abastecimiento* de la población próxima a la que se encuentre la fábrica de hormigón, en cuyo caso no precisaría de un análisis tal y como establece el CodE-21. Otros orígenes serían el *Agua de Pozo (sondeo)* y el *agua de balsa (reciclada)*, en cuyo caso será motivo de análisis semestrales de idoneidad para su uso en hormigón, en virtud de los términos recogidos en el Art. 29 del CodE-21.

Al ser la fase líquida del hormigón, deberá ir muy bien calculada a fin de que no caiga en exceso para no afectar a la *Durabilidad del Hormigón*, de ahí la importancia de cumplir con los requisitos normativos en cuestiones de *Relación Agua/Cemento*, los cuales quedan especificados en el CodE-21, **Art. 43.2.1. Requisitos mínimos de dosificación del hormigón.**

Según el CodE-21 y el *Real Decreto 163/2019* que regula la Instrucción Técnica del Hormigón, queda terminantemente prohibida la adición de agua al hormigón una vez terminado de amasar en fábrica, debido fundamentalmente a que generaría un riesgo para la durabilidad del elemento a hormigonar, al alterarse la dosificación óptima e incrementarse la porosidad del

producto final, generándose pérdidas de impermeabilidad y, finalmente, de resistencias. Se deberá estudiar bien la dosificación previamente y, si fuera necesario por condiciones de obra, valorar la adición de aditivos en obra en los términos expresados anteriormente.

1.2.4. Aditivos

Este material se contempla en el CodE-21, Art. 31. *Aditivos*. Los aditivos son aquellos productos derivados de la *Industria Química* o de la *Síntesis Polimérica* en laboratorio capaces de modificar/alterar en sentido positivo y con una dosis controlada la *actividad reológica de la pasta de cemento*, generando un alto beneficio en sus propiedades en estado fresco y en su durabilidad. Si bien, como material de construcción, deberá poseer una *Certificación de Constancia de Prestaciones o Mercado CE* en base a la norma reguladora.

A los Aditivos se les puede considerar por su peso como el *cuarto componente del Hormigón*, sin embargo, siendo el componente en menor proporción, su *alta actividad química* les hace protagonista indiscutible en la reacción de hidratación del cemento, llegando a gobernar todo el proceso en algunos casos específicos. Así las cosas, existe una amplia gama de productos Aditivos en el mercado que afectan al conglomerante hidráulico (cemento) a fin de que se busque una mejora en el resultado inmediato y en el futuro, objetivo para el que fueron concebidos: plastificantes reductores de agua, superfluidificantes, polifuncionales, retardadores de fraguado, anticongelantes, acelerantes de fraguado, aireantes, hidrofugantes, impermeabilizantes... añadiéndose normalmente en estado líquido junto al agua de amasado de hormigón.

1.2.5. Otros materiales

Aparte de los *materiales básicos componentes del hormigón* vistos en anteriores apartados y que comprenden a la mayoría de los hormigones, podemos encontrarnos con *otros materiales* que, incorporados a la masa del hormigón, le confieran *propiedades especiales* tanto químicas como físicas.

Sin ir más lejos, dentro de los *aditivos especiales* empleados en hormigón, existe una amplia gama de productos químicos que pueden actuar sobre las propiedades del tanto en estado fresco como en estado endurecido, tales como: *sistemas de cristalización interna (impermeabilizantes y reparadores de microfisuración)*, *colmatadores en base polimérica (reparación de microfisuras y fisuras)*, *cohesionantes*, *estabilizadores de fraguado de alto rango*, *moduladores del fraguado*, *espumantes para fabricación de mortero celular...*



Figura 5.- Detalle de Mortero Celular fabricado con uso de aditivo espumante. Alta oclusión de aire, obtención de mortero de baja densidad.

También podemos encontrarnos con áridos especiales que puedan otorgarle al hormigón ciertas propiedades, tales como aislamiento, reducción/aumento de densidad, conductividad térmica, aislante de Radiación X o Gamma...



Figura 6.- Árido pesado de Magnetita.



Figura 7.- Árido ligero de Arcilla Expandida.

Dentro de los cementos, podemos encontrarnos con cementos especiales que van a requerirse para ciertos tipos de elementos, tales como los cementos en base de aluminatos de calcio empleados para confeccionar hormigones refractarios (resistentes al calor sin presentar descomposición), o los cementos blancos empleados para darle una estética superficial a los elementos de hormigón visto.

Existe un caso muy específico que contempla el CodE-21 en su Art. 32 y que se denominan adiciones, normalmente compuestos pulverulentos del orden en tamaño al cemento, que se añaden al hormigón en su proceso de fabricación con la intención de mejorar notablemente sus prestaciones. Las adiciones más comunes son el Filler Calizo, la microsílíce y las Cenizas Volantes, empleadas en hormigones tan singulares como son los denominados Hormigones Autocompactantes (HAC), capaces de fluir por el interior del encofrado por sí solos sin acción por parte de quien lo coloca; o en los Hormigones de Altas Resistencias (> 50 MPa) que conforman grandes estructuras.

Otro material bastante común regulado tanto por el CodE-21 en su Anejo 7. *Recomendaciones para la utilización de hormigón con fibras* como por el Real Decreto 163/2019, son las *Fibras*. Tales materiales van a tener como función principal el control de la retracción del hormigón para evitar fisuras, darle al hormigón mayores resistencias a flexión y flexotracción, además de llegar en algún caso a *sustituir parte de la ferralla* del elemento de hormigón (*Fibras Estructurales*) o aportando propiedades a los elementos de hormigón (caso por ejemplo de la protección contra incendios o *spalling*). Su composición y formas son muy variables, siendo las propiedades que concedan al hormigón dependientes de las mismas. Las *fibras de vidrio, de polipropileno y metálicas* son, hoy por hoy, las más empleadas con diferencia.



Figura 8.- Diferentes tipos de Fibras empleadas en el hormigón.

Unos materiales menos frecuentes que podemos encontrar en los hormigones son los *Pigmentos de Colores*, materiales en base de *óxidos metálicos* que van a conferir al hormigón de un color conforme sea de exigencia para la estructura, dependiendo del nivel de dosificación (saturación). Normalmente, son empleados en obras singulares donde la estética del hormigón visto es primordial en el diseño.

Existen infinidad de materiales que podemos emplear en el hormigón en función de las exigencias del Proyecto de la Obra. Así, como curiosidades, podemos encontrar con el uso de *Iridio* para darle al hormigón la propiedad de ser iridiscente (absorber luz durante el día e iluminarse por la noche), con hormigones que incorporen *poliestireno expandido* o *perlita (corcho blanco)* en su composición sustituyendo parte o todo el árido para darle ligereza, con hormigones que incorporen *vidrio machacado* para posterior abujardado (erosión de superficie) para acabados estéticos en muros y pilares...

Sea cual sea su uso, el hormigón forma parte importante de nuestras vidas, haciéndonosla más confortables y seguras dándonos seguridad y mejorando las comunicaciones. El hormigón se incorpora a nuestro mundo para, además, ser una vía de solución de problemas generados en el medioambiente, incluso *absorbiendo residuos de varias industrias* o *asimilando parte del CO₂* de nuestra atmósfera, contribuyendo así a reducir la *Huella de Carbono*.



Figura 9.- Palacio de Congresos “Vegas Altas”, en Villanueva de la Serena (Badajoz).
Uso de Pigmentos.

2. Tipificación del Hormigón según Código Estructural. Hormigones especiales

El hormigón fabricado en central podrá designarse por propiedades o, excepcionalmente, por dosificación de acuerdo con lo indicado en el *Apartado 33.6* del Código Estructural. En ambos casos el peticionario deberá especificar documentalmente al fabricante, y previamente al suministro, como mínimo:

- La consistencia.
- El tamaño máximo del árido.
- La clase de exposición ambiental.
- La resistencia característica a compresión (véase el *Apartado 33.1*), para hormigones designados por propiedades.
- El contenido de cemento, expresado en kilos por metro cúbico (kg/m^3), para hormigones designados por dosificación y para aquellos que aún designados por propiedades tienen una especificación de contenido de cemento más exigente que el indicado para cada exposición ambiental.
- La indicación, en su caso, de características especiales del tipo de cemento, particularmente en aquellos casos que requieren el uso de cementos SR, SRC o MR.
- La indicación de si el hormigón va a ser utilizado en masa, armado o pretensado.

Cuando la designación del hormigón fuese **por propiedades**, el suministrador establecerá la composición de la mezcla del hormigón, garantizando al peticionario las características especificadas de tamaño máximo del árido, consistencia y resistencia característica, así como las limitaciones derivadas de la clase de exposición ambiental especificada (contenido de cemento y relación agua/cemento).

Cuando la designación del hormigón fuese **por dosificación**, el peticionario es responsable de la congruencia de las características especificadas de tamaño máximo del árido, consistencia y contenido en cemento por metro cúbico de hormigón, mientras que el suministrador deberá garantizarlas, al igual que deberá indicar la relación agua/cemento que ha empleado.

El Código Estructural tipifica el hormigón en su *Art. 33.6*: “Los hormigones se tipificarán de acuerdo con el siguiente formato (lo que deberá reflejarse en los planos de proyecto y en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del proyecto):

T-R/C/TM/A

| | |
|-----------|--|
| T | Indicativo que será HM en el caso de hormigón en masa, HA en el caso de hormigón armado, HP en el de pretensado. |
| R | Resistencia característica especificada, en N/mm ² . |
| C | Letra inicial del tipo de consistencia, tal y como se define en el Apartado 33.5. |
| TM | Tamaño máximo del árido en milímetros, definido en el Apartado 30.3. |
| A | Designación del ambiente, de acuerdo con el Art. 27.1. |

La sigla **T** indicativa del tipo de hormigón será HRM o HRA para el caso de hormigones en masa o armados, respectivamente, fabricados con **árido reciclado**.

En cuanto a la *resistencia característica especificada*, se recomienda utilizar la siguiente serie:

20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 70, 80, 90, 100

en la cual las cifras indican la resistencia característica especificada del hormigón a compresión a 28 días, sobre probeta cilíndrica, expresada en N/mm². La resistencia de 20 N/mm² se limita en su utilización a hormigones en masa. En el caso de hormigones reciclados, la resistencia característica no será superior a 40 N/mm². El hormigón que se prescriba deberá ser tal que, además de la resistencia mecánica, asegure el cumplimiento de los requisitos de durabilidad (contenido mínimo de cemento y relación máxima agua/cemento) correspondientes al ambiente del elemento estructural, reseñados en la *tabla 43.2.1.a*.

Cuando se determine la *docilidad* de acuerdo con el ensayo de asentamiento, las distintas *clases de consistencia* contempladas serán las siguientes:

Tabla 33.5.a Clases de consistencia

| Tipo de consistencia | Asentamiento en mm |
|----------------------|--------------------|
| Seca (S) | 0-20 |
| Plástica (P) | 30-40 |
| Blanda (B) | 50-90 |
| Fluida (F) | 100-150 |
| Líquida (L) | 160-210 |

En el caso de **hormigón autocompactante**, la tipificación es análoga a la de los hormigones de compactación convencional según lo indicado anteriormente sin más que utilizar como *indicativo C* de la consistencia las siglas AC, (como, por ejemplo HA-35/AC/20/XS1), de acuerdo con la siguiente expresión:

T-R/AC/TM/A

Para los **hormigones reforzados con fibras** la tipificación se expresará de acuerdo al siguiente formato que deberá reflejarse tanto en los planos de proyecto como en el pliego de prescripciones técnicas particulares de este:

T-R/f-R1-(R3/R1)/C/TM-TF/A

| | |
|----------------|--|
| T | Indicativo que será HMF en el caso de hormigón en masa, HAF en el caso de hormigón armado y HPF en el caso de hormigón pretensado. |
| R | Resistencia característica especificada, en N/mm ² . |
| f | Indicativo del tipo de fibras que será A en el caso de fibras de acero, P en el caso de fibras poliméricas y V en el caso de fibra de vidrio. En el caso de mezclas de fibras se incluirán dos o más letras indicativas. |
| R1, R3 | Resistencia característica residual a flexotracción especificada $f_{R,1,k}$ y $f_{R,3,k}$ en N/mm ² . |
| (R3/R1) | Relación $f_{R,3,k}/f_{R,1,k}$. |
| C | Letra inicial del tipo de consistencia, o definición de autocompactabilidad en su caso, tal y como se define en el <i>Apartado 33.5</i> de este Código. |
| TM | Tamaño máximo del árido en mm, definido en el <i>Apartado 30.3</i> de este Código. |
| TF | Longitud máxima de la fibra, en mm. En el caso de mezclas de fibras se incluirán dos o más números en el mismo orden que en <i>f</i> . |
| A | Designación del ambiente, de acuerdo con el <i>Apartado 27.1</i> de este Código. |

En el caso de los **hormigones proyectados**:

Hormigón de partida:

El hormigón de partida puede realizarse por dosificación o por propiedades. La tipificación del hormigón de partida por dosificación se realizará de acuerdo con el siguiente formato:

T-D-G/f/CF/C/TM-TF/A

| | |
|-----------|--|
| T | Indicativo que será HB para el hormigón de partida sin fibra y HBF para el hormigón de partida con fibras. |
| D | Indicativo de hormigón especificado por dosificación. |
| G | Es el contenido de cemento, en kg por m ³ de hormigón. |
| f | En el caso de emplear fibras, indicativo del tipo de fibras que será A en el caso de fibras de acero, P en el caso de fibras poliméricas y V en el caso de fibras de vidrio. |
| CF | Es el contenido de fibra, en kg (hasta el primer decimal de precisión) por m ³ de hormigón. |
| C | Es la clase de consistencia del hormigón en función del tipo de ensayo de referencia |

| | |
|-----------|---|
| | seleccionado. |
| TM | Tamaño máximo del árido grueso en mm, definido en el <i>Apartado 30.3</i> de este Código. |
| TF | En el caso de emplear fibras, longitud máxima de la fibra, en mm. |
| A | Designación del ambiente, de acuerdo con el <i>Apartado 27.1</i> de este Código. |

Hormigón proyectado:

La tipificación de los hormigones proyectados sobre la superficie se ajustará a la siguiente expresión:

T-R/J/(f-R1-R3)/TM-TF/A

| | |
|---------------|---|
| T | Indicativo que será HMP en el caso de hormigón en masa proyectado, HAP en el caso de hormigón armado proyectado, HPP en el caso del hormigón pretensado proyectado y HRP en el caso del hormigón reforzado únicamente con fibras y proyectado. En el supuesto de que el hormigón armado proyectado o el hormigón pretensado proyectado también llevaran fibras, se usará respectivamente HAPF o HPPF. |
| R | Resistencia característica a compresión especificada, en N/mm ² y referida al hormigón una vez proyectado sobre la superficie. |
| J | Clase resistente a corta edad, establecida de acuerdo con el <i>Apartado 7.2.3.2</i> del presente anejo. |
| f | En el caso de emplear fibras, indicativo del tipo de fibras que será A en el caso de fibras de acero, P en el caso de fibras poliméricas y V en el caso de fibras de vidrio. |
| R1, R3 | En el caso de emplear fibras, resistencia característica residual a flexotracción especificada fR,1, k y fR,3,k, en N/mm ² y referida al hormigón una vez proyectado sobre la superficie o valores equivalentes obtenidos en un ensayo alternativo, tal y como indica el <i>Apartado 7.2.3.3</i> de este anejo. |
| C | Es la clase de consistencia del hormigón en función del tipo de ensayo de referencia seleccionado. |
| TM | Tamaño máximo del árido grueso en mm, definido en el <i>Apartado 30.3</i> del articulado. |
| TF | En el caso de emplear fibras, longitud máxima de la fibra, en mm. |
| A | Designación del ambiente, de acuerdo con el <i>Apartado 27.1</i> del articulado. |

El *tipo de ambiente* al que está sometido un elemento estructural viene definido por el conjunto de condiciones físicas y químicas a las que está expuesto, y que puede llegar a provocar su degradación como consecuencia de efectos diferentes a las cargas y sollicitaciones consideradas en el análisis estructural.

Esta combinación de condiciones físicas y químicas a las que está expuesto un elemento estructural determinado, son las que definen las clases de exposición relativas al hormigón estructural recogidas en la *Tabla 27.1.a*.

La designación en la tipificación del ambiente al que va a estar expuesto el hormigón del elemento estructural diseñado, tiene la finalidad de asegurar el cumplimiento de los requisitos de durabilidad. Esto es, tanto el contenido mínimo de cemento como la máxima relación agua/cemento.

El Código Estructural define las siguientes *clases de exposición* recogidas en la *Tabla 27.1.a*:

| | |
|--------------------|--|
| X0 | 1. Sin riesgo de ataque por corrosión |
| XC1, XC2, XC3, XC4 | 2. Corrosión inducida por carbonatación |
| XD1, XD2, XD3 | 3. Corrosión inducida por cloruros de origen no marino |
| XS1, XS2, XS3 | 4. Corrosión inducida por cloruros de origen marino |
| XF1, XF2, XF3, XF4 | 5. Ataque hielo/deshielo |
| XA1, XA2, XA3 | 6. Ataque químico |
| XM1, XM2, XM3 | 7. Erosión |

A modo de ejemplo, la nomenclatura que el Código Estructural emplea es la siguiente:

- **HM-25/B/20/XC1**

Designa a un hormigón en masa, de 25 N/mm² de resistencia característica, consistencia blanda, tamaño máximo de árido 20 mm, y clase de exposición a la corrosión por carbonatación XC1.

- **HA-30/F/16/XC1 + XA1**

Designa a un hormigón armado, de 30 N/mm² de resistencia característica, consistencia fluida, tamaño máximo de árido 16 mm, clase de exposición a la corrosión por carbonatación XC1 y por ataque químico XA1.

- **HP-35/B/20/XS2**


Designa a un hormigón pretensado, de 35 N/mm² de resistencia característica, consistencia blanda, tamaño máximo de árido 20 mm y clase de exposición por corrosión inducida por cloruros de origen marino XS2.

Es importante mantener una perfecta trazabilidad entre la tipificación dispuesta en el albarán de suministro y lo dispuesto en la Ficha Técnica. Con respecto a la tipificación del hormigón, el suministrador podrá llevar a cabo un control de producción interno sobre una agrupación de hormigones sujetos a ensayo, control con el que el departamento técnico podrá realizar un análisis estadístico sobre resistencia y variabilidad, y sobre el que se toman decisiones técnicas relacionadas con los materiales componentes y dosificación nominales... y trasladar a su correspondiente ficha

técnica esas decisiones, rectificando datos cuando sea necesario. Esta ficha técnica es de carácter obligatorio para los ambientes XC3, XC4, XD, XS, XF, XA y XM.

Modelo de ficha técnica:

FICHA TÉCNICA
(ANEJO 4 1.1.6)



| | | |
|-------------------------------------|------|------------|
| FABRICANTE DE HORMIGÓN: | CIF: | |
| DIRECCIÓN SOCIAL: | | |
| CENTRAL DE HORMIGÓN PREPARADO: | | |
| CERTIFICADO RD163/2019, EMITIDO POR | Nº | CADUCIDAD: |

De acuerdo con el Código Estructural, para los ambientes XC3, XC4, XD, XS, XF, XA y XM, se prescribe la realización de una:

FICHA TÉCNICA – *

(*se podría añadir un número de ficha o ref. en caso de emitir varias fichas)

DENOMINACIÓN

| |
|--|
| Tipificación y referencia del producto |
| HA-30/F/12/XC3 HA-30/F/20/XC3 superior® HA-30/B/20/XC3 HA-30/B/20/XC4 HM-30/F/20/X0+XF1 HM-30/F/20/X0+XF3 |

DESCRIPCIÓN

Hormigón estructural fabricado en instalaciones de acuerdo con el Real Decreto 470/2021, de 29 de junio, por el que se aprueba el Código Estructural y Real Decreto 163/2019, de 22 de marzo, por el que se aprueba la Instrucción Técnica para la realización del control de producción de los hormigones fabricados en central.

CARACTERÍSTICAS

| | |
|--|--|
| T-Tipos | HM - Hormigón en masa HA- Hormigón armado |
| R-Resistencia característica mecánica a compresión a la edad de 28 días (N/mm ²) | 30- Resistencia a compresión 30 N/mm ² |
| C-Consistencia | B – Asentamiento 50-90 mm ± 10 F - Asentamiento 100-150 mm ±10 |
| TM-Tamaño máximo de árido | 20- 20 mm 12- 12 mm |
| A-Clase de exposición ambiental | X0 sin riesgo de ataque por corrosión, hormigón en masa XC3 corrosión inducida por carbonatación, humedad moderada XC4 corrosión inducida por carbonatación, sequedad y humedad cíclicas XF1 corrosión inducida por cloruros de origen no marino, hielo-deshielo, sin sales fundentes, saturación moderada XF3 corrosión inducida por cloruros de origen no marino, hielo-deshielo, sin sales fundentes, saturación alta |

3. Condiciones de Transporte y Entrega a obra del Hormigón

El Código Estructural establece que para el transporte del hormigón se utilizarán los procedimientos adecuados para conseguir que las masas lleguen al lugar de entrega en las condiciones pactadas, sin que las mismas experimenten variaciones sensibles en las características que poseían recién amasadas, entendiendo por amasado de un hormigón la operación que tiene como finalidad recubrir a los áridos de una capa de pasta de cemento y mezclar todos los componentes hasta conseguir una masa uniforme.

El amasado del hormigón se realizará mediante uno de los procedimientos siguientes:

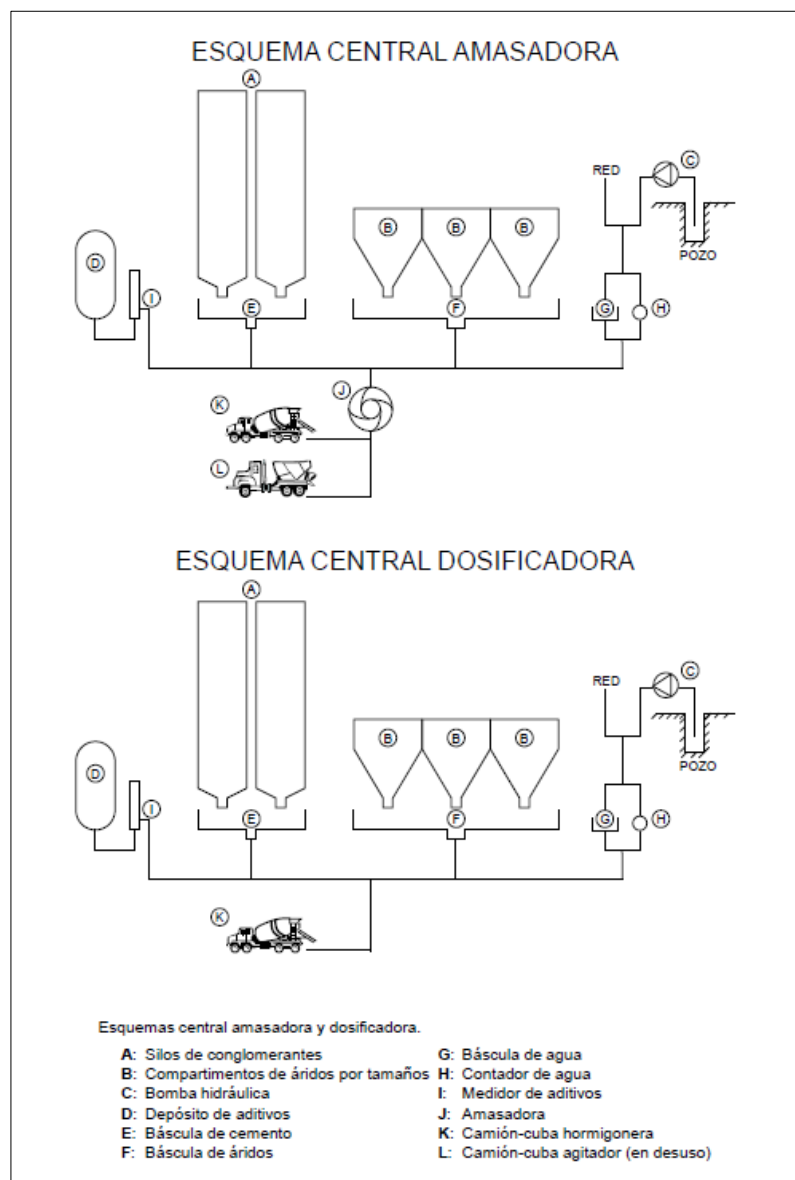
- Totalmente en amasadora fija.
- Iniciado en amasadora fija y terminado en amasadora móvil, antes de su transporte.
- En amasadora móvil, antes de su transporte.

Los materiales componentes se amasarán de forma tal que se consiga su mezcla íntima y homogénea, debiendo resultar el árido bien recubierto de pasta de cemento. La homogeneidad del hormigón se comprobará de acuerdo con el procedimiento establecido en el *Apartado 51.2.4*.

El *volumen del hormigón transportado* no debe superar los siguientes límites:

- Cuando el hormigón se amasa completamente en la Central y se transporta en amasadoras móviles, el volumen del hormigón transportado no deberá exceder del 80% del volumen total del tambor.
- Cuando el hormigón se amasa en amasadora móvil el volumen del hormigón transportado no excederá de los $2/3$ del volumen total del tambor.

Un factor fundamental para el correcto amasado del hormigón es que el camión hormigonera entre al punto de carga correctamente y facilite una adecuada, rápida y limpia descarga de los materiales dosificados por la Central al interior del vehículo, habiéndose cerciorado previamente el conductor de que la hormigonera está vacía de agua y exenta de restos de la carga anterior y que la velocidad de rotación de la hormigonera es la adecuada para facilitar la entrada y el mezclado de los materiales. Una vez terminada la carga se procederá a limpiar los posibles derrames de material que afecten a la estética o produzcan posibles rozamientos en los mecanismos.



Queda expresamente prohibida, de acuerdo al Apartado 51.4.2 del Código Estructural, la adición al hormigón de cualquier cantidad de agua u otras sustancias que puedan alterar la composición original de la masa fresca. El suministrador podrá adicionar aditivo plastificante o superfluidificante al hormigón, debiendo estar el camión equipado de un dosificador de aditivo. En estos casos, el tiempo de reamasado en la hormigonera del camión será de, al menos, 1 minuto/m³ sin ser en ningún caso inferior a 5 minutos.

La Dirección Facultativa, podrá autorizar las adiciones al hormigón que considere oportunas, previo protocolo aprobado por ella y conocimiento del fabricante del hormigón.

La modalidad de control de la resistencia del hormigón, de aplicación general o más habitual, en las obras de hormigón en masa, hormigón armado y hormigón pretensado es la modalidad de **Control Estadístico** del Hormigón, según el Art. 57.5.4 del Código Estructural. Esta

modalidad consiste en dividir la obra en partes sucesivas denominadas lotes, regulados por unos límites máximos en función, según el caso, del volumen de hormigón, del tiempo de hormigonado, del número de elementos, la superficie construida y del número de plantas.

Por su parte, el Código Estructural en su Art. 51.2.1 indica respecto al hormigón preparado:

“Las centrales pueden pertenecer o no a las instalaciones propias de la obra. Para distinguir ambos casos, en el marco de este Código se denominará hormigón preparado a aquel que se fabrica en una central que está inscrita en el Registro Industrial según el título 4.º de la Ley 21/1992, de 16 de julio, de Industria y el Real Decreto 697/1995 de 28 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Registro de Establecimientos Industriales de ámbito estatal, estando dicha inscripción a disposición del peticionario y de las Administraciones competentes, que cumple con las disposiciones físicas y documentales que contempla la legislación industrial vigente y que, con carácter general, no pertenece a las instalaciones propias de la obra”.

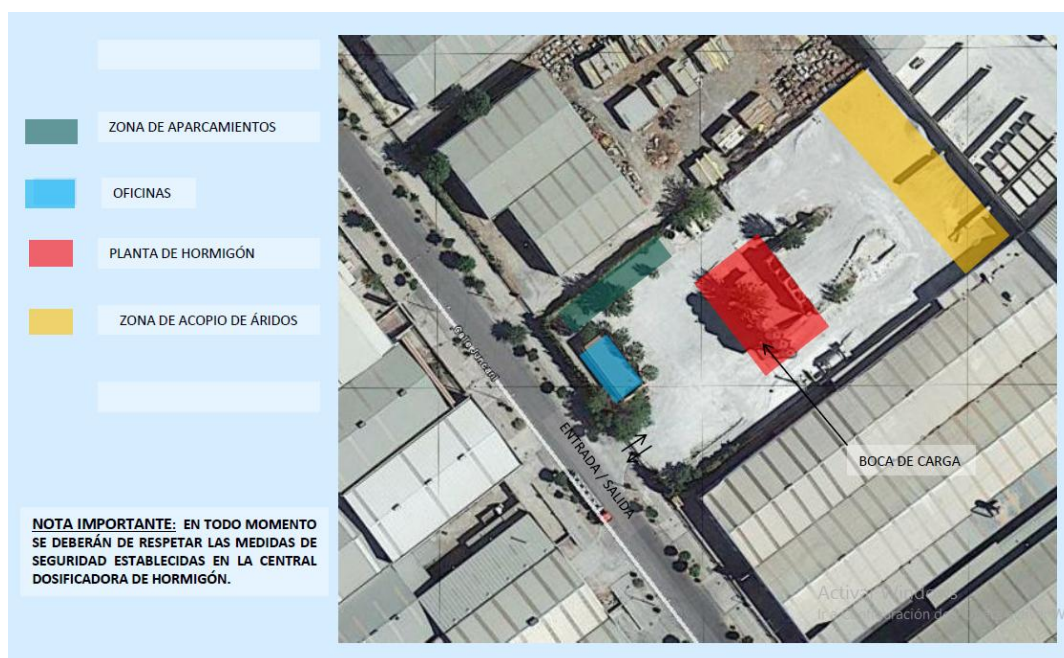


Figura 10.- Ejemplo de planta de hormigón.

El lugar de entrega del hormigón será aquel establecido y aceptado entre el suministrador y el responsable de la recepción de la carga, realizada esta bajo pedido. Con respecto a la entrega a obra del hormigón, se establece con carácter general el tiempo límite de uso del hormigón en una hora y media desde el momento de su fabricación, condición ésta muy importante y que así se pasa a expresar en la hoja de suministro o albarán.

Tal y como se indica en el anejo 4, cada partida de hormigón empleada en la obra deberá ir acompañada de una Hoja de Suministro que estará en todo momento a disposición de la Dirección

de Obra, y en la que deberán de figurar como mínimo los siguientes datos, definidos en el *punto 2.5* de este anejo:

- Identificación del suministrador.
- Número de serie de la hoja de suministro.
- Nombre de la central de hormigón.
- Identificación del peticionario.
- Fecha y hora de entrega.
- Cantidad de hormigón suministrado.
- Designación del hormigón según se especifica en el Código Estructural. En el caso de designación por propiedades, deberá contener siempre la resistencia a compresión, la consistencia, el tamaño máximo del árido y el tipo de ambiente al que va a ser expuesto. En el caso de designación por dosificación, deberá contener siempre la dosificación de cemento (en kg/m³), la consistencia, el tamaño máximo del árido y el tipo de ambiente al que va a ser expuesto. En su caso, estar en posesión de un distintivo de calidad oficialmente reconocido.
- Dosificación real del hormigón que incluirá, al menos:
 - En los ambientes XC3, XC4, XD, XS, XF, XA y XM se incluirá la referencia recogida en el *Apartado 13* de la declaración responsable contenida en el *Apartado 1.1.6* del *Anejo 4*.
 - Tipo y contenido de cemento.
 - Relación agua/cemento.
 - Contenido en adiciones, en su caso.
 - Tipo y cantidad de aditivos.
 - Identificación completa del cemento, aditivos y adiciones empleados.
 - Identificación del lugar de suministro.
 - Identificación del camión que transporta el hormigón.
 - Hora límite de uso del hormigón.

Modelo de Hoja de Suministro:

| | | | | |
|---|--|--|---|--|
| LOGOTIPO EMPRESA | RD 163/2019 (logo/organismo) | OTROS LOGOTIPOS | | |
| EMPRESA: | | CERTIFICADO RD163/2019 Nº/CADUCIDAD / | | |
| DOMICILIO: | | | | |
| CENTRAL: | | | | |
| PETICIONARIO: | | ALBARÁN: _____ FECHA SUMINISTRO: _____ DCOR: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> | | |
| OBRA: | | | | |
| DIRECCIÓN: | | | | |
| CAMIÓN: | | RADIAL: _____ | | |
| CONDUCTOR: | | | | |
| EMPRESA TRANSPORTISTA: | | | | |
| | | DOMICILIO SOCIAL: _____ | | |
| TIPO DE HORMIGÓN: T-R/C/TM/A (T-D/G/TM/A si es por dosificación, etc.) | | CANTIDAD m ³ | ADITIVOS: _____ (litros o %) | |
| Ref. Ficha T: | | | TIPO: _____ | |
| CEMENTO: _____ kg/m ³ | | | MARCA: _____ | |
| TIPO y CLASE: _____ a/c: | | | ADICIONES: _____ kg/m ³ | |
| MARCA: _____ | | | TIPO: _____ | |
| | | PROCEDENCIA: _____ | | |
| Para los ambientes de exposición XC3, XC4, XD, XS, XF, XA y XM estará a disposición del cliente la correspondiente ficha técnica. | | | | |
| Observaciones: Casilla libre. Un ejemplo: "El hormigón solicitado queda fuera del marco normativo EHE-08 o Código Estructural" | | | | |
| HORA CARGA | | HORA FIN DESCARGA | | |
| HORA LLEGADA A OBRA | | HORA LIMITE USO | | |
| HORA INICIO DESCARGA | | HORA LLEGADA A PLANTA | | |
| Responsable de fabricación (nombre y firma) | | Responsable del transporte (nombre y firma) | | Conforme: responsable en obra de la recepción |
| Nombre | | Nombre | | Nombre |
| Firma | | Firma | | Firma |
| Añadido en obra a petición del cliente: agua (l): _____ fibras(kg): _____ otros: _____ | | | | |
| CONTROL DE RECEPCIÓN | | | | |
| LABORATORIO | ASENTAMIENTO (mm.) | | AUTOCOMPACTABILIDAD | |
| | Ensayo 1: | Ensayo 2: | Escurecimiento | SF _____ mm. |
| HORA DE LA TOMA | Resultado: | | Viscosidad | tv _____ s |
| | | | Capacidad de paso | PL _____ H2/H1 |
| : horas | | | R. a la segregación | SR _____ % |
| Se entrega copia del acta de toma de muestras al Suministrador: | | Temperatura ambiente: | Recinto conservación probetas: | |
| SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> | | <input type="text" value=""/> °C | SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> | |
| Elemento hormigonado/Lote de control: _____ | | | | |
| Nota: La unidad de venta es el metro cúbico de hormigón fresco. La verificación del volumen se realizará conforme al protocolo informativo interno que se encuentra a disposición del cliente o la Dirección Facultativa. | | | | |
| OBSERVACIONES: | | | | |
| Condiciones generales de venta y suministro al dorso. | | | | |

El control de la calidad del hormigón atenderá a la *consistencia* y *resistencia* de este, con independencia de otras características que pudieran estar recogidas y especificadas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del Proyecto.

Cualquier *rechazo* del hormigón por parte de la persona designada como responsable de la recepción del mismo en obra, basado en los resultados de los ensayos de *consistencia*, deberá ser realizado durante el tiempo que dure la entrega. Asimismo, dicho responsable no podrá rechazar ningún hormigón por este concepto sin la realización del ensayo oportuno.

El suministrador no será responsable de la *consistencia*, *resistencia* o calidad del hormigón al que se le haya añadido agua o cualquier otro producto por parte del responsable de recepción o a petición de éste.

La actuación del suministrador termina una vez se haya efectuado la entrega del hormigón, con la firma del albarán de entrega (*Hoja de Suministro*) y en el instante que hayan resultado satisfactorios los ensayos de recepción del mismo.

El transportista deberá evitar *durante el trayecto* todo vertido de hormigón y de agua en la vía pública, manteniendo una velocidad de rotación de la hormigonera entre 2 y 4 *r.p.m.* hasta la descarga total del hormigón con la finalidad de evitar segregaciones y decantaciones en el mismo, anotando en el albarán la hora de llegada a obra (preceptivo), la hora de comienzo de la descarga y la hora de finalización de la descarga (recomendado pero muy importante), así como cualquier anomalía que pudiera haberse producido durante el transporte.

Es necesario que todo el personal, y muy especialmente los transportistas, conozcan la forma correcta de realizar los posibles ensayos que se pueden llevar a cabo en la recepción de la amasada o carga de un camión hormigonera según las disposiciones de este Código Estructural.

El transportista, como único representante de la Central en la obra en el momento de efectuar la entrega del hormigón fresco, debe conocer, vigilar y anotar siempre en la hoja de suministro todos los datos e incidencias que se puedan producir durante la ejecución de los ensayos de control de recepción del hormigón en obra. La firma de la Hoja de Suministro dará por finalizado el proceso de entrega del hormigón en obra.

4. Control de Volumen de la amasada de Hormigón

Se denomina *Hormigón Fresco* al hormigón que por poseer plasticidad tiene la facultad de poder moldearse, y tiene una vida comprendida entre el momento en que abandona la amasadora y aquel en que se inicia el fraguado del cemento, siendo esta vida variable pues depende del tipo de cemento empleado, de la dosificación de agua, de la temperatura, del empleo de aditivos...

En el Art. 51.4.1 del Código Estructural: “[...] el tiempo transcurrido entre la adición de agua del amasado al cemento y a los áridos y la colocación del hormigón, no debe ser mayor de hora y media, salvo que se utilicen aditivos retardadores de fraguado.”

El hormigón es un producto que se comercializa en volumen (medido en metros cúbicos, m³) y se suministra en estado fresco a la obra. Para el Control del volumen suministrado, se dispone de la norma UNE-EN 12350-6:2020 *Ensayos de Hormigón Fresco. Parte 6: Densidad*, por la que se determina el volumen que ocupa la masa de hormigón, específico de cada hormigón. Dicha densidad es variable y dependerá del tipo de hormigón a dosificar en peso y de sus componentes, estando sobre todo vinculado a su resistencia, cuanto mayor sea la resistencia a compresión del hormigón mayor será la densidad del mismo (mayor contenido de cemento y finos, lo que conduce a mayor compacidad). Este ensayo normativo está incluido en el Control de Homogeneidad de las Amasadoras y lo desarrolla un laboratorio homologado, quien emitirá Informe de Ensayos correspondiente. Por tanto, para cada rango de recetas (dosificaciones), existirá un valor determinado de la densidad, dependiendo además de la naturaleza de los áridos empleados, que serán determinantes a la hora de valorar el volumen del hormigón.

A modo de método de contraste No Normativo y siempre que sea posible por logística (disponibilidad de báscula puente próxima), se pueden pesar las amasadas que transportan los camiones amasadores para comprobación del volumen, teniéndose en cuenta la medida normativa de la densidad del hormigón en fresco anteriormente indicada.

El Art. 5.3 del Real Decreto 163/2019, de 22 de marzo, por el que se aprueba la Instrucción Técnica para la realización del control de producción de los hormigones fabricados en central, dice:

“La central garantizará el volumen del hormigón que compone la carga y dispondrá de un **protocolo informativo** para los clientes que deseen verificar la comprobación del volumen. Este protocolo estará basado en la determinación del peso transportado, pesando la unidad de transporte antes y después de la descarga en una misma báscula calibrada que contará con los certificados de calibración pertinentes. El valor de la densidad a emplear para el cálculo del volumen suministrado se realizará según el método de ensayo de la norma UNE EN 12350-6: 2020 [...]”

Modelo de protocolo informativo:

PROTOCOLO INFORMATIVO DE
COMPROBACIÓN DE VOLUMEN (CodE 51.4.1, ITCP 5.3)



FECHA:

FABRICANTE DE HORMIGÓN:

CLIENTE/OBRA:

LOTE DE COMPROBACIÓN

El volumen indicado en nuestros albaranes se corresponde con el volumen de hormigón en estado fresco que llega a la obra. Esta garantía se documenta en el control de producción que sistemáticamente se realiza en esta empresa.

Si el cliente quiere realizar alguna comprobación del volumen suministrado, deberá realizarla tal y como se indica en el protocolo que sigue, teniendo en cuenta que la afectación (en exceso o defecto) se considerará que afecta a:

- *Los metros cúbicos transportados en el camión sobre el que se ha hecho la medición*
- *El total de hormigón suministrado en **YYY** días consecutivos*
- ***ZZZ** metros cúbicos de hormigón suministrado consecutivamente*

(la empresa suministradora debe definir el que considere más oportuno y eliminar de este escrito los otros dos)

Sobre el total de metros cúbicos que componen el lote, se realizará al menos una comprobación tal y como indica el apartado siguiente. En el caso de que sobre un mismo lote se realice más de una comprobación, se tomará la “*di*” como media de las comprobaciones realizadas.

METODOLOGÍA PARA LA COMPROBACIÓN DEL VOLUMEN DE UNA AMASADA EN OBRA:

Para que la empresa pueda comprobar el volumen suministrado deberá realizarse y documentarse según el siguiente procedimiento.

Antes de la descarga del camión en la obra se procederá a su pesaje en báscula, emitiendo el titular de la báscula el correspondiente resultado en documento firmado donde también constará fecha y hora del pesaje, matrícula del camión y número de albarán de suministro; este documento irá acompañado de copia del certificado de la última calibración realizada a la báscula utilizada. Al peso así obtenido lo denominaremos “**P_C**”.

A mitad del vertido del hormigón, un laboratorio preferentemente acreditado por ENAC en el ensayo de *Determinación de la densidad de hormigón fresco (UNE-EN 12350-6:2020)*, o al menos inscrito en el *Registro General de Laboratorios de ensayos para el control de calidad de la edificación- Lecce del Código Técnico de la Edificación*, tomará una muestra y realizará el ensayo conforme la citada norma UNE. El *Acta de resultado* de ensayo deberá recoger, además de la información indicada en la citada Norma UNE: la última fecha de calibración de la báscula utilizada, hora de la toma de muestra, matrícula del camión y número de albarán de suministro. La densidad obtenida la denominaremos “**D**”.

Una vez descargado el hormigón, se volverá a pesar el camión en la misma báscula en que se pesó cuando estaba cargado, emitiendo el titular de la báscula el correspondiente resultado en documento firmado donde también constará fecha y hora del pesaje, matrícula del camión y número de albarán de suministro; este documento irá acompañado de copia del certificado de la última calibración realizada a la báscula utilizada. Al peso así obtenido lo denominaremos “**P_D**”.

El volumen suministrado “**V_S**” será el resultado de la aplicación de la siguiente fórmula:

$$V_S = \frac{P_C - P_D}{D} \text{ (m}^3\text{)}$$

Con el anterior resultado se calculará el porcentaje de merma o exceso “**dif**” con respecto al volumen indicado en el albarán “**V_A**” mediante la siguiente fórmula:

$$dif = \frac{V_S - V_A}{V_A} * 100 \text{ (\%)}$$

Si el resultado es negativo significa que se ha detectado una merma en ese suministro. Si el resultado es positivo significa que se ha suministrado mayor volumen del indicado en el albarán.

- **Precisión de la medición.** Las diferencias “**dif**”, obtenidas con el procedimiento indicado, cuyo valor se encuentre en el intervalo $\pm 4\%$ se considerarán nulas por encontrarse dentro de la precisión del método de comprobación.

- **Caso de comprobación con básculas portátiles.** En el caso de utilizarse básculas portátiles para la medición del peso del camión, éstas deberán disponerse sobre una superficie pavimentada, plana, con pendiente inferior al 1% y una longitud superior a 20 metros. Se emitirá el resultado en documento firmado donde también constará fecha y hora del pesaje, matrícula del camión y número de albarán de suministro; este documento irá acompañado de copia del certificado de la última calibración realizada a la báscula utilizada, así como cualquier certificado de conformidad de las células de carga o clasificación de la máquina que obligue la reglamentación vigente. Además, se acompañará reportaje fotográfico que permita deducir el cumplimiento de las condiciones definidas sobre las características del lugar de ensayo.

Existen varios factores fundamentales para el control del volumen de la amasada de hormigón:

En el Art. 6 del Real Decreto 163/2019, de 22 de marzo, por el que se aprueba la Instrucción Técnica para la realización del control de producción de los hormigones fabricados en central, dice:

El fabricante de hormigón deberá estar en posesión de:

- **Certificado del fabricante del software de dosificación y carga** en el que se certifique que la versión de su programa instalada en la planta asegura que los valores realmente pesados y suministrados de todos los componentes del hormigón coinciden con los valores registrados en el software y en los albaranes de suministro.
- **Certificado del fabricante de hormigón (Certificado de Garantía de Dosificación)** firmado por persona física (apoderado) en el que se garantice que los datos de dosificación y carga, tanto teóricos como reales, recogidos en sus bases de datos no han sufrido alteración y se corresponden con lo cargado.

Modelo de Certificado de Garantía de Dosificación:

CERTIFICADO DE GARANTÍA DE DOSIFICACIÓN (CodE 57.1 – ITCP 6b)



FECHA:

FABRICANTE DE HORMIGÓN:

DIRECCIÓN SOCIAL:

CENTRAL DE HORMIGÓN PREPARADO:

D/D^{ña}

, en calidad de

con DNI

CERTIFICO que la central de hormigón preparado referida está automatizada de tal manera que se asegura que las dosificaciones (contenido mínimo de cemento y relación agua/cemento) cumplen con los requisitos de durabilidad prescritos. Y que los datos de dosificación y carga, tanto teóricos como reales, recogidos en sus bases de datos no han sufrido alteración y se corresponden con lo cargado.

Acompaña al presente documento el certificado del fabricante del software de dosificación y carga.

FIRMA Y /O SELLO

A su vez, el fabricante de hormigón debe llevar a cabo un *registro de control de volumen suministrado* para cumplir con el *Real Decreto 163/2019*, que será auditado por los Organismos de Control con una frecuencia anual al menos.

Modelo que recoge el control de volumen suministrado:

GARANTÍA DE VOLUMEN (ITCP 5.3)



| | |
|--|--|
| Hormigón (o agrupación) controlado: | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |

La casilla referida a la fecha del ensayo de densidad se consignará tan sólo cuando se realice (mínimo anual). El dato de densidad obtenido se consignará en las casillas sucesivas hasta que se realice nuevo ensayo. Una variación negativa indica que se está suministrando a obra menor cantidad que la indicada en el albarán.

| ENSAYO DENSIDAD | | BÁSCULAS | CONTROL DOCUMENTAL | | | | | | | |
|-----------------|-------------------|-------------------------------------|--------------------|---------|----------|-----------------------------|----------------|----------------|--|-----------|
| FECHA | kg/m ³ | Fecha última verificación realizada | FECHA CONTROL | ALBARÁN | HORMIGÓN | DATOS DEL REGISTRO DE CARGA | V _c | V _a | VARIACIÓN | RESULTADO |
| | | | | | | PESO TOTAL (kg.) | m ³ | | (V _c -V _a)/V _a | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |

5. Control de la Homogeneidad del Hormigón

La *Homogeneidad* es la cualidad por la cual los diferentes componentes que contiene un *Hormigón Fresco* aparecen regularmente distribuidos en toda la masa. Esta propiedad se consigue a través de un buen amasado en amasadora fija o móvil, de un transporte cuidadoso y de una colocación adecuada. Del cuidado de esta propiedad va a depender que el producto colocado en obra goce de todas las garantías para las que fue concebido.

Cuando los áridos gruesos se separan de los áridos finos, la *docilidad* se dice que se ha perdido por segregación o disgregación. Cuando la mezcla es muy líquida los áridos gruesos caen al fondo del molde o encofrado y el mortero queda en la superficie de éste, entonces se dice que la docilidad se ha perdido por *decantación*. La probabilidad de que se produzcan en un hormigón los fenómenos de segregación o decantación aumenta con el contenido de agua, con el tamaño máximo del árido, con las vibraciones o sacudidas durante el transporte y con la puesta en obra en caída libre a más de un metro y medio. Finalmente puntualizar que un hormigón *poco dócil* es propenso a segregarse, a dar resistencias mecánicas menores a las previstas y a proporcionar superficies poco vistosas cuando se desencofra.

Para evitar estos fenómenos de segregación, se dispone en el Código Estructural de un procedimiento de control de la homogeneidad del *hormigón fresco*, en el Art. 51.2.4 *Equipos de Amasado*. En dicho apartado se indica lo siguiente: “[...] Los equipos pueden estar constituidos por amasadoras fijas o móviles capaces de mezclar los componentes del hormigón de modo que se obtenga una mezcla homogénea y completamente amasada, capaz de satisfacer los dos requisitos del grupo A y al menos dos de los del grupo B, de la tabla 51.2.4.”

Tabla 51.2.4 Comprobación de la homogeneidad del hormigón. Deberán obtenerse resultados satisfactorios en los dos ensayos del grupo A y en al menos dos de los cuatro del grupo B

| Ensayos | | Diferencia máxima tolerada entre los resultados de los ensayos de dos muestras tomadas de la descarga del hormigón (1/4 y 3/4 de la descarga) |
|---------|--|---|
| Grupo A | 1. Consistencia (UNE-EN 12350-2) | |
| | Si el asiento medio es igual o inferior a 9 cm | 3 cm |
| | Si el asiento medio es superior a 9 cm | 4 cm |
| | 2. Resistencia (*) | |
| | En porcentajes respecto a la media | 7,5% |
| Grupo B | 3. Densidad del hormigón (UNE-EN 12350-6) en kg/m ³ | 16 kg/m ³ |
| | 4. Contenido de aire (UNE-EN 12350-7) | |
| | En porcentaje respecto al volumen del hormigón | 1 % |
| | 5. Contenido de árido grueso (UNE 7295) | |
| | En porcentaje respecto al peso de la muestra tomada | 6 % |
| | 6. Módulo granulométrico del árido (UNE 7295) | 0,5 |

(*) Por cada muestra, se fabricarán y ensayarán a compresión, a la edad 7 días, dos probetas cilíndricas de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura. Si a 7 días no se cumplen las prescripciones se pueden ensayar a 28 días, dándose por bueno el resultado si es correcto en esa fecha. Estas probetas serán confeccionadas, conservadas y ensayadas según los procedimientos contemplados en el apartado 57.3. Se determinará la medida de cada una de las dos muestras como porcentaje de la media total.

| | ENSAYO | 1ª MUESTRA (1/4 DESCARGA) | | | | 2ª MUESTRA (3/4 DESCARGA) | | | | DIFERENCIA | DIFERENCIA MÁXIMA |
|---|--|---------------------------|-----------------------------------|--|-----------------------------|---------------------------|-----------------------------------|--|-----------------------------|-------------------------|--|
| GRUPO A | CONSISTENCIA (cm) (UNE-EN 12350-2) | 7,0 | | | | 8,0 | | | | 1,0 | 3 si asiento medio <= 9 cm; 4 cm si asiento medio > 9 cm |
| | RESISTENCIA A 7 DIAS (UNE-EN 12390-3/03) | PROBETA | RESISTENCIA (N/mm ²) | RESISTENCIA MEDIA (N/mm ²) | % RESPECTO A LA MEDIA TOTAL | PROBETA | RESISTENCIA (N/mm ²) | RESISTENCIA MEDIA (N/mm ²) | % RESPECTO A LA MEDIA TOTAL | 3,74 % | 7,50% |
| | | 1 | 23,6 | 23,60 | 99,37 | 1 | 22,7 | 22,75 | 95,79 | | |
| 2 | 23,6 | 2 | 22,8 | | | | | | | | |
| GRUPO B | DENSIDAD DEL HORMIGÓN (UNE-EN 12350-6) | PESO HORMIGÓN (g) | PESO RECIPIENTE (g) | DENSIDAD kg/m ³ | | PESO HORMIGÓN (g) | PESO RECIPIENTE (g) | DENSIDAD kg/m ³ | | 13,96 kg/m ³ | 16 kg/m ³ |
| | CONTENIDO DE ÁRIDO GRUESO (UNE 7295/76) | PESO MUESTRA HORMIGÓN (g) | PESO (g) RETENIDO SECO TAMIZ 4 mm | CONTENIDO ÁRIDO GRUESO (%) | | PESO MUESTRA HORMIGÓN (g) | PESO (g) RETENIDO SECO TAMIZ 4 mm | CONTENIDO ÁRIDO GRUESO (%) | | 5,81 % | 6% |
| | | 2720 | 2116 | 77,79 | | 2618 | 2155 | 82,31 | | | |
| MÓDULO GRANULOMÉTRICO DEL ÁRIDO (UNE 7295/76) | % RETENIDO TAMIZ 40 mm | % RETENIDO TAMIZ 20 mm | % RETENIDO TAMIZ 10 mm | MÓDULO GRANULOMÉTRICO | % RETENIDO TAMIZ 40 mm | % RETENIDO TAMIZ 20 mm | % RETENIDO TAMIZ 10 mm | MÓDULO GRANULOMÉTRICO | 0,04 % | 0,50% | |
| | 0 | 3,40 | 44,00 | 6,47 | 0 | 6,18 | 41,46 | 6,48 | | | |

Ejemplo de ensayo de homogeneidad para un hormigón HA-25/B/20/X0.

6. Control de la Calidad del hormigón en obra

La finalidad del *Control de Calidad del Hormigón* es comprobar que la obra, una vez terminada, tiene las características especificadas en el Proyecto, que serán las generales recogidas en el Art. 57 del Código Estructural vigente, más las específicas recogidas en el *Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares de Obra (PPTPO)*, entendiéndose que todas las aprobaciones derivadas del control de calidad serán aprobaciones condicionadas al buen funcionamiento de la obra durante los plazos legalmente establecidos.

La eficacia final del *Control de Calidad* es el resultado de la acción complementaria del control ejercido por el fabricante (control interno) y del control ejercido por el receptor (control externo). El control de la calidad del hormigón se refiere fundamentalmente a la comprobación de su consistencia, resistencia y durabilidad, así como, de aquellas otras características específicas concretas que pudieran estar recogidas en el preceptivo PPTPO. Además, se comprobará que cada amasada de hormigón esté acompañada por una hoja de suministro debidamente cumplimentada y firmada por una persona física.

Las citadas hojas de suministro, sin las cuales no se permitirá la utilización del hormigón en la obra, deberán de ser archivadas por el Cliente y permanecer en todo momento a disposición de la Dirección Facultativa hasta la entrega de la documentación final de control.

6.1. Tomas de muestras de Hormigón Fresco (UNE-EN 12350-1)

El procedimiento para realizar la toma de muestra del hormigón fresco viene establecido en la norma (UNE-EN 12350-1), y está ideada para llevar a cabo la toma “*in-situ*”, en la propia obra y del camión hormigonera o vehículo utilizado para el transporte.

En la norma se hace referencia a porciones, muestreos puntuales y muestreos compuestos, aunque nos vamos a referir a la metodología a seguir para realizar la muestra más simple y generalizada, es decir, una única porción (carretilla) tomada de una misma parte de la cuba de hormigón (muestra puntual). Para ello se necesitan las siguientes herramientas fabricadas con materiales no absorbentes ni fácilmente atacables por la pasta de cemento:

- *Palas de boca cuadrada* y *Cazo* de aproximadamente 100 mm de anchura o dispositivo similar de muestreo, fabricados con materiales no absorbentes ni fácilmente atacables por la pasta de cemento y que resulten apropiados para realizar las tomas de hormigón y contribuir a una correcta homogenización del mismo.

- *Uno o más recipientes*, el más generalizado es la carretilla por su facilidad para desplazar la toma y su mayor capacidad, pero también se pueden emplear espuelas, capazos, cubos...
- *Termómetro* para medir la temperatura del hormigón con una resolución de ± 1 °C.
- *Elementos protectores* del tipo lonas, plásticos o sacos para cubrir la muestra y evitar que pierda el agua por evaporación, en tiempo caluroso y/o ventoso; y evitar incorporación de agua procedente del exterior, en caso de lluvia.

Antes de su uso, se deberán limpiar todos los aparatos y asegurarse de que estén libres de residuos o restos de algún tipo, así como *humedecer ligeramente las superficies* de aquellos utensilios que vayan a entrar en contacto con el hormigón fresco, a fin de evitar que se le ceda humedad desde el hormigón al utensilio, pudiéndose alterar el resultado del ensayo.

Para realizar la toma de la muestra, hay que desprejar el comienzo y el final de la descarga (la toma se realiza entre $\frac{1}{4}$ y $\frac{3}{4}$ de la descarga). Habitualmente, se realiza en cubas de camión hormigonera, para lo que se aproximará el recipiente (carretillo), hacia la canaleta de la cuba de hormigón (chorro descendente) asegurando que el chorro sea completo y constante, y que NO se vierta la muestra desde una altura superior a 1 metro, para evitar posible disgregación de los componentes del hormigón y albergando al menos 1,5 veces la cantidad que se estime necesaria, puesto que de la misma habrá que reservar una parte para el ensayo de consistencia y otra para rellenar los moldes.

Hay que tener en cuenta que entre la toma de muestras y la realización de los ensayos posteriores no deben pasar más de 15-20 minutos y que justo antes de proceder a realizar los ensayos, es necesario remover y mezclar bien la muestra para favorecer la homogenización.

La temperatura del hormigón debe medirse en el recipiente transcurridos 30 sg, pero no más de 60 sg desde la inserción del termómetro a una profundidad de aproximadamente 50 mm.

Durante todas las etapas del muestreo, transporte y manipulación, se deben proteger las muestras de hormigón fresco contra la contaminación, ganancia o pérdida de agua y variaciones extremas de temperatura.

Después de amasado, las propiedades del hormigón fresco cambian con el tiempo, dependiendo de las condiciones ambientales. Este factor debería tenerse en cuenta al decidir el momento en el que deben realizarse los ensayos o confeccionarse las probetas, siendo muy importante el lugar seleccionado para la realización de los mismos. Será fundamental que las probetas estén protegidas del asoleo directo y del viento para no alterar las propiedades del *hormigón fresco*.

Cada muestra debe ir acompañada de un Acta realizado por la persona responsable de la realización del muestreo. El informe debe incluir:

- Referencia a la norma de ensayo.
- Identificación de la muestra.
- Tipo de muestreo: compuesto o puntual.
- Descripción de donde se tomó la muestra.
- Fecha y hora del muestreo.
- Cualquier desviación del método normalizado de muestreo.
- Una declaración de la persona técnicamente responsable relativa a que la toma de muestras se realizó correctamente según norma.

El informe puede incluir, adicionalmente, y resulta fundamental que así lo haga:

- Condiciones ambientales y climatológicas.
- Temperatura de la muestra de hormigón.
- Observación de cualquier anomalía que presente el hormigón y condiciones en las que se van a conservar en obra las probetas (a intemperie, bajo cubierta, sumergidas en agua...)

6.1.1. bis) Novedades a aplicar en la toma de muestras

Hay que destacar dos novedades de máxima importancia:

- Aunque es una cuestión que ya venía planteándose con la aplicación de la anterior EHE-08, es a raíz de la entrada en vigor del nuevo *Código Estructural* cuando, se han despejado las dudas acerca de la entrega de las copias del acta de toma de muestras de hormigón levantadas por el representante del laboratorio, que como *mínimo* estará firmada por el constructor y por el laboratorio, pero también por el representante del suministrador del hormigón en el caso de estar presente (en la mayoría de los casos, es el conductor de la hormigonera). De esta forma cada representante se quedará con una copia del acta correspondiente facilitada por el representante del laboratorio. (Cada una de las tres partes implicadas, laboratorio que realiza la toma, constructor y suministrador han de recibir copia del acta de toma).

- Tal y como se recoge en el Art. 57.2 del Código Estructural, cada determinación constará del número mínimo suficiente de probetas, de las cuales se ensayarán a 28 días como mínimo dos de ellas y cuya media será la base para la comprobación de resistencia. También se

reservarán al menos dos probetas para ensayar si fuera necesario a edades superiores a 28 días. Transcurridos 60 días sin que nadie autorizado haya dispuesto de las probetas, se desecharán definitivamente. Generalmente, el procedimiento más común ha sido el de realizar tomas de 4 probetas, para romper a 7 días y 28 días, y en el caso menos frecuente, reservar alguna para romper a edades superiores, pero la fabricación de probetas tanto para siete días como para superiores a veintiocho eran voluntarias. Esto cambia con la entrada en vigor del nuevo Código Estructural, que establece requisito obligatorio reservar dos probetas para roturas superiores a 28 días, con el objetivo de contrastar resultados y ampliar la posibilidad de toma de decisiones en el caso de resultados insuficientes a 28 días.

6.2. Control de la consistencia del hormigón fresco: Método del Cono de Abrams (UNE-EN 12350-2)

Este ensayo no será válido cuando en el hormigón intervengan áridos cuyo tamaño máximo sea superior a 40 mm o para medidas de asentamiento entre 10 y 210 mm. El método se fundamenta en la disminución que experimenta un tronco de cono de hormigón fresco cuando se deja la masa libre y sin perturbaciones exteriores.

La realización del ensayo del Cono de Abrams necesita de los siguientes instrumentos:

- Un molde de forma de tronco de cono, fabricado en metal que no sea fácilmente atacable por la pasta de cemento y de espesor no menor de 1,5 mm, que tenga las bases paralelas entre sí, y que formen un ángulo recto con el eje del cono, y que además tenga un diámetro superior 100 ± 2 mm, un diámetro inferior 200 ± 2 mm y una altura 300 ± 2 mm. El cono debe estar provisto, en la parte superior, de dos asas y en la parte inferior de dos grapas de fijación o piezas fijas de pie para sostenerlo firmemente.
- Una barra metálica compactadora de sección transversal circular, recta de 600 mm de longitud y 16 mm de diámetro y con sus extremos redondeados.
- Una bandeja o chapa rígida (no absorbente y de forma rectangular).
- Un metro de longitud mínima de 1000 mm y con subdivisiones no superiores a 5 mm a lo largo de toda su longitud o regla graduada desde 0 a 300 mm a intervalos no superiores a 1 mm y con el punto de cero en uno de los extremos de la regla.
- Una espátula, llana o fratás.
- Un embudo o tolva de llenado, provisto de un collarín que le permita acoplarse a la parte superior del molde.

Procedimiento operativo del ensayo del Cono de Abrams

- 1** Se humedece el molde metálico y se coloca éste sobre la bandeja o chapa rígida también ligeramente humedecida. La chapa deberá estar apoyada en una superficie previamente nivelada o en el suelo, libre de cualquier irregularidad que pueda provocar oscilaciones o tambaleos cuando el laborante esté realizando el ensayo. El laborante apoyará los pies firmemente sobre las pestañas sobresalientes del molde, manteniendo los pies en esa posición en todo momento que dure el llenado y el compactado, de tal forma que tanto el molde como la bandeja permanezcan inmóviles. No debe existir movimiento bajo ningún concepto sobre la chapa ni el cono mientras dure la realización del ensayo.
- 2** Seguidamente se llena el molde con hormigón fresco en tres capas de modo que cada una ocupe aproximadamente una tercera parte del volumen del molde.
- 3** Después de colocada cada capa de hormigón fresco en el molde, ésta se compacta mediante 25 golpes con la barra metálica compactadora uniformemente distribuidos, cuidando de que la citada barra penetre hasta la capa inferior y rellenando todos los huecos. Se recomienda en las capas inferiores inclinar un poco la barra compactadora para conseguir distribuir correctamente el hormigón hacia las paredes del molde continuando con los golpes aproximadamente en forma espiral hacia el centro, teniendo cuidado de no golpear la base.
- 4** Una vez la última capa o capa superior ha sido compactada se retirará el hormigón sobrante alisando la superficie por medio de una acción de corte y rodillo de la barra de compactación, para a continuación sacar el molde levantándolo con cuidado en dirección vertical sin causar al hormigón ningún movimiento lateral o de torsión, de manera uniforme durante 2 a 5 segundos. Si como consecuencia del proceso de compactación de la última capa resultase que falta hormigón y que por tanto está por debajo del nivel superior del cono, se añade más hormigón para que siempre haya exceso sobre el nivel superior del cono.

La operación desde el comienzo del llenado hasta la retirada del mismo, se realiza sin interrupción y se completa en un tiempo no superior a 150 sg.

El resultado de la *consistencia del hormigón fresco* o ensayo de Cono de Abrams se determinará midiendo la distancia entre altura del molde y la del punto más alto de la muestra después del ensayo, redondeando a los 10 mm.

El resultado solamente es válido si se produce un correcto asentamiento de la masa de hormigón, es decir, un asentamiento en el cual el hormigón permanece sustancialmente intacto y de

forma simétrica. Si se produce una caída lateral de la masa, el ensayo no es válido y se debe tomar otra muestra de hormigón y repetir el procedimiento.



Figura 11.- Llenado de Cono de Abrams con hormigón fresco.



Figura 12.- Medida correcta de Cono de Abrams con hormigón fresco.

No sólo bastará con una determinación, sino que habrá que realizar dos veces el ensayo, tal y como lo exige el Art. 33.2 Condiciones de calidad del Código Estructural "A los efectos de este código cualquier característica medible de una amasada, vendrá expresada por el valor medio de un número de determinaciones, igual o superior a dos, de la característica de calidad en cuestión. Realizadas sobre partes o porciones de la amasada."

Según el Art. 57.3.1 del Código Estructural se comprobará mediante la media aritmética de dos determinaciones obtenidas conforme a la norma UNE-EN 12350-2, valores que deberán estar comprendidos cada uno de ellos dentro del intervalo definido para cada tipo o asiento de consistencia, después de aplicar la tolerancia prevista para cada caso, según la tablas 33.5.a y 57.5.2.2:

Consistencia definida por su clase conforme a la tabla 33.5.a

| Tipo de consistencia | Definida en tabla 33.5.a en mm | Tolerancia según tabla 57.5.2.2 en mm | Intervalo resultante en mm |
|----------------------|--------------------------------|---------------------------------------|----------------------------|
| Seca (S) | 0-20 | | 0-30 |
| Plástica (P) | 30-40 | | 20-50 |
| Blanda (B) | 50-90 | ± 10 | 40-100 |
| Fluida (F) | 100-150 | | 90-160 |
| Líquida (L) | 160-210 | | 150-220 |

En el informe resultante figurarán los datos especificados en la citada norma según *UNE-EN 12350-2*, así como, la medida del índice de consistencia obtenido y la referencia a la presente norma.

6.2. bis). Consideraciones para una correcta ejecución y errores a evitar

- El hormigón empleado para realizar este ensayo debe desecharse y no usarse para la elaboración de probetas destinadas a ningún tipo de ensayo posterior.
- La consistencia del hormigón cambia con el tiempo debido a la hidratación del cemento y sobre todo a la pérdida de humedad al ambiente (acentuado con tiempo caluroso), así que, los ensayos sobre muestras diferentes deberían realizarse transcurrido el mismo intervalo de tiempo después del amasado y bajo condiciones ambientales similares si se quieren obtener resultados comparables.
- Es recomendable que en la medida de lo posible sea siempre el mismo operario quien realice el ensayo durante un mismo suministro de hormigón a obra, ya que aunque el ensayo pueda resultar sencillo, requiere habilidad y práctica, y en el caso de ser realizado por varios operarios durante un mismo suministro, puede introducir variantes adicionales en los resultados.

Algunos de los *errores más comunes* a la hora de ejecutar el ensayo y que deben evitarse para obtener resultados totalmente inservibles:

- Colocación de la placa base sobre una superficie irregular. Se debe asegurar que la placa esté nivelada antes de colocar el hormigón en su molde.
- Tirar del cono demasiado rápido o lento, y/o hacerlo desviado del vertical del cono, debe tirarse del cono hacia arriba, de manera suave y constante, sin interrupciones.
- Equipo de ensayo en malas condiciones; abollado, sin patillas, de medidas inadecuadas, sucio con restos de hormigón incrustados en el interior del molde o en la chapa. Los conos y placas de asentamiento deben calibrarse anualmente y limpiarse después de cada prueba, especialmente en la superficie interior del cono y la superficie de la placa.
- No saber interpretar correctamente si el asentamiento se produce de manera simétrica o sesgada.
- Realizar la toma para ensayo en el primer 1/4 o el último 4/4 de la carga, lo que no representan la consistencia adecuada el lote suministrado.

- Iniciar la prueba de asentamiento demasiado tarde cuando el hormigón comienza a endurecerse.

6.3. Fabricación y conservación de probetas (UNE-EN 12390-2)

Para la realización de la toma de muestras de hormigón fresco se necesitan los siguientes instrumentos:

- *Moldes cilíndricos o cúbicos*, cuyas medidas más habituales son en los moldes cilíndricos de $\varnothing 15 \times 30$ cm y en los cúbicos de $15 \times 15 \times 15$ cm. El material para la fabricación de probetas de hormigón debe de ser en acero o fundición como material de referencia, en ningún caso absorbente, debiendo estar además las superficies interiores de los mismos exentas de irregularidades y el plano de la base del molde normal al eje de éste.
- *Una barra metálica compactadora de sección transversal circular*, recta de 600 mm de longitud y 16 mm de diámetro y con sus extremos redondeados.
- *Maza de goma*, recomendable para optimizar la compactación tras la utilización de la barra compactadora.
- *Llana o fratás fabricado en metal* que no sea fácilmente atacable por la pasta de cemento.
- *Material para el desencofrado*. Ha de ser no reactivo, y es recomendable aplicarlo con una brocha u otro utensilio en el interior de las paredes del molde previamente, para asegurar un correcto desmolde y mejorar la conservación de los moldes.
- *Bolsas*, de material impermeable y de tamaño suficiente para poder contener un molde de hormigón.
- *Arpillera o similar*, para tapar las probetas siendo capaz de retener agua una vez humedecido.

El procedimiento de compactación del hormigón fresco dentro del molde de probeta metálico dependerá del asiento medido mediante el Cono de Abrams:

- Si éste es menor de 40 mm la compactación deberá hacerse mediante vibración mecánica (mesa vibratoria o vibrador de aguja).
- Si el asiento medido es igual o mayor de 40 mm la compactación se efectuará mediante picado.

- Para hormigones con asentamiento superior a 150 mm, la compactación por vibración mecánica puede provocar una segregación excesiva, por lo que no se recomienda su utilización en este tipo de hormigones.
- Aquellos hormigones que por medio de aditivos tengan propiedades reoplásticas se compactarán por vibrado.
- En el caso de hormigones autocompactantes, no se aplica ningún tipo de compactación, excepto el posible golpeo lateral con mazo tras el llenado.
- En cualquier caso, el tiempo transcurrido para la realización de todas las operaciones de preparación de la muestra de probetas no excederá de 15 minutos.

En el procedimiento de fabricación de las probetas se considerarán los siguientes pasos:

PREPARACIÓN, LLENADO Y COMPACTACIÓN DE LOS MOLDES

1 Los moldes han de estar correctamente cerrados, cubiertos en su interior con algún producto desencofrante y apoyados sobre una superficie plana.

2 El hormigón debe compactarse inmediatamente después de su vertido en el molde, de forma que se obtenga una compactación completa sin una excesiva segregación o aparición de lechada.

3 En el caso de hormigones con asentamiento igual o inferior a 150 mm y cuya compactación sea manual mediante barra de picado, las probetas deben llenarse en varias capas o tongadas, concretamente 3 en el caso de moldes cilíndricos de $\varnothing 15 \times 30$ cm y 2 para los moldes cúbicos de $15 \times 15 \times 15$ cm. La muestra de hormigón ya homogeneizada se verterá dentro del molde con un cogedor en tantas capas como sean necesarias, realizándose la compactación de cada una de las capas mediante una barra metálica ya descrita repartiendo en cada una de las capas 25 golpes uniformemente distribuidos en toda su superficie de tal manera que cada una de las capas cosa la subyacente. Los golpes aplicados en cada capa deben atravesarla hasta llegar ligeramente a la inmediatamente inferior. Tras picar cada capa es muy importante golpear suave y lateralmente la probeta con el mazo de goma (unas 15 veces), para cerrar las huellas de la barra de compactación y dejen de aparecer burbujas de aire mayores en la superficie. En hormigones con asentamiento superior a 150 mm, podrá disminuirse el número de golpes, siempre que se asegure una compactación completa.

4 En el caso de hormigones con asentamiento igual o inferior a 40 mm y cuya compactación sea mecánica mesa vibratoria o vibrador de aguja, la vibración se aplicará durante el mínimo tiempo necesario para lograr una compactación completa del hormigón evitando la sobrevibración que podría causar una pérdida de aire ocluido.

5

El hormigón residual depositado sobre el borde superior del molde, se retira mediante el uso de la llana o fratás y se nivela cuidadosamente la superficie.

MARCADO DE LAS PROBETAS

7

Las probetas se marcarán de forma clara y duradera, sin dañarlas. Generalmente se le coloca una etiqueta en el hormigón, en la parte superior que queda expuesta. Las anotaciones efectuadas se conservarán a fin de garantizar la trazabilidad de la muestra desde la toma hasta el ensayo.

CONSERVACIÓN EN OBRA

8

Durante el período de permanencia en obra o en instalaciones de prefabricados las probetas deberán estar protegidas de impactos, vibraciones, asoleamiento directo, deshidratación o exposición al viento. Con el fin de evitar la desecación de la masa, las probetas se han de mantener en sus moldes, con su superficie cubierta de arpillera húmeda o similar, y los moldes deben permanecer en una bolsa sellada. Con objeto de evitar manipulaciones excesivas, se recomienda colocar los moldes dentro de las bolsas abiertas antes de proceder a la fabricación de las probetas. Las probetas deben estar protegidas de la intemperie de forma tal que la temperatura, exterior alrededor de las probetas deberá permanecer en el intervalo de $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ($25^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ en tiempo caluroso) hasta el momento de ser depositadas en el lugar de conservación normalizado, debiendo quedar reflejado en el parte de toma de la muestra, tal como se dijo anteriormente en la norma *UNE-EN 12350-1*, las condiciones de temperatura y humedad de las probetas en obra. En caso de no poder cumplir las condiciones de temperatura durante un periodo superior a 2 horas mientras las probetas se encuentran en la obra, el constructor deberá disponer una habitación o recinto donde depositar las probetas y que sea capaz de mantener las temperaturas de conservación establecidas. Este recinto debe quedar documentado en el acta de la toma de muestras.

9

Las probetas no deben de desmoldearse nunca hasta transcurridas 24 horas desde el momento de su fabricación.

10

El período de permanencia de las probetas en la obra será de al menos 16 horas, sin superar las 72 horas hasta la entrada en la cámara de curado. Es recomendable que el período máximo de permanencia hasta la entrada en la cámara de curado no supere las 48 horas, especialmente en los meses de verano. En los meses de invierno, el periodo mínimo de permanencia de las probetas en la obra será de 24 horas.

TRANSPORTE DE LAS PROBETAS DE ENSAYO

11

En el transporte de las probetas se deben de tomar las medidas oportunas para que aquellas no sufran golpes, ni experimenten evaporaciones excesivas si el transporte es largo. El tiempo máximo de las probetas desde su recogida en obra hasta el laboratorio donde se vaya a realizar su conservación definitiva, no será superior a 4 horas.

CURADO DE LAS PROBETAS DE ENSAYO

12

Tras desmoldar las probetas, se deben identificar con una marca adicional utilizando rotuladores o lápices de cera, puesto que la etiqueta original colocada en la superficie va a desaparecer con el pulido o refrentado posteriores. A continuación, se transportarán a la cámara húmeda o balsa de inmersión, recintos éstos que permiten mantener una humedad mínima del 95% y una temperatura de $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$. Durante todas las manipulaciones realizadas con las probetas se debe evitar los golpes y demás incidencias que pudieran provocarles fisuras. Es importante, realizar un registro de forma periódica mediante anotaciones de las lecturas del termohigrómetro dispuesto en la zona de conservación y curado, con la finalidad de hacer un seguimiento del desarrollo del proceso de curado, lo que marcará el desarrollo posterior de las resistencias.

6.3. bis). Consideraciones para una correcta ejecución y errores a evitar

La experiencia nos indica que al procedimiento de fabricación y conservación de probetas, quizás por la sencillez que su ejecución aparentemente alberga, en ocasiones no se le procura la importancia que debería, ya que es posible que se trate del punto del control de calidad que más influencia tiene en los resultados finales de resistencia, de modo que la correcta ejecución va a ser determinante. Hay que seguir una serie de precauciones, y evitar tajantemente los errores que se detallan a continuación, y que según la experiencia se han dado de forma recurrente:

- La carretilla y útiles utilizados para la toma de muestra comentados en deben estar limpios de restos de tomas de muestra anteriores, con la superficie de la misma humedecida, pero sin agua sobrante.
- Hay que respetar el periodo de límite de uso de 1 hora y media después de su fabricación, y bajo ningún concepto coger la toma superado dicho periodo (consultar datos del albarán en cuanto al período válido de utilización), porque el hormigón empieza a fraguar transcurrido dicho periodo.
- No se deben llenar los moldes de una sola vez.

- Que, durante la ejecución de las probetas, no se compacte adecuadamente cada una de las capas de hormigón mediante los 25 golpes normalizados a aplicar por medio de la barra metálica compactadora, y que no se hagan desaparecer por medio de un mazo de goma para quitar las posibles burbujas o coqueas.
- Que las probetas elaboradas no queden en la obra perfectamente niveladas, y que, por tanto, el paralelismo de las caras pueda llegar a resultar un problema oculto o de laboriosa corrección en el momento de aplicar el pulido o refrentado de mortero de azufre, ocasionando consiguientemente una posible merma en la capacidad resistente a la compresión de la probeta.
- Que las probetas durante el tiempo que dura su estancia en la obra no permanezcan en unas condiciones de temperatura y tiempo diferentes a las indicadas en el Código Estructural. Como, por ejemplo, dejar las probetas en obra sin protección alguna, tal como arpillera húmeda o dentro de bolsas selladas que cubran y protejan la muestra de hormigón, evitando la evaporación rápida o la incorporación de agua de lluvia.

Nota 1: las probetas tienen normalizado un tiempo de estancia en la obra de 16 horas y hasta 72 horas, período éste último que no se debe sobrepasar en ningún caso, existiendo además la obligatoriedad de justificar en el acta de toma la causa que lo ha originado. En general, el incumplimiento de las estancias mínimas y máximas referidas puede llegar a incidir muy negativamente en los resultados de las roturas a compresión de las probetas, especialmente cuando éste se llega a producir en unas condiciones climatológicas adversas.

Nota 2: las condiciones de curado en obra no pueden ser elegidas por el laboratorio, depende del contratista principal de la obra. Aunque el Código Estructural recomienda un habitáculo con condiciones de temperatura adecuada, la realidad es que en prácticamente ninguna obra existe este recinto, por lo que las condiciones de curado en obra coinciden con las condiciones ambientales de la misma. Por lo que el laborante deberá informar al laboratorio que las condiciones de la norma no se están cumpliendo, así como, si las probetas han sido desplazadas del lugar donde las dejó. Causa principal de la invalidación del ensayo.

- Que el transporte de las probetas desde la obra hasta el laboratorio se realice inadecuadamente. Las probetas de hormigón no pueden ir nunca sueltas o mal embaladas en la furgoneta de transporte, ya que se pueden llegar a perjudicar con golpes y desplazamientos que pueden producir desconchados en las mismas, lo que dificultaría notablemente un adecuado refrentado y consiguientemente una correcta rotura en las mismas. Asimismo, en época estival, recorridos de transporte

de recogida largos, bien debidos a la distancia a recorrer o bien por la duración de tiempo a emplear, pueden llegar a producir en las probetas evaporaciones excesivas, que también perjudicarían notablemente su comportamiento ante la rotura a compresión.

- Que, si una probeta cilíndrica rompe con baja resistencia y muestra una distribución irregular de áridos desde la parte superior a la inferior, o exceso de finos o de árido grueso, puede deberse a que ha habido un muestreo deficiente. Un ensayo de resistencia debe ser representativo de la masa entera de hormigón. Para evitar lo anterior, las muestras tomadas serán completamente remezcladas en una carretilla u otra superficie no absorbente, antes de moldear las probetas.

En el Informe resultante figurarán los datos especificados en la citada norma según *UNE-EN 12390-2*, y de manera adicional, el tiempo de transporte de las probetas desde su lugar de fabricación a su lugar de conservación definitivo.

6.4. Pulido de Probetas (*UNE-EN 12390-3*)

Las probetas curadas en agua (cámara húmeda o balsa de inmersión) deben sacarse de la misma para el pulido durante no más de 1 hora y deben volver a introducirse en agua durante al menos una hora antes de volver a pulirlas o a ensayarlas. Este método será el de referencia en caso de discrepancias entre métodos de ajustes de probetas.



Figura 13.- Probetas pulidas preparadas para ensayar.

6.5. Refrentado de probetas con mortero de azufre (*UNE-EN 12390-3*)

La presente norma *UNE-EN 12390-3*, en su Anexo A (normativo) tiene por objeto indicar los procedimientos para el *refrentado con mortero de azufre* de probetas cilíndricas de hormigón endurecido destinadas al ensayo de rotura por compresión.



Figura 14.- Probetas refrentadas con mortero de azufre preparadas para ensayar.

El acabado superficial o refrentado, para el ajuste de las probetas de ensayo, así como el paralelismo de las caras comprimidas de una probeta de hormigón cilíndrica $\varnothing 15 \times 30$ cm, es fundamental para obtener resultados fiables en el momento de la rotura a compresión. Antes de refrentar, se debe comprobar que la superficie de la probeta está seca, limpia y que todas las partículas sueltas han sido eliminadas. Pueden aceptarse mezclas comercializadas de azufre para refrentar que sean adecuadas. Alternativamente, el material de refrentado puede consistir de una mezcla compuesta en partes iguales de azufre y arena sílicea fina y su tamaño estará comprendido entre los tamices $250 \mu\text{m}$ y $125 \mu\text{m}$ conforme a la *Norma ISO 3310-1* y adicionalmente una pequeña proporción de negro de humo de hasta el 2%.

El procedimiento operatorio para un correcto refrentado con mortero de azufre de las probetas cilíndricas de hormigón endurecido es el siguiente:

Procedimiento

- 1 El refrentado debe ser tan fino como sea posible, y no debe tener más de 5mm de grosor, aunque pueden permitirse desviaciones locales.
- 2 La mezcla debe calentarse a la temperatura recomendada por el suministrador o a una temperatura tal que, mientras se remueve continuamente, se alcance la consistencia requerida, asegurando su homogeneidad e impidiendo que se formen sedimentos en el fondo del recipiente de fundir.
- 3 El nivel de mezcla en el recipiente de fundir, nunca debe dejarse demasiado bajo, pues con ello se incrementa la producción de vapores sulfurosos y el peligro de ignición. Es importante el uso de un sistema extractor de humos.
- 4 Se baja un extremo de la probeta, mantenida verticalmente hasta apoyarla en el plato horizontal que contenga la mezcla de azufre fundida y se deja que endurezca.
- 5 Posteriormente se inspecciona la probeta para asegurarse que el material de refrentado se ha adherido perfectamente. Si la capa suena a hueco, debe eliminarse y refrentar de nuevo.
- 6 El ensayo de compresión, no debe efectuarse hasta que hayan transcurrido al menos 30 minutos desde la operación de refrentado.

- 7 Nunca debe de emplearse material ni pasta de mortero recuperada de usos anteriores, por la pérdida de resistencia y el empobrecimiento del azufre debido a la volatilización y mezcla con otros materiales.

6.6. Rotura por compresión de probetas cilíndricas (UNE-EN 12390-3)

Los Apartados 1.7.4 y 1.7.5 sólo hacen referencia para el uso de probetas cilíndricas. En el caso de que se utilicen probetas cúbicas, sólo será de aplicación lo contemplado a continuación en este punto. La norma UNE-EN 12390-3 tiene por objeto indicar los medios y procedimientos que se han de emplear para la rotura por compresión de probetas cilíndricas de hormigón de $\varnothing 15 \times 30$ cm, así como de probetas cúbicas de $15 \times 15 \times 15$ cm.



Figura 15.- Roturas a compresión de Probeta cilíndrica (izquierda) y Cúbica (derecha) en Prensa Hidráulica.

- La maquinaria empleada debe de estar fabricada conforme a la norma UNE-EN 12390-4 y reunir las siguientes características.
- Para un examen del correcto funcionamiento de una máquina de ensayos hay que calibrar:
 - Exactitud de la indicación de carga.
 - Transmisión de la carga (estabilidad). (sólo para las máquinas nuevas, a no ser que las especificaciones nacionales digan otra cosa).
 - Planeidad de los platos.
 - Control de la velocidad de aplicación de la carga.
- La recalibración de la máquina se realizará de acuerdo a lo estipulado por un sistema de acreditación de calidad o ANUALMENTE y después de:
 - Un cambio de situación de la máquina.
 - Una reparación ó sustitución de cualquier parte de la máquina que pueda afectar a las características.

- El procedimiento operatorio para un correcto ensayo de rotura por compresión de las probetas de hormigón endurecido es el siguiente:

a Después de retirar la probeta del curado, las probetas deben ensayarse a resistencia tan pronto como sea posible, no superando las siguientes 10 h. La zona de ensayo debe estar a una temperatura de $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ [o $(25 \pm 5)^\circ\text{C}$ en climas cálidos]. Cuando las probetas se almacenen en la zona de ensayo durante más de 4 horas, deben protegerse de la pérdida de humedad, por ejemplo, cubriéndolas con arpillera húmeda o una membrana impermeable.

b Se seca el exceso de humedad de la superficie de la probeta antes de ponerla en la máquina de ensayos.

c Se limpian los platos de carga de la máquina, debiendo eliminarse cualquier resto de gravilla u otro material extraño de las superficies de la probeta que han de estar en contacto con los platos.

d No usar de ensamblaje, otra cosa que no sean los platos auxiliares o bloques espaciadores (véase la Norma *UN EN 12390-4*) entre la probeta y los platos de ensayo de la máquina.

e Las probetas cúbicas se colocan de tal forma que la carga se aplique perpendicularmente a la dirección de hormigonado.

f Las probetas deben centrarse respecto al plato inferior con una aproximación de $\pm 1\%$ de la dimensión normalizada del lado de la probeta cúbica o del diámetro de la probeta cilíndrica.

g Si se usan platos auxiliares, se alinean con las caras superior e inferior de las probetas.

h En las prensas con dos columnas, las probetas cúbicas deberían situarse con la cara rugosa enfrente de una de ellas, sin tocar los platos de la prensa.

i Se selecciona una velocidad de carga constante dentro del rango de 0.6 ± 0.2 MPa/s (N/mm².s). Se aplica la carga a la probeta sin choques y se incrementa continuamente, a la velocidad seleccionada $\pm 10\%$, hasta que no se pueda soportar más carga.

j Cuando se use una prensa de control manual, cualquier tendencia a disminuir la velocidad de carga cuando la probeta se aproxima al punto de rotura, debe ser corregida mediante el ajuste apropiado de los controles.

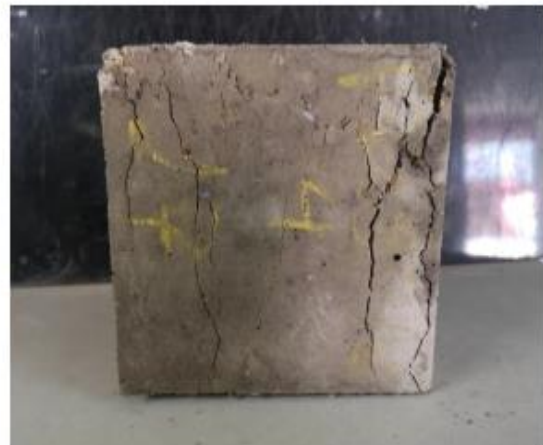
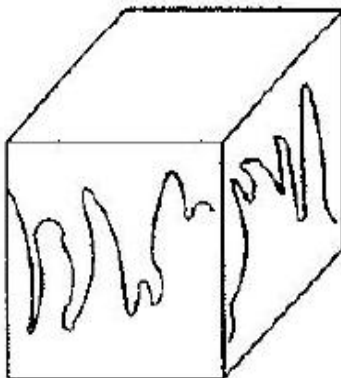
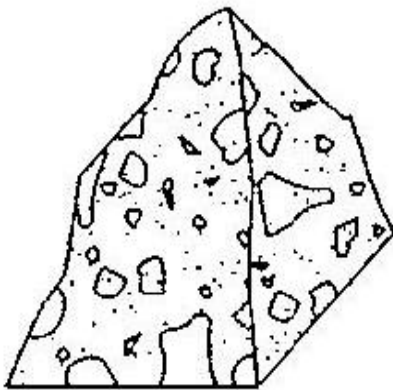
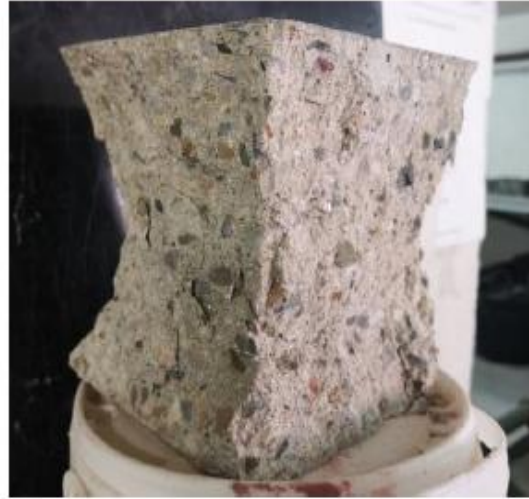
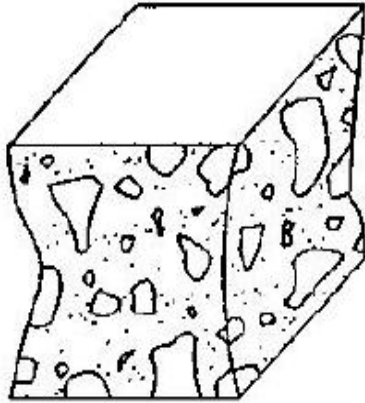
k Se registra la carga máxima indicada en KN.

l Si la forma de la rotura no es satisfactoria debe hacerse constar con referencia al tipo de rotura más parecido y que está designado por una letra en las figuras 2 ó 4 de la Norma *UN EN 12390-3*.

m Para las probetas cilíndricas, la rotura del refrentado antes de la rotura del hormigón es una rotura no satisfactoria.

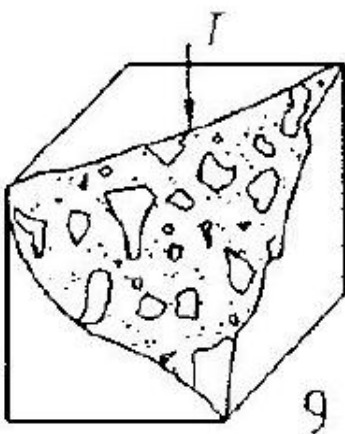
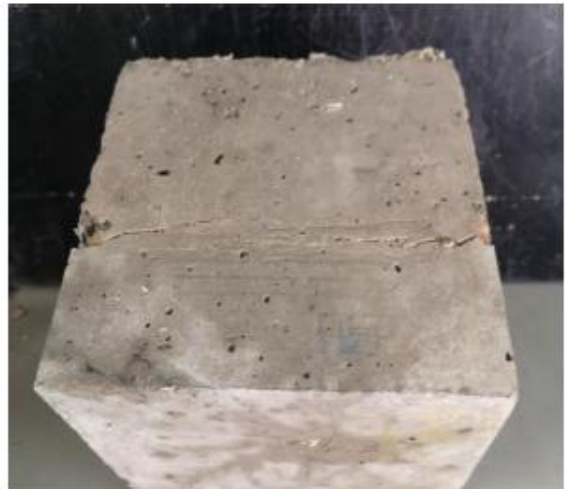
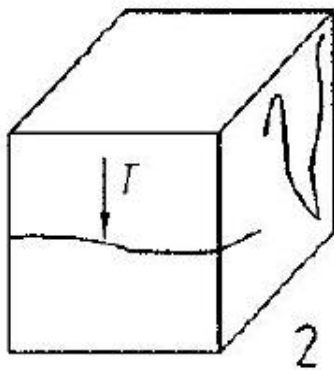
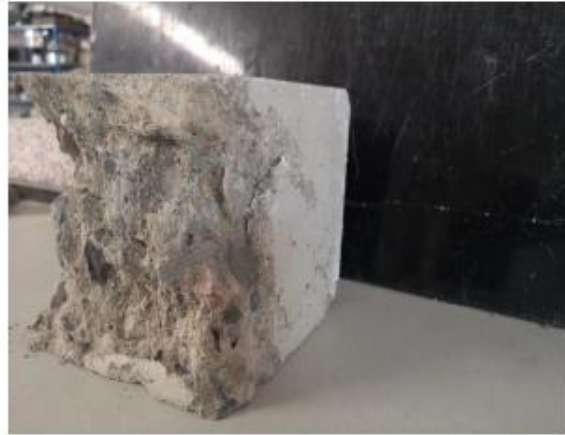
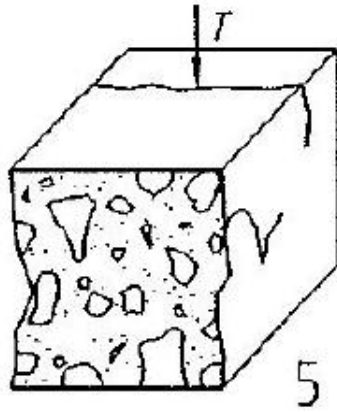
PROBETAS CÚBICAS

Ejemplos de roturas satisfactorias



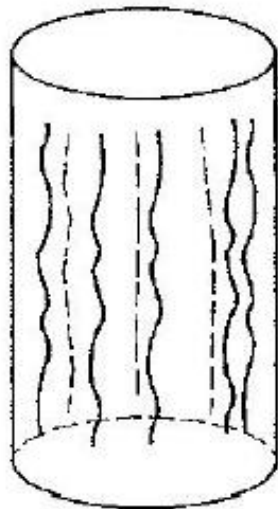
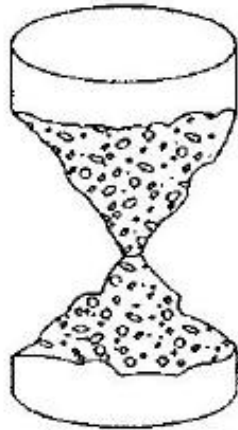
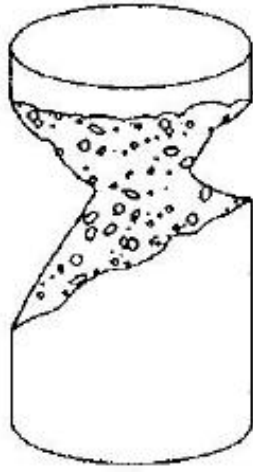
PROBETAS CÚBICAS

Ejemplos de roturas NO satisfactorias



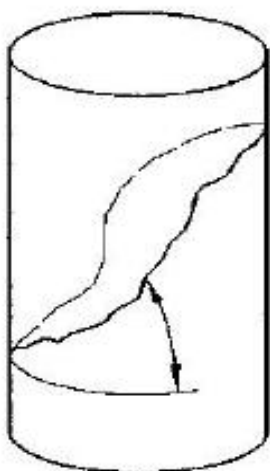
PROBETAS CILÍNDRICAS

Ejemplos de roturas satisfactorias

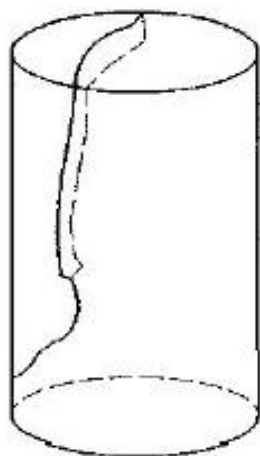


PROBETAS CILÍNDRICAS

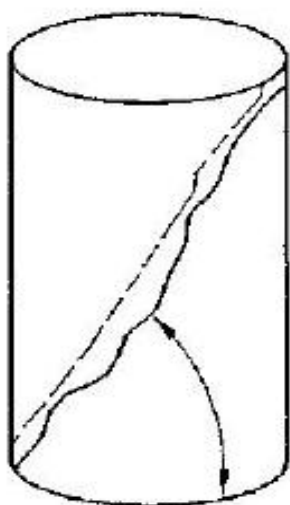
Ejemplos de roturas NO satisfactorias



C



I



B



- Los resultados obtenidos en el ensayo de rotura por compresión se reflejarán en un informe que deberá recoger los siguientes **datos**:
 - Referencia a la norma.
 - Identificación de la probeta
 - Condiciones de la probeta en recepción (si es relevante).
 - Dimensiones normalizadas de la probeta o si es de mayor tamaño y se ensaya de acuerdo con el Anejo B, dimensiones reales.
 - Detalles del ajuste de las caras por pulido/refrentado (si procede).
 - Fecha del ensayo.
 - Carga máxima de rotura en KN.
 - Resistencia a compresión de la probeta en MPa (redondeándola al 0,1 MPa más cercano) o en N/mm².
 - Rotura NO satisfactoria (si procede) o tipo más cercano de rotura NO satisfactoria.
 - Cualquier desviación del método normalizado de ensayo.
 - Una declaración de la persona técnicamente responsable del ensayo de que el ensayo se ha realizado de acuerdo con esta norma, excepto lo que se haya detallado en el punto anterior.
 - Edad de la probeta en el momento del ensayo (si se conoce).

El informe puede también incluir como complemento a la información:

- Masa de la probeta en Kg.
- Densidad aparente de la probeta según la norma *UNE-EN 12390-7*, redondeada a los 10 kg/m³ más cercanos.
- Condiciones de curado desde la recepción en laboratorio.
- Temperatura de la zona de ensayo en el momento de ejecución del ensayo.
- Hora del ensayo (si procede).

En el caso de probetas cúbicas, debe contemplarse lo establecido en el *Art. 57.3.2* del Código Estructural y aplicar un coeficiente de conversión al resultado de la rotura de las mismas.

En todo caso, deberá tenerse en cuenta la importancia de la *custodia de la muestra* desde que se fabrica en la obra hasta la realización del ensayo pertinente, dependiendo de ello el resultado final.



Laboratorio XXXX
Avda. Libertad Nº 8
Cáceres
Tfn: 927 00 00 00

INFORME DE ENSAYOS
ÁREA DE HORMIGONES

Pág. 1 de 1

IDENTIFICACIÓN INFORME / MUESTRA: 0253/23

Cliente
 Construcciones Extremeñas S.L.
 Dirección: Plaza del Madroño, 25
 Municipio: Villavieja de la Sierra
 Provincia: Cáceres C.P.: 28546
 Persona de contacto: Juan Antonio Ejemplo Teléfono: 606 665 654 256

UNE-EN 12350-1:2020 Ensayos de hormigón fresco. Parte 1: Toma de muestras y aparatos comunes.
 UNE-EN 12390-2:2020 Ensayos de hormigón endurecido. Parte 2: Fabricación y curado de probetas para ensayos de resistencia.

Personal de muestreo: Auxiliar Ejemplo Fecha y hora de fabricación: 25/02/2023 - 12:15 Fecha y hora de recogida: 26/02/2023 - 13:10
 Obra: Rehabilitación Recinto de la Laguna (Cáceres)
 Lugar de colocación: Forjado cubierta entre pilares 2 y 5
 Recinto adecuado en obra para conservación de probetas: Sí No Tipo de muestreo (puntual/compuesto): Puntual Compuesto
 Empresa suministradora: Hormigones Europeos de Cáceres S.L. Matrícula: 2854-XXX
 Número de albarán: A-XX 23 2534 Hora de salida: 11:50
 Hora de llegada: 12:00

Identificación del hormigón: HA-25/B/20/XS1

| Tipo, clase y marca del cemento: | CEM I/A-L/42,5R/000A | Condiciones ambientales | | | |
|----------------------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------|--------|
| | | Temperatura (°C) | Temperatura Ambiental (°C) | Humedad (%) | Otros |
| Contenido de cemento (kg/m³): | 320 | 25,3 °C | 21,2 °C | 65% | Viento |
| Aditivo: | Aditivo 1 / Aditivo 2 | | | | |
| Relación a/c: | 0,35 | | | | |

UNE-EN 12350-2:2020 Ensayos de hormigón fresco. Parte 2: Ensayo de asentamiento.

| Asiento cono (mm) | 1 | 2 | 3 | Valor medio (mm) | Consistencia |
|----------------------------------|-----------|-----------|-----------|------------------|--------------|
| | 60 | 60 | 60 | | |
| Tipo de cono (simétrico/asagado) | Simétrico | Simétrico | Simétrico | | |

UNE-EN 12390-3:2020 Ensayos de hormigón endurecido. Parte 3: Determinación de la resistencia a compresión de probetas.

Tipo de probeta: Cilíndrica 15 x 30 cm Acabado: Pulido
 Cúbica 15 x 15 cm Refrentado
 Compactación: Manual (Barra de picado) Conservación en: Cámara húmeda
 Mecánica (Vibrado) Balza de inmersión

| Nº probeta | Edad (días) | Tipo de rotura | Carga (kN) | Tensión (Mpa) | Factor de conversión | Tensión corregida (Mpa) |
|------------|-------------|----------------|------------|---------------|----------------------|-------------------------|
| 1 | 7 | Satisfactoria | 398,6 | 22,6 | 1 | 22,6 ± 2,0 |
| 2 | | Satisfactoria | 402,6 | 22,8 | 1 | 22,8 ± 2,0 |
| 3 | | Satisfactoria | 412,5 | 23,3 | 1 | 23,3 ± 2,0 |
| 4 | 28 | Satisfactoria | 475,8 | 26,9 | 1 | 26,9 ± 2,0 |
| 5 | | Satisfactoria | 468,3 | 26,5 | 1 | 26,5 ± 2,0 |
| 6 | | Satisfactoria | 482,5 | 27,3 | 1 | 27,3 ± 2,0 |
| 7 | | Satisfactoria | 495,6 | 28,0 | 1 | 28,0 ± 2,1 |
| 8 | 60 | Satisfactoria | 500,6 | 28,3 | 1 | 28,3 ± 2,1 |

Observaciones

Responsable de ensayo

Coordinador de departamento

El responsable firmante de este informe de ensayo declara que:
 Los objetos aquí especificados son únicos y exclusivamente los afectados por este informe de ensayo.
 No se reproducirá parcialmente este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio de ensayo.

6.7. bis). Consideraciones para una correcta ejecución y errores a evitar

Condiciones y errores en la determinación del valor de resistencia a compresión, relacionados con la prensa:

- Que exista una calibración inadecuada o errónea de la máquina de ensayo.
- Definir una velocidad de ensayo superior o inferior a la definida por la norma.
- Que no exista un paralelismo adecuado entre los platos.

Condiciones y errores en la determinación del valor de resistencia a compresión, relacionados con las probetas:

Es de vital importancia, antes de colocar la probeta en la máquina de ensayo, observar con detenimiento el estado de la probeta, comprobando que:

- Haya una correcta alineación y paralelismo de la superficie o caras de la probeta, que van a entrar en contacto con los platos de la prensa, y además, se encuentren limpias, lisas y libres de cualquier partícula externa.
- Presencia excesiva de huecos o coqueas, debido a una insuficiente compactación en el proceso de fabricación.
- Asegurarse de que la probeta está correctamente identificada, y corresponde con el tipo de hormigón y con la edad que le corresponde.
- La colocación incorrecta de la probeta en la máquina de ensayo, es decir, que la probeta no quede centrada en el plato inferior.

Y una vez que se inicia la rotura:

- Que el operario no espere tiempo suficiente entre el refrentado o pulido de la probeta y la realización de la rotura a compresión.
- Ensayar una probeta con una resistencia a compresión superior a la carga máxima de rotura definida en la máquina de ensayo.
- Que el operario no visualice una rotura no conforme dando el ensayo por válido.

La presencia de alguna de estas circunstancias provocaría alteraciones en los resultados y debería considerarse la invalidez de los mismos.

7. El Hormigón y las Condiciones Ambientales

Siempre que se vaya a realizar un vertido es conveniente conocer el pronóstico meteorológico para que el hormigonado no se vea afectado por las consecuencias de hormigonar en un tiempo demasiado frío o caluroso. En cualquiera de estos dos casos es la Dirección Facultativa la que debe autorizar el hormigonado en estas condiciones.

7.1. Hormigonado en Tiempo Frío

Está perfectamente definido en el Código Estructural en el *Art. 52.3.1*, en el que se recoge que la temperatura, en el momento de verter el hormigón en el molde, NO será inferior a 5°C. También prohíbe verter hormigón cuando la temperatura de los elementos sobre los que se vierte sea inferior a los 0°C.

El principal problema de hormigonar en tiempo frío es la presencia de agua, que es la que en mayor medida se ve afectada por las bajas temperaturas, pudiendo romper el material al helarse dentro de los poros de la masa de hormigón.

Por tanto, se debe garantizar que con las medidas adoptadas para ello se evita la pérdida de resistencia, y se deben realizar los ensayos de información necesarios para conocer la resistencia realmente alcanzada.

7.2. Hormigonado en Tiempo Caluroso

El Código Estructural lo recoge en su *Art. 52.3.2*, donde se indica que NO se debe realizar el hormigonado si la temperatura es superior a 40°C o hay viento excesivo ya que el tiempo caluroso perjudica la calidad del hormigón fresco y endurecido. Las propiedades del hormigón dependen en gran medida de las condiciones a las que está sometida en las primeras horas de su vida.

Las condiciones de tiempo caluroso pueden afectar negativamente al hormigón ya que cuando la temperatura es muy alta, el proceso de fraguado se inicia muy rápidamente, porque se produce una desecación acelerada de la mezcla, lo que puede llevar a pérdidas de resistencia, fisuración y un alto grado de retracción. Además, aumenta la dificultad de manejo del hormigón, especialmente en su terminación, afectando su aspecto superficial.

Para evitar estos fenómenos se deben tomar precauciones como las siguientes:

- Regar el acopio de áridos.
- Proteger con láminas de plástico.

- Regar la superficie o pavimento antes y después del vertido del hormigón.
- Evitar la pérdida de agua durante el transporte.

7.3. Hormigonado con Lluvia

Si la lluvia es de poca intensidad, se puede realizar el vertido pero tomando precauciones, como colocar una lona de plástico u otro material similar sobre (sin contacto) el hormigón. Las lluvias de poca intensidad solamente afectan al acabado superficial del hormigón y no altera su resistencia. En cambio, las lluvias de alta intensidad si comprometen a la mezcla, desplazando la arena y cemento.

Por tanto, en caso de lluvias intensas lo más recomendable es suspender el vertido del hormigón, y cubrir los elementos estructurales de hormigón que han sido vaciados, especialmente si estos no han fraguado.

El efecto de cualquier tipo de lluvia sobre elementos estructurales de hormigón que ya han fraguado es minúsculo, ya que se encuentran en las primeras etapas del estado endurecido, incluso, el agua precipitada puede contribuir a un mejor curado del hormigón en cuestión.

8. Durabilidad del Hormigón

Según la definición recogida en el Código Estructural en su Art. 11.1: “la durabilidad de una estructura es su capacidad para soportar, durante la vida útil para la que ha sido proyectada, las condiciones físicas y químicas a las que está expuesta, y que podrían llegar a provocar su degradación como consecuencia de efectos diferentes a las cargas y sollicitaciones consideradas en el análisis estructural”. Las estructuras deben soportar durante su construcción y su vida útil acciones mecánicas, físicas y químicas, así como las acciones del fuego, y cumplir unos mínimos de higiene, salud y protección del medio ambiente. En el momento del diseño del proyecto se tendrán en cuenta acciones agresivas del tipo:

- MECÁNICAS: Cargas, sobrecargas, vibraciones, rozamientos...
- FÍSICAS: Variaciones térmicas, heladas, humedad...
- QUÍMICAS: Aire, gases, aguas agresivas, disminución de compuestos hidratados del cemento, formación de sales solubles...
- BIOLÓGICAS: Vegetación, microorganismos...

En el momento de la fabricación del hormigón, será el contratista quien deba informar al fabricante de cuál será la clase de exposición a la que va a estar sometida la obra, y si se ha de trabajar con un tipo y cantidad de cemento específico, y ajustar la relación a/c más indicada las necesidades concretas, según las tablas recogidas en el Código Estructural:

Tabla 43.2.1.a Contenido mínimo de cemento y máxima relación agua/cemento

| Parámetro de dosificación | Tipo de hormigón | Clase de exposición | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|------------------|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | XO | XC1 | XC2 | XC3 | XC4 | XS1 | X32 | XS3 | XD1 | XD2 | XD3 | XF1 | XF2 | XF3 | XF4 | XA1 | XA2 | XA3 | XM1 | XM2 | XM3 |
| Máxima relación agua/cemento. | Masa | 0,60 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,55 | 0,50 | 0,55 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,45 | 0,50 | 0,50 | 0,50 |
| | Armado | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,55 | 0,55 | 0,50 | 0,50 | 0,45 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,55 | 0,50 | 0,55 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,45 | 0,50 | 0,50 | 0,50 |
| | Pretensado | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,55 | 0,55 | 0,45 | 0,45 | 0,45 | 0,45 | 0,45 | 0,45 | 0,45 | 0,50 | 0,45 | 0,50 | 0,50 | 0,45 | 0,45 | 0,50 | 0,50 | 0,50 |

| Parámetro de dosificación | Tipo de hormigón | Clase de exposición | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|------------------|---------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | XO | XC1 | XC2 | XC3 | XC4 | XS1 | X32 | XS3 | XD1 | XD2 | XD3 | XF1 | XF2 | XF3 | XF4 | XA1 | XA2 | XA3 | XM1 | XM2 | XM3 |
| Contenido mínimo de cemento (kg/m³). | Masa | 200 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 275 | 300 | 275 | 300 | 275 | 300 | 325 | 300 | 300 | 300 |
| | Armado | 250 | 275 | 275 | 300 | 300 | 300 | 325 | 350 | 325 | 325 | 325 | 300 | 325 | 300 | 325 | 325 | 350 | 350 | 325 | 325 | 325 |
| | Pretensado | 275 | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 | 325 | 350 | 325 | 325 | 325 | 300 | 325 | 300 | 325 | 325 | 350 | 350 | 325 | 325 | 325 |

Tabla 43.2.1.b Resistencia característica mínima esperada para el hormigón (*)

| Parámetro de dosificación | Tipo de hormigón | Clase de exposición | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|------------------|---------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | XO | XC1 | XC2 | XC3 | XC4 | XS1 | XS2 | XS3 | XD1 | XD2 | XD3 | XF1 | XF2 | XF3 | XF4 | XA1 | XA2 | XA3 | XM1 | XM2 | XM3 |
| Resistencia característica (N/mm²). | Masa | 20 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 35 | 30 | 30 | 30 |
| | Armado | 25 | 25 | 25 | 30 | 30 | 30 | 30 | 35 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 35 | 30 | 30 | 30 |
| | Pretensado | 25 | 25 | 25 | 30 | 30 | 30 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 35 | 35 | 30 | 30 | 30 |

(*) Resistencia característica mínima alcanzable para un hormigón fabricado con cemento de categoría resistente 32,5 R con un contenido mínimo de cemento y máxima relación agua/cemento, conformes a lo indicado en la tabla 43.2.1a.

Y en base a eso, el fabricante/suministrador elaborará una dosificación que cumpla lo máximo posible esas especificaciones, considerando que además de los límites especificados en los cuadros anteriores, hay que emplear áridos de buena calidad, buena forma, y con una granulometría adecuada que den lugar a una composición de máxima compacidad, y por tanto, de estructura cerrada, con un contenido de aire en volumen máximo de un 3- 4%.

8.1. Ensayo de penetración de agua

Según indica el Art. 57.5.7 del Código Estructural respecto a la comprobación de la conformidad de la durabilidad del hormigón durante el suministro, en los hormigones que no posean un distintivo de calidad oficialmente reconocido, se realizará el ensayo de penetración de agua en el hormigón, al inicio y posteriormente una vez cada seis meses a lo largo del suministro para cada tipo de dosificación, para los hormigones de ambientes XA, XS, XD, XF o XM. La comprobación de la profundidad de penetración de agua bajo presión en el hormigón se ensayará según UNE-EN 12390-8. El curado de las probetas se realizará en cámara a 20 ± 2 °C y humedad relativa ≥ 95 % y antes de iniciar el ensayo, se someterá a las probetas a un período de secado previo de 72 horas en una estufa de tiro forzado a una temperatura de 50 ± 5 °C.

Los resultados de los ensayos de profundidad de penetración de agua se ordenarán de acuerdo con el siguiente criterio:

- Las profundidades máximas de penetración: $Z_1 \leq Z_2 \leq Z_3$.
- Las profundidades medias de penetración: $T_1 \leq T_2 \leq T_3$.

El método de ensayo se fundamenta en la aplicación de agua a presión a la superficie del hormigón endurecido, para posteriormente dividir la probeta por rotura en dos mitades y medir la profundidad de penetración del frente de agua. El equipo debe estar preparado para que la presión de agua pueda actuar sobre la zona a ensayar, permitir una lectura continua de la presión aplicada y preferiblemente, permitir observar las otras caras de la probeta de ensayo.



Figura 16.- Ejemplo de equipo de penetración de agua.

Las probetas deben ser cúbicas, cilíndricas o prismáticas, con la dimensión mínima de la superficie de la probeta a ensayar no menor de 150 mm, y ninguna otra dimensión menor de 100 mm.

El Código Estructural, en su Art. 57.5.7 *Comprobación de la conformidad de la durabilidad del hormigón durante el suministro* indica las especificaciones para las profundidades máxima y media en el ensayo de penetración de agua.

Especificaciones del Código Estructural para la profundidad máxima y media (Durabilidad)

| Clase de exposición ambiental | Especificaciones profundidad máxima (mm) | Especificaciones profundidad media (mm) |
|---|--|--|
| XS3, XA3 XA2 (Solo en pretensados) | $Z_m = \frac{Z_1 + Z_2 + Z_3}{3} \leq 30$ $Z_3 \leq 40$ | $T_m = \frac{T_1 + T_2 + T_3}{3} \leq 20$ $T_3 \leq 27$ |
| XS1, XS2, XD1, XD2, XD3, XA1, XM1, XM2, XM3, XF3, XF1, XF2, XF4 XA2 (para elementos en masa o armados) | $Z_m = \frac{Z_1 + Z_2 + Z_3}{3} \leq 50$ $Z_3 \leq 65$ | $T_m = \frac{T_1 + T_2 + T_3}{3} \leq 30 \text{ mm}$ $T_3 \leq 40 \text{ mm}$ |
| X0, XC1, XC2, XC3, XC4 | No requiere | No requiere |

El procedimiento de ensayo se resume a continuación:

1. Después de desmoldar las probetas de ensayo, se debe desbastar las superficies de las caras que vayan a estar expuestas a la presión de agua mediante un cepillo de púas metálicas (caras no fratasadas).
2. Se curarán las probetas sumergidas en agua según la Norma *UNE-EN 12390-2*.
3. El ensayo comenzará cuando las probetas tengan al menos 28 días de edad.
4. Se colocarán en el equipo de ensayo y se aplicará agua a una presión de 500 ± 40 kPa durante 72 ± 2 horas, observando las superficies de las probetas no expuestas al agua a presión para identificar posibles fugas. En ese caso, se reconsiderará la validez del resultado y se registrará en el informe. El agua puede ser de la red pública.
5. Una vez terminado el periodo de presión de agua, se procede a retirar de la cara de ensayo el exceso de agua y se rompe la probeta en dos mitades perpendicularmente a la cara en la que se aplica la presión (ensayo brasileño), situando la cara expuesta en el fondo.
6. Se debe esperar unos segundos hasta que se pueda observar claramente la extensión del frente de penetración marcando la probeta con un rotulador indeleble u otro método que se considere apropiado.
7. PROFUNDIDAD DE PENETRACIÓN MÁXIMA: Una vez marcada la probeta, se procede a medir la profundidad máxima de penetración bajo la superficie de ensayo con pie de rey o regla graduada, redondeado al mm más próximo.

8. PROFUNDIDAD DE PENETRACIÓN MEDIA: El Anexo Nacional A de la citada norma, recoge la metodología para la determinación de la profundidad media de penetración de agua bajo presión. Define el frente de penetración como el lugar geométrico de los puntos hasta donde llega el agua al realizar el ensayo y la profundidad de penetración media como la profundidad resultante de efectuar el cociente entre el área encerrada por el frente de penetración y el diámetro o la arista de la probeta.

$$P_m = A_{pf} / d$$

El área encerrada por el frente de penetración se determina sobre la superficie de fractura que resulta al efectuar el ensayo de determinación de la profundidad máxima de penetración. Para el cálculo del área encerrada, se recomienda el siguiente método:

- Se pesa una hoja de papel (preferiblemente vegetal) en la balanza y se anota el resultado **M_p**.
- Se calcula el área del papel **A_p** como producto de las dimensiones de la hoja en mm.
- Se apoya la hoja de papel sobre la cara partida de la probeta se marca el frente de penetración.
- Se recorta el perímetro exterior siguiendo el dibujo marcado. Se recorta y se pesa en la balanza (**M_{pf}**).
- El área definida por el frente de penetración redondeado al mm² más próximo, será:

$$A_{pf} = (A_p \times M_{pf}) / M_p$$

El informe de ensayo deberá incluir:

- Referencia a la norma.
- Identificación de la probeta de ensayo.
- Fecha y hora de inicio del ensayo.
- Descripción de la probeta (forma y direcciones).
- Dirección de aplicación del agua a presión en relación a la dirección de hormigonado.
- Profundidad de penetración máxima en mm.
- Profundidad de penetración media en mm.
- Cualquier filtración y consideración sobre la validez de los resultados.
- Cualquier desviación respecto al método normalizado.

- Una declaración de la persona técnicamente responsable de la realización del ensayo de que este fue realizado de acuerdo a la norma.
- Antigüedad de la probeta en el momento del ensayo (si se conoce).

Podemos ver cómo se realiza la medición en las siguientes imágenes.



Figura 17.- Imágenes de ensayo para la profundidad máxima y media.

9. Conclusión

Después de todo lo visto en el presente Manual, podemos hacernos cargo de la trascendental importancia que tienen los procesos de *Control de la Calidad* en los hormigones, desde la elección de sus materiales hasta la fabricación de hormigón y la emisión de las Actas de Ensayo, realizadas por el laboratorio en base a los Ensayos Normativos expuestos, y lo relevante de que tales ensayos sean realizados cuidadosamente para no interferir en los resultados finales del análisis que se pretende realizar sobre el material Hormigón, tanto en estado Fresco como en estado Endurecido.

Con este Manual se pretende, a su vez, mejorar el *Control de Calidad* de forma colaborativa entre *Fabricantes de Hormigón* y *Laboratorios de Control*, haciendo que los frutos de dicha colaboración conduzcan a la reducción de serios conflictos en obra, ampliando los conocimientos de las Normas a aplicar por parte no sólo de personal de laboratorio sino de otros agentes involucrados en todo el proceso: Operadores de planta, Transportistas de hormigón, Jefes de Planta, Personal Técnico...

10. Anejos

SECCIÓN 1: Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa

1.1. Identificador del producto

Forma del producto: Mezcla
 Nombre comercial: Hormigón fresco fabricado en central

1.2. Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados

1.2.1. Usos pertinentes identificados

Categoría de uso principal: Uso profesional
 Uso de la sustancia/mezcla:

- Fabricación de elementos de construcción.
- Fabricación de elementos estructurales y tratamientos superficiales en obras y construcciones.

1.2.2. Usos desaconsejados

No se dispone de más información.

1.3. Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad

ANEFHOP
 Bretón de los Herreros, 43
 28003 Madrid - España
 T +34 91 441 66 34
juridico.anefhop@nauta.es - <http://www.anefhop.com/>

1.4. Teléfono de emergencia

Número de emergencia: +34 91 441 66 34
 Horario de oficina
 Solo incluir el teléfono del Servicio de Información Toxicológica si se ha realizado la notificación o se va a notificar al Instituto Nacional de Toxicología y Ciencias Forenses (INTCF).

| País | Organismo/Empresa | Dirección | Nº de emergencia | Comentario |
|--------|--|--|------------------|--|
| España | Servicio de Información Toxicológica Instituto Nacional de Toxicología y Ciencias Forenses, Departamento de Madrid | C/José Echegaray nº4 28232 Las Rozas de Madrid | +34 91 562 04 20 | (solo emergencias toxicológicas), Información en español (24h/365 días) |

SECCIÓN 2: Identificación de los peligros

2.1. Clasificación de la sustancia o de la mezcla

Clasificación según Reglamento (UE) n° 1272/2008 [CLP] Mezclas/Sustancias

Skin Irrit. 2 H315

Eye Dam. 1 H318

Texto completo de las categorías de clasificación y de las frases H: véase la Sección 16.

Efectos adversos fisicoquímicos, para la salud humana y el medio ambiente

Provoca irritación cutánea. Provoca lesiones oculares graves.

2.2. Elementos de la etiqueta

Etiquetado según el Reglamento (CE) n° 1272/2008 [CLP]

Pictogramas de peligro (CLP):



GHS05

Palabra de advertencia (CLP):

Peligro

Contiene:

Cemento, portland, productos químicos

Indicaciones de peligro (CLP):

H315 - Provoca irritación cutánea.

H318 - Provoca lesiones oculares graves.

Consejos de prudencia (CLP):

P102 - Mantener fuera del alcance de los niños.

P264 - Lavarse las manos, los antebrazos y la cara concienzudamente tras la manipulación.

P280 - Llevar guantes de protección, ropa de protección, equipo de protección para los ojos y la cara.

P302+P352 - EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL: Lavar con abundante agua y jabón.

P305+P351+P338 - EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuagar con agua cuidadosamente durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto cuando estén presentes y pueda hacerse con facilidad. Proseguir con el lavado.

P332+P313 - En caso de irritación cutánea: Consultar a un médico.

P501 - Eliminar el contenido/el recipiente en el punto de recogida de residuos adecuado de acuerdo con la legislación vigente sobre residuos..

Frases EUH:

EUH208 - Contiene Cemento, portland, productos químicos, Fosfato de triisobutilo, Octilina (ISO); 2-octil-2H-isotiazol-3-ona, Masa de reacción de 5-cloro-2-metil-2H-isotiazol-3-ona y 2-metil-2H-isotiazol-3-ona (3:1), 1,2-bencisotiazol-3(2H)-ona. Puede provocar una reacción alérgica.

2.3. Otros peligros

Otros peligros que no resultan en clasificación:

El hormigón en estado fresco presenta un pH elevado. Por ello, puede irritar la piel en caso de contacto prolongado, y lesiones en los ojos en caso de proyección. Este producto contiene cemento pobre en cromatos per se o por la reducción de su contenido del cromo (VI) soluble en agua por debajo de 2 mg/kg, de acuerdo a la legislación especificada en el apartado 15. La ingestión accidental de pequeñas cantidades rara vez puede provocar problemas.

Esta sustancia/mezcla no cumple los criterios PBT del anexo XIII del reglamento REACH.

Esta sustancia/mezcla no cumple los criterios mPmB del anexo XIII del reglamento REACH.

La mezcla no contiene sustancias incluidas en la lista establecida con arreglo al artículo 59, apartado 1, por sus propiedades de alteración endocrina, o sustancias que se hayan identificado con propiedades de alteración endocrina con arreglo a los criterios establecidos en el Reglamento Delegado (UE) 2017/2100 de la Comisión o en el Reglamento (UE) 2018/605 de la Comisión.

SECCIÓN 3: Composición/información sobre los componentes

3.1. Sustancias

No aplicable.

3.2. Mezclas

| Nombre | Identificador del producto | % | Clasificación según Reglamento (UE) n° 1272/2008 [CLP] |
|--|---|---------|--|
| Cemento, portland, productos químicos | N° CAS: 65997-15-1 N° CE: 266-043-4 | 15 – 20 | Skin Irrit. 2, H315 Eye Dam. 1, H318 Skin Sens. 1, H317 STOT SE 3, H335 |
| Nitrato cálcico | N° CAS: 10124-37-5 N° CE: 233-332-1 REACH-no: 01-2119495093-35 | ≤1 | Ox. Sol. 3, H272 Acute Tox. 4 (Oral), H302 Eye Dam. 1, H318 |
| Dihidróxido de calcio sustancia a la que se aplica un límite comunitario de exposición en el lugar de trabajo | N° CAS: 1305-62-0 N° CE: 215-137-3 | ≤0,5 | Skin Irrit. 2, H315 Eye Dam. 1, H318 STOT SE 3, H335 |
| Etanodiol; etilenglicol sustancia a la que se aplica un límite comunitario de exposición en el lugar de trabajo | N° CAS: 107-21-1 N° CE: 203-473-3 N° Índice: 603-027-00-1 REACH-no: 01-2119456816-28 | <0,03 | Acute Tox. 4 (Oral), H302 STOT RE 2, H373 |

| Nombre | Identificador del producto | % | Clasificación según Reglamento (UE) n° 1272/2008 [CLP] |
|---|--|--------|--|
| Fosfato de triisobutilo | N° CAS: 126-71-6 N° CE: 204-798-3 REACH-no: 01-2119957118-32 | ≤0,2 | Acute Tox. 3 (Inhalation:vapour), H331 Skin Sens. 1B, H317 Aquatic Chronic 3, H412 |
| Acido acético al ... % sustancia a la que se aplica un límite comunitario de exposición en el lugar de trabajo | N° CAS: 64-19-7 N° CE: 200-580-7 N° Índice: 607-002-00-6 | ≤0,1 | Flam. Liq. 3, H226 Skin Corr. 1A, H314 |
| Octilina (ISO); 2-octil-2H-isotiazol-3-ona | N° CAS: 26530-20-1 N° CE: 247-761-7 N° Índice: 613-112-00-5 | <0,1 | Acute Tox. 4 (Oral), H302 Acute Tox. 3 (Dermal), H311 Acute Tox. 3 (Inhalation), H331 Skin Corr. 1B, H314 Eye Dam. 1, H318 Skin Sens. 1, H317 Aquatic Acute 1, H400 Aquatic Chronic 1, H410 |
| Masa de reacción de 5-cloro-2-metil-2H-isotiazol-3-ona y 2-metil-2H-isotiazol-3-ona (3:1) | N° CAS: 55965-84-9 N° Índice: 613-167-00-5 | <0,1 | Acute Tox. 3 (Oral), H301 Acute Tox. 2 (Dermal), H310 Acute Tox. 2 (Inhalation), H330 Skin Corr. 1B, H314 Eye Dam. 1, H318 Skin Sens. 1, H317 Aquatic Acute 1, H400 Aquatic Chronic 1, H410 |
| 1,2-bencisotiazol-3(2H)-ona | N° CAS: 2634-33-5 N° CE: 220-120-9 N° Índice: 613-088-00-6 | <0,1 | Acute Tox. 4 (Oral), H302 Skin Irrit. 2, H315 Eye Dam. 1, H318 Skin Sens. 1, H317 Aquatic Acute 1, H400 |
| Óxido de etileno; oxirano sustancia a la que se aplica un límite comunitario de exposición en el lugar de trabajo | N° CAS: 75-21-8 N° CE: 200-849-9 N° Índice: 603-023-00-X | < 0,01 | Flam. Gas 1A, H220 Press. Gas Acute Tox. 4 (Oral), H302 Acute Tox. 3 (Inhalation), H331 Skin Irrit. 2, H315 Eye Irrit. 2, H319 Muta. 1B, H340 Carc. 1B, H350 STOT SE 3, H335 |

| Límites de concentración específicos | | |
|--------------------------------------|--|--|
| Nombre | Identificador del producto | Límites de concentración específicos |
| Acido acético al ... % | N° CAS: 64-19-7 N° CE: 200-580-7 N° Índice: 607-002-00-6 | (10 ≤C < 25) Eye Irrit. 2, H319 (10 ≤C < 25) Skin Irrit. 2, H315 (25 ≤C < 90) Skin Corr. 1B, H314 (90 ≤C < 100) Skin Corr. 1A, H314 |

| Límites de concentración específicos | | |
|---|---|---|
| Nombre | Identificador del producto | Límites de concentración específicos |
| Octilina (ISO); 2-octil-2H-isotiazol-3-ona | N° CAS: 26530-20-1 N° CE: 247-761-7 N° Índice: 613-112-00-5 | (0,05 ≤ C < 100) Skin Sens. 1, H317 |
| Masa de reacción de 5-cloro-2-metil-2H-isotiazol-3-ona y 2-metil-2H-isotiazol-3-ona (3:1) | N° CAS: 55965-84-9 N° Índice: 613-167-00-5 | (0,0015 ≤ C < 100) Skin Sens. 1, H317 (0,06 ≤ C < 0,6) Eye Irrit. 2, H319 (0,06 ≤ C < 0,6) Skin Irrit. 2, H315 (0,6 ≤ C < 100) Skin Corr. 1B, H314 |
| 1,2-bencisotiazol-3(2H)-ona | N° CAS: 2634-33-5 N° CE: 220-120-9 N° Índice: 613-088-00-6 | (0,05 ≤ C < 100) Skin Sens. 1, H317 |

Observaciones: Contenido en cromo hexavalente (Cr(VI)) < 2mg/kg
 Texto completo de las frases H y EUH: ver sección 16.

SECCIÓN 4: Primeros auxilios

4.1. Descripción de los primeros auxilios

| | |
|--|--|
| Medidas de primeros auxilios en caso de inhalación: | La manipulación del producto no requiere medidas de precaución especiales. |
| Medidas de primeros auxilios en caso de contacto con la piel: | Hormigón fresco: Enjuague inmediatamente con abundante agua. Despójese de la ropa y del calzado contaminados. Lávese la ropa antes de su reutilización. Solicite atención médica siempre que se produzca quemadura o irritación. |
| Medidas de primeros auxilios en caso de contacto con los ojos: | No frotarse los ojos, el contacto directo con el producto puede provocar daños en la córnea. En caso de irritación ocular: consultar a un médico. Aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando. |
| Medidas de primeros auxilios en caso de ingestión: | No provocar el vómito. Enjuagar la boca con abundante agua. Llamar a un centro de información toxicológica o a un médico en caso de malestar. |

4.2. Principales síntomas y efectos, agudos y retardados

| | |
|---|--------------|
| Síntomas/efectos después de inhalación: | No ocurrirá. |
|---|--------------|

Síntomas/efectos después de contacto con la piel:

El hormigón fresco puede tener un efecto irritante sobre la piel desnuda después de un contacto prolongado o puede causar dermatitis de contacto tras el contacto repetido sin protección adecuada. El contacto prolongado, sin la protección adecuada, con hormigón fresco puede provocar graves quemaduras ya que se desarrollan sin sentir dolor (por ejemplo, al arrodillarse en hormigón fresco, incluso llevando pantalón).

Síntomas/efectos después del contacto con el ojo:

El contacto directo con el hormigón fresco puede provocar lesiones graves, potencialmente irreversibles.

Síntomas/efectos después de ingestión:

La ingestión accidental de pequeñas cantidades rara vez puede provocar problemas.

4.3. Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente

Cuando se ponga en contacto con un médico lleve consigo esta ficha de seguridad.

SECCIÓN 5: Medidas de lucha contra incendios

5.1. Medios de extinción

Medios de extinción apropiados: Cualquier medio de extinción puede ser usado.
Medios de extinción no apropiados: No utilizar flujos de agua potentes.

5.2. Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla

Peligro de incendio: No inflamable.
Peligro de explosión: No explosivo. No facilita la combustión de otros materiales.
Productos de descomposición peligrosos en caso de incendio: A día de hoy no se han encontrado productos peligrosos.

5.3. Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios

Medidas de precaución contra incendios: El producto no es inflamable. No supone ningún peligro relacionado con los incendios.

SECCIÓN 6: Medidas en caso de vertido accidental

6.1. Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia

Medidas generales: Se ha de tener en cuenta que el hormigón tarda en fraguar entre 30 y 90 minutos.

6.1.1. Para el personal que no forma parte de los servicios de emergencia

Procedimientos de emergencia : Ventilar la zona de derrame. Evitar el contacto con los ojos y la piel.

6.1.2. Para el personal de emergencia

Equipo de protección : No intervenir sin equipo de protección adecuado. Para más información, ver sección 8: "Control de la exposición-protección individual".

6.2. Precauciones relativas al medio ambiente

Evitar su liberación al medio ambiente. Evitar todo contacto del producto con el agua (o el aire húmedo). Evitar que el producto llegue a las alcantarillas o aguas superficiales. Avisar a las autoridades si el producto llega a los desagües o las conducciones públicas de agua.

6.3. Métodos y material de contención y de limpieza

Procedimientos de limpieza: Se ha de tener en cuenta que el hormigón tarda en fraguar entre 30 y 90 minutos. Limpiar el derrame de hormigón utilizando métodos de succión o eliminación mecánica.

Otros datos: Eliminar los materiales o residuos sólidos en un centro autorizado.

6.4. Referencia a otras secciones

Para más información, ver secciones 8 y 13.

SECCIÓN 7: Manipulación y almacenamiento

7.1. Precauciones para una manipulación segura

Peligros adicionales durante el tratamiento: Se ha de tener en cuenta que el hormigón tarda en fraguar entre 30 y 90 minutos.

Precauciones para una manipulación segura: El puesto de trabajo ha de estar bien ventilado. Evitar el contacto con los ojos y la piel. Llevar un equipo de protección individual. Ver la Sección 8.2.2.

Medidas de higiene: Lavar las prendas contaminadas antes de volver a usarlas. No comer, beber ni fumar durante su utilización. Lavarse las manos después de cualquier manipulación.

7.2. Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades

Condiciones de almacenamiento: Manténgase lejos de los alimentos, bebidas y piensos. Almacenar en un lugar bien ventilado. Mantener en lugar fresco.

Materiales incompatibles: Ácidos, sales de amonio, aluminio u otros metales no nobles. Se debe evitar el uso incontrolado de polvo de aluminio con el hormigón húmedo, ya que al reaccionar libera hidrógeno.

7.3. Usos específicos finales

Véase la Sección 1.

SECCIÓN 8: Controles de exposición/protección individual

8.1. Parámetros de control

8.1.1. Valores límite nacionales de exposición profesional y biológicos

| Cemento, portland, productos químicos (65997-15-1) | |
|---|--|
| España - Valores límite de exposición profesional | |
| Nombre local | Cemento Portland |
| VLA-ED (OEL TWA) [1] | 4 mg/m ³ Fracción respirable |
| Notas | e (Este valor es para la materia particulada que no contenga amianto y menos de un 1% de sílice cristalina), d (Véase UNE EN 481: Atmósferas en los puestos de trabajo. Definición de las fracciones por el tamaño de las partículas para la medición de aerosoles). |
| Referencia reglamentaria | Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España 2019. INSHT |
| Dihidróxido de calcio (1305-62-0) | |
| UE - Valor límite de exposición profesional indicativo (IOEL) | |
| Nombre local | Calcium dihydroxide |
| IOEL TWA | 1 mg/m ³ Respirable fraction |
| IOEL STEL | 4 mg/m ³ (Respirable fraction) |
| Notas | SCOEL Recommendations (2008) |
| Referencia reglamentaria | COMMISSION DIRECTIVE (EU) 2017/164 |
| España - Valores límite de exposición profesional | |
| Nombre local | Hidróxido de calcio |
| VLA-ED (OEL TWA) [1] | 1 mg/m ³ Fracción respirable |
| VLA-EC (OEL STEL) | 4 mg/m ³ Fracción respirable |
| Notas | VLI (Agente químico para el que la U.E. estableció en su día un valor límite indicativo), d (Véase UNE EN 481: Atmósferas en los puestos de trabajo. Definición de las fracciones por el tamaño de las partículas para la medición de aerosoles). |
| Referencia reglamentaria | Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España 2019. INSHT |
| Etanodiol; etilenglicol (107-21-1) | |
| UE - Valor límite de exposición profesional indicativo (IOEL) | |
| Nombre local | Ethylene glycol |
| IOEL TWA | 52 mg/m ³ |
| IOEL TWA [ppm] | 20 ppm |
| IOEL STEL | 104 mg/m ³ |

| Etanodiol; etilenglicol (107-21-1) | |
|---|---|
| IOEL STEL [ppm] | 40 ppm |
| Notas | Skin |
| Referencia reglamentaria | COMMISSION DIRECTIVE 2000/39/EC |
| España - Valores límite de exposición profesional | |
| Nombre local | Etilenglicol |
| VLA-ED (OEL TWA) [1] | 52 mg/m ³ |
| VLA-ED (OEL TWA) [2] | 20 ppm |
| VLA-EC (OEL STEL) | 104 mg/m ³ |
| VLA-EC (OEL STEL) [ppm] | 40 ppm |
| Notas | Vía dérmica (Indica que, en las exposiciones a esta sustancia, la aportación por la vía cutánea puede resultar significativa para el contenido corporal total si no se adoptan medidas para prevenir la absorción. En estas situaciones, es aconsejable la utilización del control biológico para poder cuantificar la cantidad global absorbida del contaminante), VLI (Agente químico para el que la U.E. estableció en su día un valor límite indicativo). |
| Referencia reglamentaria | Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España 2019. INSHT |
| Óxido de etileno; oxirano (75-21-8) | |
| UE - Valor límite de exposición profesional indicativo (IOEL) | |
| Nombre local | Ethylene oxide |
| IOEL TWA | 1,8 mg/m ³ |
| IOEL TWA [ppm] | 1 ppm |
| Notas | Skin. Substantial contribution to the total body burden via dermal exposure possible. |
| Referencia reglamentaria | DIRECTIVE (EU) 2017/2398 |
| España - Valores límite de exposición profesional | |
| Nombre local | Óxido de etileno |
| VLA-ED (OEL TWA) [1] | 1,8 mg/m ³ |
| VLA-ED (OEL TWA) [2] | 1 ppm |

| Óxido de etileno; oxirano (75-21-8) | |
|--|---|
| Notas | C1B (Supuesto carcinógeno para el hombre), M1B (Sustancias de las que se considera que inducen mutaciones hereditarias en las células germinales humanas), r (Esta sustancia tiene establecidas restricciones a la fabricación, la comercialización o el uso en los términos especificados en el “Reglamento (CE) nº 1907/2006 sobre Registro, Evaluación, Autorización y Restricción de sustancias y preparados químicos” (REACH) de 18 de diciembre de 2006 (DOUE L 369 de 30 de diciembre de 2006). Las restricciones de una sustancia pueden aplicarse a todos los usos o sólo a usos concretos. El anexo XVII del Reglamento REACH contiene la lista de todas las sustancias restringidas y especifica los usos que se han restringido). |
| Referencia reglamentaria | Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España 2018. INSHT |

| Acido acético al ... % (64-19-7) | |
|--|------------------------------------|
| UE - Valor límite de exposición profesional indicativo (IOEL) | |
| Nombre local | Acetic acid |
| IOEL TWA | 25 mg/m ³ |
| IOEL TWA [ppm] | 10 ppm |
| IOEL STEL | 50 mg/m ³ |
| IOEL STEL [ppm] | 20 ppm |
| Notas | SCOEL Recommendations (2012) |
| Referencia reglamentaria | COMMISSION DIRECTIVE (EU) 2017/164 |

| España - Valores límite de exposición profesional | |
|--|---|
| Nombre local | Ácido acético |
| VLA-ED (OEL TWA) [1] | 25 mg/m ³ |
| VLA-ED (OEL TWA) [2] | 10 ppm |
| VLA-EC (OEL STEL) | 50 mg/m ³ |
| VLA-EC (OEL STEL) [ppm] | 20 ppm |
| Notas | VLI (Agente químico para el que la U.E. estableció en su día un valor límite indicativo). |
| Referencia reglamentaria | Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España 2019. INSHT |

| Valores límite de exposición de otros componentes | |
|--|-----------------------------|
| Nombre local | Silica crystalline (Quartz) |
| Notas | (Year of adoption 2003) |
| Referencia reglamentaria | SCOEL Recommendations |

| | |
|--------------------------|---|
| Nombre local | Sílice Cristalina: Cuarzo |
| VLA-ED (OEL TWA) [1] | 0,05 mg/m ³ Fracción respirable |
| Notas | n (En las industrias extractivas véase la Orden ITC 2585/2007, de 30 de agosto (BOE nº 315 de 7 de septiembre de 2007), por la que se aprueba la Instrucción Técnica Complementaria 2.0.02 del Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera), d (Véase UNE EN 481: Atmósferas en los puestos de trabajo. Definición de las fracciones por el tamaño de las partículas para la medición de aerosoles), y (Reclasificado, por la International Agency for Research on Cancer (IARC) de grupo 2A (probablemente carcinogénico en humanos) a grupo 1 (carcinogénico en humanos)). |
| Referencia reglamentaria | Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España 2019. INSHT |

8.1.2. Métodos de seguimiento recomendados

No se dispone de más información.

8.1.3. Contaminantes del aire formados

No se dispone de más información.

8.1.4. DNEL y PNEC

| Nitrato cálcico (10124-37-5) | |
|--|------------------------------------|
| DNEL/DMEL (Trabajadores) | |
| A largo plazo - efectos sistémicos, cutáneos | 13,9 mg/kg de peso corporal/día |
| A largo plazo - efectos sistémicos, inhalación | 24,5 mg/m ³ |
| DNEL/DMEL (Población en general) | |
| A largo plazo - efectos sistémicos, oral | 8,33 mg/kg de peso corporal/día |
| A largo plazo - efectos sistémicos, inhalación | 29 mg/m ³ |
| A largo plazo - efectos sistémicos, cutáneos | 8,33 mg/kg de peso corporal/día |
| PNEC (Agua) | |
| PNEC aqua (agua dulce) | 0,45 mg/l |
| PNEC aqua (agua de mar) | 0,045 mg/l |
| PNEC aqua (intermitente, agua dulce) | 4,5 |
| PNEC (STP) | |
| PNEC estación depuradora | 18 mg/l |
| Ácidos sulfónicos, C14-16-hidroxicanos y C14-16-alquenos, sales de sodio (68439-57-6) | |
| DNEL/DMEL (Trabajadores) | |
| A largo plazo - efectos sistémicos, cutáneos | 2158,33 mg/kg de peso corporal/día |
| A largo plazo - efectos sistémicos, inhalación | 152,22 mg/m ³ |

| Ácidos sulfónicos, C14-16-hidroxicarbanos y C14-16-alquenos, sales de sodio (68439-57-6) | |
|---|----------------------------------|
| DNEL/DMEL (Población en general) | |
| A largo plazo - efectos sistémicos, oral | 12,95 mg/kg de peso corporal/día |
| A largo plazo - efectos sistémicos, inhalación | 45,04 mg/m ³ |
| A largo plazo - efectos sistémicos, cutáneos | 1295 mg/kg de peso corporal/día |
| PNEC (Agua) | |
| PNEC aqua (agua dulce) | 0,042 |
| PNEC aqua (agua de mar) | 0,0042 |
| PNEC aqua (intermitente, agua dulce) | 2,025 |
| PNEC aqua (intermitente, agua de mar) | 0,2025 mg/l |
| 1,1',1-nitritotripropan-2-ol" (122-20-3) | |
| DNEL/DMEL (Trabajadores) | |
| A largo plazo - efectos sistémicos, cutáneos | 50 mg/kg de peso corporal/día |
| A largo plazo - efectos sistémicos, inhalación | 86 mg/m ³ |
| DNEL/DMEL (Población en general) | |
| A largo plazo - efectos sistémicos, oral | 9,7 mg/kg de peso corporal/día |
| A largo plazo - efectos sistémicos, inhalación | 21 mg/m ³ |
| A largo plazo - efectos sistémicos, cutáneos | 25 mg/kg de peso corporal/día |
| PNEC (Agua) | |
| PNEC aqua (agua dulce) | 0,71 mg/l |
| PNEC aqua (agua de mar) | 0,071 mg/l |
| PNEC (Sedimentos) | |
| PNEC sedimentos (agua dulce) | 7,88 mg/kg |
| PNEC sedimentos (agua de mar) | 0,788 mg/kg |
| Etanodiol; etilenglicol (107-21-1) | |
| DNEL/DMEL (Trabajadores) | |
| A largo plazo - efectos sistémicos, cutáneos | 106 mg/kg de peso corporal/día |
| A largo plazo - efectos locales, inhalación | 35 mg/m ³ |
| DNEL/DMEL (Población en general) | |
| A largo plazo - efectos sistémicos, cutáneos | 53 mg/kg de peso corporal/día |
| A largo plazo - efectos locales, inhalación | 7 mg/m ³ |
| PNEC (Agua) | |
| PNEC aqua (agua dulce) | 10 mg/l |
| PNEC aqua (agua de mar) | 1 mg/l |

| Etanodiol; etilenglicol (107-21-1) | |
|---|----------------------------|
| PNEC (Sedimentos) | |
| PNEC sedimentos (agua dulce) | 20,9 mg/kg de peso en seco |
| PNEC (STP) | |
| PNEC estación depuradora | 20,9 mg/l |
| Hidróxido de sodio; sosa cáustica (1310-73-2) | |
| DNEL/DMEL (Trabajadores) | |
| A largo plazo - efectos locales, inhalación | 1 mg/m ³ |
| DNEL/DMEL (Población en general) | |
| A largo plazo - efectos locales, inhalación | 1 mg/m ³ |

8.1.5. Bandas de control

No se dispone de más información.

8.2. Controles de la exposición

8.2.1. Controles técnicos apropiados

Controles técnicos apropiados:

No manipular con las manos desnudas. Durante el trabajo, siempre que sea posible, evitar arrodillarse en hormigón o mortero fresco. Si para realizar el trabajo es absolutamente necesario ponerse de rodillas, entonces es obligatorio el uso de equipos de protección individual impermeables (rodilleras impermeables). El puesto de trabajo ha de estar bien ventilado.

8.2.2. Equipos de protección personal

Equipo de protección individual:

Evítese la exposición innecesaria.

Símbolo/s del equipo de protección personal:



8.2.2.1. Protección de los ojos y la cara

Protección ocular:

Llevar gafas de protección para eliminar el riesgo de proyección de la pasta sobre los ojos. Estándar EN 166 - Protección personal de los ojos. Gafas bien ajustadas.

8.2.2.2. Protección de la piel

Protección de la piel y del cuerpo:

En caso de prever contacto directo con la pasta, será necesario ir equipado con ropa y calzado de seguridad e impermeable.

Protección de las manos:

Utilizar guantes impermeables, resistentes a la abrasión y a los álcalis, con forro interior de algodón, para su uso en el manejo de la pasta. Standard EN 374- guantes que protegen contra productos químicos. Estándar EN 388 - Guantes de protección contra riesgos mecánicos.

8.2.2.3. Protección de las vías respiratorias

Protección de las vías respiratorias:

En el caso de hormigón fraguado, si se genera polvo usar una mascarilla tipo P.

8.2.2.4. Peligros térmicos

No se dispone de más información.

8.2.3. Control de la exposición ambiental

Control de la exposición ambiental:

Evitar su liberación al medio ambiente.

SECCIÓN 9: Propiedades físicas y químicas

9.1. Información sobre propiedades físicas y químicas básicas

| | |
|---|--|
| Forma/estado: | Líquido. |
| Color: | Gris. |
| Apariencia: | Pastoso en estado fresco. Sólido después del fraguado. |
| Olor: | Indeterminado. Sólo perceptible en estado fresco. |
| Umbral olfativo: | No disponible. |
| Punto de fusión: | No aplicable. |
| Punto de solidificación: | No disponible. |
| Punto de ebullición: | No aplicable. |
| Inflamabilidad: | No aplicable. |
| Propiedades explosivas: | No aplicable. |
| Propiedades comburentes: | No aplicable. |
| Límites de explosión: | No disponible. |
| Límite inferior de explosividad (LIE): | No disponible. |
| Límite superior de explosividad (LSE): | No disponible. |
| Punto de inflamación: | No disponible. |
| Temperatura de autoignición: | No disponible. |
| Temperatura de descomposición: | No disponible. |
| pH: | > 10 |
| Viscosidad, cinemática: | No disponible. |
| Solubilidad: | Prácticamente insoluble en agua (puede disgregarse). |
| Coefficiente de partición n-octanol/agua (Log Kow): | No disponible. |
| Presión de vapor a 20°C: | No disponible. |
| Presión de vapor a 50°C: | No disponible. |
| Densidad: | 2300 – 2500 kg/m ³ (Para hormigones convencionales entre 20 y 40 MPa) |
| Densidad relativa: | No disponible. |
| Densidad de vapor: | No disponible. |
| Tamaño de las partículas: | No aplicable. |
| Distribución del tamaño de las partículas: | No aplicable. |
| Forma de las partículas: | No aplicable. |

| | |
|--|---------------|
| Relación de aspecto de las partículas: | No aplicable. |
| Estado de agregación de las partículas: | No aplicable. |
| Estado de aglomeración de las partículas: | No aplicable. |
| Área de superficie específica de las partículas: | No aplicable. |
| Generación de polvo de las partículas: | No aplicable. |

9.2. Otros datos

9.2.1. Información relativa a las clases de peligro físico

No se dispone de más información.

9.2.2. Otras características de seguridad

No se dispone de más información.

SECCIÓN 10: Estabilidad y reactividad

10.1. Reactividad

Durante el fraguado se produce un aumento de temperatura. El producto, una vez fraguado, es un material estable que no presenta ningún riesgo.

10.2. Estabilidad química

Mientras el hormigón se mantiene en estado fresco se debe evitar que entre en contacto con materiales incompatibles.

10.3. Posibilidad de reacciones peligrosas

El hormigón no provoca reacciones peligrosas.

10.4. Condiciones que deben evitarse

Ninguna en las condiciones de almacenamiento y de manipulación recomendadas (véase la sección 7).

10.5. Materiales incompatibles

Ácidos, sales de amonio, aluminio u otros metales no nobles. Se debe evitar el uso incontrolado de polvo de aluminio con el hormigón húmedo, ya que al reaccionar libera hidrógeno.

10.6. Productos de descomposición peligrosos

El hormigón no se descompone en productos peligrosos.

SECCIÓN 11: Información toxicológica

11.1. Información sobre las clases de peligro definidas en el Reglamento (CE) n.º 1272/2008

| | |
|-------------------------------|-----------------|
| Toxicidad aguda (oral): | No clasificado. |
| Toxicidad aguda (cutánea): | No clasificado. |
| Toxicidad aguda (inhalación): | No clasificado. |

Nitrato cálcico (10124-37-5)

| | |
|----------------|---|
| DL50 oral rata | 300 – 2000 mg/kg de peso corporal (método OCDE 423) |
|----------------|---|

| Nitrato cálcico (10124-37-5) | |
|---|--------------------------------|
| DL50 cutánea rata | > 2000 mg/kg (método OCDE 402) |
| Dihidróxido de calcio (1305-62-0) | |
| DL50 oral rata | 7340 mg/kg de peso corporal |
| Fosfato de triisobutilo (126-71-6) | |
| DL50 oral rata | > 5000 mg/kg de peso corporal |
| DL50 cutánea rata | > 5000 mg/kg |
| CL50 Inhalación - Rata | > 5,14 mg/l/4h |
| Etanodiol; etilenglicol (107-21-1) | |
| DL50 oral rata | 7712 mg/kg |
| Octilina (ISO); 2-octil-2H-isotiazol-3-ona (26530-20-1) | |
| DL50 oral rata | 500 mg/kg de peso corporal |
| DL50 cutánea rata | 300 mg/kg |
| CL50 Inhalación - Rata (Polvo/niebla) | 1,25 mg/l/4h |
| Masa de reacción de 5-cloro-2-metil-2H-isotiazol-3-ona y 2-metil-2H-isotiazol-3-ona (3:1) (55965-84-9) | |
| DL50 oral rata | 100 mg/kg de peso corporal |
| DL50 cutánea rata | 300 mg/kg |

| | |
|---|---|
| Corrosión o irritación cutáneas: | Provoca irritación cutánea. pH: > 10 |
| Lesiones oculares graves o irritación ocular: | Provoca lesiones oculares graves. pH: > 10 |
| Sensibilización respiratoria o cutánea: | No clasificado. |
| Mutagenicidad en células germinales: | No clasificado. |
| Carcinogenicidad: | No clasificado. |
| Toxicidad para la reproducción: | No clasificado |
| Toxicidad específica en determinados órganos (STOT) – exposición única: | No clasificado (Hormigón fresco: no es peligro para las vías respiratorias. Una vez fraguado la manipulación del hormigón puede generar polvo. El polvo de hormigón puede provocar irritación de la garganta y el tracto respiratorio.) |

| Cemento, portland, productos químicos (65997-15-1) | |
|--|---------------------------------------|
| Toxicidad específica en determinados órganos (STOT) – exposición única | Puede irritar las vías respiratorias. |
| Dihidróxido de calcio (1305-62-0) | |
| Toxicidad específica en determinados órganos (STOT) – exposición única | Puede irritar las vías respiratorias. |

Óxido de etileno; oxirano (75-21-8)

| | |
|--|---------------------------------------|
| Toxicidad específica en determinados órganos (STOT) – exposición única | Puede irritar las vías respiratorias. |
|--|---------------------------------------|

Toxicidad específica en determinados órganos (STOT) – exposición repetida: No clasificado.

Nitrato cálcico (10124-37-5)

| | |
|-------------------|--|
| NOAEL, oral, rata | ≥ 1000 mg/kg peso corporal/día (método OCDE 407) |
|-------------------|--|

Etanodiol; etilenglicol (107-21-1)

| | |
|---|--|
| Toxicidad específica en determinados órganos (STOT) – exposición repetida | Puede provocar daños en los órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas. |
|---|--|

Peligro por aspiración: No clasificado.

11.2. Información sobre otros peligros

No se dispone de más información.

SECCIÓN 12: Información ecológica

12.1. Toxicidad

Ecología – general: En caso de derrame accidental de grandes cantidades de producto en el agua se puede producir una débil subida de su pH, que bajo ciertas circunstancias podría representar cierta toxicidad para la vida acuática.

Peligro a corto plazo (agudo) para el medio ambiente acuático: No clasificado.

Peligro a largo plazo (crónico) para el medio ambiente acuático: No clasificado.

Nitrato cálcico (10124-37-5)

| | |
|-----------------------|-----------------------|
| CL50 - Peces [1] | 1378 mg/l (96 h) |
| CE50 - Crustáceos [1] | 490 mg/l (48 h) |
| CEr50 algas | > 1700 mg/l (10 días) |
| EC10, microorganismos | 180 mg/l (180 min) |
| EC50, microorganismos | > 1000 mg/l (180 min) |

Fosfato de triisobutilo (126-71-6)

| | |
|------------------|---------|
| CL50 - Peces [1] | 23 mg/l |
|------------------|---------|

Etanodiol; etilenglicol (107-21-1)

| | |
|---------------------------------------|--------------------------------|
| CL50 - Peces [1] | 72860 mg/kg |
| CE50 - Crustáceos [1] | > 100 mg/l |
| CE50 - Otros organismos acuáticos [1] | 6500 – 13000 plantas acuáticas |

12.2. Persistencia y degradabilidad

Hormigón fresco fabricado en central

| | |
|-------------------------------|---|
| Persistencia y degradabilidad | No relevante. El producto, una vez fraguado, es un material estable que no presenta ningún riesgo de toxicidad. |
|-------------------------------|---|

12.3. Potencial de bioacumulación

Hormigón fresco fabricado en central

| | |
|-----------------------------|---|
| Potencial de bioacumulación | No relevante. El producto, una vez fraguado, es un material estable que no presenta ningún riesgo de toxicidad. |
|-----------------------------|---|

Octilina (ISO); 2-octil-2H-isotiazol-3-ona (26530-20-1)

| | |
|--|------|
| Coefficiente de partición n-octanol/agua (Log Pow) | 2,45 |
|--|------|

12.4. Movilidad en el suelo

Hormigón fresco fabricado en central

| | |
|------------------|---|
| Ecología - suelo | El producto, una vez fraguado, es un material estable que no presenta ningún riesgo de toxicidad. |
|------------------|---|

12.5. Resultados de la valoración PBT y mPmB

Hormigón fresco fabricado en central

Esta sustancia/mezcla no cumple los criterios PBT del anexo XIII del reglamento REACH

Esta sustancia/mezcla no cumple los criterios mPmB del anexo XIII del reglamento REACH

12.6. Propiedades de alteración endocrina

No se dispone de más información.

12.7. Otros efectos adversos

Otros efectos adversos: En condiciones normales ninguno.

SECCIÓN 13: Consideraciones relativas a la eliminación

13.1. Métodos para el tratamiento de residuos

Métodos para el tratamiento de residuos:

En estado fresco: Succión o eliminación mecánica. Alternativamente, dejar fraguar, evitar su vertido en redes de alcantarillado, sistemas de drenaje o aguas superficiales y eliminar como hormigón endurecido. Endurecido: Tratar como residuo inerte. Eliminar de acuerdo a la legislación local. Evitar su vertido en redes de alcantarillado. Eliminar el producto fraguado como residuo de hormigón. El hormigón no es peligroso.

Recomendaciones para la eliminación de productos/envases:
Ecología – residuos:

Eliminación o vertido de acuerdo a la legislación local/nacional.
Evitar su liberación al medio ambiente.

SECCIÓN 14: Información relativa al transporte

En conformidad con ADR / IMDG / IATA / ADN / RID /

| ADR | IMDG | IATA | ADN | RID |
|---|--------------|--------------|--------------|--------------|
| <u>14.1. Número ONU o número ID</u> | | | | |
| No aplicable | No aplicable | No aplicable | No aplicable | No aplicable |
| <u>14.2. Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas</u> | | | | |
| No aplicable | No aplicable | No aplicable | No aplicable | No aplicable |
| <u>14.3. Clase(s) de peligro para el transporte</u> | | | | |
| No aplicable | No aplicable | No aplicable | No aplicable | No aplicable |
| <u>14.4. Grupo de embalaje</u> | | | | |
| No aplicable | No aplicable | No aplicable | No aplicable | No aplicable |
| <u>14.5. Peligros para el medio ambiente</u> | | | | |
| No aplicable | No aplicable | No aplicable | No aplicable | No aplicable |
| No se dispone de información adicional | | | | |

14.1. Precauciones particulares para los usuarios

Transporte por vía terrestre

No aplicable.

Transporte marítimo

No aplicable.

Transporte aéreo

No aplicable.

Transporte por vía fluvial

No aplicable.

Transporte por ferrocarril

No aplicable.

14.2. Transporte marítimo a granel con arreglo a los instrumentos de la OMI

No aplicable.

SECCIÓN 15: Información reglamentaria

15.1. Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específicas para la sustancia o la mezcla

15.1.1. Normativa de la UE

| Lista de restricciones de la UE (Anexo XVII del reglamento REACH) | | |
|---|--|--|
| Código de referencia | Aplicable en | Título o descripción de la entrada |
| 28. | Óxido de etileno; oxirano | Sustancias clasificadas como carcinógenos de categoría 1A o 1B en la parte 3 del anexo VI del Reglamento (CE) n° 1272/2008 y enumeradas en el apéndice 1 o el apéndice 2, respectivamente. |
| 29. | Óxido de etileno; oxirano | Sustancias clasificadas como mutágenos de células germinales de categoría 1A o 1B en la parte 3 del anexo VI del Reglamento (CE) n° 1272/2008 y enumeradas en el apéndice 3 o el apéndice 4, respectivamente. |
| 3(a) | Acido acético al ... % | Sustancias o mezclas que reúnan los criterios de cualquiera de las siguientes clases o categorías de peligro establecidas en el anexo I del Reglamento (CE) n° 1272/2008: Clases de peligro 2.1 a 2.4, 2.6 y 2.7, 2.8 tipos A y B, 2.9, 2.10, 2.12, 2.13 categorías 1 y 2, 2.14 categorías 1 y 2, 2.15 tipos A a F. |
| 3(b) | Hormigón fresco fabricado en central ; Acido acético al ... % ; Etanodiol; etilenglicol ; Fosfato de triisobutilo ; Masa de reacción de 5-cloro-2-metil-2H-isotiazol-3-ona y 2-metil-2H-isotiazol-3-ona (3:1) ; Octilina (ISO); 2-octil-2H-isotiazol-3-ona | Sustancias o mezclas que reúnan los criterios de cualquiera de las siguientes clases o categorías de peligro establecidas en el anexo I del Reglamento (CE) n° 1272/2008: Clases de peligro 3.1 a 3.6, 3.7 efectos adversos sobre la función sexual y la fertilidad o sobre el desarrollo, 3.8 efectos distintos de los narcóticos, 3.9 y 3.10. |
| 3(c) | Fosfato de triisobutilo ; Masa de reacción de 5-cloro-2-metil-2H-isotiazol-3-ona y 2-metil-2H-isotiazol-3-ona (3:1) ; Octilina (ISO); 2-octil-2H-isotiazol-3-ona | Sustancias o mezclas que reúnan los criterios de cualquiera de las siguientes clases o categorías de peligro establecidas en el anexo I del Reglamento (CE) n° 1272/2008: Clase de peligro 4.1. |
| 40. | Acido acético al ... % ; Óxido de etileno; oxirano | Las sustancias clasificadas como gases inflamables de categorías 1 o 2, líquidos inflamables de categorías 1, 2 o 3, sólidos inflamables de categorías 1 ó 2, las sustancias y mezclas que en contacto con el agua desprenden gases inflamables, de categorías 1, 2 o 3, los líquidos pirofóricos de categoría 1 o los sólidos pirofóricos de categoría 1, independientemente de que figuren o no en la parte 3 del anexo VI del Reglamento (CE) n° 1272/2008. |

Lista de restricciones de la UE (Anexo XVII del reglamento REACH)

| Código de referencia | Aplicable en | Título o descripción de la entrada |
|----------------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| 47. | Hormigón fresco fabricado en central | Compuestos de cromo (VI). |

No contiene ninguna sustancia incluida en la lista de sustancias candidatas de REACH $\geq 0,1\%$ / SCL. No contiene ninguna sustancia del Anexo XIV de REACH en una concentración \geq a los valores límite del Anexo XIV.

No contiene ninguna sustancia sujeta al Reglamento (UE) n° 649/2012 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 4 de julio de 2012, relativo a la exportación e importación de productos químicos peligrosos.

No contiene ninguna sustancia sujeta al Reglamento (UE) n° 2019/1021 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 20 de junio de 2019, sobre contaminantes orgánicos persistentes.

15.1.2. Normativas nacionales

Información conforme al artículo 41 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales: En cumplimiento del artículo 41 de la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales, "Obligaciones de fabricantes, importadores y suministradores", se informa que el producto puede contener trazas o impurezas de sílice cristalina (fracción fina), así como trazas (impurezas) de cromo hexavalente y níquel. Los posibles contenidos de estas sustancias son inferiores a los requisitos para la clasificación de este producto, de acuerdo con el Reglamento (CE) no 1272/2008 y para la información necesaria de la sección 3 de esta Ficha de Datos de Seguridad, de acuerdo con el Reglamento (CE) no 1907/2006. Los trabajos que supongan exposición al polvo respirable de sílice cristalina generado en un proceso de trabajo, así como las sustancias cromo hexavalente y níquel, están recogidos en distintos apartados de la Directiva 2004/37/CE, modificada por la Directiva (UE) 2017/2398, y consecuentemente, quedarán recogidos en el Real Decreto 665/1997. Por tal motivo, en su caso, deberán adoptarse las oportunas medidas preventivas.

15.2. Evaluación de la seguridad química

Se ha llevado a cabo una Evaluación de la Seguridad Química.

Se ha llevado a cabo la Evaluación de la Seguridad Química de las siguientes sustancias en esta mezcla:

Etanodiol; etilenglicol

Fosfato de triisobutilo

Nitrato cálcico

SECCIÓN 16: Otra información

| Indicación de modificaciones | | | |
|------------------------------|--|--------------|---------------|
| Sección | Ítem modificado | Modificación | Observaciones |
| 2.1 | Clasificación según Reglamento (UE) n° 1272/2008 [CLP] | Eliminado | H317 |
| 2.2 | Etiquetado CLP | Modificado | |
| 2.3 | Otros peligros que no conllevan clasificación | Modificado | |

| Indicación de modificaciones | | | |
|------------------------------|--|--------------|---------------|
| Sección | Ítem modificado | Modificación | Observaciones |
| 3.2 | Nombre de la sustancia | Modificado | |
| 8.1 | Límite(s) de exposición | Modificado | |
| 11 | | Modificado | |
| 15 | Información adicional, normativa sobre restricciones y prohibiciones | Modificado | |
| 16 | Fuentes de los datos | Modificado | |

| Abreviaturas y acrónimos | |
|--------------------------|---|
| ADR | Acuerdo europeo relativo al transporte internacional de mercancías peligrosas por carretera. |
| ADN | Acuerdo europeo relativo al transporte internacional de mercancías peligrosas por vías navegables interiores. |
| IATA | Asociación Internacional de Transporte Aéreo. |
| IMDG | Código Marítimo Internacional de Mercancías Peligrosas. |
| mPmB | Muy persistente y muy bioacumulable. |
| PBT | Sustancia persistente, bioacumulativa y tóxica. |
| RID | Reglamento relativo al transporte internacional de mercancías peligrosas por ferrocarril. |

Fuentes de los datos:

REGLAMENTO (CE) N° 1272/2008 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO, de 16 de diciembre de 2008, sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas, y por el que se modifican y derogan las Directivas 67/548/CEE y 1999/45/CE y se modifica el Reglamento (CE) n° 1907/2006. Formato FDS UE con arreglo al Reglamento (UE) 2020/878 de la Comisión.

Consejos de formación:

Como complemento a los programas de formación para los trabajadores en materia de medio ambiente y seguridad y salud, las empresas se deben asegurar de que los trabajadores leen, entienden y aplican los requisitos de esta ficha de datos de seguridad (FDS).

| Texto completo de las frases H y EUH | |
|--------------------------------------|---|
| Acute Tox. 2 (Dermal) | Toxicidad aguda (cutánea), categoría 2 |
| Acute Tox. 2 (Inhalation) | Toxicidad aguda (por inhalación), categoría 2 |
| Acute Tox. 3 (Dermal) | Toxicidad aguda (cutánea), categoría 3 |
| Acute Tox. 3 (Inhalation) | Toxicidad aguda (por inhalación), categoría 3 |
| Acute Tox. 3 (Inhalation:vapour) | Toxicidad aguda (inhalación: vapor) Categoría 3 |

| Texto completo de las frases H y EUH | |
|--------------------------------------|--|
| Acute Tox. 3 (Oral) | Toxicidad aguda (oral), categoría 3 |
| Acute Tox. 4 (Oral) | Toxicidad aguda (oral), categoría 4 |
| Aquatic Acute 1 | Peligroso para el medio ambiente acuático — Peligro agudo, categoría 1 |
| Aquatic Chronic 1 | Peligroso para el medio ambiente acuático — Peligro crónico, categoría 1 |
| Aquatic Chronic 3 | Peligroso para el medio ambiente acuático — Peligro crónico, categoría 3 |
| Carc. 1B | Carcinogenicidad, categoría 1B |
| Eye Dam. 1 | Lesiones oculares graves o irritación ocular, categoría 1 |
| Eye Irrit. 2 | Lesiones oculares graves o irritación ocular, categoría 2 |
| Flam. Gas 1A | Gases inflamables, categoría 1A |
| Flam. Liq. 3 | Líquidos inflamables, categoría 3 |
| Muta. 1B | Mutagenicidad en células germinales, categoría 1B |
| Ox. Sol. 3 | Sólidos comburentes, categoría 3 |
| Press. Gas | Gas a presión |
| Skin Corr. 1A | Irritación o corrosión cutáneas, categoría 1, subcategoría 1A |
| Skin Corr. 1B | Irritación o corrosión cutáneas, categoría 1, subcategoría 1B |
| Skin Irrit. 2 | Irritación o corrosión cutáneas, categoría 2 |
| Skin Sens. 1 | Sensibilización cutánea, categoría 1 |
| Skin Sens. 1B | Sensibilización cutánea, categoría 1B |
| STOT RE 2 | Toxicidad específica en determinados órganos — Exposiciones repetidas, categoría 2 |
| STOT SE 3 | Toxicidad específica en determinados órganos — Exposición única, categoría 3, irritación de las vías respiratorias |
| H220 | Gas extremadamente inflamable. |
| H226 | Líquidos y vapores inflamables. |
| H272 | Puede agravar un incendio; comburente. |
| H301 | Tóxico en caso de ingestión. |
| H302 | Nocivo en caso de ingestión. |
| H310 | Mortal en contacto con la piel. |
| H311 | Tóxico en contacto con la piel. |
| H314 | Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves. |
| H315 | Provoca irritación cutánea. |
| H317 | Puede provocar una reacción alérgica en la piel. |
| H318 | Provoca lesiones oculares graves. |
| H319 | Provoca irritación ocular grave. |

| Texto completo de las frases H y EUH | |
|--------------------------------------|---|
| H330 | Mortal en caso de inhalación. |
| H331 | Tóxico en caso de inhalación. |
| H335 | Puede irritar las vías respiratorias. |
| H340 | Puede provocar defectos genéticos. |
| H350 | Puede provocar cáncer. |
| H373 | Puede provocar daños en los órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas. |
| H400 | Muy tóxico para los organismos acuáticos. |
| H410 | Muy tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos. |
| H412 | Nocivo para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos. |
| EUH208 | Contiene Cemento, portland, productos químicos, Fosfato de trisobutilo, Octilina (ISO); 2-octil-2H-isotiazol-3-ona, Masa de reacción de 5-cloro-2-metil-2H-isotiazol-3-ona y 2-metil-2H-isotiazol-3-ona (3:1), 1,2-bencisotiazol-3(2H)-ona. Puede provocar una reacción alérgica. |

| La clasificación y el procedimiento utilizado para deducir la clasificación de las mezclas de acuerdo con el Reglamento (CE) 1272/2008 [CLP] | | |
|--|------|-------------------|
| Skin Irrit. 2 | H315 | Método de cálculo |
| Eye Dam. 1 | H318 | Método de cálculo |

Ficha de datos de seguridad (FDS), UE

Esta información se basa en nuestro conocimiento actual y tiene como finalidad describir el producto para la tutela de la salud, seguridad y medio ambiente. Por lo tanto, no debe ser interpretada como garantía de ninguna característica específica del producto.