**NORMA CUBANA NC**

**120: 2014**

**HORMIGON HIDRÁULICO — ESPECIFICACIONES**

**Hydraulic concrete — Specifications**

**ICS: 91.100.20; 91.100.30 3. Edición Noviembre 2014**

**REPRODUCCIÓN PROHIBIDA**

**Oficina Nacional de Normalización (NC) Calle E No. 261 El Vedado, La Habana. Cuba. Teléfono: 830-0835 Fax: (537) 836-8048; Correo electrónico:** [**nc@ncnorma.cu;**](mailto:nc@ncnorma.cu) **Sitio Web**[**: www.nc.cubaindustria.cu**](http://www.nc.cubaindustria.com.cu/)

**Cuban National Bureau of Standards**

**NC 120: 2014**

 **NC**

**Prefacio**

La Oficina Nacional de Normalización (NC) es el Organismo Nacional de Normalización de la República de Cuba y representa al país ante las organizaciones internacionales y regionales de normalización.

La elaboración de las Normas Cubanas y otros documentos normativos relacionados se realiza generalmente a través de los Comités Técnicos de Normalización. Su aprobación es competencia de la Oficina Nacional de Normalización y se basa en las evidencias del consenso.

**Esta Norma Cubana:**

 Ha sido elaborada por el Comité Técnico de Normalización NC/CTN 37 de Hormigón Reforzado y Morteros, en el cual están representadas las siguientes entidades:

- Ministerio de la Construcción (MICONS)

- Empresa Nacional de Investigaciones Aplicadas ( ENIA)

- Empresa Productora de Prefabricados de Ciudad Habana

- Empresa de Tecnologías Industriales de la Construcción (TICONS)

- Grupo Empresarial Industrial de la Construcción (GEICON)

- Centro Técnico para el Desarrollo de los Materiales de Construcción (CTDMC)

- Ministerio de las Fuerzas Armadas Revolucionarias (MINFAR)

- Ministerio del Transporte (MITRANS)

- Grupo Empresarial (AZCUBA)

- Instituto Superior Politécnico José Antonio Echevarría (ISPJAE)

- Oficina Nacional de Normalización (ONN)

 Incorpora en su contenido todos los elementos aplicables de las Normas Internacionales

ISO 22965-1: 2007 *Concrete. Part 1: Methods of specifying and guidance for the specifier* y ISO 22965-2:

2007 *Concrete. Part 2: Specification of constituent materials, production of concrete and compliance of concrete* así como de la Norma Europea EN 206-1: 2000 *Concrete. Part 1: Specification*, *performance, production and conformity*.

 Sustituye a la NC 120: 2007 *Hormigón hidráulico. Especificaciones.*

 Incluye los Anexos A y F (normativos) y los Anexos B, C, D y E (informativos)

© **NC, 2014**

**Todos los derechos reservados. A menos que se especifique, ninguna parte de esta publicación podrá ser reproducida o utilizada en alguna forma o por medios electrónicos o mecánicos, incluyendo las fotocopias, fotografías y microfilmes, sin el permiso escrito previo de:**

**Oficina Nacional de Normalización (NC)**

**Calle E No. 261, El Vedado, La Habana, Habana 4, Cuba.**

**Impreso en Cuba**.

 **NC NC 120: 2014**

**Índice**

**1 Objeto......................................................................................................................................... 5**

**2 Referencias normativas ............................................................................................................ 6**

**3 Términos y definiciones............................................................................................................ 8**

**4 Símbolos y términos abreviados............................................................................................ 12**

**5 Clasificación ............................................................................................................................ 13**

**6 Requisitos básicos para el hormigón y métodos de comprobación ................................... 19**

**7 Especificación del hormigón ................................................................................................. 33**

**8 Entrega del hormigón fresco ................................................................................................. 35**

**9 Control de la conformidad y criterio de conformidad.......................................................... 37**

**10 Control de producción ......................................................................................................... 45**

**11 Valoración de la conformidad y ajustes ............................................................................. 55**

**12 Designación del hormigón................................................................................................... 59**

**ANEXO A (normativo) ................................................................................................................. 60**

**ANEXO B (informativo) ............................................................................................................... 62**

**ANEXO C (informativo) ............................................................................................................... 63**

**ANEXO D (informativo) ............................................................................................................... 65**

**ANEXO E (informativo) ............................................................................................................... 67**

**ANEXO F (normativo).................................................................................................................. 69**

**Bibliografía .................................................................................................................................. 73**

**NC 120: 2014**  **NC**

**0 Introducción**

**0.1** Esta Norma Cubana, es una norma única de especificaciones para el hormigón hidráulico de cemento Portland , partiendo del concepto básico de que el hormigón tiene que cumplir en la estructura con un determinado desempeño (tanto en *resistencias mecánicas* como en *durabilidad*), independientemente de donde haya sido producido y de las tecnologías de transporte, vertido, compactación y curado.

**0.2** En la elaboración de esta Norma Cubana se ha prestado una especial atención hacia los criterios de desempeño para las especificaciones relativas a la durabilidad, por ello se han revisado los métodos de proyecto basados en el desempeño, así como los métodos de ensayo. Aunque en general los métodos de proyecto basados en el desempeño no han logrado aún un respaldo en métodos de ensayos que puedan ser generalizados en todo el mundo, En esta Norma se han incluido dos importantes parámetros que pueden medir el desempeño por durabilidad de los hormigones tanto en el diseño de las mezclas a escala de laboratorio, como en el hormigón ya colocado en la estructura, sin eliminar las actuales especificaciones prescriptivas. Además de esto la norma permite la continuación y el desarrollo de las investigaciones, especialmente de carácter casuístico en la caracterización de la agresividad ambiental en diferentes regiones del país y la aplicación de las prácticas cuyos resultados estén científicamente fundamentados, documentados en el lugar de utilización del hormigón y que sean aprobados en un Consejo Científico oficialmente reconocido. De igual forma se incentivan las investigaciones para continuar la adopción de nuevos métodos de ensayos por desempeño tanto al nivel de aceptación de las mezclas de hormigón, como en la propia estructura y que puedan dar como resultado la sustitución definitiva de las especificaciones prescriptivas por las de desempeño.

**0.3** Esta Norma Cubana define las misiones del productor y del usuario del hormigón. Por regla general el productor es el responsable de la conformidad y del control de producción (Capítulos 9 y

10) y el usuario es el responsable de la colocación del hormigón en la estructura.

En la práctica cotidiana pueden ser varias las partes que especifiquen los requisitos del hormigón en las diferentes fases del proyecto y de la ejecución, por ejemplo el cliente (inversionista), el

proyectista, el contratista y el subcontratista responsable del hormigonado. Cada uno es

responsable de trasmitir a la siguiente parte dentro de la cadena, los requisitos especificados, junto con cualquier otro requisito adicional. Por otra parte el productor y el usuario pueden ser la misma figura (o persona). Esta Norma Cubana también trata sobre los intercambios necesarios de información entre las diferentes partes. Como documento normativo de carácter técnico**,** no se abordan aspectos contractuales. Cuando se atribuyen responsabilidades a las partes involucradas se trata exclusivamente de responsabilidades técnicas.

**0.4** Las notas incluidas en tablas y en pies de tablas tienen carácter normativo a menos que se indique lo contrario; el resto de las notas que están enmarcadas tienen carácter informativo.

**0.5** En este caso en referencias se han considerado sólo las normas nacionales. El resto de los aspectos que le son propios, así como algunas aclaraciones esenciales aparecen indicados en recuadros en el propio cuerpo de la norma. En el Capítulo 9 se ha incluido el concepto de media móvil para establecer la conformidad de los lotes de hormigón pequeños a pie de obra. También para las notaciones de las resistencias de los hormigones se han asumido los criterios de las Normas Internacionales ISO. En el Apartado 6.3.2 relativo a las especificaciones prescriptivas para garantizar un hormigón adecuadamente duradero atendiendo a la agresividad de su entorno, se han incluido dos especificaciones por desempeño: Un valor máximo de porosidad efectiva y un valor máximo de velocidad inicial de absorción capilar (Sorptividad).

 **NC NC 120: 2014**

**HORMIGÓN HIDRÁULICO** — **ESPECIFICACIONES**

**1 Objeto**

Esta Norma Cubana establece las especificaciones técnicas generales para los materiales componentes del hormigón hidráulico (en lo adelante hormigón), la composición del hormigón, las propiedades del hormigón fresco y endurecido y su verificación, así como para todo el proceso de preparación, transporte, entrega, vertido, curado del hormigón fresco y los procedimientos de control de la producción, los criterios y la evaluación de la conformidad.

Es aplicable a todo el hormigón colocado ―in situ‖, a las estructuras prefabricadas y a los elementos prefabricados estructurales para edificaciones y obras civiles. Es válida tanto para el hormigón mezclado a pie de obra, como para el hormigón producido en plantas preparadoras, premezclado o producido en plantas de prefabricado.

Especifica requisitos que son aplicables:

 a los materiales constituyentes del hormigón;

 a las propiedades del hormigón fresco y endurecido y a su verificación;

 a las limitaciones que se le impongan a la composición del hormigón;

 a la especificación del hormigón;

 a los procedimientos de control de la producción;

 a los criterios de conformidad y a la evaluación de la conformidad.

Es aplicable solamente al hormigón compactado, de forma tal que la cantidad de aire atrapado, diferente al aire incorporado, sea despreciable. Es de aplicación al hormigón de densidad normal, al de alta densidad y los hormigones ligeros.

Puede ser necesario establecer requisitos adicionales a los establecidos en esta norma para:

hormigones empleados en carreteras y otras áreas bajo tráfico;

hormigones que empleen otros materiales (por ejemplo fibras) o constituyentes no contemplados en el Apartado 6.1;

hormigones con un tamaño máximo de árido igual o inferior a 4,76 mm (morteros estructurales);

tecnologías especiales (por ejemplo el hormigón proyectado);

hormigones autocompactantes;

hormigones para la colocación de residuos líquidos y gaseosos;

hormigones para depósitos de almacenamiento de sustancias contaminantes;

hormigones para estructuras masivas (por ejemplo presas);

hormigones preparados en seco.

**NC 120: 2014**  **NC**

Esta norma no es de aplicación a:

hormigones aireados;

hormigones celulares;

hormigones de estructura abierta o drenante (hormigones sin finos);

hormigones de densidad inferior a 800 kg/m3;

hormigones refractarios

Esta norma no contiene requisitos de seguridad y salud para la protección de los trabajadores durante la fabricación y entrega del hormigón.

**2 Referencias Normativas**

Los documentos que se mencionan seguidamente son indispensables para la aplicación de esta Norma Cubana. Para las referencias fechadas, sólo se toma en consideración la edición citada. Para las no fechadas se toma en cuenta la última edición de la norma de referencia (incluyendo todas las enmiendas).

ISO 3951-4: 2011 Sampling procedures for inspection by variables. Part 4: Procedures for assessment of declared quality levels

NC-ISO 2859-1 Procedimiento de muestreo para la inspección por atributos. Parte 1: Esquemas de muestreo indexado para el nivel de calidad aceptable (NCA) para la inspección lote a lote

NC-ISO 9001 Sistemas de gestión de la calidad. Requisitos

NC-ISO 1920-2 Ensayos al hormigón. Parte 2: Propiedades del hormigón fresco

NC-ISO 1920-3 Ensayos al hormigón. Parte 3: Elaboración y curado de probetas para ensayos

NC-ISO 1920-5 Ensayos al hormigón. Parte 5: Otras propiedades en el hormigón endurecido diferentes a la resistencia

NC-ISO 1920-7 Ensayos al hormigón. Parte 7: Ensayos no destructivos sobre hormigón endurecido

NC-ASTM C 617 Hormigón. Refrentado de probetas cilíndricas

NC-ASTM C 1231/C 1231M Hormigón. Refrentado de probetas cilíndricas utilizando placas no adheridas

NC 95 Cemento Portland. Especificaciones

NC 96 Cemento con adición activa. Especificaciones

NC 98 Cemento resistente a los sulfatos. Especificaciones. NC 99 Cemento de moderado y bajo calor de hidratación

NC 100 Cemento Portland de alta resistencia inicial. Especificaciones

 **NC NC 120: 2014**

NC 167 Hormigón fresco. Toma de muestras

NC 168 Hormigón fresco. Determinación del tiempo de fraguado por resistencia a la penetración

NC 177 Áridos. Determinación del porciento de huecos. Método de ensayo

NC 178 Áridos. Análisis granulométrico

NC 179 Áridos. Determinación del contenido de partículas de arcilla. Método de ensayo

NC 181 Áridos. Determinación del peso volumétrico. Método de ensayo

NC 182 Áridos. Determinación del material más fino que el tamiz de 0,074 mm (No. 200). Método de ensayo

NC 184 Arena. Determinación de la humedad superficial. Método de ensayo

NC 186 Arena. Peso específico y absorción de agua. Método de ensayo

NC 187 Árido grueso. Peso específico y absorción de agua. Método de ensayo

NC 192 Hormigón hidráulico. Cálculo de la resistencia característica real a la compresión NC 228- 1 Aditivos para hormigones, morteros y pastas. Parte 1: Aditivos para hormigón. Requisitos

NC 235 Pastas de cemento. Determinación de la plasticidad y su variación en el tiempo por el método del minicono

NC 243 Hormigón. Pérdida de agua por exudación

NC 251 Áridos para hormigones hidráulicos. Requisitos.

NC 271-1 Aditivos químicos para pastas, morteros y hormigones. Métodos de ensayo. Parte 1: Determinación de solidos totales

NC 271-2 Aditivos químicos para pastas, morteros y hormigones. Métodos de ensayo. Parte 2: Determinación de la densidad

NC 271-3 Aditivos químicos para pastas, morteros y hormigones. Métodos de ensayo. Parte 3: Determinación del contenido de cloruros

NC 271-4 Aditivos químicos para pastas, morteros y hormigones. Métodos de ensayo. Parte 4: Determinación del ph

NC 271-5 Aditivos químicos para pastas, morteros y hormigones. Métodos de ensayo. Parte 5: Determinación del contenido de cenizas

NC 271-6 Aditivos químicos para pastas, morteros y hormigones. Métodos de ensayo. Parte 6: Determinación de sustancias insolubles

NC 271-7 Aditivos químicos para pastas, morteros y hormigones. Métodos de ensayo. Parte 7: Determinación de la alcalinidad

NC 272 Hormigón endurecido, cemento y áridos. Determinación de cloruro total por valoración

**NC 120: 2014**  **NC**

potenciométrica

NC 293 Código de buenas prácticas para el curado del hormigón

NC 318 Hormigón endurecido. Extracción y preparación de testigos cilíndricos

NC 320 Hormigón fresco. Determinación de la variación de la consistencia con el tiempo y la eficiencia del acomodo (retempering) de la consistencia

NC 344 Hormigón endurecido. Determinación del perfil de penetración de iones cloruro NC 345 Hormigón endurecido. Determinación de la absorción de agua por capilaridad NC 353 Aguas para el amasado y curado del hormigón y los morteros. Especificaciones NC 354 Hormigón fresco. Determinación de la temperatura

NC 355 Determinación de la profundidad de carbonatación en hormigones endurecidos y puestos en servicio

NC 368 Código de buenas prácticas para el hormigonado en clima caliente

NC 412 Guía para la preparación, mezclado, transporte y vertido del hormigón

NC 482 Código de buenas prácticas para la compactación del hormigón

NC 671 Áridos. Toma de muestras

NC 724 Ensayos al hormigón. Resistencia del hormigón en estado endurecido

NC 755 Áridos. Contenido total de humedad evaporable mediante secado

NC 780 Procedimiento para la determinación de la eficiencia de mezclado de las hormigoneras

NC 967 Hormigón hidráulico. Determinación de la velocidad de absorción de agua (Sorptividad)

**3 Términos y Definiciones**

A los fines de esta norma se aplican los términos y las definiciones siguientes:

**3.1 acciones medioambientales**

Acciones físicas y químicas a las que se encuentra expuesto el hormigón, y que producen efectos sobre el mismo, sobre las armaduras o metales embebidos en él y que no son consideradas como cargas en el proyecto de la estructura.

**3.2 adición**

Material mineral finamente molido utilizado en el hormigón con el objetivo de mejorar ciertas propiedades (reológicas, mecánicas, etc.) o de conferirle propiedades especiales. Esta norma considera dos tipos de adiciones minerales:

- Tipo I aproximadamente inertes

- Tipo II puzolánicas o hidráulicamente activas

 **NC NC 120: 2014**

**3.3 aditivo**

Material añadido al hormigón durante el proceso de mezclado en pequeñas cantidades en relación con la masa de cemento, para modificar las propiedades del hormigón fresco o endurecido.

**3.4 aire incorporado**

Burbujas de aire microscópicas incorporadas intencionalmente al hormigón durante el mezclado, normalmente mediante el uso de agentes tensoactivos. Las burbujas son prácticamente esféricas y su diámetro está generalmente comprendido entre 10 m y 300 m.

**3.5 aire atrapado**

Huecos de aire en el hormigón que no se incorporan intencionalmente y pueden ser eliminados durante la compactación.

**3.6 amasada**

Cantidad de hormigón fresco producido en un solo ciclo por una hormigonera de acción cíclica, o la cantidad descargada por una hormigonera continua durante 1 minuto.

**3.7 árido**

Material mineral granular adecuado para su uso en el hormigón. Pueden ser naturales, artificiales o reciclados a partir de materiales previamente utilizados en la construcción.

**3.8 árido normal**

Árido que después de secado en estufa tiene un peso específico aparente (real) mayor que 2200 kg/m3 y menor de 3000 kg/m3, determinado por las NC 186 y NC 187.

**3.9 árido ligero**

Árido de origen mineral que después de secado en estufa tiene un peso específico aparente (real) menor o igual a 2200 kg/m3 , determinado por las NC 186 y NC 187 y un peso volumétrico menor o igual a 1200 kg/m3, determinado por la NC 181.

**3.10 árido pesado**

Árido que después de secado en estufa tiene un peso específico aparente (real) mayor o igual a

3000 kg/m3, determinado por las NC 186 y NC 187.

**3.11 camión hormigonera**

Dispositivo para el mezclado y removido del hormigón, montado habitualmente en un chasis autopropulsado y que es capaz de mezclar y remover, así como de entregar un hormigón homogéneo.

**NC 120: 2014**  **NC**

**3.12 cemento (aglomerante hidráulico)**

Material mineral finamente molido, que después de ser mezclado con agua forma una pasta que fragua y endurece por medio de reacciones y procesos de hidratación y que, después de endurecer, conserva su resistencia y estabilidad incluso bajo el agua.

**3.13 contenido total de agua**

Cantidad formada por el agua añadida a la mezcla de hormigón, el agua contenida en los áridos y en la superficie de éstos, el agua aportada por los aditivos y por las adiciones utilizadas en forma de suspensión (slurry o pasta) y por el agua aportada por la incorporación de hielo o por curado al vapor.

**3.14 contenido efectivo de agua**

Diferencia entre el agua total presente en el hormigón fresco y el agua absorbida por los áridos.

**3.15 ensayo inicial**

Ensayo o ensayos destinados a verificar, antes de comenzar la fabricación del hormigón, la forma en que deberá formularse un nuevo hormigón, para alcanzar, tanto en estado fresco como endurecido, todos los requisitos especificados.

**3.16 ensayo de identificación**

Ensayo para determinar si las amasadas o cargas elegidas proceden de una población conforme.

**3.17 ensayo de conformidad**

Ensayo realizado por el fabricante para evaluar la conformidad del hormigón.

**3.18 evaluación de la conformidad**

Examen sistemático del grado con que un producto cumple con los requisitos especificados.

**3.19 equipo agitador**

Equipo montado generalmente en un chasis autopropulsado, capaz de mantener homogéneo el hormigón fresco (que ha sido previamente mezclado en una hormigonera).

**3.20 equipo no agitador**

Equipo utilizado para el transporte del hormigón sin agitación en el sentido expuesto en el

Apartado 3.19, por ejemplo los camiones de volteo o una tolva de transporte.

**3.21 hormigón hidráulico u hormigón**

Material constituido por la mezcla de cemento, árido grueso, árido fino y agua, con o sin la incorporación de aditivos o adiciones, que desarrolla sus propiedades al hidratarse el cemento.

 **NC NC 120: 2014**

**3.22 hormigón de altas prestaciones (HAP)**

Hormigón con requerimientos superiores a los convencionales en resistencia y durabilidad. La resistencia característica a compresión de estos hormigones a 28 días será no menor de 40 MPa (H 40 ó HL 40).

**3.23 hormigón fresco**

Hormigón totalmente mezclado y que permanece en condiciones que permiten su compactación por el procedimiento seleccionado.

**3.24 hormigón endurecido**

Hormigón en estado sólido que ha desarrollado una resistencia apreciable.

**3.25 hormigón simple**

Hormigón sin refuerzo o que contiene armadura solamente para reducir los efectos de la fisuración, generalmente en forma de mallas, cercana a las caras del elemento.

**3.26 hormigón mezclado en obra**

Hormigón fabricado en la obra por el usuario para su propio uso.

**3.27 hormigón premezclado**

Hormigón suministrado en estado fresco por una entidad o persona diferente del usuario. Generalmente el hormigón premezclado es producido en planta preparadora y en el mismo se establecen relaciones contractuales entre el productor y el usuario. A los efectos de esta norma se considera también como hormigón premezclado:

- El hormigón fabricado fuera de la obra por el usuario

- El hormigón producido en la obra, pero no por el usuario

**3.28 hormigón de densidad normal**

Hormigón cuya densidad, después de secado en estufa, es mayor de 2000 kg/m3, pero igual o inferior a 2600 kg/m3.

**3.29 hormigón ligero**

Hormigón cuya densidad, después de secado en estufa, es igual o superior a 800 kg/m3 pero inferior o igual a 2000 kg/m3. Se fabrica total o parcialmente con árido ligero.

**3.30 hormigón pesado o de alta densidad**

Hormigón cuya densidad, después de secado en estufa, es mayor a 2600 kg/m3.

**NC 120: 2014**  **NC**

**3.31 porosidad efectiva del hormigón**

Porosidad conectada con el exterior del hormigón endurecido, determinada según los requerimientos de la NC 345

**3.32 productor o fabricante**

Entidad o persona física que fabrica el hormigón fresco.

**3.33 relación agua/cemento**

Es la relación entre las masas del contenido efectivo de agua y el contenido de cemento en el hormigón fresco

**3.34 resistencia característica**

Valor de resistencia determinado sobre base estadística, en el cual se acepta un determinado porcentaje de valores de la población de todos los posibles resultados de medida de la resistencia efectuados sobre el volumen de hormigón considerado, que caerá por debajo del valor especificado.

**3.35 usuario**

Entidad o persona física que utiliza el hormigón fresco para la ejecución de una construcción o elemento.

**3.36 velocidad de absorción capilar del hormigón (Sorptividad)**

Velocidad inicial de absorción de agua del hormigón (V), que depende del diámetro de los poros del hormigón, su interconectividad y tortuosidad y que es determinada según los requerimientos de la NC 967.

**3.37 vida útil**

Período de tiempo durante el cual el comportamiento del hormigón en la estructura se mantendrá a un nivel compatible con los requisitos de desempeño de la estructura, siempre que ésta sea adecuadamente conservada.

**3.38 vida útil de proyecto de las estructuras de hormigón armado**

Es la Vida útil según el Apartado 3.37 para que los requisitos de desempeño de la estructura no se vean fuertemente comprometidos y se considera como el período de tiempo en que demoran los agentes agresivos para despasivar la armadura de acero y en que aparecen los primeros síntomas en la superficie: manchas de óxido, fisuras, etc.

**4 Símbolos y términos abreviados**

ck Resistencia característica a compresión del hormigón, (MPa)

c Resistencia a compresión del hormigón obtenida del ensayo de las probetas cilíndricas, (MPa)

 **NC NC 120: 2014**

cm Resistencia media (o promedio) a compresión del hormigón, (MPa)

tsk Resistencia característica a tracción indirecta del hormigón, (MPa)

tsm Resistencia media (o promedio) a tracción indirecta del hormigón, (MPa)

 Desviación típica de la población estimada

*S*n Desviación típica de *n* resultados de ensayos consecutivos

*R*W/C Relación agua/cemento

*R*W/(C,ka) Relación entre el agua y la suma del cemento más ―k‖ veces la adición.

 Porosidad efectiva del hormigón, (%)

*S* Velocidad de absorción capilar del hormigón (Sorptividad), (m/s1/2)

**5 Clasificación**

**5.1 Tipos de exposición relativos a las acciones medioambientales**

Las acciones medioambientales se clasifican según los tipos de exposición indicados en las Tabla

1 y Tabla 2. Los tipos de exposición quedan definidos por la combinación de:

Uno de los tipos generales de exposición frente a la corrosión de las armaduras, de acuerdo con la

Tabla 1.

Tipos específicos de exposición relativos a los otros procesos de degradación que procedan en cada caso, de entre las definidas en la Tabla 2.

Es necesario tener en cuenta que el hormigón no puede estar sujeto a más de una de las acciones descritas en la Tabla 1, o sea a los tipos generales de exposición relativos a la corrosión de las armaduras, pero sí puede estar expuesto a una combinación de acciones dadas en las Tabla 1 y Tabla 2, en cuyo caso será necesario expresar las condiciones de exposición medioambiental como una combinación de los tipos de exposición. Cuando una estructura contenga elementos expuestos a diferentes tipos de ambientes se deberán definir algunos grupos con los elementos estructurales que presenten características similares de exposición. Para ello siempre que sea posible se agruparán elementos del mismo tipo (por ejemplo columnas, vigas de cubierta, cimientos, etc.), cuidando además que los criterios seguidos sean congruentes con los aspectos propios del proceso de ejecución.

Si bien un elemento puede estar sometido a uno, a varios, o sencillamente a ninguno de los tipos específicos de exposición expuestos en la Tabla 2, nunca podrá estar sometido simultáneamente a más de uno de los subtipos definidos para cada Tipo específico de exposición.

En el caso de estructuras sometidas a ataque químico, su agresividad se clasificará de acuerdo con los criterios recogidos en la Tabla 3.

**NC 120: 2014**  **NC**

**Tabla 1 —Tipos generales de exposición, relativos a la corrosión de las armaduras**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Agresividad** | **Descripción** | **Ejemplos** |
| Muy alta |  Elementos de estructura marinos por encima del nivel de la marea alta y en zonas de recorridos de mareas.   Estructuras situadas en las proximidades de la línea costera hasta  500 m del mar en la costa norte y  hasta 100 m en la sur.   Estructuras no impermeabilizadas en contacto con aguas que presenten un  contenido elevado de cloruros no  necesariamente relacionados con el ambiente marino. |  Edificaciones y otras estructuras situadas en las proximidades indicadas de las costas y cayos.   Puentes en las proximidades indicadas de la costa y pedraplenes.   Zonas aéreas de diques y otras obras de defensa del litoral.   Instalaciones de los puertos.   Piscinas, estanques de acuarios y tanques, con aguas de mar ó salobres, etc.   Edificaciones y otras estructuras situadas en las proximidades de zonas con altos contenidos de iones cloruros como salineras, plantas de tratamientos, etc. |
| Alta |  Elementos de estructuras marinos sumergidos permanentemente.   Estructuras situadas en la franja costera a más de 500 m y hasta 3 Km.  del mar en la costa norte y a más de  100 m y hasta 1 Km. en la costa sur.   Estructuras soterradas bajo la influen- cia total ó parcial de agua de mar ó  salobre. |  Edificaciones y otras estructuras situadas en las proximidades indicadas de las costas.   Puentes en las proximidades indicadas de la costa.   Zonas de diques y otras obras de defensa costera sumergidas permanentemente.   Cimentaciones y zonas sumergidas de pilas de puentes en el mar.   Cimentaciones y estructuras soterradas en general bajo las influencias agresivas indicadas. |
| Media |  Estructuras situadas en la franja costera a más de 3 Km. y hasta 20  Km. de la costa norte y a más de 1  Km. y hasta 20 Km. de la costa sur.   Estructuras soterradas bajo la influencia total ó parcial de aguas y  suelos comunes.   Interiores de edificaciones aisladas del medio exterior y sometidas a  humedades altas ó condensaciones.   Estructuras situadas en zonas de humedades relativas medias anuales mayores de 65%.   Depósitos de agua dulce |  Edificaciones y otras estructuras situadas en las proximidades indicadas de las costas.   Cimentaciones en general bajo los requerimientos indicados.   Sótanos no ventilados.   Locales destinados a saunas, lavanderías, fregados, etc. que posean altas humedades con altas frecuencias de  ocurrencia.   Todos los casos de estructuras situadas en las franjas costeras indicadas ó a mayores distancias pero  sometidas a humedades relativas superiores al 65 %.   Piscinas, cisternas, tanques, conductoras y otros depósitos en general que contengan agua dulce |
| Baja |  Estructuras situadas a más de 20 km. de ambas costas.   Interiores de edificaciones no sometidos a condensaciones.   Estructuras soterradas no afectadas por las aguas subterráneas ó freáticas  en suelos comunes.   Estructuras situadas en zonas de humedades relativas medias anuales  iguales ó menores del 65 %. |  Edificaciones y otras estructuras situadas en las franjas costeras y bajo las condiciones indicadas.   Interiores de edificios protegidos de la intemperie.   Sótanos y obras soterradas ventiladas ó sometidas a humedades inferiores al 65 %.   Cimentaciones en general bajo los requerimientos indicados. |

 **NC NC 120: 2014**

**Tabla 2 — Tipos específicos de exposición, relativos a otros procesos de deterioro distintos de la corrosión**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Tipo específico**  **de exposición** | | **Descripción** | **Ejemplos** |
| **Tipo** | **Subti- po** |  |  |
| Química agresi- va | débil |  elementos situados en ambientes con contenidos de sustancias químicas capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad lenta (Ver Tabla  3) |  instalaciones industriales, con sustancias débilmente agresivas según la Tabla 3   construcciones en proximidades de áreas industriales, con agresividad débil según la  Tabla 3 |
|  | media |  elementos en contacto con agua de mar   elementos situados en ambientes con contenidos de sustancias químicas  capaces de provocar la  alteración del hormigón con velocidad media (Ver Tabla  3) |  bloques y otros elementos para diques   estructuras marinas en general   instalaciones industriales con sustancias de agresividad media según la Tabla 3   construcciones en proximidades de áreas industriales, con agresividad media según la  Tabla 3   instalaciones de conducción y tratamiento de aguas residuales con sustancias de agresividad media según la Tabla 3 |
|  | fuerte |  elementos situados en ambientes con contenidos  de sustancias químicas capaces de provocar la  alteración del hormigón con velocidad rápida (Ver Tabla  3) |  Instalaciones industriales, con sustancias de agresividad alta de acuerdo con la Tabla 3   instalaciones de conducción y tratamiento de aguas residuales, con sustancias de agresividad  alta de acuerdo con la Tabla 3 |
| Abrasión y cavitación | |  elementos sometidos a desgaste superficial   elementos de estructuras hidráulicas en los que la  cota piezométrica pueda  descender por debajo de la presión de vapor de agua |  pilas de puente en cauces muy torrenciales   elementos de diques y otras obras de defensa del litoral que se encuentren sometidos a fuertes oleajes   pavimentos de hormigón   tuberías de alta presión |

**NC 120: 2014**  **NC**

NOTA 1: Los tipos de exposición indicados en esta norma no son los mismos establecidos en la Norma Europea EN 206- 1, se han adecuado a las condiciones concretas de Cuba y responden a un estudio y análisis conjunto de especialistas de diferentes Instituciones y a la experiencia nacional e internacional de avanzada. Los tipos de exposición concretos a definir en cada lugar específico, dependerán de los estudios hechos en el lugar de utilización del hormigón, las Tabla 1 y Tabla 2 se utilizarán cuando no existan estos estudios específicos (científicamente fundamentados y avalados por la Comisión Científica del Consejo Técnico Asesor del MICONS) de caracterización ambiental del área o zona de emplazamiento de la obra a proteger, que definan el nivel de agresividad actuante y compatibilicen este nivel con los parámetros de diseño de los hormigones por requerimientos de durabilidad, o sea que la definición de los tipos de exposición en las Tabla 1 y Tabla 2, no excluye la consideración que se pueda hacer sobre condiciones especiales existentes en el lugar de utilización del hormigón o la aplicación de medidas de protección especiales, tales como la utilización de acero inoxidable u otro tipo de material resistente a la corrosión, protección catódica o anódica, así como el empleo de recubrimientos de protección (protección secundaria) para el hormigón y el acero de refuerzo. En especial las exposiciones químicas agresivas medias y fuertes (según la Tabla 2) requerirán adicionalmente de las soluciones adecuadas de protección secundaria, mediante recubrimientos especiales de las superficies expuestas de los elementos de hormigón.

Las categorías de agresividad ambiental que se dan en la Tabla 1, corresponden a estructuras y elementos directamente expuestos al medio agresivo como por ejemplo las partes exteriores de una edificación. Para las estructuras y elementos que están menos expuestos como por ejemplo las partes interiores de una edificación, podrá tomarse una categoría de agresividad inferior a la de las partes exteriores.

Para los elementos directamente expuestos a los procesos de humectación y secado por agua de mar (zona de cambio de mareas y salpicaduras) se recomienda en los casos de elementos principales, tomar medidas adicionales de protección a las indicadas en la Tabla (protección secundaria).

**Tabla 3 — Tipos específicos de exposición ante ataque químico**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Tipo de medio**  **Agresivo** | **Parámetros** | **Tipo de exposición** | | |
|  |  | **Ataque débil** | **Ataque medio** | **Ataque fuerte** |
| AGUA | Valor del ph | 6,5 - 5,5 | 5,5 - 4,5 |  4,5 |
|  | CO2 Agresivo  (mg CO2/L) | 15 - 40 | 40 - 100 |  100 |
|  | Ion Amonio  +  (mg NH4 /L) | 15 - 30 | 30 - 60 |  60 |
|  | Ion Magnesio  (mg Mg2+ /L) | 300 - 1000 | 1000 - 3000 |  3000 |
|  | Ion Sulfato  2-  (mg SO4 /L) | 200 - 600 | 600 - 3000 |  3000 |
|  | Residuo Seco  (mg/L) |  150 | 50 - 150 |  50 |
| 2222222222222222222222222222222222222222222222222222222222222222222222222222222222222222222222222222222222222  SUELO | Grado de Acidez  BAUMANN - GULLY |  20 | ( \* ) | ( \* ) |
|  | Ion Sulfato  (mg SO 2- /kg. de  4  suelo seco) | 2000 - 3000 | 3000 - 12000 |  12000 |
| (\*) Estas condiciones no se dan en la práctica | | | | |

 **NC NC 120: 2014**

**5.2 Hormigón fresco**

**5.2.1 Tipos de hormigón según su consistencia**

La consistencia del hormigón estará caracterizada por los valores indicados en las Tabla 4, Tabla 5 y Tabla 6. Los tipos de consistencia dados en estas tablas no están relacionados directamente unos con otros.

**5.2.2 Tipos de hormigones de acuerdo al tamaño máximo del árido**

En el caso en que el hormigón sea clasificado atendiendo al tamaño máximo de partícula del árido, se empleará el concepto de tamaño máximo nominal de la fracción más gruesa del árido empleado, de acuerdo con la norma NC 251

**Tabla 4 — Tipos de asentamiento por el Cono de Abrams**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Tipo** | **Valoración cualitativa** | **Asentamiento (mm)** |
| A1  A2  A3  A4  A5 | Seca Plástica Blanda Fluida  Muy fluida | 10 a 40  50 a 90  100 a 150  160 a 210   220 |

**Tabla 5 — Tipos de consistencia según el consistómetro VeBe**

|  |  |
| --- | --- |
| **Tipo** | **Segundos VeBe** |
| V0  V1  V2  V3  V4 |  31  30 a 21  20 a 11  10 a 6  5 a 3 |

**Tabla 6 — Tipos de consistencia según la Tabla de Fluidez**

|  |  |
| --- | --- |
| **Tipo** | **Diámetro de desparrame (mm)** |
| F1  F2  F3  F4  F5  F6 |  340  350 a 410  420 a 480  490 a 550  560 a 620   630 |

**5.3 Hormigón endurecido**

**5.3.1 Tipos de hormigón de acuerdo a su resistencia a compresión**

En el caso en que el hormigón sea clasificado por su resistencia a compresión, la ck es la resistencia característica a 28 días de las probetas cilíndricas de 150 mm de diámetro por 300 mm

**2NC 120: 2014**  **NC**

de altura. En la Tabla 7 se muestran los tipos de resistencia a compresión para el hormigón de densidad normal y de alta densidad y en la Tabla 8 para los hormigones ligeros.

**Tabla 7** —**Tipos de resistencia para los hormigones de densidad normal y de alta densidad**

|  |  |
| --- | --- |
| **Tipo de Resistencia** | ***f*ck (MPa)** |
| H 10 | 10 |
| H 15 | 15 |
| H 20 | 20 |
| H 25 | 25 |
| H 30 | 30 |
| H 35 | 35 |
| H 40 | 40 |
| H 45 | 45 |
| H 50 | 50 |
| H 55 | 55 |
| H 60 | 60 |
| H 65 | 65 |
| H 70 | 70 |

**Tabla 8 —Tipos de resistencia para los hormigones ligeros**

|  |  |
| --- | --- |
| **Tipo de Resistencia** | ***f*ck (MPa)** |
| HL 8 | 8 |
| HL 10 | 10 |
| HL 15 | 15 |
| HL 20 | 20 |
| HL 25 | 25 |
| HL 30 | 30 |
| HL 35 | 35 |
| HL 40 | 40 |
| HL 45 | 45 |
| HL 50 | 50 |

**5.3.2 Tipos de hormigones atendiendo a su densidad**

En el caso en que el hormigón es clasificado atendiendo a su densidad, puede ser hormigón de densidad normal (H), Hormigón ligero (HL) u hormigón de alta densidad (HA). (Ver Capitulo 3).

El hormigón ligero (HL) se clasifica a su vez por su densidad, tal como se muestra en la Tabla 9.

**Tabla 9 — Clasificación del hormigón ligero (HL) por su densidad\***

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Tipo de**  **Densidad** | **HL 1,0** | **HL 1,2** | **HL 1,4** | **HL 1,6** | **HL 1,8** | **HL 2,1** |
| kg/m3 |  800 y   1000 |  1000 y   1200 |  1200 y   1400 |  1400 y   1600 |  1600 y   1800 |  1800   2100 |

\* La densidad de los hormigones ligeros puede también especificarse como valor nominal

 **NC NC 120: 2014**

NOTA 2: Aunque no se cuenta actualmente en el país con experiencias generalizadas de producción y empleo de áridos ligeros (naturales o artificiales), se han obtenido resultados experimentales y se encuentran en proceso los estudios y pruebas que confirman la factibilidad de aplicar en nuestro país, las especificaciones contenidas en esta Norma en el diseño de hormigones empleando áridos ligeros

**6 Requisitos básicos para el hormigón y métodos de comprobación**

**6.1 Requisitos para los materiales constituyentes**

**6.1.1 Generalidades**

Los materiales constituyentes del hormigón no pueden contener sustancias dañinas en cantidades tales que puedan tener una influencia negativa en la durabilidad del hormigón o provoquen la corrosión del acero de refuerzo y deberán ser adecuados para el uso previsto del hormigón.

Aunque la aptitud general del uso de un material constituyente esté establecida, eso no significa que pueda ser empleado en todos los casos y para todo tipo de hormigones.

En los hormigones que estén conformes con esta Norma Cubana, sólo pueden utilizarse materiales constituyentes cuya aptitud de uso esté establecida para la aplicación especificada.

En ausencia de una Norma Cubana para un determinado material constituyente que se refiera específicamente a su uso en un hormigón conforme con esta norma, o cuando exista una Norma Cubana que no trate sobre un producto en particular, o cuando este material constituyente difiera significativamente de la norma cubana, la aptitud para su uso podrá establecerse por un Documento de Idoneidad Técnica que se refiera específicamente al uso de ese material constituyente en el hormigón conforme a la NC 120.

**6.1.2 Cemento**

Se consideran aptos los cementos que cumplan con las Normas NC 95, NC 96, NC 98, NC 99, NC

100.

**6.1.3 Áridos**

Los áridos de densidad normal y los áridos pesados se consideran aptos si cumplen con la NC

251. En esta Norma Cubana no se incluyen disposiciones para los áridos ligeros y reciclados. Hasta que dichas disposiciones se recojan en documentos normativos cubanos, su aptitud de uso se establecerá de acuerdo con lo indicado en el Apartado 6.1.1

**6.1.4 Agua de amasado**

El agua de amasado cumplirá con los requisitos establecidos en la NC 353

**6.1.5 Aditivos químicos**

Los aditivos químicos deberán cumplir los requerimientos establecidos en la NC 228- 1 y se considerarán aptos cuando hayan pasado satisfactoriamente las pruebas de laboratorio y de campo en la producción del hormigón con el resto de los materiales constituyentes previstos.

**NC 120: 2014**  **NC**

**6.1.6 Las adiciones (que incluyen los “fillers” o rellenos minerales y los pigmentos)**

Hasta tanto no existan normas específicas para las adiciones éstas deberán cumplir con lo establecido en el Apartado 6.1.1 y se consideraran aptas si pasan satisfactoriamente las pruebas de laboratorio y de campo en la producción del hormigón.

**6.2 Requisitos básicos para la composición del hormigón**

**6.2.1 Generalidades**

La composición del hormigón y los materiales constituyentes se elige para satisfacer los requisitos especificados para el hormigón fresco y endurecido, que incluyen la consistencia, densidad, resistencias mecánicas, durabilidad en general y más específicamente la protección del acero embebido contra la corrosión, teniendo en cuenta los procesos de fabricación y el método elegido para la ejecución.

El hormigón será diseñado de manera que se minimice la segregación y exudación de la mezcla fresca, a menos que se especifique otra cosa.

Cuando no sean previamente especificados por el usuario, el productor de hormigón seleccionará los tipos de materiales constituyentes de entre todos los posibles que estén comprobadamente aptos para las condiciones ambientales a que va a estar expuesto el hormigón.

Las propiedades exigidas para el hormigón en la estructura sólo serán alcanzadas si se cumplen a 2pie de obra con los procedimientos adecuados de ejecución del hormigón fresco, por lo que además de los requerimientos establecidos en esta norma, se deberá considerar los requerimientos para el transporte, vertido, compactación, curado, terminación de la superficie y cualquier otro tratamiento posterior que tenga que experimentar el hormigón. Muchos de estos requerimientos son con frecuencia interdependientes. Si todos estos requerimientos son satisfechos, cualquier diferencia que se produzca entre la calidad del hormigón en la estructura y el de las probetas de ensayo normalizadas, deberá quedar adecuadamente cubierta por los coeficientes parciales de seguridad aplicados a los materiales.

**6.2.2 Selección del cemento**

El cemento a utilizar se seleccionará entre aquellos cuya aptitud de uso esté establecida, teniendo en cuenta la ejecución de la obra, el uso final del hormigón, las condiciones del curado (por ejemplo si hay tratamiento térmico), las dimensiones de la estructura (el desarrollo del calor de hidratación), las condiciones ambientales a las que estará expuesta la estructura (Ver Apartado

5.1) y la reactividad potencial de los áridos con los álcalis procedentes del resto de los materiales constituyentes.

NOTA 1: En los casos de hormigones expuestos al ataque de sulfatos medio o fuerte (Ver Tabla 3), ya sea en presencia de agua o suelo, se utilizará un cemento resistente a los sulfatos, o preferiblemente un cemento puzolánico. Si sólo se dispone de un cemento Portland ordinario, es recomendable que éste tenga un contenido de aluminato tricálcico (C3A) menor o igual al 5 % en peso y la sumatoria del contenido de aluminato tricálcico y ferroaluminato tetracálcico (C3A + C4 AF) será menor o igual al 22 % en peso.

En los casos de estructuras expuestas directamente a la acción del agua de mar (sumergidos o en zona de

recorrido de mareas) se utilizará preferiblemente un cemento de moderada resistencia a los sulfatos.

 **NC NC 120: 2014**

En cualquier caso de ataque químico medio o fuerte, además de las medidas que se tomen para garantizar una adecuada protección primaria del hormigón, será imprescindible emplear medios de protección secundaria, tales como pinturas, resinas, etc.

En el caso en que sea estrictamente necesario utilizar áridos que tengan probada potencialidad reactiva con los álcalis del cemento, se utilizarán preferiblemente cementos puzolánicos y cementos Portland con bajo contenido de álcalis, o sea con contenido de óxido de sodio equivalente (0,658 K2O + Na2O) no mayor del

0,6 % en peso de cemento.

Es recomendable que la temperatura del cemento en el momento de su utilización no sobrepase los 50 C, especialmente en los meses de verano. Se podrá utilizar cemento a mayor temperatura si se garantiza y controla que la temperatura de la mezcla fresca de hormigón, determinada según los requerimientos de la NC 354, no supere los 35 C (Ver Apartado 6.2.8).

**6.2.3 Utilización de los áridos**

**6.2.3.1 Generalidades**

El tipo de árido, su granulometría y otras características, por ejemplo su resistencia a la abrasión, contenido de finos, etc., cumplirá con los requerimientos establecidos en la NC 251 y será seleccionado teniendo en cuenta la forma de ejecución de los trabajos, la utilización final del hormigón, las condiciones ambientales a las cuales estará expuesto el hormigón y cualquier otro requerimiento exigido, como sucede en el caso del hormigón con áridos expuestos o el terminado con herramientas.

El tamaño máximo nominal del árido (*D*max) será seleccionado teniendo en cuenta el recubrimiento del acero de refuerzo, la distancia mínima entre barras de acero y el ancho mínimo de la sección del elemento.

**6.2.3.3 Áridos recuperados**

Los áridos que sean recuperados a partir del lavado de las hormigoneras o a partir del hormigón fresco, pueden ser utilizados como áridos para hormigón.

Los áridos recuperados mezclados (no clasificados) no podrán ser añadidos en cantidades superiores al 5 % del total de áridos. Sólo se podrán añadir cantidades superiores al 5 % del total de áridos, si los mismos son del mismo tipo que el árido primario establecido en la dosificación, si se clasifican y separan por fracciones (gruesa y fina) y cumplen con los requerimientos de la NC

251.

**6.2.3.4 Resistencia a la reacción árido-álcali**

Cuando los áridos contienen variedades de sílice amorfa que sean susceptibles de ser atacadas por los álcalis (Na2O y K2O provenientes del cemento o de otras fuentes) y más aún si el hormigón va a estar expuesto a condiciones de humedad, hay que emplear un cemento con las características expuestas en la NOTA 1 del Apartado 6.2.2 y tener en cuenta cualquier otra medida para prevenir las reacciones árido-álcali que sean nocivas.

NOTA 2: Estos áridos nunca se pueden utilizar en hormigones expuestos al agua de mar ni a otros tipos de exposiciones donde los álcalis estén disponibles para ingresar en el hormigón en forma de solución.

Las mayores precauciones deberán tomarse en el estudio de las fuentes geológicas de los áridos, teniendo en cuenta la experiencia previa a largo plazo que pueda existir en la combinación del cemento utilizado con dichos áridos. La adición al hormigón de cantidades apropiadas de adiciones del Tipo II (Ver Apartado

**NC 120: 2014**  **NC**

6.2.5.1), una vez que sea comprobada su eficiencia en este caso, puede contribuir a prolongar la vida útil de las estructuras de hormigón elaboradas con estos áridos.

Las estructuras de hormigón elaboradas con estos áridos se impermeabilizarán cuando estén expuestas a ambientes húmedos, pues la exposición intermitente al humedecimiento y secado puede generar grandes expansiones internas y la destrucción del hormigón

**6.2.4 Utilización del agua reciclada**

El agua reciclada procedente del proceso de fabricación del hormigón puede ser utilizada según lo establecido en la NC 353.

**6.2.5 Utilización de adiciones**

**6.2.5.1 Generalidades**

Las cantidades de las adiciones del Tipo I y del Tipo II (Ver Apartado 3.1) que pueden utilizarse en el hormigón deberán ser objeto de ensayos iniciales (Ver Anexo A).

En estos ensayos de comportamiento deberá tenerse en cuenta la influencia que pueden tener elevadas cantidades de adiciones sobre propiedades importantes que no sean sólo las resistencias mecánicas (por ejemplo la corrosión del acero de refuerzo).

Las adiciones del Tipo II, cuya aptitud de uso esté establecida ya sea por una Norma Cubana o un Documento de Idoneidad Técnica, pueden ser tenidas en cuenta en la dosificación del hormigón a los efectos del cálculo del contenido de cemento y de la relación agua/cemento.

Se establecerá la aptitud de uso mediante el concepto del coeficiente ―k‖ para el humo de sílice ó microsílice (Ver Apartado 6.2.5.2). Para otros conceptos como por ejemplo el desempeño equivalente (Ver Apartado 6.2.5.3), las modificaciones a las reglas del coeficiente ―k‖, tomar un valor del coeficiente ―k‖ superior al indicado en (Ver Apartado 6.2.5.2) y la utilización de otras adiciones o la mezcla de adiciones, hay que tener establecer previamente la idoneidad de éstos conceptos.

**6.2.5.2 Concepto del coeficiente “k”**

El concepto del coeficiente ―k‖ permite que una adición del Tipo II sea considerada para reemplazar el término: Relación agua/cemento (definido en el Apartado 3.33) con el de: Relación agua/(cemento + k x adición) y el de Contenido mínimo de cemento (Ver Apartado 6.3.2).

El valor de ―k‖ depende del tipo de adición utilizada. En el caso del humo de sílice (microsílice) con un cemento Portland que cumpla con la NC 95, la cantidad máxima de humo de sílice (microsílice) a tener en cuenta para la relación agua/cemento y el contenido de cemento deberá cumplir con el siguiente requisito:

humo de sílice/cemento  0,11 en peso

Si se utiliza una cantidad mayor de humo de sílice (microsílice), el exceso no será tenido en cuenta

para la determinación del valor del coeficiente ―k‖.

 **NC NC 120: 2014**

Para hormigones en los que se emplee cemento Portland que esté conforme con la norma NC 95, se admite un valor de k de:

- Para una relación agua/cemento especificada  0,45 entonces k = 2,0

- Para una relación agua/cemento especificada  0,45 entonces k = 2,0 salvo en el caso en que se evalúe que la causa fundamental de la corrosión de armaduras sea por carbonatación en cuyo caso debe considerarse k = 1.

La cantidad de (cemento + k x humo de sílice) no será menor que el contenido mínimo de cemento especificado para los tipos de exposición ambiental correspondiente (Ver Apartado 6.3.2). El contenido mínimo de cemento nunca será reducido en más de 30 kg/m3 en hormigones sometidos a tipos de exposición donde el contenido mínimo de cemento esté fijado como  300 kg./m3

**6.2.5.3 Concepto de desempeño equivalente del hormigón**

El concepto de desempeño equivalente del hormigón permite modificar los requisitos establecidos en esta Norma en lo referente al contenido mínimo de cemento y la relación agua/cemento máxima, en los casos en que se utilice una adición específica con un cemento específico, para los cuales estén claramente definidas y documentadas las fuentes de procedencia y las características de cada uno.

Atendiendo a los requisitos contenidos en el Apartado 6.2.5.1, hay que probar que el hormigón tiene un desempeño equivalente, especialmente en lo relativo a su desempeño frente a las acciones ambientales y a su durabilidad, cuando se le compara con un hormigón de referencia que cumpla los requisitos establecidos para el tipo de exposición ambiental correspondiente (Ver Apartado 6.3.2).

En el Anexo B se establecen los principios para la evaluación del concepto de desempeño equivalente del hormigón. Cuando el hormigón sea producido de acuerdo a estos procedimientos, estará sujeto a una evaluación continua que tendrá en cuenta las variaciones que se produzcan en el cemento y la adición.

La validez del concepto de desempeño equivalente del hormigón está establecida en la medida en que se respeten las disposiciones mencionadas anteriormente.

**6.2.6 Utilización de los aditivos**

Un aditivo sólo podrá ser utilizado en la producción de hormigón si cumple con los requerimientos de la norma NC 228- 1 y si se conocen previamente sus efectos sobre el mismo, tal como está indicado en el Apartado 6.1.5.

La cantidad total de aditivos químicos, en caso de ser utilizados, no excederá la dosis máxima recomendada por el fabricante del aditivo, ni tampoco la cantidad de 50 g de aditivo (tal y como se suministra) por kg de cemento, a menos que se conozca la influencia que una mayor dosificación pueda tener sobre la durabilidad y el desempeño del hormigón.

El uso de aditivos en cantidades inferiores a los 2 g/kg de cemento, se permite sólo si los mismos se dispersan en parte del agua de amasado del hormigón.

**NC 120: 2014**  **NC**

Si la cantidad total de aditivo líquido excede los 3 L/m3 de hormigón, su contenido de agua deberá ser tenido en cuenta cuando se calcula la relación agua/cemento del hormigón.

Cuando se utilicen varios aditivos, deberá comprobarse su compatibilidad en los ensayos iniciales. Los hormigones con consistencia fluida o muy fluida ( A4, V4 ó F4) deberán ser elaborados con

aditivos reductores de agua de alto rango (superplastificantes).

**6.2.7 Contenido de cloruros**

El contenido de cloruros del hormigón, expresado como el porcentaje en masa de iones cloruro con relación a la masa de cemento, no excederá en ningún caso los valores indicados en la Tabla

10.

Los aditivos químicos cuya composición esté basada en cloruro y cloruro de calcio, no podrán ser utilizados en hormigones armados con acero de refuerzo, hormigón pretensado o con cualquier otro metal embebido en su masa.

**Tabla 10 — Contenido máximo de cloruros del hormigón**

|  |  |
| --- | --- |
| **Utilización del hormigón** | **Contenido máximo de Cl- por peso de cemento (1)** |
| Sin acero de refuerzo ni piezas metálicas embebidas  (con excepción de elementos u horquillas de manipulación que sean resistentes a la corrosión) | 1,0 % |
| Con acero de refuerzo o piezas metálicas embebidas | 0,20 % |
| Con acero de refuerzo pretensado | 0,10 % |
| (1)Donde se utilicen adiciones del Tipo II que sean tenidas en cuenta para la determinación del contenido total de cemento, el contenido de cloruros se expresará como el porcentaje en masa de iones cloruro en relación a la masa de cemento más la masa total de adiciones que hayan sido tenidas en cuenta. El contenido máximo de cloruros se determina por el método de ensayo que determina los cloruros solubles en ácido según la NC 272. | |

Para determinar el contenido de cloruros del hormigón, éste se hallará por la suma de las contribuciones de cada material constituyente del mismo, utilizando uno, o una combinación de los siguientes métodos:

- Cálculo basado en la sumatoria del contenido máximo de cloruros de cada material constituyente, que esté permitido en las normas de producto correspondiente, o bien a través del valor declarado oficialmente por el fabricante, o a través de los requerimientos del ensayo establecidos en la norma NC 272.

- Cálculo basado en la sumatoria del contenido real de cloruro de cada material constituyente, determinado en cada caso mensualmente a partir de las medias de las últimas 25 determinaciones del contenido de cloruros más 1,64 veces la desviación típica calculada para cada material constituyente.

 **NC NC 120: 2014**

El último método es particularmente adecuado en aquellos casos donde no está declarado o normalizado un valor máximo.

**6.2.8 Temperatura del hormigón**

La temperatura del hormigón, determinada según los requerimientos de la NC 354, al momento de su entrega no deberá ser en ningún caso superior a 35 C.

Cualquier requisito sobre enfriamiento artificial del hormigón previo a su suministro deberá acordarse entre el productor y el usuario.

**6.3 Requisitos referentes a los tipos de exposición ambiental**

**6.3.1 Generalidades**

Los requisitos para que el hormigón resista los efectos del medio ambiente agresivo, pueden estar dados en términos de valores límites para la composición de la mezcla de hormigón y en el establecimiento de determinadas propiedades para el hormigón (Ver Apartado 6.3.2), o bien a través de una serie de requisitos basados en el desempeño (Ver Apartado 6.3.3). Estos requisitos tendrán en cuenta la vida útil de proyecto prevista para la estructura de hormigón.

**6.3.2 Valores límites para la composición de la mezcla de hormigón**

En ausencia de Normas Cubanas científicamente fundamentadas sobre ensayos de desempeño del hormigón en experiencias a largo plazo, el método adoptado en esta norma para establecer los requisitos que ha de cumplir el hormigón para resistir las acciones ambientales, es el de establecer una serie de especificaciones prescriptivas relativas algunas a las propiedades al hormigón y a limitaciones en su composición, así como dos especificaciones de desempeño para el diseño de las mezclas de hormigón y para efectuar comprobaciones, en el caso que sea necesario, en la propia estructura ya elaborada.

Los requisitos para cada tipo de exposición serán especificados en términos de:

- Tipos y calidades permitidas para los materiales constituyentes

- Relación agua/cemento máxima

- Contenido mínimo de cemento

- Valor mínimo de resistencia a compresión del hormigón

- Valor máximo de porosidad efectiva del hormigón

- Valor máximo de velocidad inicial de absorción capilar (Sorptividad) del hormigón

y en el caso en que resulte necesario:

- Contenido mínimo de aire incorporado en el hormigón

**NC 120: 2014**  **NC**

La relación agua/cemento máxima estará dada en incrementos de 0,05, el contenido mínimo de cemento en incrementos de 20 kg/m3, la resistencia mínima a compresión, según los valores indicados en la Tabla 7 para los hormigones de densidad normal y de alta densidad y en la Tabla

8 para los hormigones ligeros. En la Tabla 11 se indican los valores recomendados para la composición de la mezcla de hormigón y sus propiedades, cuando se utiliza cemento Portland que cumpla con los requerimientos de la NC 95.

Se asume una vida útil de proyecto de la estructura no menor de 50 años bajo condiciones de un mantenimiento ligero y sistemático (aplicación de pinturas o cualquier otra forma de protección secundaria). Para una vida útil de proyecto más corta o más larga, serán necesarios requerimientos menos o más severos respectivamente. En estos casos, o para composiciones específicas del hormigón o requisitos específicos de protección frente a la corrosión de las armaduras del hormigón del recubrimiento (por ejemplo, en el caso de espesores de recubrimiento inferiores a los especificados para garantizar la protección contra la corrosión del acero de refuerzo), sería conveniente la realización previa de estudios particularizados por parte del usuario del hormigón para la obra específica.

**Tabla 11 — Valores límites de relación a/c máxima, contenido mínimo de cemento, mínima resistencia característica a compresión del hormigón *f*ck, porosidad efectiva**  **máxima y velocidad de absorción de agua *S* máxima.**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Parámetro** | **Tipo de**  **hormigón** | **Nivel de agresividad (Ver Tabla 1)** | | | |
| **Muy alta** | **Alta** | **Media** | **Baja**\* |
| Máxima relación a/c | Simple sin  refuerzo | 0,5 | 0,55 | 0,65 | 0,65 |
|  | Armado | 0,4 | 0,45 | 0,5 | 0,55 |
|  | pretensado | 0,4 | 0,4 | 0,45 | 0,50 |
| Contenido mínimo de cemento (Kg/m3) | Simple sin  refuerzo | 200 | 200 | 200 | 200 |
|  | armado | 350 | 325 | 300 | 275 |
|  | Pretensado | 350 | 325 | 325 | 300 |
| *f***ck** mínima (MPa) | Simple sin refuerzo | 20 | 15 | 15 | 15 |
|  | Armado | 35 | 30 | 25 | 20 |
|  | Pretensado | 35 | 35 | 30 | 30 |
| Máxima porosidad efectiva  (%)  determinada según la Norma Cubana  NC 345 | Armado y pretensado | 10 | 10 | 15 | 15 |
| Máxima velocidad de absorción capilar (Sorptividad) *S* (m/s1/2) determinada según la NC 967 | Armado y pretensado | 5 x 10-5 | 5 x 10-5 | 10-4 | 10-4 |
| (\*) Incluye el nivel de agresividad nulo  Los elementos de hormigón simple con refuerzo serán tratados a los efectos de esta tabla como elementos de hormigón armado | | | | | |

 **NC NC 120: 2014**

NOTA 3: Los valores dados en esta Tabla tienen en cuenta la experiencia nacional de avanzada y están basados en considerar una vida útil de proyecto de la estructura no menor de 50 años, además se refieren a la utilización de cemento Portland conforme con la NC 95 y árido con un tamaño máximo nominal en el rango de 19,1 mm a 38,1 mm que cumpla con las especificaciones de la NC 251.

Uno de los parámetros decisivos para el logro de un hormigón duradero es el empleo de baja relación agua/cemento o agua/cemento+adición activa. El tipo mínimo de resistencia se indica aproximadamente para mantener una correspondencia con la relación agua/cemento y para un hormigón producido con cemento de calidad 35 MPa. La especificación de una *f***ck** razonablemente compatible con la relación agua/cemento máxima fijada permitirá a que en obra se cumpla con la especificación dada en el pro yecto de máxima relación agua/cemento para cuyo control exacto ―in situ‖ no existe aún un método de ensayo confiable. Debe tenerse en cuenta que una relación agua/cemento baja por sí misma no asegura la baja permeabilidad del hormigón ya que hormigones con bajo contenido de finos, pueden tener una baja relación agua/cemento y sin embargo ser altamente permeables. Los valores mínimos de contenido de cemento permiten garantizar que haya suficiente pasta y finos que envuelva los áridos, rellene los vacíos en tre éstos y mantenga una adecuada compacidad. Los valores de *f***ck** de la Tabla corresponden a hormigones sin aditivos incorporadores de aire. Los valores de *f***ck** en el caso de hormigones con aditivos incorporadores de aire, para relaciones agua/cemento similares, disminuyen en 5 MPa o más. Los hormigones con aire incorporado es posible que con valores de relación agua/cemento superiores a los indicados en esta Tabla, puedan presentar mayores grados de impermeabilidad o resistencia al paso al agua y a los agent es agresivos, pero en este caso hay que establecer científicamente y documentar la fundamentación de estos casos. El contenido real de aire incorporado en el hormigón se determina bajo los requerimientos de la norma NC ISO 1920- 2.

Los valores de porosidad efectiva y de velocidad de absorción capilar se podrán determinar tanto para verificar el desempeño de los hormigones diseñados en el laboratorio, como para los hormigones ya colocados en las estructuras, mediante testigos extraídos de las mismas.

Cuando el hormigón va a quedar expuesto a efectos de abrasión y/o cavitación, se utilizará una resistencia mínima a compresión especificada por proyecto de 30 MPa y se empleará como árido fino una arena con un porcentaje elevado de sílice (superior al 70 %), el árido grueso deberá tener un coeficiente obtenido por el ensayo de Los Ángeles inferior a 30 y el tiempo de curado del hormigón deberá extenderse un 50 % más al aplicado normalmente (Ver Apartado 10.9.5).

Si el hormigón cumple los valores límites establecidos, el hormigón de la estructura se considera que satisface los requerimientos de durabilidad para la utilización prevista dentro de las condiciones ambientales específicas, siempre que:

- El hormigón haya sido apropiadamente colocado, compactado y curado, sin la formación de juntas frías, fisuras o grietas.

- El hormigón tiene el recubrimiento mínimo requerido para el acero de refuerzo, para la condición medio ambiental específica en que trabajará

- Fue seleccionado de forma correcta el tipo de exposición

- Es aplicado el mantenimiento preventivo especificado

NOTA 4: Previo acuerdo entre el usuario y el productor de hormigón se pueden establecer otros requerimientos de ensayos alternativos (Ver Apartado 6.5.3) que permitan valorar la durabilidad del hormigón ante determinados ambientes agresivos, como por ejemplo el ensayo de penetración de agua bajo presión (NC-ISO 1920-5), métodos electroquímicos de ensayos para evaluar la corrosión del acero de refuerzo, métodos acelerados para determinar la penetración de cloruros (NC 344), la profundidad de carbonatación (NC 355) y otros.

**NC 120: 2014**  **NC**

**6.3.3 Métodos de proyecto basados en criterios de desempeño**

Los requerimientos respecto a los tipos de exposición pueden ser establecidos también utilizando métodos de proyecto basados en criterios de desempeño respecto a la durabilidad, y especificarse en términos de parámetros relativos al desempeño. En el Anexo C se da una serie de indicaciones para el uso de estos métodos de proyecto basados en criterios de desempeño en relación con la durabilidad.

**6.4 Requisitos para el hormigón fresco**

**6.4.1 Consistencia**

Cuando se determina la consistencia del hormigón, ésta será medida por medio de:

- El ensayo de Asentamiento por el Cono de acuerdo con la NC-ISO 1920-2

- El ensayo por el Consistómetro VeBe de acuerdo con la NC-ISO 1920-2

- El ensayo por la Tabla de Fluidez de acuerdo con la NC-ISO 1920-2

- O bien mediante un método de ensayo específico acordado previamente entre el usuario y el productor del hormigón en el caso concreto de aplicaciones especiales (por ejemplo un hormigón de consistencia de tierra húmeda para la tecnología del hormigón compactado con rodillos)

Teniendo en cuenta la falta de sensibilidad de los métodos fuera de ciertos valores de consistencia, es recomendable utilizar los ensayos indicados dentro de los siguientes límites:

- El ensayo de Asentamiento por el Cono para  10 mm y  210 mm

- El Consistómetro VeBe para  30 s y  5 s.

- La Tabla de Fluidez para  340 mm y  620 mm

Cuando se determina la consistencia del hormigón, éste será ensayado en el momento de su utilización o en el caso del hormigón premezclado, en el momento de la entrega.

Si el hormigón es entregado en un camión hormigonera o en un camión agitador, la consistencia puede medirse sobre una muestra puntual obtenida de la descarga inicial. La muestra puntual se tomará una vez que se haya descargado aproximadamente 0,3 m3.

La consistencia se especificará de acuerdo con los Tipos establecidos en el Apartado 5.2.1 o en casos especiales por un valor nominal. En este último caso las tolerancias serán las indicadas en la Tabla 12.

 **NC NC 120: 2014**

**Tabla 12 —Tolerancias relativas para valores fijos de consistencia**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Asentamiento por el Cono** |  | | |
| Rango de los valores fijados (mm) |  40 | 50 a 90 |  100 |
| Tolerancias (mm) |  10 |  20 |  30 |
| **Consistómetro VeBe** |  | | |
| Rango de los valores fijados (s) |  11 | 10 a 6 |  5 |
| Tolerancias (s) |  3 |  2 |  1 |
| **Mesa de Fluidez** |  | | |
| Rango de los valores fijados (mm) | Todos los valores | | |
| Tolerancias (mm). |  30 | | |

**6.4.2 Contenido de cemento y relación agua/cemento**

Cuando se determina el contenido de cemento, de agua o de adición, la cantidad será tomada como un reporte de la salida de báscula, en forma impresa o, en el caso en que no se utilicen equipos capaces de entregar este reporte, del registro de producción en conexión con la Tabla de dosificaciones.

La relación agua/cemento se calcula como el cociente entre el contenido efectivo de agua en la mezcla (Ver Apartado 6.1.4) y el contenido real de cemento (obtenido por salida de báscula). Cuando se emplean aditivos en fase líquida se tendrá en cuenta lo indicado en el Apartado 6.2.6.

Cuando la dosificación del hormigón es gravimétrica (por pesos), el contenido efectivo de agua en la mezcla se calcula como el agua total añadida (por reporte de salida de báscula, que a su vez ya tiene en cuenta el ajuste por la humedad de los áridos) menos el agua que puede ser absorbida por los áridos (absorción efectiva).

La absorción de los áridos se determina por el método establecido en las NC 186 y NC 187, pero en este caso para determinar la absorción efectiva es recomendable tomar un tiempo máximo de saturación de 30 minutos para áridos de hormigones de densidad normal y de alta densidad. En el caso de los áridos ligeros es recomendable tomar un tiempo de 60 minutos y en este caso se parte de su condición natural de humedad al ser utilizado.

La absorción efectiva de los áridos se determina en función del método utilizado en el campo para determinar su humedad:

a) Cuando se determina la humedad total de los áridos finos y gruesos, según los requerimientos de la NC 755.



Dónde:

(%)

: Capacidad total de absorción de cada tipo de árido en porcentaje de su peso, para un tiempo de saturación de 30 minutos (áridos densos y de alta densidad) o de 60 minutos (áridos ligeros).



: Humedad total del árido en porcentaje de su peso, determinada por algún método de ensayo confiable en el campo.



**NC 120: 2014**  **NC**

El valor de la Absorción efectiva tiene que ser positivo, pues en el caso de valores negativos se indica que el árido no absorbe, sino aporta agua a la mezcla. Entonces el valor del agua total absorbida por los áridos será la sumatoria del producto de los pesos de los áridos en la dosificación por el valor de sus absorciones efectivas correspondientes.

b) Cuando se determina la humedad superficial del árido fino, existirá absorción efectiva de la arena sólo si el valor de su humedad superficial da negativo. En este caso el agua total absorbida por la arena será el producto de dicho valor por el peso total de arena en la dosificación.

Cuando la dosificación del hormigón es volumétrica (por volúmenes), como es el caso de la preparación a pie de obra en hormigoneras estacionarias o remolcables, se determina el grado de entumecimiento de la arena (variación que sufre la arena humedecida respecto a su estado seco) y en este caso no es posible determinar la absorción efectiva del árido, por lo que el contenido efectivo de agua en la mezcla se calcula como el agua total añadida (a la que ya se le debe haber restado el volumen de agua que incorpora la arena en su entumecimiento).

Cuando el contenido mínimo de cemento es reemplazado por el contenido mínimo de cemento + adición, o la relación agua/cemento es reemplazada por la relación agua/(cemento + k x adición) o por la relación agua/(cemento + adición) (Ver Apartado 6.2.5) el método se aplicará con las modificaciones necesarias.

Ningún valor individual de la relación agua/cemento determinada podrá estar por encima del valor límite especificado en más de 0,02.

Cuando se exija determinar mediante ensayos el contenido de cemento, el contenido de adición o la relación agua/cemento de la mezcla fresca de hormigón, el método utilizado y las tolerancias, en las mediciones, serán acordados previamente entre el usuario y el productor del hormigón.

**6.4.3 Contenido de aire de la mezcla fresca**

La determinación del contenido de aire de la mezcla fresca se podrá hacer para los hormigones de densidad normal o los hormigones pesados, por el método volumétrico o preferiblemente por el método de la presión, según la NC-ISO 1920-2.

El contenido de aire se especifica por un valor mínimo. El límite superior del contenido de aire será el valor mínimo especificado más un 4 % del valor absoluto.

**6.4.4 Tamaño máximo del árido**

El ensayo de determinación del tamaño máximo nominal del árido en la mezcla fresca de hormigón se hará de acuerdo con los requerimientos de la NC 251

El tamaño máximo nominal del árido nunca será mayor que el especificado.

**6.5 Requisitos para el hormigón endurecido**

**6.5.1 Resistencias mecánicas**

 **NC NC 120: 2014**

**6.5.1.1 Generalidades**

Las resistencias mecánicas son determinadas sobre la base del ensayo de probetas cilíndricas de

150 mm de diámetro y 300 mm de altura, elaboradas y curadas de acuerdo con la NC-ISO 1920-3 y ensayadas según la NC 724.

Para evaluar las resistencias mecánicas se podrán utilizar otras medidas de probetas cilíndricas y otros regímenes de curado, siempre que se establezcan de forma adecuada las correlaciones con los parámetros normalizados con suficiente aproximación y de forma bien documentada.

**6.5.1.2 Resistencia a compresión del hormigón**

La resistencia media a compresión del hormigón de un lote, se expresará como *f***cm** y la característica como *f***ck** , utilizando probetas cilíndricas de acuerdo con la NC-ISO 1920- 3. Si se utilizase otro procedimiento diferente, éste deberá acordarse entre el usuario y el productor del hormigón.

A menos que se especifique otro requisito, la resistencia a compresión se determina sobre probetas ensayadas a los 28 días de edad. Para usos particulares puede ser necesario especificar la resistencia a compresión a edades más tempranas o posteriores a los 28 días (por ejemplo para grandes elementos masivos), o después de un curado bajo condiciones especiales (como por ejemplo el tratamiento térmico).

La resistencia característica a compresión del hormigón obtenida, será igual o superior a la resistencia característica a compresión especificada, o sea la requerida según los tipos de resistencia a compresión indicados en las Tabla 7 y Tabla 8.

Sólo se podrá estimar la resistencia a compresión del hormigón a 28 días, a partir de la resistencia obtenidas a edades más tempranas si se cuenta con estudios de correlación actualizados y esto sólo se podrá utilizar a efectos del control interno del productor y no para certificar la calidad del hormigón producido, salvo que se logre algún otro acuerdo específico con los usuarios.

En los casos en que los ensayos de resistencia a compresión sobre las probetas normalizadas no brinden valores realmente representativos del hormigón en la estructura, como sucede con los hormigones de consistencia muy seca (más seca que el tipo A1), o se modifica el método de ensayo a utilizar o se evalúa la resistencia a compresión del hormigón endurecido en la estructura o en el elemento estructural empleando para ello la extracción y ensayo de testigos, según la NC

318 o la realización de ensayos no destructivos (esclerometría y ultrasonido según la NC-ISO

1920-7 u otros)

**6.5.1.3 Resistencia a la tracción indirecta del hormigón (Método brasileño)**

A menos que se especifique otro requisito, la resistencia a la tracción indirecta del hormigón

(Método brasileño) se determinará sobre probetas ensayadas a la edad de 28 días, según la NC

724

La resistencia característica obtenida a la tracción indirecta del hormigón será igual o mayor que la resistencia característica especificada a la tracción indirecta (*f***tsk)**.

**NC 120: 2014**  **NC**

**6.5.1.4 Resistencia a flexión del hormigón**

En ciertas obras o en algunas de sus partes, se puede exigir la determinación de la resistencia a flexión del hormigón, mediante los ensayos normalizados en la NC 724.

NOTA 5: Cuando se deseen obtener correlaciones confiables entre los ensayos de resistencia a la tracción indirecta y de resistencia a la flexión, con la resistencia a compresión del hormigón, así como ensayos de correlación entre la resistencia a la tracción indirecta y la resistencia a la flexión del hormigón, se requiere de una adecuada compactación de las probetas de ensayos por capas a fin de garantizar una correcta homogeneidad del hormigón y el empleo de áridos limpios (no contaminados) a fin de garantizar la adherencia árido-pasta.

**6.5.2 Densidad**

La densidad del hormigón endurecido se determina en estado seco en estufa hasta peso constante, según los requerimientos de la NC-ISO 1920-5.

De acuerdo con su densidad seca, el hormigón puede ser de densidad normal, ligero o de alta densidad.

Para un hormigón de densidad normal, la densidad en estado seco en estufa hasta peso constante será mayor de 2000 kg/m3 y no excederá de 2600 kg/m3. Para un hormigón ligero, la densidad en estado seco hasta peso constante estará dentro de los valores límites para el tipo de densidad especificada según la Tabla 9. Para un hormigón de alta densidad, la densidad en estado seco hasta peso constante será mayor de 2600 kg/m3. En los casos en que la densidad está indicada con un valor concreto, se aplicará una tolerancia de  100 kg/m3.

**6.5.3 Porosidad efectiva y velocidad de absorción (Sorptividad)**

La porosidad efectiva del hormigón, determinada por el método de ensayo establecido en la Norma Cubana NC 345 y la velocidad de absorción capilar (Sorptividad) según los requerimientos de la Norma Cubana NC 967, son parámetros que miden el desempeño por durabilidad tanto en el proceso de diseño de las mezclas de hormigón, mediante las probetas cilíndricas obtenidas a escala de laboratorio y curadas, como en los hormigones ya colocados, compactados y curados en las estructuras, mediante testigos extraídos de las mismas, a edades nunca inferiores a 28 días. Los valores a alcanzar son límites superiores y están indicados en la Tabla 11.

**6.5.4 Resistencia a la penetración del agua bajo presión**

En los casos en que se exija la determinación de la resistencia a la penetración del agua bajo presión sobre probetas de ensayo se empleará el método establecido en la NC-ISO 1920-5, este método de ensayo es particularmente recomendado en el caso de estructuras de hormigón sometidas a presión de agua, como es el caso de los reservorios de líquidos.

Cualquier otro método de ensayo utilizado y el criterio de conformidad de los resultados de los mismos serán acordados entre el productor y el usuario del hormigón.

 **NC NC 120: 2014**

**6.5.5 Desempeño ante el fuego**

El hormigón fabricado con áridos naturales que estén conforme a lo establecido en el Apartado

6.1.3, con cemento que esté conforme a lo establecido en el Apartado 6.1.2, con adiciones que cumplan lo establecido en el Apartado 6.1.6, con aditivos que estén conforme a lo establecido en el Apartado 6.1.5 y que posea otros materiales minerales que estén conforme a lo establecido en el Apartado 6.1.1, cumplirá con una adecuada reacción ante el fuego y no requiere de ensayos específicos.

**7 Especificación del hormigón**

**7.1 Generalidades**

El usuario del hormigón deberá asegurarse de que se incluyan dentro de las especificaciones que se le entregarán al productor, todos los requisitos que sean relevantes para la obtención de las propiedades del hormigón. El usuario especificará además cualquier otro requisito adicional de las propiedades del hormigón que considere necesario para la transportación antes de la entrega, el vertido, la compactación, el curado, la terminación de la superficie y cualquier otro tratamiento posterior. La especificación incluirá en caso necesario cualquier requisito especial (por ejemplo la obtención de un acabado arquitectónico).

El usuario del hormigón deberá tener en cuenta:

- La utilización del hormigón fresco y endurecido;

- las condiciones de curado;

- las dimensiones de la estructura (desarrollo del calor de hidratación)

- las acciones ambientales a las cuales estará expuesta la estructura

- cualquier requerimiento referido a áridos expuestos o terminación superficial con herramientas

- cualquier requerimiento relativo al espesor de recubrimiento del acero de refuerzo, la distancia mínima entre barras o el ancho mínimo de la sección (por ejemplo el tamaño máximo nominal del árido)

- cualquier limitación al uso de materiales constituyentes de idoneidad establecida, por ejemplo en dependencia del tipo de exposición.

Sólo en el caso en que se considere estrictamente necesario se establecerán entornos restringidos para los materiales componentes.

Las bases para el diseño de la composición del hormigón serán resultado de los ensayos iniciales, cuyas especificaciones se detallan en el Anexo A, o de la información obtenida a partir de una vasta experiencia con hormigones comparables, teniendo siempre en cuenta el cumplimiento de los requisitos básicos para los materiales componentes (Ver Apartado 6.1) y para la composición del hormigón (Ver Apartado 6.2 y Apartado 6.3.2)

**NC 120: 2014**  **NC**

**7.2 Especificaciones para el diseño de la mezcla de hormigón**

**7.2.1 Requisitos básicos**

Las especificaciones incluirán:

a) la indicación de que debe cumplirse con esta Norma;

b) el tipo de resistencia a compresión o el valor de resistencia a tracción indirecta o a flexión; c) el tipo o tipos de exposición a que va a estar sometida la estructura (Ver Apartado 6.3.2); d) tamaño máximo nominal del árido;

e) contenido máximo de cloruros según la Tabla 10.

f) valor nominal de la consistencia con sus tolerancias. g) Porosidad efectiva

h) Velocidad de absorción capilar (Sorptividad)

Adicionalmente, para los hormigones ligeros:

i) tipo de densidad o valor nominal de la misma

Adicionalmente, para hormigones pesados:

j) valor nominal de la densidad

**7.2.2 Requisitos adicionales**

Cuando sea necesario, se pueden especificar los siguientes aspectos utilizando requisitos de desempeño y métodos de ensayos:

- tipos especiales de cemento (por ejemplo cemento de bajo calor de hidratación);

- tipos especiales de áridos (en este caso la composición para minimizar los efectos perjudiciales de una reacción árido álcali es responsabilidad del usuario del hormigón);

- características exigidas en el hormigón, como por ejemplo contenido mínimo de aire incorporado (en este caso el usuario del hormigón antes de especificar el contenido de aire incorporado en el momento de la entrega, deberá tener en cuenta la posible pérdida de aire que puede experimentar el hormigón en las operaciones posteriores de bombeo, el vertido, la compactación de la mezcla, etc.);

- desarrollo de la resistencia

- desarrollo de calor durante el proceso de hidratación;

- retraso del fraguado;

- resistencia a la penetración del agua o un valor máximo de absorción capilar;

 **NC NC 120: 2014**

- resistencia a la tracción indirecta (Ver Apartado 6.5.1.3);

- otros requisitos técnicos (como por ejemplo requisitos relativos a lograr una terminación especial de la superficie o un método especial de vertido de la mezcla)

**8 Entrega del hormigón fresco**

**8.1 Información del usuario al productor del hormigón**

El usuario acordará previamente con el productor, la fecha, tiempo y el ritmo o flujo (m3/h) de entrega de la mezcla y cuando se considere apropiado coordinará con el productor acerca de:

- Transportes especiales de la mezcla en el lugar;

- métodos especiales de vertido de la mezcla;

- limitaciones acerca de los vehículos de entrega de la mezcla, como por ejemplo el tipo (equipo agitador o no agitador), la capacidad de carga, las dimensiones, la altura o el peso total.

**8.2 Información del productor del hormigón al usuario**

El usuario puede pedir información sobre la composición del hormigón, que le permita efectuar un adecuado vertido y curado del hormigón fresco, así como la estimación del desarrollo de sus resistencias. Cuando se solicite, el productor proporcionará esta información antes de la entrega.

La información que se suministrará cuando se pida será:

a) Tipo y resistencia del cemento y tipo de áridos;

b) tipo de aditivos, marca y contenido aproximado por peso de cemento;

c) valor nominal de la relación agua/cemento;

d) resultados de los ensayos previos del hormigón, por ejemplo procedentes del control de producción o de los ensayos iniciales;

e) desarrollo de las resistencias;

f) procedencia de los materiales constituyentes

En el caso del hormigón premezclado, este tipo de información puede ser suministrada, cuando se solicite, por referencia al catálogo de los diseños de mezclas de hormigón del productor si lo hubiere, en el que se recojan datos relativos a los tipos de resistencia, tipos de consistencia, peso de las dosificaciones, así como otros datos de interés.

Para la determinación del tiempo de curado, puede aportarse información del desarrollo de las resistencias del hormigón por medio de curvas de evolución de la resistencia a 3, 7 y 28 días, para una temperatura media preestablecida.

**NC 120: 2014**  **NC**

El productor de hormigón le informará oportunamente al usuario de los posibles riesgos para la salud que puedan ocurrir durante las operaciones de manipulación del hormigón fresco.

**8.3 Certificado de suministro para el hormigón premezclado**

En la entrega, el productor le entregará al usuario un Certificado de suministro por cada carga de hormigón fresco en el cual estará impresa, estampada o escrita la siguiente información:

- Nombre de la planta preparadora de hormigón;

- número de serie del Certificado;

- fecha y hora de la carga, o sea la hora del primer contacto entre el cemento y el agua;

- número de la chapa del vehículo;

- nombre del comprador o usuario;

- nombre y localización de la obra;

- detalles o referencias a especificaciones, por ejemplo, número de código, número de orden;

- cantidad de hormigón en metros cúbicos;

- declaración de conformidad con referencia a las especificaciones y con esta norma;

- hora de llegada del hormigón a la obra;

- hora de comienzo de la descarga;

- hora de finalización de la descarga.

- tipo de resistencia del hormigón

- valor nominal de la consistencia con sus tolerancias

- tamaño máximo nominal del árido

Además el certificado de suministro podrá aportar, si se le solicitan, los siguientes detalles:

- tipo de exposición;

- contenido máximo de cloruros;

- valores límites de la composición del hormigón;

- tipo y resistencia del cemento;

- tipo de aditivo químico y de adición;

- propiedades especiales;

- en el caso de hormigón ligero o pesado, el tipo de densidad o valor nominal de la densidad

 **NC NC 120: 2014**

**8.4 Información de suministro para el hormigón producido en la obra**

Es igualmente pertinente que el hormigón producido en la obra cuente también con una información apropiada, como la exigida en el Apartado 8.3 para el Certificado de Suministro, cuando la obra sea grande o se utilicen distintos tipos de hormigón, o cuando la parte que fabrica el hormigón sea distinta a la parte responsable de su puesta en obra.

**8.5 Consistencia del hormigón en la entrega**

En general se prohíbe cualquier adición de agua en el lugar de la entrega. En los casos en que sea necesario efectuar el acomodo (retempering) de la mezcla, se deben añadir aditivos, bajo la responsabilidad del productor y la fiscalización de la dirección técnica de la obra, para llevar la consistencia de la mezcla al valor mínimo especificado para el vertido, siempre que se garantice que no se excedan los valores límites permitidos por la especificación para la relación agua/cemento y que la incorporación del aditivo esté incluida en el diseño del hormigón. En todos los casos deberá anotarse en el Certificado de Suministro de la mezcla la cantidad adicional de aditivo incorporado al camión hormigonera. Para el amasado complementario posterior a la incorporación del aditivo (Ver Apartado 10.8).

La variación de la consistencia de la mezcla de hormigón con el tiempo y la cantidad de aditivo requerida en la obra para retornar el valor del asentamiento de la mezcla al valor acordado con el usuario se estudiará por el productor de hormigón atendiendo a los requerimientos de la norma NC

320.

Si en la obra se añade más aditivo que el requerido para retornar el asentamiento al valor establecido para su colocación, o se haga un nuevo acomodo (retempering) con aditivo por una demora muy prolongada del vertido, la amasada o carga de hormigón será declarada como ―No Conforme‖ en el Certificado de Suministro. La parte que autorizó esta adición será responsable de las consecuencias y así debe quedar reflejado en el Certificado de Suministro y en el Libro de Obra, con la fundamentación, responsabilidad y autoridad de la decisión.

**9 Control de la conformidad y criterio de conformidad**

**9.1 Generalidades**

El control de la conformidad comprende el conjunto de acciones y decisiones a tomar, para comprobar la conformidad del lote de hormigón producido con la especificación. El control de la conformidad es una parte integral del control de producción (Capitulo 10).

Las propiedades del hormigón que se utilizan para el control de la conformidad, son medidas mediante los procedimientos de ensayos apropiados, utilizando los procedimientos normalizados. Los valores reales de las propiedades del hormigón en la estructura pueden diferir de los valores obtenidos por medio de los ensayos, dependiendo por ejemplo, de las dimensiones de las estructuras, del vertido, la compactación, el curado y las condiciones climáticas.

**NC 120: 2014**  **NC**

El plan de muestreo aleatorio y de ensayos, así como los criterios de conformidad, tienen que ser conformes con los procedimientos que se indican en el Apartado 9.2. Estas disposiciones se aplican también al hormigón para elementos prefabricados, a menos que la norma de especificación del producto contenga un grupo de disposiciones equivalentes. Si el usuario del hormigón requiere de frecuencias mayores de muestreo aleatorio, esto será acordado previamente, pero siempre respetando el concepto de que de una amasada solo es posible extraer una muestra. Para las propiedades que no estén cubiertas en estos apartados, el plan de muestreo aleatorio y de los ensayos, el método de ensayo y los criterios de conformidad serán acordados previamente entre el productor del hormigón y el usuario.

El lugar para efectuar el muestreo aleatorio para los ensayos de conformidad se seleccionará de manera que las propiedades pertinentes y la composición del hormigón no experimenten cambios significativos entre éste y el lugar de entrega. En el caso de hormigones ligeros fabricados con áridos que no estén previamente saturados, las muestras serán tomadas en el lugar de la entrega.

En el caso del hormigón premezclado el muestreo se efectuará siempre en la obra.

Cuando los ensayos para el control de producción sean los mismos que los requeridos para el control de conformidad, se permitirá que se tengan en cuenta para la evaluación de conformidad. El usuario del hormigón puede también obtener sus propios resultados del hormigón en el momento de la entrega para la evaluación de la conformidad.

La conformidad o no conformidad se juzga en base a los criterios de conformidad. La no conformidad puede conducir a acciones complementarias en el lugar de fabricación del hormigón y en la obra (Ver Apartado 9.3).

**9.2 Control de conformidad**

**9.2.1 Control de conformidad para la resistencia a compresión**

**9.2.1.1 Generalidades**

Para hormigones de densidad normal y de alta densidad (pesados) de los tipos entre H10 al H65 o para el hormigón ligero de hasta el tipo HL50, el muestreo y ensayo se efectuará sobre cada Diseño de la mezcla de hormigón.

Para el productor del hormigón el plan de muestreo y ensayo y los criterios de conformidad de cada lote de hormigón dependerá de si se trata de una producción inicial o continua y de si se cuenta o no con certificación del Sistema de Gestión de la Calidad del proceso. El concepto de lote y la metodología para el cálculo de la resistencia característica real están definidos en la NC 192.

La producción inicial cubre los lotes de hormigón con menos de 15 resultados de ensayos.

La producción continua cubre los lotes de hormigón con 15 o más resultados de ensayo en un período no superior a los 12 meses.

Si la resistencia del hormigón se solicita para una edad diferente a los 28 días, la conformidad se evaluará sobre probetas ensayadas a dicha edad.

 **NC NC 120: 2014**

**9.2.1.2 Plan de muestreo y ensayos**

El muestreo del hormigón será por selección aleatoria (al azar) y seguirá los requerimientos establecidos en la NC 167. La frecuencia mínima de muestreo y ensayo del hormigón se hará de acuerdo a lo indicado en la Tabla 13, adoptándose la frecuencia que proporcione el mayor número de muestras para la producción inicial o continua, según corresponda.

Con independencia de lo indicado en el Apartado 9.1, las muestras se tomarán después de la adición de cualquier cantidad de aditivos al hormigón, siempre que esta se realice bajo la responsabilidad del productor. Se permitirá la toma de muestras previa a la incorporación del aditivo plastificante o superplastificante, con el fin de ajustar la consistencia (Ver Apartado 8.5), cuando se demuestre y se documente mediante ensayos iniciales, que la incorporación del aditivo en las cantidades previstas, no produce efectos negativos sobre la resistencia del hormigón.

**Tabla 13 — Frecuencia mínima de muestreo para la evaluación de la conformidad**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Producción** | **Frecuencia mínima de muestreo** | |
|  | **Hormigón con certificación del**  **control de producción** | **Hormigón sin certificación del control de**  **producción** |
| Inicial (Cuando se  disponga de más de 6 y no menos de 15 resultados de ensayos) | 1 muestra por cada 100 m3 o 3 muestras en cada semana de producción | 3  1 muestra por cada 50 m o 2 muestras por  cada día de producción |
| Continua (Cuando están disponibles más de 15 resultados de ensayo) | 1 muestra por cada 200 m3 o 2 muestras en cada semana de producción |  |
| NOTA: El valor de la frecuencia mínima de muestreo, debe ser analizado casuísticamente por el productor y el usuario del hormigón y debe definirse a través de las especificaciones internas y las relaciones contractuales, en función de la importancia de los elementos de hormigón y de la resistencia especificada. | | |

El resultado del ensayo *f***c** será el obtenido a partir del promedio de no menos de 2 probetas (para los estudios de laboratorio) y no menos de 3 probetas (para pruebas de campo), fabricadas a partir de una misma muestra y ensayadas a una misma edad.

La evaluación de valores sospechosos o anormales, tanto de valores individuales de probetas, como de las medias de las series de probetas se efectuará según los requerimientos de la norma NC 192.

**9.2.1.3 Criterios de conformidad para la resistencia a compresión**

La evaluación de la conformidad se hará sobre los resultados de los ensayos efectuados durante un período determinado de evaluación que no excederá de los últimos 12 meses.

La conformidad de la resistencia a compresión del hormigón es evaluada sobre las probetas ensayadas a 28 días (o cualquier otra edad especificada) de acuerdo con lo establecido en el Apartado 6.5.1.2 para:

**NC 120: 2014**  **NC**

- La media o promedio de series de ―n‖ resultados de ensayos consecutivos no solapados *f***cm**

**(**Criterio 1)

- Cada valor individual de ensayo *f***c** (Criterio 2)

Los criterios de conformidad son desarrollados sobre la base de resultados de ensayos no solapados con resultados ya evaluados en un período de tiempo anterior. La aplicación del criterio con el solape de los resultados de ensayo incrementa el riesgo de rechazo. La conformidad es confirmada si ambos criterios dados en la Tabla 14, ya sea para la producción inicial o continua, son satisfechos.

Tanto la desviación típica del lote (*Sn*) como el coeficiente de variación (*Vn*) serán calculados para no menos de 6 resultados consecutivos de ensayos en el período de producción durante el cual ha de comprobarse la conformidad y preferiblemente para no menos de 15 resultados consecutivos de ensayos en un período no mayor de 3 meses. Estos valores se tomarán como estimaciones de la desviación típica () y del coeficiente de variación (V) de la población. La validez de los valores adoptados tendrá que verificarse para los siguientes períodos de producción.

**Tabla 14 — Criterio de conformidad para la resistencia a compresión**

**cm c**

 

**1**  ***t* .*V***

 

**1**  **1,34*V***

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Producción** | **Número mínimo de series de probetas de resistencia a compresión evaluadas** | **Criterio 1** | **Criterio 2** |
| **Media (o promedio) de**  **los resultados, *f***  **(MPa)** | **Cualquier valor individual de**  **los resultados de ensayo *f***  **(MPa)** |
| Inicial para *fck*  34,5 (MPa) | 6 |  ***f*ck + *t*.*S*n** |  *f***ck** - 3,5 |
| Continua para *fck*  34,5 (MPa) | 15 |  ***f*ck + 1,34.*S*n** |  *f***ck** - 3,5 |
| Inicial para *fck*  34,5 (MPa) | 6 | ***f ck***  ***n*** |  0,9 *f***ck** |
| Continua para *fck*  34,5 (MPa) | 15 | ***f ck***  ***n*** |  0,9 *f***ck** |
| NOTA: El valor de *f***ck** corresponde a la resistencia característica especificada en el proyecto para el hormigón a la edad establecida (normalmente a 28 días) . Cuando se cuente con menos de 15 resultados consecutivos de ensayos (y no menos de 6) en lugar del valor 1,34 se tomará el valor del percentil ―t‖ de Student, de acuerdo al número de grados de libertad, según los valores indicados en la Norma NC 192 considerando un nivel de confianza del 90 %, o sea una fracción defectuosa real permisible aproximada del 10 %, de acuerdo a los valores indicados en la Norma NC 192. El Criterio 2 se establece de forma diferenciada para el caso en que la resistencia especificada sea inferior o igual a 34,5 MPa y para el caso en que sea mayor de 34,5 MPa. Se debe recordar que *Sn* se indica en MPa, en tanto que *Vn* se indica en porcentaje. Esta consideración tiene en cuenta la aceptación de valores individuales de ensayos más dispersos para los hormigones de tan elevadas prestaciones. | | | |

 **NC NC 120: 2014**

**9.2.1.4 Criterio de conformidad para la resistencia a compresión en obras con lotes muy pequeños**

Solamente en el caso del control de conformidad ejercido por los usuarios en obras con lotes de hormigón muy pequeños, donde no sea materialmente posible obtener al menos 6 valores de ensayos en un período no mayor de 3 meses, se permitirá adoptar el concepto de la ―media móvil‖. En este caso se considerará conforme el lote que cumpla con los siguientes requisitos:

- La media o promedio de todas las series de tres valores de ensayos consecutivos a compresión será siempre igual o mayor que la resistencia especificada a compresión *f***ck** (Criterio 1)

- Cada valor individual de ensayo a compresión será  *f***ck** - 3,5 para *f***ck**  34,5 MPa y será  0,9 *f***ck** para *f***ck**  34,5 MPa (Criterio2)

NOTA: Para una obra en que por ejemplo se realicen 5 ensayos, las medias o promedios resultantes correspondientes a 3 ensayos consecutivos, o sea, la media móvil son:

Media 1: promedio de las series 1, 2 y 3

Media 2: promedio de las series 2, 3 y 4

Media 3: promedio de las series 3, 4 y 5

Cada una de las cuales deben cumplir el requisito del Criterio 1

Además cada valor de estas series, o sea, el promedio de 3 ensayos consecutivos deberá cumplir con el

Criterio 2.

**9.2.2 Control de la conformidad para la resistencia a la tracción indirecta**

**9.2.2.1 Generalidades**

Se aplicará el Apartado 9.2.1.1

**9.3.2 Plan de muestreo y ensayos**

Se aplica el Apartado 9.2.1.2

**9.2.2.3 Criterio de conformidad para la resistencia a la tracción indirecta**

Cuando se especifica la resistencia a la tracción indirecta del hormigón *f***tsk**, la valoración de la conformidad se hará sobre los resultados de los ensayos efectuados durante un período de evaluación que no excederá de los últimos 12 meses.

La conformidad de la resistencia a la tracción indirecta del hormigón es evaluada sobre probetas ensayadas a 28 días a menos que se especifique otra cosa de acuerdo con el Apartado 6.5.1.3 para:

- grupos de ―n‖ resultados de ensayo consecutivos no solapados *f***tsm** (Criterio 1);

- cada resultado de ensayo individual *f***ts** (Criterio 2).

La conformidad con la resistencia característica a tracción indirecta *f***tsk** se confirma si los resultados de los ensayos satisfacen los dos criterios dados en la Tabla 15 para la producción inicial o continua, según corresponda.

**NC 120: 2014**  **NC**

**Tabla 15 — Criterio de conformidad para la resistencia a tracción indirecta**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Producción** | **Número mínimo de**  **series de probetas evaluadas** | **Criterio 1** | **Criterio 2** |
|  |  | **Media (o promedio) de**  **los resultados *f*tsm**  **(MPa)** | **Cualquier valor**  **individual de ensayo *f*ts**  **(MPa)** |
| Inicial | 6 |  *f***tsk** + t.*S*n |  *f***ts** - 0,5 |
| Continua | 15 |  *f***tsk** +1,34. *S*n |  *f***ts** - 0,5 |

Los aspectos tratados en el Apartado 9.2.1.3 para la desviación típica son aplicables consecuentemente.

**9.2.3 Control de la conformidad para otras propiedades diferentes a las resistencias mecánicas**

**9.2.3.1 Plan de muestreo y ensayos**

El muestreo del hormigón será efectuado aleatoriamente y de acuerdo con lo establecido en la NC

167. El número mínimo de muestras a tomar y los métodos de ensayo estarán de acuerdo con lo indicado en las Tabla 16 y Tabla 17.

**9.2.3.2 Criterio de conformidad para otras propiedades diferentes a las resistencias mecánicas**

Cuando se especifican otras propiedades del hormigón distintas a la resistencia, las evaluaciones de la conformidad se harán durante la producción en un período de evaluación que no excederá de los últimos 12 meses.

La conformidad del hormigón se basa en contar el número de resultados obtenidos en el período de evaluación, que caen fuera de los valores límites especificados, de los tipos límites o de las tolerancias respecto a un valor nominal y en su comparación con el número máximo permitido (método de control por atributos).

La conformidad con la propiedad requerida se confirma si:

- El número de resultados de ensayo que caen fuera del valor límite especificado, de los tipos límites, o de la tolerancia de un valor nominal, según corresponda, no superan al número de aceptación dado en las Tabla 18a o Tabla 18b tal según se indica en las Tabla 16 y Tabla 17. Alternativamente este requisito puede basarse en un control por variables según la norma ISO

3951 Tabla II - A (AQL = 4 %), donde el número de aceptación se refiere a la Tabla 18a.

- Todos los resultados de ensayos individuales están dentro de la desviación máxima admisible indicada en las Tabla 16 ó Tabla 17.

 **NC NC 120: 2014**

**9.3 Acciones en caso de no conformidad del producto**

Se tomarán las siguientes acciones por parte del productor de hormigón en el caso de la no conformidad:

- Comprobar los resultados de ensayo y si no son válidos, adoptar las medidas necesarias para eliminar los errores;

- si se confirma la no conformidad (por ejemplo mediante ensayos de alguna contraparte autorizada o acreditada), hay que adoptar acciones correctoras en el diseño de la mezcla, incluyendo la revisión por parte de la dirección de los procedimientos de control de producción pertinentes;

- cuando se ha confirmado una no conformidad con la especificación, que resulte evidente en el momento de la entrega, el productor deberá informar inmediatamente al usuario para evitar cualquier daño.

- Registrar las acciones realizadas correspondientes a los Apartados anteriores.

Si la no conformidad del hormigón se produce por la incorporación de agua o de aditivos en obra (Ver Apartado 8.5), el productor sólo tomará medidas en el caso de que fuese él quien autorizó tal adición.

Si el productor es informado de la no conformidad del hormigón, o si los resultados de los ensayos de conformidad no cumplen los requisitos establecidos, pueden solicitarse ensayos complementarios a partir de probetas testigos extraídas de la estructura o elemento, o una combinación de ensayos sobre probetas testigos y ensayos no destructivos con el objetivo de medir la desviación de la magnitud que se mide (resistencia a la compresión a la edad indicada u otra) con relación al requisito establecido y definir las acciones correctivas desde el punto de vista constructivo por parte de la entidad proyectista al constructor, lo cual debe registrarse por escrito y plasmarse en el Libro de Obra con responsabilidad y autoridad de su definición y ejecución.

**NC 120: 2014**  **NC**

**Tabla 16 — Criterio de conformidad para otras propiedades diferentes a las resistencias mecánicas**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Propiedad | Método de ensayo o de determinación | Número mínimo de muestras o determinaciones | Número de aceptación | Desviación máxima permitida de  los resultados de ensayos individuales respecto a los límites del tipo especificado o respecto a las tolerancias de los valores nominales | |
|  |  |  |  | Límite inferior | Límite superior |
| Densidad del  hormigón de alta densidad (pesado) | NC-ISO 1920-5 | Como en la Tabla 14 para la resistencia a compresión | (Ver Tabla  18a) | - 30 kg/m3 | Sin límitea) |
| Densidad del hormigón ligero | NC-ISO 1920-5 | Como en la Tabla 14  para la resistencia a compresión | (Ver Tabla  18a) | 3  - 30 kg/m | 3  + 30 kg/m |
| Relación  agua/cemento | (Ver Apartado  6.3.2) | 1 determinación al día | (Ver Tabla  18a) | a)  Sin límite | 0,02 |
| Contenido de cemento | (Ver Apartado  6.3.2) | 1 determinación al día | (Ver Tabla  18a) | 3  - 10 kg/m | Sin límitea) |
| Porosidad  efectiva | NC 345 | Para cada diseño de  mezcla de hormigón | 0 | a)  Sin límite | Sin límitea) |
| Velocidad de  absorción capilar | NC 967 | Para cada diseño de mezcla de hormigón | 0 | Sin límitea) | Sin límitea) |
| Contenido de  aire en un hormigón con aire ocluido | NC-ISO 1920- 2 | 1 muestra por día de producción cuando se estabilice | (Ver Tabla  18a) | - 0,5 % del valor absoluto | + 1,0 % del valor absoluto |
| Contenido de cloruros del hormigón | NC 272 | La determinación se hará para cada composición de hormigón y se repetirá  si hay un incremento  en el contenido de cloruros de cualquiera de los constituyentes | 0 | Sin límitea) | No se permiten valores superiores |
| a) A menos que los límites estén especificados | | | | | |

 **NC NC 120: 2014**

**Tabla 17 — Criterio de conformidad para la consistencia**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Método de ensayo** | | **Número mínimo de muestras o determinaciones** | **Criterio de aceptación** | **Desviación máxima admisiblea) de los resultados de ensayos individuales con relación a**  **los límites de los tipos especificados, o a las tolerancias de los valores nominales** | |
|  | |  |  | **Límite**  **inferior** | **Límite**  **superior** |
| Inspección visual | Comparación de su  aspecto con el de un hormigón con la consistencia especificada | Cada amasada; cada carga en el caso del hormigón premezclado | — | — | — |
| Asentamiento | Según NC-ISO  1920-2 | 1) Frecuencia  indicada en la Tabla 13 para la resistencia a compresión  2) Cuando se controle el contenido de aire  3) En caso de dudas a partir de la inspección visual | (Ver Tabla  18b) | - 10 mm | + 20 mm |
|  |  | 4) |  | - 20 mmb) | + 30 mmb) |
| Tiempo según el  consistómetro  VeBe | Según NC-ISO  1920-2 |  | (Ver Tabla  18b) | - 4 s | + 2 s |
|  |  |  |  | - 6 sb) | + 4 sb) |
| Fluidez | Según NC-ISO  1920-2 |  | (Ver Tabla  18b) | - 15 mm | + 30 mm |
|  |  |  |  | - 25 mmb) | + 40 mmb) |
| a) Estas desviaciones no se aplican cuando no exista límite superior o inferior en el tipo de consistencia pertinente  b) Aplicable únicamente para ensayo de consistencia en el momento de la descarga inicial del camión hormigonera (Ver Apartado 5.4.1) | | | | | |

**10 Control de producción**

**10.1 Generalidades**

Todos los hormigones estarán sujetos a un control de producción bajo la responsabilidad del productor.

El control de la producción comprende todas las medidas necesarias para mantener y regular las propiedades del hormigón, en conformidad con los requisitos especificados e incluye:

- la selección de los materiales;

**NC 120: 2014**  **NC**

- el diseño de la mezcla de hormigón;

- la producción del hormigón;

- las inspecciones y ensayos;

- la utilización de los resultados de ensayo sobre los materiales constituyentes, sobre el hormigón fresco y endurecido y sobre los equipos;

- cuando sea pertinente, las inspecciones de los equipos utilizados en el transporte de la mezcla fresca;

- el control de la conformidad para aquellas disposiciones dadas en el Capítulo 8.

En este apartado se incluyen los requisitos para otros aspectos del control de producción. Estos requisitos deberán considerarse teniendo en cuenta el tipo y tamaño de la producción, el de la obra, los equipos particulares, los procedimientos y reglas en vigor en el lugar de producción y utilización del hormigón. Pueden ser necesarios requisitos adicionales debido a circunstancias especiales en el lugar de fabricación, o por requisitos específicos para ciertas estructuras o elementos estructurales.

El Capitulo 10 tiene en cuenta los principios de la norma NC ISO 9001.

**10.2 Sistemas de control de producción**

La responsabilidad, autoridad y la interrelación de todo el personal a cargo de la gestión, la ejecución y la verificación de los trabajos que afectan a la calidad del hormigón estarán definidas en un sistema de control de producción documentado mediante un Manual de Control de Producción. Esto afecta particularmente al personal que necesita una cierta libertad de organización y de un cierto poder de decisión para minimizar el riesgo de hormigones no conformes, y para identificar y registrar cualquier problema de calidad.

El sistema de control de producción será revisado como mínimo cada dos años por la alta dirección del productor para asegurar la idoneidad y efectividad del sistema. Hay que mantener registros de tales revisiones al menos durante 3 años, a menos que las disposiciones legales exijan un período mayor.

 **NC NC 120: 2014**

**Tablas 18a y 18b — Números de aceptación para el criterio de la conformidad de otras propiedades del hormigón diferentes a las resistencias mecánicas**

|  |  |
| --- | --- |
| **Tabla 18b**  **NCA = 15 %** | |
| **Número de resultados de**  **ensayos** | **Número de aceptación** |
| 1 - 2 | 0 |
| 3 - 4 | 1 |
| 5 - 7 | 2 |
| 8 - 12 | 3 |
| 13 - 19 | 5 |
| 20 - 31 | 7 |
| 32 - 49 | 10 |
| 50 - 79 | 14 |
| 80 - 100 | 21 |
| Cuando el número de resultados de ensayo exceda de 100, los números de aceptación apropiados se tomarán de la Tabla 2a de la norma NC-ISO  2859- 1 | |

**(NCA: Nivel de Calidad Aceptable)**

|  |  |
| --- | --- |
| **Tabla 18a**  **NCA = 4 %** | |
| **Número de resultados de**  **ensayos** | **Número de aceptación** |
| 1 - 12 | 0 |
| 13 - 19 | 1 |
| 20 - 31 | 2 |
| 32 - 39 | 3 |
| 40 - 49 | 4 |
| 50 - 64 | 5 |
| 65 - 79 | 6 |
| 80 - 94 | 7 |
| 95 - 100 | 8 |
| Cuando el número de resultados de ensayo exceda de 100, los números de aceptación apropiados se tomarán de la Tabla 2a de la norma NC-ISO  2859- 1 | |

**10.3 Registro de los datos y otros documentos**

Todos los datos pertinentes del control de producción serán registrados (Ver Tabla 19). Los registros del control de producción se guardarán al menos durante 3 años, a menos que las disposiciones legales exijan un período mayor.

**10.4 Ensayos**

Los ensayos se realizarán de acuerdo con los métodos indicados en esta norma (método de ensayo de referencia), pudiéndose utilizar otros métodos de ensayo cuando se haya podido establecer una correlación o relación fiable entre los resultados de dichos métodos de ensayo y los resultados de los métodos de referencia. La validez de esta relación fiable deberá verificarse en intervalos adecuados.

Esta verificación deberá realizarse por separado en cada centro de producción a menos que dicha correlación venga dada en normas nacionales o disposiciones válidas en el lugar de uso del hormigón.

El ajuste de las dosificaciones de hormigón por la humedad de los áridos es indispensable. Es preferible el método de ajuste por la humedad total de los áridos finos y gruesos. Sólo en los casos en que no se disponga de los medios necesarios para determinar la humedad total del árido, se puede emplear el método de ajuste por la humedad superficial de las arenas y en el caso de que las dosificaciones se efectúen de forma volumétrica (por volúmenes), como es el caso de la dosificación del hormigón a pie de obra y su preparación en hormigoneras estacionarias o remolcables, el ajuste se efectuará por el método de entumecimiento de la arena (variación de volumen que sufre la arena húmeda respecto a su estado seco).

**NC 120: 2014**  **NC**

**10.5 Dosificación del hormigón y ensayos iniciales**

En el caso de utilizar una nueva dosificación del hormigón, se realizarán ensayos iniciales para obtener un hormigón que alcance las propiedades específicas o el comportamiento previsto con un margen de seguridad adecuado (Ver Anexo A). Cuando se disponga de experiencia a largo plazo con un hormigón similar y fabricado con materiales similares y condiciones sensiblemente iguales, no serán necesarios los ensayos iniciales. Cuando se produzca un cambio significativo en los materiales constituyentes del hormigón deberá volverse a estudiar la dosificación del hormigón.

Se considera que las nuevas dosificaciones de hormigón obtenidas por interpolación entre dosificaciones conocidas, o por extrapolaciones de la resistencia a compresión que no rebasen los

5 MPa, satisfacen los requisitos de ensayos iniciales.

**Tabla 19 — Registro de datos y de otros documentos, cuando corresponda**

|  |  |
| --- | --- |
| **Objetivo** | **Datos registrados y otros documentos** |
| Requerimientos especificados | Especificaciones contractuales o relación de requerimientos |
| Cementos, áridos, aditivos y adiciones | Nombre de los suministradores y procedencias |
| Ensayos al agua de amasado (no es necesario para el agua potable) | Fecha y lugar de muestreo  Resultados de los ensayos |
| Ensayos sobre los materiales constituyentes | Fecha y resultados de los ensayos |
| Composición del hormigón | Descripción del hormigón  Registro de las masas de los materiales componentes en la amasada o carga (por ejemplo el contenido de cemento) Relación agua/cemento  Contenido en cloruros  Porosidad efectiva  Velocidad de absorción capilar  Ajuste de las dosificaciones por la humedad de los áridos |
| Ensayos sobre el hormigón fresco | Fecha y lugar del muestreo aleatorio Localización en la estructura, si se conoce Consistencia (método utilizado y resultados) Densidad, cuando se pida  Temperatura del hormigón, cuando se pida  Contenido de aire, cuando se pida  Volumen de hormigón en la amasada o carga ensayada  Número y código de las probetas para ensayo  Relación agua/cemento, cuando se pida |
| Ensayos sobre el hormigón endurecido | Datos de los ensayos  Código y edades de las probetas  Resultados de los ensayos de densidad y resistencia  Resultados de los ensayos de porosidad efectiva y velocidad de absorción capilar  Observaciones especiales (Por ejemplo defectos observados e inusuales patrones de fallas de las probetas) |
| Evaluación de la conformidad | Conformidad/No conformidad con las especificaciones |
| Adicionalmente, en el caso del hormigón premezclado | Nombre del comprador  Identificación de la obra, por ejemplo lugar de construcción Número y fecha de los Certificados de suministro correspondientes a los ensayos  Certificados de Suministro |
| Adicionalmente en el caso de elementos prefabricados | La norma del producto pertinente, puede exigir datos adicionales  o diferentes |

 **NC NC 120: 2014**

Cuando no se disponga de una estadística confiable previa en el diseño de nuevas dosificaciones de hormigones y muy particularmente en el caso de hormigones producidos a pie de obra, se tomará como resistencia media a compresión el valor indicado en el Capitulo 7 de la norma NC

192.

Las composiciones de hormigón deberán revisarse periódicamente para tener la garantía de que todas las dosificaciones de hormigón siguen siendo conformes con los requisitos en vigor, teniendo en cuenta los cambios en las propiedades de los materiales constituyentes y los resultados de los ensayos de conformidad realizados sobre las mencionadas composiciones.

**10.6 Personal, equipo e instalación**

**10.6.1 Personal**

El conocimiento, la formación y la experiencia del personal involucrado en la fabricación y en el control de producción tienen que ser adecuados al tipo de hormigón, por ejemplo hormigón de alta resistencia, hormigón ligero, etc.

Se conservarán los documentos adecuados relativos a la formación y a la experiencia del personal involucrado en la fabricación y el control de producción.

**10.6.2 Equipos e Instalaciones**

**10.6.2.1 Almacenamiento de los materiales**

Los materiales constituyentes del hormigón se almacenarán y manipularán de manera que sus propiedades mantengan su conformidad con los requisitos correspondientes, por ejemplo por acciones climáticas, íntermezclado, trituración o contaminación.

Los compartimentos de almacenamiento deberán estar claramente identificados con el fin de evitar errores en la utilización de los materiales constituyentes.

Deberán tenerse en cuenta las instrucciones particulares dadas por el suministrador de los materiales constituyentes.

Se preverán dispositivos que permitan la toma de muestras representativas de, por ejemplo los acopios o pilas, los silos y las tolvas.

**10.6.2.2 Equipo de dosificación**

Las características del equipo de dosificación deberán ser tales que, bajo las condiciones habituales de funcionamiento, se alcancen y mantengan las precisiones que se indican en el Apartado 10.7.

En el Anexo D se da una información detallada sobre los requerimientos de exactitud de los equipos de dosificación.

Es recomendable que el número ―n‖ de divisiones de verificación del equipo de pesaje sea:

- Para los aditivos, como mínimo 1000;

- Para el cemento, los áridos, el agua y las adiciones, como mínimo 5000.

**NC 120: 2014**  **NC**

**10.6.2.3 Mezcladoras**

Las mezcladoras serán capaces de conseguir una mezcla uniforme de los materiales constituyentes, así como una consistencia homogénea del hormigón para un tiempo y una capacidad de mezclado dadas.

La capacidad de una hormigonera para producir un mezclado eficiente del hormigón se determinará según los requerimientos de la norma NC 780.

Los camiones hormigoneras y los equipos agitadores estarán preparados de manera que sean capaces de suministrar el hormigón en un estado de mezcla homogéneo. Además, si bajo la responsabilidad del productor del hormigón se tuviera que añadir aditivos en la obra, los camiones hormigoneras dispondrán de algún medio o equipo de medida y que se garantice su distribución adecuada y homogénea.

**10.6.2.4 Equipo de ensayo**

Cuando se requieran para inspecciones y ensayos, de equipos, materiales constituyentes y el propio hormigón, deberán estar disponibles todos los medios, equipos e instrucciones de manejo necesarias.

El equipo de ensayo necesario estará calibrado y listo en el momento del ensayo y el productor realizará un programa de calibración.

**10.7 Dosificación de los materiales componentes**

En el lugar en el que se dosifique el hormigón deberá disponerse de instrucciones de dosificación documentadas que den detalles del tipo y cantidad de los materiales constituyentes.

Para cualquier cantidad de hormigón por encima de 1 metro cúbico, la tolerancia de la dosificación de los materiales constituyentes no rebasará los límites dados en la Tabla 20. Cuando se mezclen o remezclen en camión hormigonera una serie de amasadas, las tolerancias de la Tabla 20 deberán aplicarse a la carga.

**Tabla 20**  **Tolerancias de dosificación de los materiales constituyentes**

|  |  |
| --- | --- |
| **Materiales constituyente** | **Tolerancia** |
| Cemento  Agua  Total de áridos  Adiciones utilizadas en más de un  5 % de la masa de cemento |  3 % de la cantidad requerida |
| Aditivos y adiciones utilizadas en   5 % de la masa de cemento |  5 % de la cantidad requerida |
| NOTA: La tolerancia es la diferencia entre el valor indicado y el valor medido | |

 **NC NC 120: 2014**

Los cementos, áridos y adiciones en forma de polvos serán dosificados de forma gravimétrica (por masa); se admitirá la dosificación por volúmenes sólo cuando se produzca el hormigón en hormigoneras estacionarias, o móviles a pie de obra. El agua de mezclado, los áridos ligeros, los aditivos y las adiciones líquidas pueden ser dosificadas por masa o por volumen.

**10.8 Mezclado del hormigón**

El mezclado de los materiales constituyentes se efectuará en una mezcladora, conforme a lo indicado en el Apartado 10.6.2.3 y se continuará hasta que el hormigón alcance una apariencia uniforme.

Las mezcladoras no se cargarán por encima de su capacidad nominal de mezclado.

NOTA 1: Los hormigones con consistencia final Tipo A1 (seca) por el cono de Abrams, o de más alta consistencia final, sólo podrán ser mezclados en mezcladoras de acción forzada.

En las mezcladoras de acción gravitacional (como es el caso de los camiones hormigoneras) es indispensable mantener un orden de vertido de los materiales dentro de la misma de manera que se garantice un mezclado uniforme y no se adhiera demasiado material a las paletas.

La eficiencia del mezclado de las mezcladoras debe ser medida y registrada con cierta frecuencia y los equipos que no cumplan con los requerimientos mínimos deben ser retirados de la producción y corregidos.

Cuando se utilicen aditivos, estos serán añadidos durante el mezclado principal, excepto para los plastificantes o superplastificantes que se añadirán después del mezclado principal. En este último caso, el hormigón deberá ser remezclado hasta que el aditivo se haya dispersado completamente en la masa y haya alcanzado su plena efectividad.

NOTA 2: En los camiones hormigoneras el mezclado se efectuará a la velocidad correspondiente de la tambora (12 rpm -16 rpm) hasta alcanzar como mínimo las 100 revoluciones de la tambora. La duración del remezclado, cuando sea necesario, se efectuará una vez concluido el proceso principal de mezclado, éste no debe ser menor de 1 min/m3 y nunca menor de 5 minutos después de la adición del aditivo.

Se mantendrá especial cuidado con el tiempo total de permanencia de la mezcla en las tamboras de los

camiones hormigoneras, pues un tiempo excesivo de la mezcla en estado de remoción o mezclado puede provocar la trituración de los áridos y modificaciones en las propiedades del hormigón. Es recomendable que la mezcla no sea sometida a más de 300 revoluciones de la tambora.

En el caso de hormigones ligeros con áridos no saturados, el período de tiempo desde el mezclado inicial y la finalización del mezclado final (por ejemplo, remezclado en camión) se prolongará hasta que el agua absorbida por el árido, y el aire liberado como consecuencia de ello, no tengan una significativa influencia negativa sobre las propiedades del hormigón endurecido.

La composición del hormigón fresco no deberá alterarse una vez haya salido de la mezcladora.

**10.9 Puesta en Obra del hormigón**

Para la puesta en obra del hormigón se cumplirán en general los requerimientos establecidos en la

NC 412 y en la NC 368

**10.9.1 Colocación**

La mezcla de hormigón deberá ser colocada y compactada antes del comienzo de su fraguado inicial. No se permitirá la colocación en obra de amasadas de hormigón que muestren inicio del fraguado.

**NC 120: 2014**  **NC**

Se tomarán las medidas necesarias para evitar la segregación de la mezcla durante el vertido y la colocación. La altura de caída libre de la mezcla no será superior a los 2 m.

No se colocará el hormigón en capas cuyo espesor sea superior al que permita una compactación completa de la masa. Se recomienda que las capas no sean de espesores inferiores a 15 cm, ni superiores a 30 cm.

No se efectuará el hormigonado hasta tanto se obtenga la conformidad de la Dirección de la Obra, una vez que hayan concluido los trabajos preparatorios, que incluyen como mínimo:

- La revisión de la armadura con sus separadores, los insertos y las acometidas

- La revisión del encofrado, su limpieza y estabilidad

- El humedecimiento previo del encofrado y el sustrato (en caso necesario)

El hormigonado de cada elemento se organizará previamente teniendo en cuenta los ritmos o flujos de hormigonado (m3/h) para evitar la formación de juntas frías imprevistas y el control de las deformaciones previsibles de los encofrados.

**10.9.2 Compactación de la mezcla**

Para la compactación del hormigón se cumplirán los requerimientos generales establecidos en la

NC 482.

La compactación del hormigón en la obra se efectuará con los procedimientos adecuados a la consistencia de las mezclas y de manera que se garantice la compacidad máxima, eliminando las oquedades y logrando un perfecto cerrado de la masa, así como una perfecta unión entre las capas, sin producir segregación.

El proceso de compactación se prolongará hasta que refluya la pasta a la superficie y deje salir el aire atrapado.

La compactación será más cuidadosa en los fondos y paredes del encofrado, así como en los vértices y aristas, sin permitir que el dispositivo de compactación entre en contacto directo con el encofrado, ni con el acero de refuerzo.

En la Tabla 21 se indican de manera informativa, los medios de compactación más recomendables a utilizar en dependencia del tipo de consistencia del hormigón.

**Tabla 21**  **Tipo de compactación recomendable del hormigón**

|  |  |
| --- | --- |
| **Tipo de asentamiento**  **(según la Tabla 4)** | **Tipo de compactación**  **recomendable** |
| A1 | Vibrado intensivo |
| A2 | Vibrado normal |
| A3 | Vibrado normal o picado con barra |
| A4 y A5 | Vibrado ligero o picado con barra |

Cuando se utilicen vibradores de superficie el espesor de la capa después de compactada no será mayor de 20 cm.

 **NC NC 120: 2014**

La utilización de vibradores adosados al molde o encofrado será objeto de estudio para garantizar que la vibración se trasmita de forma adecuada al encofrado para producir una completa compactación, evitando la formación de oquedades y capas de menor compacidad.

El revibrado del hormigón también deberá ser objeto de estudio previo y aprobación por la

Dirección Técnica de la Obra.

En los casos de objetos de obra donde sea materialmente imposible efectuar la compactación del hormigón, se podrán utilizar hormigones autonivelantes o autocompactantes, con consistencia tipo A5, pero será imprescindible efectuar estudios previos para comprobar la eficacia de la autocompactación de estos hormigones.

**10.9.3 Juntas de hormigonado**

Las juntas de hormigonado en general estarán previstas en el Proyecto de la estructura, así como la forma de su tratamiento posterior.

Cuando haya necesidad de disponer juntas de hormigonado no previstas en el Proyecto, éstas se ubicarán en los lugares que apruebe la Dirección Técnica de la Obra y no se reanudará el hormigonado sin que hayan sido examinadas y aprobadas, si procede, por la misma. Si el plano de una junta imprevista resulta mal orientado, se demolerá la parte de hormigón necesaria para proporcionar a la superficie la dirección apropiada.

Antes de reanudar el hormigonado se retirará la capa superficial de mortero por medios mecánicos, dejando los áridos al descubierto, pero teniendo mucho cuidado de no producir alteraciones apreciables en la adherencia entre la pasta y el árido grueso, y posteriormente se limpiará la junta de toda suciedad o de los áridos que hayan quedado sueltos y se humedecerá ligeramente, de manera que el hormigón quede en estado saturado pero con la superficie seca. En los casos de hormigones expuestos a agentes agresivos, deberá efectuarse además un tratamiento que evite o mitigue la penetración posterior de estos agentes, como por ejemplo el empleo de selladores, o la impregnación con productos adecuados.

**10.9.4 Hormigonado en condiciones críticas**

Se entiende por condiciones críticas para el hormigonado, la combinación de altas temperaturas, baja humedad relativa y elevada velocidad del viento, que tiende a empeorar las propiedades y prestaciones del hormigón o a conferirle propiedades no deseadas. A tal efecto deberán cumplirse para el hormigonado los requerimientos establecidos en la NC 368.

En condiciones críticas es preferible efectuar el hormigonado en horario nocturno. En horas del día será imprescindible proteger el hormigón recién colocado del sol y especialmente del viento, para evitar una desecación excesiva y comenzar el proceso de curado lo antes posible.

**10.9.5 Curado del hormigón**

Para el curado del hormigón se cumplirán los requerimientos establecidos en la NC 293.

Durante el fraguado y el primer período de endurecimiento del hormigón, hay que mantener la humedad del mismo mediante un adecuado curado, por ello el curado debe aplicarse inmediatamente después de efectuado el vertido, la compactación y terminación de la superficie del elemento de hormigón.

**NC 120: 2014**  **NC**

El curado se prolongará durante el plazo de tiempo necesario, especialmente en función del tipo de cemento y de las adiciones activas (Tipo II) utilizadas.

El mejor método de curado es mantener húmeda la superficie de los elementos de hormigón, mediante riego directo que no produzca el deslavado. El agua utilizada en el proceso de curado deberá cumplir con los mismos requisitos expuestos en el Apartado 6.1.4

En los casos donde no sea materialmente posible efectuar el curado húmedo del hormigón, éste podrá sustituirse por la protección de la superficie con el empleo de la atomización sobre la superficie de sustancias formadoras de membranas plástica, siempre que este método ofrezca las garantías necesarias para el logro de la retención de la humedad inicial de la masa durante el primer período de endurecimiento, y no contengan sustancias nocivas para el hormigón.

La duración mínima del curado será de:

- 3 días cuando se emplean cementos Portland de Alta Resistencia Inicial

- 7 días cuando se emplean cementos Portland ordinarios

- 15 días cuando se emplean cementos Portland con adiciones activas o se emplean adiciones activas directamente en el hormigón

En el caso de elementos prefabricados, se admite reducir los tiempos mínimos de curado del hormigón anteriormente indicados, a los tiempos en que estos hayan alcanzado las propiedades especificadas para su desmolde.

**10.10 Procedimientos del control de la producción**

La conformidad de los materiales constituyentes, el equipo, los procedimientos de producción y el hormigón serán controlados de acuerdo con las especificaciones y los requisitos de esta norma. El control permitirá detectar los cambios significativos capaces de influir sobre sus características, de manera que puedan adoptarse las medidas correctoras apropiadas.

Los tipos y las frecuencias de las inspecciones y los ensayos de los materiales constituyentes del hormigón se indican en la Tabla 22. Esta tabla se basa en el supuesto de que existe un adecuado

control de producción por parte del productor de los materiales constituyentes en el lugar donde los

mismos son producidos y que se suministran con un Certificado de conformidad con las especificaciones pertinentes. En caso contrario el productor del hormigón comprobará la conformidad de estos materiales con las normas correspondientes.

El control del equipo garantizará que las instalaciones de almacenaje, el equipo de pesaje y medida, la mezcladora y los dispositivos de control (por ejemplo el medidor del contenido de agua de los áridos) se encuentren en buenas condiciones de trabajo y que son conformes con los requisitos de esta norma. La frecuencia de las inspecciones y los ensayos a efectuar del equipo están indicados en la Tabla 23.

La planta, el equipo y los medios de transporte se someterán a un sistema planificado de mantenimiento y serán conservados en condiciones eficientes de funcionamiento de forma que no se afecten significativamente las características y la cantidad del hormigón.

 **NC NC 120: 2014**

El control de los procedimientos de producción del hormigón y de sus propiedades han sido resumidas en la Tabla 24. Este control incluirá la producción, el transporte hasta el punto de suministro y la entrega.

Para algunos hormigones pueden ser necesarios requisitos adicionales para el control de producción. Para la producción de hormigones de alta resistencia son precisos experiencia y conocimientos especiales, que no se encuentran definidos en esta norma, por lo que algunas recomendaciones al respecto se recogen en el Anexo E. Si en el contrato se hubiesen definido requisitos especiales para el hormigón, el control de producción incluirá las acciones apropiadas además de las contenidas en las Tabla 22, Tabla 23 y Tabla 24. En casos especiales, las medidas previstas en estas Tablas (22 a la 24), pueden adaptarse a las condiciones del lugar específico de producción y ser sustituidas por medidas que proporcionen un nivel de control equivalente.

**11 Valoración de la conformidad y ajustes**

**11.1 Generalidades**

El productor es responsable de valorar la conformidad del hormigón con los requisitos especificados y efectuar en caso necesario los ajustes correspondientes. Con este propósito lleva a cabo las siguientes operaciones:

- Ensayos iniciales, cuando se pidan (Ver Apartado 10.5 y Anexo A)

- Control de producción (Ver Capitulo 10), incluido el control de conformidad (Ver Capitulo 9)

En dependencia del nivel de requisito de desempeño para el hormigón, de su uso previsto, del tipo de producción y del margen de seguridad en su composición puede ser recomendable que entidades de inspección y certificación autorizadas, inspeccionen el control de producción y su conformidad. En este caso debe tratarse de entidades autorizadas al efecto.

Para los productos prefabricados, los requisitos y disposiciones relativos a la valoración de la conformidad se recogen en las correspondientes especificaciones técnicas (normas de especificación del producto).

**11.2 Evaluación, supervisión y certificación del control de producción**

Cuando se especifique, bien en un contrato o en otras especificaciones válidas, el control de producción del productor será evaluado y supervisado por un organismo de Inspección autorizado y posteriormente certificado por un organismo de Certificación autorizado, debiéndose aplicar las disposiciones que para la evaluación, supervisión y certificación se recogen en el Anexo F.

**NC 120: 2014**  **NC**

**Tabla 22**  **Control de los materiales**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **No.** | **Material** | **Inspección / ensayo** | **Objetivo** | **Frecuencia mínima** |
| 1 | Cementos(a) | Inspección del Certificado de suministro(d) antes de la descarga | Determinar si el envío se  ajusta a lo solicitado y la procedencia es la adecuada | Cada entrega |
| 2 | Áridos | Inspección del Certificado de suministro(b)(d) antes de la descarga | Determinar si el envío se ajusta a lo solicitado y la procedencia es la adecuada | Cada entrega |
| 3 |  | Inspección del árido antes de la descarga | Comparar la granulometría, forma e impurezas con su aspecto habitual | Cada entrega.  Cuando la entrega es por cinta transportadora, periódicamente en función de las condiciones locales de entrega |
| 4 |  | Ensayo granulométrico según la NC 178 | Evaluar el cumplimiento con la norma NC 251 o con cualquier granulometría previamente acordada | Primera entrega desde un nuevo punto  de suministro, cuando no se disponga de información del suministrador del árido. En caso de dudas después de la inspección visual  Periódicamente en función de las condiciones locales o de entrega(e). |
| 5 |  | Ensayo de impurezas según la NC 179 y la NC  182 | Evaluar la presencia y cantidad de impurezas | Primera entrega procedente de un nuevo punto de suministro, cuando no se  disponga de información del suministrador del árido.  En caso de dudas después de una  inspección visual  Periódicamente en función de las condiciones locales o de entrega(e). |
| 6 |  | Ensayo de absorción de agua según la NC 186 y NC 187 | Evaluar el contenido de agua efectiva en el hormigón (Ver Apartado  6.4.2) | Primera entrega procedente de un  nuevo punto de suministro, cuando no se disponga de información del suministrador del árido.  En caso de duda. |
| 7 | Control adicional para áridos ligeros o pesados | Ensayo de determinación del Peso específico aparente de acuerdo con la NC 186 y NC 187 | Medir el peso específico aparente | Primera entrega procedente de un nuevo punto de suministro, cuando no se  disponga de información del suministrador del árido.  En caso de dudas después de una  inspección visual  Periódicamente en función de las condiciones locales o de entrega(e). |
| 8 | Aditivos(c) | Inspección del certificado  de suministro y de la etiqueta del envase(d) antes de la descarga | Determinar si el envío se  ajusta a lo solicitado y está debidamente identificado | Cada entrega |
| 9 |  | Ensayos de identificación,  por ejemplo densidad, infrarrojo, etc. | Para comparar con los  datos dados por el fabricante | En caso de duda |
| 10 | Adiciones(c) en polvo | Inspección del Certificado  (d)  de suministro antes de la  descarga | Determinar si el envío se  ajusta a lo solicitado y su procedencia es la adecuada | Cada entrega |
| 12 | Adiciones en suspensión(c) | Inspección del Certificado de suministro(d) antes de la descarga | Determinar si el envío se  ajusta a lo solicitado y su procedencia es la adecuada | Cada entrega |
| 13 |  | Ensayo de densidad | Determinar la uniformidad | Cada entrega y periódicamente durante la producción del hormigón |

 **NC NC 120: 2014**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Tabla 22 (Conclusión)** | | | | |
| 14 | Agua | Ensayos químicos y chequeo del cumplimiento de los requisitos de la NC  353 | Determinar que el agua no contiene sustancias perjudiciales, si el agua no es potable | Cuando se utilice por primera vez un  nuevo punto de suministro de agua no potable.  En caso de dudas. |
| (a) Con el fin de poder realizar ensayos en caso de duda, se recomienda tomar y conservar una muestra por semana por cada tipo de cemento.  (b) El certificado de suministro, o la ficha técnica del producto, contendrá también información sobre el contenido máximo de cloruros y deberá indicar la clasificación en relación a la reacción árido-álcali, de acuerdo con la dosificación del hormigón.  (c) Se recomienda tomar y conservar muestras de cada suministro.  (d) El certificado de suministro contendrá o irá acompañado de una declaración o certificación de conformidad, según lo indique la norma o especificación correspondiente.  (e) No es necesario en el caso de que el control de producción del árido esté certificado  NOTA**:** Se eliminó en esta Tabla lo concerniente a las cenizas volantes | | | | |

**Tabla 23**  **Control de los equipos**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **No.** | **Equipo** | **Inspección / ensayo** | **Objetivo** | **Frecuencia mínima** |
| 1 | Acopio de áridos, tolvas, etc. | Inspección visual | Comprobar su conformidad con los requisitos | Una vez a la semana |
| 2 | Equipo de pesaje | Inspección visual del funcionamiento | Comprobar las condiciones  y el buen funcionamiento del equipo de pesaje | Diariamente |
| 3 |  | Verificación de la exactitud del equipo de pesaje | Verificar la exactitud de acuerdo con el Apartado  10.6.2.2 | Durante la instalación  Periódicamente(a)  En caso de dudas |
| 4 | Dosificador de aditivos (incluyendo los montados sobre el camión  hormigonera) | Inspección visual del funcionamiento | Comprobar las condiciones y el buen funcionamiento del equipo de medición | Para cada aditivo, la primera dosificación diaria. |
| 5 |  | Verificación de la exactitud | Evitar errores de dosificación | Durante la instalación.  Periódicamente(a) después de la instalación. En caso de dudas |
| 6 | Medidor de agua | Verificar la exactitud del equipo de medición | Verificar la exactitud de acuerdo con el Apartado  10.6.2.2 | Durante la instalación.  Periódicamente(a) después de la instalación. En caso de dudas |
| 7 | Equipo para la medición continua de la humedad de  la arena | Comparación de la humedad real con la lectura del medidor | Verificar la exactitud | Durante la instalación.  Periódicamente(a) después de la instalación. En caso de dudas |
| 8 | Sistema de dosificación | Inspección visual | Comprobar que el equipo de dosificación funciona correctamente | Diariamente |
| 9 |  | Comparación (por un método adecuado en función del  sistema de dosificación utilizado) de la masa real de los constituyentes de la amasada con la masa prevista y, en el caso de registradores automáticos, comparando los valores impresos con los programados. | Verificar las tolerancias de dosificación de acuerdo con la Tabla 20 | Durante la instalación.  Periódicamente(a) después de la instalación. En caso de dudas |
| 10 | Aparatos de ensayo | Calibración de acuerdo a las normas apropiadas | Verificar la conformidad | Periódicamente(a)  Para los aparatos de ensayo de resistencia al menos una vez al año. |
| 11 | Mezcladoras (incluyendo los camiones hormigoneras) | Inspección visual y verificación de la uniformidad del  mezclado según la NC 780 | Comprobar el desgaste del equipo de mezclado | Periódicamente(a) |
| (a) La frecuencia depende del tipo de equipo, de su sensibilidad de uso y de las condiciones de fabricación de la planta. | | | | |

**NC 120: 2014**  **NC**

**Tabla 24**  **Control de los procedimientos de producción y de las propiedades del hormigón**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **No.** | **Tipo de ensayo** | **Inspección/ensayo** | **Objetivo** | **Frecuencia mínima** |
| 1 | Propiedades del hormigón | Ensayo inicial (Ver Anexo A) | Comprobar que la dosificación cumple las propiedades especificadas con un margen adecuado | Antes de utilizar una nueva composición de mezcla de hormigón |
| 2 | Contenido de humedad de la arena | Sistema de medición continua, ensayo de secado equivalente o el método de  entumecimiento de la arena para la dosificación volumétrica. | Determinar la masa seca  del árido y el agua a añadir, o determinar la humedad superficial de la arena (en dependencia del método utilizado). En el caso de dosificación volumétrica ajustar por el  entumecimiento de la arena. | Diariamente para una verificación discontinua. La frecuencia de ensayo requerida dependerá de las condiciones atmosféricas y locales. |
| 3 | Contenido de humedad del árido grueso | Ensayo de secado o equivalente | Determinar la masa seca del árido y la cantidad de agua a añadir | En dependencia de las condiciones atmosféricas y locales |
| 4 | Contenido de agua del hormigón fresco | Comprobar la cantidad de agua añadida(a) | Disponer de datos sobre la relación agua/cemento | Cada amasada o carga |
| 5 | Contenido de cloruros del hormigón | Determinación inicial por cálculo o por el ensayo de la NC 272 | Asegurarse que no se exceda el contenido máximo de cloruros | Al realizar el ensayo inicial.  En el caso de un incremento en el contenido de cloruros de los constituyentes |
| 6 | Consistencia | Inspección visual | Comparación con un hormigón de aspecto normal | Cada amasada o carga |
| 7 |  | Ensayo de consistencia según la NC-ISO 1920-2 | Evaluar que se logren los valores especificados de consistencia y detectar posibles alteraciones en el contenido de agua | Cuando se especifique la consistencia, con la frecuencia dada en la Tabla 13 para la resistencia a compresión  Cuando se determine el contenido de aire de la mezcla.  En caso de duda por inspección visual |
| 8 | Densidad del hormigón fresco | Ensayo de densidad de la mezcla fresca según la NC- ISO 1920-2 | Para supervisar la dosificación y el control de la densidad de los hormigones ligeros y pesados | Diariamente |
| 9 | Contenido de cemento del hormigón fresco | Comprobar la cantidad de cemento utilizada(a) | Verificar el contenido de cemento y disponer de información sobre la  relación agua/cemento | Cada amasada |
| 10 | Contenido de adiciones del hormigón fresco | Comprobar la cantidad de adiciones añadidas(b) | Verificar el contenido de adiciones y disponer de información sobre la relación agua/cemento | Cada amasada |
| 11 | Contenido de aditivos en el hormigón fresco | Comprobar el peso o el volumen de aditivo añadido(a) | Verificar el contenido de aditivo | Cada amasada |
| 12 | Relación agua/cemento del hormigón fresco | Por cálculo o por método de ensayo confiable (Ver Apartado 6.4.2) | Evaluar la obtención de la relación agua/cemento especificada | Diariamente, cuando se especifique. |
| 13 | Contenido de aire del hormigón fresco, cuando se especifique | Ensayo mediante presión por la  NC-ASTM C 231 o determinación por cálculo según la  NC-ISO 1920-2 | Evaluar la obtención del contenido de aire ocluido especificado | Para hormigones que contengan aire ocluido: las primeras amasadas o cargas de la producción diaria hasta que se estabilicen los valores. |
| 14 | Temperatura del hormigón fresco | Medición de la temperatura según la NC 354 | Evaluar que no se sobrepase el límite máximo especificado de temperatura  de 35C | En caso de duda  En los meses de verano periódicamente.  Cada amasada o carga cuando la temperatura del hormigón esté próxima al límite. |
| 15 | Densidad del hormigón endurecido, ligero o pesado | Ensayo de densidad del hormigón endurecido según la NC-ISO 1920-5 | Evaluar la obtención de la densidad especificada | Cuando se especifique la densidad, con la misma frecuencia de los ensayos de resistencia a compresión |
| 16 | Ensayo de resistencia a compresión sobre probetas | Ensayo según la  NC 724 | Evaluar la obtención de la resistencia especificada | Cuando se especifique la resistencia a compresión, con la frecuencia correspondiente al Control de Conformidad (Ver Apartado 9.1 y  9.2.1) |
| (a) Cuando no se utilicen equipos de registro y se hayan excedido las tolerancias de dosificación de la amasada o la carga, anotar la cantidad pesada en el Certificado de producción.  (b) Puede ensayarse también en condiciones saturadas, cuando la correlación con la densidad seca en estufa está establecida. | | | | |

 **NC NC 120: 2014**

**12 Designación del hormigón**

Cuando las características del hormigón se dan de forma abreviada, se recomienda la utilización del siguiente formato:

- Referencia a esta norma NC 120;

- Resistencia a la compresión, según el tipo definido en las Tabla 7 u Tabla 8;

- Tipo de exposición a que va estar sometido el hormigón por la Tabla 1;

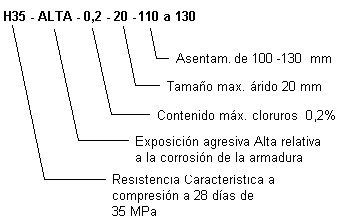
- Contenido máximo de cloruros, según los tipos definidos en la Tabla 10;

- Tamaño máximo nominal del árido, tal como se define en el Apartado 5.2.2;

- Densidad, según los tipos dados en la Tabla 9 o bien su valor nominal;

- Consistencia, por su valor nominal con la tolerancia especificada.

Sea por ejemplo el caso de un hormigón de densidad normal con la siguiente denominación:



**NC 120: 2014**  **NC**

**Anexo A (normativo)**

**Ensayo inicial**

**A.1 Generalidades**

Este Anexo contiene los detalles sobre el ensayo inicial, tal y como se indica en los Apartado 5.2, Apartado 6.1 y Apartado 10.5.

El ensayo inicial debe demostrar a escala de laboratorio que un hormigón diseñado satisface todos los requisitos especificados para él tanto en estado fresco como endurecido. Cuando el productor o el usuario puedan demostrar que una determinada composición es adecuada sobre la base de datos de ensayos previos o a experiencias a largo plazo, éstos podrán considerarse como una alternativa a los ensayos iniciales.

**A.2 Parte responsable de los ensayos iniciales**

Los ensayos iniciales son responsabilidad del productor de hormigón, aunque se pueden contratar a otras entidades, bajo la supervisión del productor.

**A.3 Frecuencia de los ensayos iniciales**

Los ensayos iniciales serán efectuados antes de utilizar un nuevo hormigón.

Los ensayos iniciales se repetirán si se producen cambios significativos en los materiales constituyentes o en los requisitos especificados en los que se basaron los ensayos previos.

**A.4 Condiciones de los ensayos**

En general los ensayos iniciales se realizarán sobre hormigón en estado fresco a temperatura ambiente a la sombra.

Si el hormigonado en la obra se va a efectuar bajo una condición de temperatura extrema, o si se van a utilizar tratamientos térmicos, es necesario informar de ello al productor, de manera que pueda tener en cuenta los posibles efectos sobre las propiedades del hormigón y la necesidad de efectuar ensayos adicionales.

Para cada ensayo inicial de una dosificación de hormigón se confeccionarán como mínimo tres amasadas y se ensayarán 2 ó 3 probetas de cada una de ellas.

La resistencia de una amasada, o carga, será el promedio de los resultados de ensayo. El resultado del ensayo inicial del hormigón es la resistencia media de las amasadas o cargas.

El tiempo transcurrido entre el mezclado y el ensayo de consistencia debe registrarse junto con el resultado del mismo.

Los resultados de los ensayos iniciales serán adecuadamente documentados.

 **NC NC 120: 2014**

**A.5 Criterio para la adopción de ensayos iniciales**

Los ensayos iniciales a escala de laboratorio no son definitivos, La adopción definitiva de una dosificación de hormigón requiere la realización de ensayos y de ajustes a escala productiva para no menos de 6 amasadas de 3 probetas cada una, esta fase también forma parte de los ensayos iniciales y no puede ser obviada. Una vez cumplidas las pruebas de planta, las dosificaciones estarán listas para su implantación productiva.

Para evaluar las propiedades del hormigón, en particular las del hormigón fresco, deben tenerse en cuenta las diferencias existentes entre el tipo de mezcladora y el procedimiento de mezclado aplicado durante los ensayos iniciales y los que se aplicarán durante la producción real.

La resistencia a compresión de un hormigón que tenga ya la composición adoptada para el caso real, deberá superar, con un cierto margen los valores de f´c de la Tabla 7 u Tabla 8 de esta norma. Este margen será como mínimo el necesario para satisfacer los criterios de conformidad indicados en el Apartado 9.2.1. Sería conveniente que el mencionado margen fuese aproximadamente el doble de la desviación típica esperada; es decir un valor comprendido entre 6

MPa y 12 MPa, en dependencia de las instalaciones de producción, los materiales constituyentes y de la información disponible acerca de la variación.

La consistencia del hormigón estará dentro de los límites de los tipos de consistencia en el momento en que el hormigón está listo para ser colocado o, en el caso del hormigón premezclado, en el momento de la entrega.

**NC 120: 2014**  **NC**

**Anexo B (informativo)**

**Guía para la aplicación del concepto de desempeño equivalente de las propiedades del hormigón**

Este Anexo proporciona indicaciones detalladas sobre el concepto de hormigón de desempeño equivalente indicado en los Apartado 6.2.5.1 y Apartado 6.2.5.3.

Los ensayos deben mostrar que los desempeños del hormigón que contiene adición son, por lo menos equivalentes a las del hormigón de referencia.

El hormigón de referencia debe:

- Contener un cemento conforme con la Norma Cubana correspondiente, del tipo y con los constituyentes correspondientes a la combinación del cemento y la adición

- Ser conforme a los requisitos del Apartado 6.3.2 para la clase de exposición pertinente.

Cuando no exista un cemento de estas características, se deberá utilizar cemento Portland ordinario (según la NC 95).

El programa de ensayos cubrirá todos los ensayos exigidos para demostrar que el hormigón que contiene la adición se comporta de manera equivalente al hormigón de referencia, en lo que respecta a la acción ambiental específica que resulte del tipo de exposición.

Los ensayos deberán llevarse a cabo al mismo tiempo y en el mismo laboratorio, con experiencia y acreditado para los ensayos pertinentes. El resultado del ensayo debe dar un grado similar de fiabilidad en el desempeño del hormigón, como si éste contuviese un cemento de los recogidos en las normas cubanas correspondientes, y conforme con los requisitos del Apartado 6.3.2 para el tipo de exposición pertinente.

La gama de composiciones para las que se aplica este método debe limitarse a:

- La cantidad total de adición, incluyendo la que está ya contenida en la composición del cemento, debe estar dentro de los límites establecidos en la Norma Cubana para el tipo correspondiente de cemento permitido;

- La suma de cemento y adición debe ser al menos igual al contenido de cemento requerido en el Apartado 6.3.2 para el tipo de exposición correspondiente;

- La relación agua/(cemento + adición) no debe ser mayor que la máxima requerida en el

Apartado 6.3.2 para el tipo de exposición correspondiente.

 **NC NC 120: 2014**

**Anexo C (informativo)**

**Métodos de proyecto basados en criterios de desempeño respecto a la durabilidad**

**C.1 Introducción**

Esta Anexo presenta brevemente los conceptos y los principios del método de proyecto basados en criterios de desempeño con respecto a la durabilidad, tal como se explica en el Apartado 6.3.3

**C.2 Definición**

El método considera de una forma cuantitativa cada uno de los mecanismos de deterioro, la vida útil de proyecto del elemento o la estructura y los criterios que definen el final de su vida útil.

Este procedimiento puede basarse en experiencias satisfactorias con prácticas locales y con ambientes locales, en datos obtenidos de ensayos de comportamiento para los mecanismos de deterioro correspondientes, o en el uso de modelos de predicción probados.

**C.3 Aplicaciones y recomendaciones de carácter general**

a) Algunas acciones agresivas reciben su mejor tratamiento a través de un enfoque prescriptivo, por ejemplo la reacción árido-álcali, el ataque de sulfatos o la resistencia a la abrasión.

b) Los métodos de proyecto mediante criterios de desempeño son más adecuados en el caso de la resistencia a la corrosión. Este enfoque puede ser apropiado cuando:

- se precisa una vida útil de proyecto superior a los 50 años;

- la estructura tiene un carácter ―especial‖ y necesita una menor probabilidad de falla;

- las acciones ambientales son especialmente agresivas o están bien definidas;

- se espera que la calidad de ejecución sea alta;

- se va a aplicar una estrategia de explotación y mantenimiento, quizás con un calendario previsto de mejoras;

- se va a construir un número significativo de elementos o estructuras similares;

- se van a utilizar materiales constituyentes nuevos o diferentes;

- se ha utilizado en el proyecto un método conforme al Apartado 6.3.2, pero se ha producido una falla de conformidad.

c) En la práctica, el grado de durabilidad alcanzado depende de la combinación del proyecto, de los materiales y de la ejecución.

d) La sensibilidad de la concepción del proyecto, el sistema estructural, la forma de los elementos, su ubicación dentro del contexto de la obra y los detalles estructurales/arquitectónicos, son todos ellos significativos parámetros de cálculo.

**NC 120: 2014**  **NC**

e) La compatibilidad entre los materiales y los métodos de construcción, la calidad de la ejecución y los niveles de control y aseguramiento de la calidad, son significativos parámetros de construcción.

f) El comportamiento requerido frente a la durabilidad dependerá de la vida útil de proyecto exigida, del posible uso futuro de la estructura, de las medidas particulares de protección, de la conservación prevista en servicio, y de las consecuencias de fallo en el ambiente local.

g) Para cualquier nivel de desempeño exigido es posible obtener soluciones alternativas equivalentes, con distintas combinaciones de los factores de proyecto, de los materiales y de la ejecución.

h) A la hora de establecer la fiabilidad de los métodos de proyecto basados en criterios de desempeño es importante el grado de conocimiento que se tenga sobre el entorno y el microclima local.

**C.4 Métodos basados en criterios de desempeño con respecto a la durabilidad**

Para la aplicación de los métodos indicados en este apartado es importante definir con anterioridad, al menos, los siguientes aspectos:

- el tipo y forma de la estructura;

- las condiciones medioambientales locales;

- el nivel de ejecución;

- la vida útil de proyecto requerida.

Generalmente serán necesarias algunas hipótesis y apreciaciones con el fin de que el método elegido alcance un nivel práctico y pragmático.

Los métodos que pueden utilizarse son los siguientes:

a) Un refinamiento del método según el Apartado 6.3.2, basado en experiencias a largo plazo con materiales y prácticas locales, y con un detallado conocimiento de las condiciones medioambientales locales.

b) Métodos basados en ensayos aprobados y verificados representativos de las condiciones reales y que contengan los criterios de desempeño aprobados.

c) Métodos basados en modelos analíticos que hayan sido calibrados con datos de ensayos representativos de condiciones reales encontradas en la práctica.

La composición del hormigón y los materiales constituyentes deben estar claramente definidos para permitir que se mantenga el nivel de desempeño.

 **NC NC 120: 2014**

**Anexo D (informativo)**

**Requerimientos de exactitud del equipamiento de dosificación**

**D.1 Generalidades**

En este Anexo se especifican los requisitos esenciales para los instrumentos de pesar automáticos y no automáticos. Los instrumentos de pesar no automáticos requieren de la intervención de un operador durante el proceso de pesaje, por ejemplo para depositar los materiales en las tolvas receptoras o extraerlos para ser pesados. El instrumento permite la observación directa de los resultados del pesaje, ya sea sobre pantallas o impresos en papel.

**D.2 Clases de exactitud**

Para la producción de hormigón la clase de exactitud adoptada es la ordinaria (Tipo IIII), para el pesaje de cemento, áridos, agua, aditivos y las adiciones.

**D.3 Clasificación de los instrumentos**

El intervalo de la escala de verificación de la escala, el número de intervalos y la capacidad mínima para el tipo de exactitud ordinaria están dados en la siguiente Tabla. El intervalo de la escala de verificación para instrumentos graduados sin dispositivos auxiliares de indicación, se corresponde con las graduaciones del instrumento.

**Tabla D1**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Tipo de exactitud** | **Valor de división de verificación (e)** | **Número “n” de divisiones de verificación**  n capamcidaax.    e | **Capacidad mínima del equipo para evitar un**  d **error excesivo** |
| Ordinaria (IIII) | 5g  e | 100  n  1000 | 10 e |

Es recomendable que el número ―n‖ de divisiones de verificación de la escala sea:

- Para los aditivos, como mínimo 1000:

- Para el cemento, el árido, el agua y las adiciones, como mínimo 5000 (Ver Apartado 10.6.2.2)

**Ejemplo:**

Un equipo de pesar para el cemento tiene una capacidad de 3000 kg mientras el valor de división de verificación ―e‖ es de 5 kg. El número (n) de divisiones de verificación será: n = 3000/5 = 600 que está dentro del valor permitido en la columna 3 de la Tabla D1.

**NC 120: 2014**  **NC**

Errores máximos permisibles:

En la Tabla D2 se distingue entre los errores máximos permisibles en la verificación inicial tras la instalación del equipo y también los correspondientes a condiciones de servicio.

**Tabla D2**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Para cargas (m) expresadas en valores de**  **división de verificación “e”** | **Errores máximos permisibles** | |
| **Tipo IIII** | **Verificación inicial** | **En servicio** |
| 0  m  50 e |  0,5 e |  1,0 e |
| 50 e  m  200 e |  1,0 e |  2,0 e |
| 200 e  m  1000 e |  1,5 e |  3,0 e |

 **NC NC 120: 2014**

**Anexo E (informativo)**

**Disposiciones adicionales para hormigones de alta resistencia**

Este Anexo contiene algunas recomendaciones aplicables a las disposiciones relativas al control de producción, adicionales a las indicadas en las Tabla 22, Tabla 23 y Tabla 24, para la fabricación de hormigones de altas resistencias.

Los números de las líneas de las Tablas E1, Tabla E2 y Tabla E3 hacen referencia a los de las Tablas 22, Tabla 23 y Tabla 24 respectivamente, reemplazando o corrigiendo los requisitos equivalentes.

**Tabla E1**  **Control de los materiales**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **No.** | **Material** | **Inspección/ensayo** | **Objetivo** | **Frecuencia mínima** |
| 4 | Áridos | Ensayo granulométrico  de acuerdo con la NC  178, o por información facilitada por el suministrador del árido | Verificar la conformidad con la granulometría acordada | Cada entrega, a menos que el árido se suministre con unas tolerancias restringidas y con un certificado de control de producción |
| — |  | Ensayo de  determinación del peso específico corriente de acuerdo con la NC 186 y  la NC 187 | Evaluar la dureza del árido | Cada entrega |
| — |  | Ensayo de  determinación del porcentaje de vacíos en el árido fino de acuerdo con la NC 177 | Aplicación de algunos métodos de diseño para estos hormigones | Cada entrega |
| 9a | Aditivos(a) | Determinación del extracto seco según la NC 271- 1 | Comparación con los valores declarados en la ficha técnica | Cada entrega, a menos que los resultados de ensayo, correspondientes  al suministro, sean facilitados por el suministrador.  En caso de dudas |
| 9b |  | Ensayo de densidad  según la NC 271- 2 | Comparación con la  densidad nominal | Cada entrega |
| — |  | Ensayos de determinación de la  reología de las pastas de cemento con los aditivos  (Método del Minicono o  del Embudo de Marsh)  según la NC 235 | Evaluar las variaciones de plasticidad de la pasta con el tiempo, especialmente para  el hormigón premezclado | Cada entrega |
| 11 | Adiciones en polvo | Ensayo de pérdida por ignición | Para identificar los cambios  en el contenido de carbón que afecten a las propiedades del hormigón fresco | Cada entrega, a menos que los resultados de ensayo, correspondientes al suministro sean facilitados por el suministrador |
| (a) Se recomienda que las muestras se tomen de cada entrega y que se almacenen | | | | |

**NC 120: 2014**  **NC**

**Tabla E2**  **Control de los equipos**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **No.** | **Equipamiento** | **Inspección/ensayo** | **Objetivo** | **Frecuencia mínima** |
| 1 | Acopio de áridos, silos,  etc. | Inspección visual | Comprobar la conformidad  con las especificaciones | Diariamente |
| 3a | Equipo de pesaje | Verificación de la exactitud de la pesada | Confirmación de la exactitud en un punto individual | Semanalmente |
| 5 | Dosificadores de aditivo  (incluyendo los montados en el camión hormigonera) | Control de la exactitud | Alcanzar la exactitud en la dosificación | Durante la instalación  Semanalmente después de la instalación  En caso de duda |
| 6a | Medidor de agua | Comparación de la cantidad real con el valor medido en el contador. | Determinar la exactitud de acuerdo al Apartado 10.7 | Durante la instalación  Semanalmente después de la instalación  En caso de duda |
| 7 | Equipo para la medición  continua del contenido de agua en el árido fino | Comparación del contenido real con la lectura del medidor | Verificar la exactitud | Durante la instalación  Semanalmente después de la instalación  En caso de duda |
| 9 | Sistema de dosificación | Comparación (según un  método adecuado en función del sistema de dosificación) del valor  medido de los  constituyentes de la amasada, con los valores previstos y, en el caso de registradores de dosificación automáticos, también con los valores registrados | Verificar las tolerancias de la dosificación de acuerdo con la Tabla 20 | Durante la primera instalación  En caso de duda en las subsecuentes instalaciones  Mensualmente después de la instalación |

**Tabla E3**  **Control de los procedimientos de producción y de las propiedades del hormigón**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **No.** | **Tipo de ensayo** | **Inspección/ensayo** | **Objetivo** | **Frecuencia mínima** |
| 3 | Contenido de agua del árido grueso | Ensayo de secado o equivalente | Determinar la masa de los áridos y la cantidad de agua a añadir | Diariamente  Pueden ser necesarios ensayos con mayor o menor frecuencia dependiendo de las condiciones locales y atmosféricas |
| 4 | Cantidad de agua añadida al hormigón  fresco | Registro(a) de la cantidad de agua añadida | Obtener datos para la relación agua/cemento | Cada amasada |
| 9 | Contenido de cemento del hormigón fresco | (a)  Registro de la cantidad  de cemento añadida | Comprobar el contenido de cemento y obtener datos para  la relación agua/cemento | Cada amasada |
| 10 | Contenido de adiciones  en el hormigón fresco | (a)  Registro de la cantidad  de adiciones añadidas | Comprobar el contenido de  adiciones | Cada amasada |
| (a) Se recomienda la utilización de registradores automáticos de pesado para la producción de hormigones de alta resistencia. | | | | |

 **NC NC 120: 2014**

**Anexo F (normativo)**

**Disposiciones para la evaluación, supervisión y certificación del control de producción**

**F.1 Generalidades**

Cuando se requieran para el control de producción (Ver Capitulo 10), en este Anexo se recogen las disposiciones para la evaluación, supervisión y certificación del control de producción por parte de un organismo autorizado.

**F.2 Tareas de la entidad de Inspección**

**F.2.1 Evaluación inicial del control de producción**

La entidad autorizada de Inspección deberá realizar una inspección inicial de la planta de hormigón y de su control de producción. La inspección inicial tiene el propósito de determinar si las condiciones iniciales, relativas al personal y al equipo para una producción correcta y para el correspondiente control de producción, parecen ser adecuadas.

El organismo de Inspección deberá examinar al menos:

- el Manual del control de producción del productor y evaluar las disposiciones en él contenidas, y en particular si son conformes con los requisitos de control de producción indicados en el Capítulo 10 y si tienen en cuenta los requisitos establecidos por esta norma;

- la disponibilidad, en los lugares pertinentes, de los documentos habituales esenciales para la inspección de las instalaciones, y si éstos están a disposición del personal previsto;

- si se dispone de todos los medios y equipos necesarios para llevar a cabo las inspecciones y los ensayos sobre equipos, materiales constituyentes y hormigón;

- los conocimientos, la formación y la experiencia del personal de producción y del control de producción;

- si el ensayo inicial se ha realizado de acuerdo con el Anexo A de esta norma y si está documentado de manera adecuada.

Si se realizan ensayos indirectos, el productor deberá demostrar a la entidad de inspección de forma satisfactoria la correlación, o la fiabilidad de la relación entre los ensayos directos e indirectos.

Para confiar en los resultados del control de producción, la entidad de Inspección ejecutará ensayos puntuales paralelos a los del productor. Estos ensayos pueden sustituirse por una detallada supervisión de los datos del productor y del sistema de control, cuando el laboratorio del productor esté acreditado y bajo la supervisión de una entidad de acreditación.

**NC 120: 2014**  **NC**

Todos los hechos significativos de la inspección inicial, especialmente los relativos al equipo en el lugar de producción, el sistema de control de producción y la evaluación del mismo, deberán documentarse en un informe de evaluación.

Cuando una unidad de producción haya superado la inspección inicial a satisfacción de la entidad de inspección, la misma deberá realizar un informe de evaluación confirmando que el control de producción cumple con el Capítulo 10 de esta norma. Dicho informe deberá entregarse al productor y al organismo certificación autorizado.

Sobre la base de este reporte el organismo de certificación autorizado decidirá sobre la certificación del control de producción (Ver F.3.1)

**F.2.2 Supervisión continúa del control de producción**

**F.2.2.1 Inspección rutinaria**

El principal objetivo de las inspecciones rutinarias realizadas por la entidad de Inspección es comprobar si las condiciones iniciales para la producción y el control de producción acordado se mantienen. Con este fin, el informe de evaluación de la inspección inicial se utiliza como una declaración del control de producción acordado.

El productor es responsable del mantenimiento del sistema de control de producción. En el caso de realizar cambios significativos en las instalaciones del lugar de producción, en el sistema de control de producción o en el manual de control de producción, el productor deberá notificar los cambios a la entidad de Inspección el cual podrá solicitar una nueva inspección.

Durante las inspecciones rutinarias, la entidad de Inspección examinará al menos:

- los procedimientos de producción, muestreo y ensayo;

- el registro de datos;

- los resultados de ensayos del control de producción durante el período de inspección;

- que los ensayos o los procedimientos requeridos se han llevado a cabo con la frecuencia adecuada;

- que los equipos de producción se han revisado como estaba previsto;

- que el equipo de ensayo ha sido revisado y calibrado como estaba previsto;

- que se han tomado las medidas pertinentes en los casos de no conformidad;

- los Certificados de suministro y las declaraciones de conformidad, cuando sea pertinente.

Para confiar en la toma de muestras y en los ensayos del control de producción del productor, la entidad de Inspección tomará, para su ensayo, muestras puntuales del proceso de producción durante las inspecciones rutinarias. La toma de muestras en estos casos no será comunicada con antelación. La entidad de Inspección determinará, para cada unidad de producción, la frecuencia apropiada para la realización de ensayos sobre el hormigón, teniendo en cuenta las circunstancias de cada caso. Estos ensayos pueden sustituirse, en circunstancias especiales, por una supervisión detallada de los datos del productor y del sistema de control, cuando el laboratorio de ensayo del productor esté acreditado y bajo la supervisión de una entidad de acreditación.

 **NC NC 120: 2014**

Los resultados de ensayo rutinarios del productor se compararán con los de la entidad de inspección.

La entidad de inspección deberá examinar periódicamente la correlación entre ensayos directos e indirectos.

Los resultados de las inspecciones rutinarias quedarán recogidos en un informe, que se entregará al productor y a la entidad de certificación.

Las inspecciones rutinarias serán ejecutadas como mínimo 2 veces al año, excepto si los procedimientos de verificación o las reglas de certificación prevén condiciones que permitan el

incremento o la reducción de esta frecuencia.

**F.2.2.2 Inspecciones extraordinarias**

Una inspección extraordinaria es necesaria:

- si se detectan discrepancias importantes durante una inspección rutinaria (nueva inspección);

- si la producción ha estado interrumpida durante un período superior a 6 meses;

- cuando lo solicite el productor, por ejemplo por producirse cambios en las condiciones de producción;

- si lo solicita el organismo de certificación, con la debida justificación.

El alcance, tipo y duración de la inspección extraordinaria depende de cada situación particular.

**F.3 Tareas de la entidad de certificación**

**F.3.1 Certificación del control de producción**

La entidad de certificación certificará el control de producción en base al informe de la entidad de Inspección, que indique que la unidad de producción ha pasado la evaluación inicial del control de producción a satisfacción de la mencionada entidad de Inspección.

La entidad de certificación decidirá sobre la validación del certificado en base a los informes de la supervisión continua del control de producción.

**F.3.2 Medidas en el caso de no conformidad**

Cuando la entidad de Inspección identifique la no conformidad del producto con la especificación, o cuando se hayan detectado defectos en el proceso de producción o en el control de producción sin que el productor haya actuado adecuadamente y a tiempo (Ver Apartado 9.3), la entidad de certificación le solicitará al productor la rectificación del defecto en un período adecuadamente corto. Las actuaciones que lleve a cabo el productor deberán ser verificadas por la entidad de Inspección.

Si fuese necesario, deberá llevarse a cabo una inspección extraordinaria, así como ensayos adicionales en el caso de una no conformidad con:

**NC 120: 2014**  **NC**

- la resistencia;

- la relación agua/cemento;

- los límites básicos de la composición;

- la densidad, cuando se haya especificado en hormigones ligeros o pesados;

Si el resultado de la inspección extraordinaria no es satisfactorio o los ensayos adicionales no cumplen con los criterios establecidos, la entidad de certificación suspenderá o retirará inmediatamente el certificado de conformidad del control de producción.

Después de la suspensión o de la retirada del certificado del control de producción, el productor no podrá hacer referencia al mencionado certificado.

En el caso de otras fallas, la entidad de certificación puede no considerar necesaria una inspección extraordinaria pudiendo aceptar una evidencia documental de que la deficiencia ha sido rectificada. Tal evidencia será confirmada durante la siguiente inspección rutinaria.

 **NC NC 120: 2014**

**Bibliografía**

[1] Estados Unidos, ASTM C131-06 Standard test method for resistance to degradation of small-size coarse aggregate by abrasion and impact in the Los Angeles machine

[2] Estados Unidos, ASTM C173/C 173M-14 Standard test method for air content of freshly mixed concrete by the volumetric method

[3] Estados Unidos, ASTM C 227-10 Standard test method for potential alkali reactivity of cement- aggregate combinations (mortar- bar- method)

[4] Estados Unidos, ASTM C 231/C231M-10 Standard test method for air content of freshly mixed concrete by the pressure method

[5] Estados Unidos, ASTM C231/C231M-10 Standard test method for air content of freshly mixed concrete by the pressure method

[6] Estados Unidos, ASTM C 289-07 Standard test method for potential alkali- silica reactivity of aggregates (Chemical method)

[7] Estados Unidos, ASTM C 295/C295M-12 Standard guide for petrographic examination of aggregates for concrete

[8] Estados Unidos, ASTM C 535-12 Standard test method for resistance to degradation of large- size coarse aggregate by abrasion and impact in the Los Angeles machine

[9] Estados Unidos, ASTM C 666/C666M-03(2008) Standard test method for resistance of concrete to rapid freezing and thawing

[10] Estados Unidos, ASTM C672/672M-12 Standard test method for scaling resistance of concrete surfaces exposed to deicing chemicals

[11] Estados Unidos, ASTM C1152/C1152M-04(2012) Standard test method for acid-soluble chloride in mortar and concrete

[12] Estados Unidos, ASTM C1202-12 Standard test method for electrical indication of concrete ability to resist chloride ion penetration

[13] Estados Unidos, ASTM C 1218/C 1218M-99(2008) Standard test method for water soluble chloride in mortar and concrete

[14] Estados Unidos, ASTM C1260-07 Standard test method for potential alkali reactivity of aggregates

(mortar- bar- method)

[15] Argentina, IRAM 1554 Hormigón de cemento Portland. Método de la penetración de agua a presión en el hormigón endurecido

[16] México, NMX - 403 – ONNCCE-1999 Industria de la Construcción. Concreto hidráulico para uso estructural

**NC 120: 2014**  **NC**

[17] American Concrete Institute, ACI 201.2R-01 Guide to durable concrete

[18] American Concrete Institute, ACI 318S-11, Building Code Requirements for structural concrete and commentary

[19] BRITE – EURAM 3921 Technical Report 1303/96/8734, February 1996, Bamforth P. B., Blundell R., The development of standardized performance test and criteria for concrete repair systems

[20] Nordic Concrete Research, Oslo, December 1982, Fagerlund G., On the capillarity of concrete

[21] España, Madrid, 1998, López Sánchez P., Durabilidad del hormigón en ambiente marino, Cuadernos INTEMAC No. 31- 3er trimestre

[22] España, Madrid, 1992, Rostam S. Tecnología moderna de durabilidad, Cuadernos INTEMAC No. 5-

1er trimestre

[23] España, Ministerio de Fomento, Secretaría General Técnica, Instrucción del Hormigón Estructural, EHE, 4ta Edición revisada Abril 2008

[24] España, Madrid, 1998, Ministerio de Fomento CEDEX, Curso sobre durabilidad y reparación de estructuras de hormigón

[25] DURAR, Red Temática XV B, Durabilidad de la Armadura, Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo CYTED, Abril 1997, Manual de inspección, evaluación y diagnóstico de corrosión en estructuras de hormigón armado

[26] Asociación Española de Fabricantes de Hormigón Preparado ANEHOP, Folleto: Instrucciones de

Hormigón Estructural. Especificaciones, durabilidad, control y recomendaciones

[27] México 1999, CEMEX Concretos, Sistema Informático DURAMAX (La evolución profesional del concreto)

[28] CIRSOC 201 – 82, Reglamento Argentino para el proyecto, cálculo y ejecución de estructuras de hormigón armado y pretensado

[29] Ley 400 de 1997, Norma colombiana de construcciones sismorresistentes

[30] Cuba, Reglamento Técnico No. 1: 2003 ―Control de Calidad del Hormigón‖