

CONSTRUCCIÓN CHIMENEA

DE

HORMIGÓN ARMADO (H: 124,90M.)

HORMIGONADO DE LOSA DIRECTA

CIMENTACIÓN

<<PROCEDIMIENTO DE TRABAJO>>

AUTOR:

**GONZALO GARCÍA SOBRINOS**

EXDIRECTOR DE CONSTRUCCIÓN DE ALTAC  
(ALTERNATIVAS ACTUALES DE CONSTRUCCIÓN, SL).  
TÉCNICO P.R.L.

EXPERTO EN CONSTRUCCIONES ESBELTAS DE  
HORMIGÓN ARMADO REALIZADAS CON LA TÉCNICA DEL  
ENCOFRADO DESLIZANTE, Y EN MANTENIMIENTO Y  
REPARACIÓN DE CHIMENEAS INDUSTRIALES.

FECHA: 09.03.2026

TFNO: +34 659 882 586

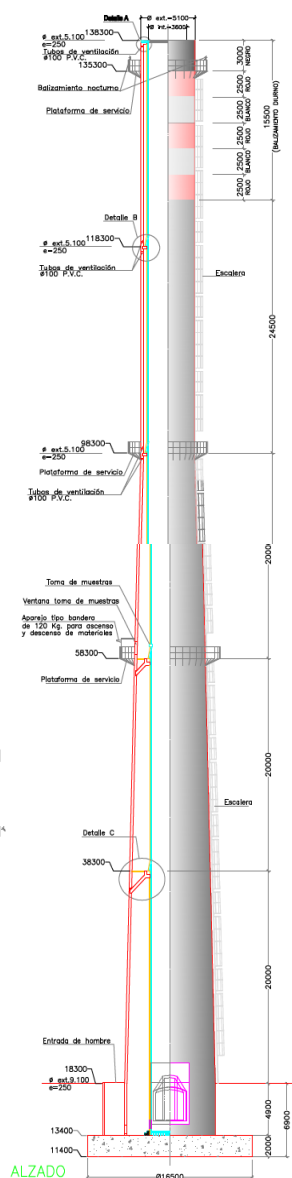
## ÍNDICE

|                                                           |           |
|-----------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. INTRODUCCIÓN</b>                                    | <b>3</b>  |
| 1.1 OBJETO                                                | 3         |
| <b>2. alcance de los trabajos</b>                         | <b>4</b>  |
| 2.1 PRINCIPALES DATOS DE LA LOSA CIRCULAR                 | 4         |
| 2.2 fases de los trabajos PREVIOS                         | 4         |
| 2.3 OBJETIVO                                              | 4         |
| <b>3. EQUIPO DE TRABAJO</b>                               | <b>5</b>  |
| 3.1 EJECUCIÓN                                             | 5         |
| 3.2 PLANIFICACIÓN Y EQUIPO DE TRABAJO                     | 5         |
| 3.3 SUPERVISIÓN                                           | 5         |
| <b>4. HORMIGONADO CONTÍNUO CON TIEMPO CALUROSO</b>        | <b>6</b>  |
| 4.1 FABRICACIÓN Y PUESTA EN OBRA DEL HORMIGÓN             | 6         |
| 4.2 INSPECCIONES Y ENSAYOS                                | 11        |
| 4.3 DOCUMENTACIÓN DEL FABRICANTE DEL HORMIGÓN             | 11        |
| 4.4 FICHAS TÉCNICAS DEL CEMENTO Y ADITIVOS EMPLEADOS      | 11        |
| <b>5. HORMIGONADO CONTÍNUO CON TIEMPO FRÍO O MUY FRÍO</b> | <b>12</b> |
| 5.1 FABRICACIÓN Y PUESTA EN OBRA DEL HORMIGÓN             | 12        |
| 5.2 INSPECCIONES Y ENSAYOS                                | 17        |
| 5.3 DOCUMENTACIÓN DEL FABRICANTE DEL HORMIGÓN             | 17        |
| 5.4 FICHAS TÉCNICAS DEL CEMENTO Y ADITIVOS EMPLEADOS      | 18        |
| <b>6. MEDIDAS DE SEGURIDAD LABORAL</b>                    | <b>19</b> |
| 6.1 MEDIDAS DE SEGURIDAD                                  | 19        |
| <b>7. MEDIOAMBIENTE</b>                                   | <b>20</b> |
| 7.1 GENERAL                                               | 20        |
| <b>8. CONTROL DE CALIDAD</b>                              | <b>21</b> |
| 8.1 CALIDAD                                               | 21        |
| <b>9. SECUENCIA FOTOGRÁFICA DEL HORMIGONADO</b>           | <b>22</b> |
| 9.1 EQUIPOS                                               | 22        |
| 9.2 HORMIGONADO DE LOSA CIMENTACIÓN                       | 24        |
| 9.3 CURADO DEL HORMIGÓN                                   | 29        |
| 9.5 CONTROL DE CALIDAD                                    | 30        |
| <b>9. BIBLIOGRAFÍA</b>                                    | <b>31</b> |
| 9.1 REFERENCIAS                                           | 31        |

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 OBJETO

El objeto del presente documento es divulgar el procedimiento general, para los trabajos de hormigonado de forma continua, correspondientes a la cimentación “losa directa” apoyada sobre el terreno, de una chimenea industrial (H: 124,90m.) de hormigón armado.



## 2. ALCANCE DE LOS TRABAJOS

### 2.1 PRINCIPALES DATOS DE LA LOSA CIRCULAR

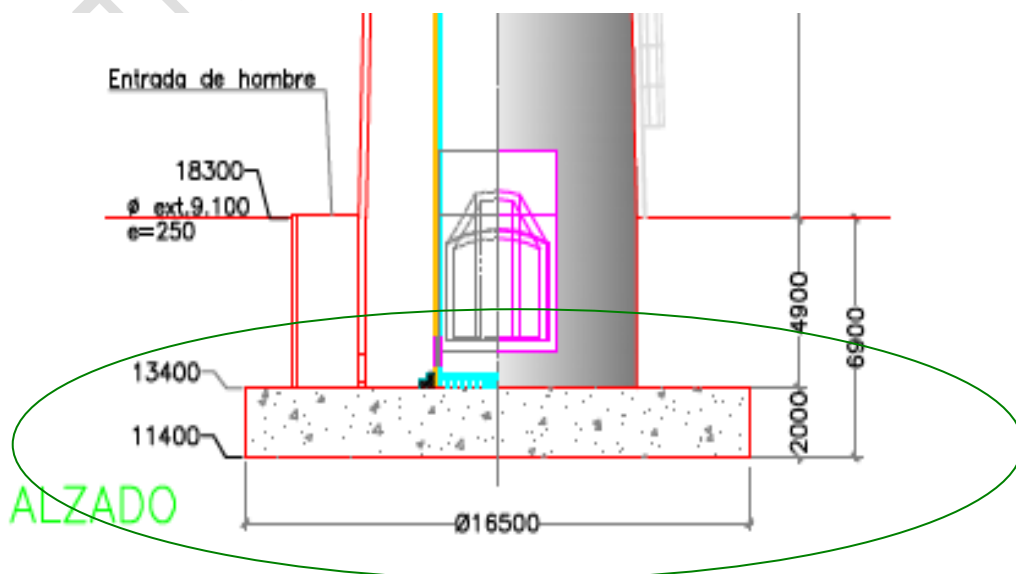
- Diámetro losa: 16,50m.
- Superficie: 214,00m<sup>2</sup> aprox. (fondo losa).
- Canto losa: 2,00m.
- Hormigón: H30/A-2/20/Grupo H-II.
- Volumen hormigón: 428 m<sup>3</sup>. (aprox.)
- Colocación del hormigón: Bombeo.
- Forma de hormigonado: Continua.
- Armadura: Losa densamente armada.
- Temperatura ambiente:  $\pm 0^{\circ}\text{C}$ . a  $+40^{\circ}\text{C}$ . (mínima o máxima aprox.).

### 2.2 FASES DE LOS TRABAJOS PREVIOS

- ⇒ Excavación para la cimentación con “losa directa”.
- ⇒ Montaje del encofrado perdido.
- ⇒ Montaje de armaduras de la “losa directa” y esperas del fuste de la chimenea.

### 2.3 OBJETIVO

Fabricación, puesta en obra y curado de hormigón en condiciones ambientales de tiempo caluroso o frío.



### **3. EQUIPO DE TRABAJO**

#### **3.1 EJECUCIÓN**

La ejecución de los trabajos indicados será realizada por personal experimentado.

#### **3.2 PLANIFICACIÓN Y EQUIPO DE TRABAJO**

Se hace una previsión de hormigonado continuo con un rendimiento mínimo de 75m<sup>3</sup>/hora/planta (aprox.), realizándose el suministro del hormigón desde una planta exterior a la obra, con disposición de 6 camiones hormigonera con capacidad entre 6 y 10m<sup>3</sup> cada uno. Está prevista una segunda planta externa que entraría en funcionamiento en caso de avería de la planta principal.

El vertido se realizará mediante bombeo, disponiendo en obra de una autobomba que estará en funcionamiento permanente, más otra segunda en reserva, que entraría en funcionamiento en caso de avería de la autobomba principal.

El personal para estos trabajos estará experimentado en los mismos, disponiéndose para el hormigonado de un equipo mínimo de 7 personas.

- 2 personas en Tubería de Vertido de la Autobomba.
- 2 personas Vibrando el Hormigón.
- 3 personas Rotatorias para las Actividades Anteriores.

#### **3.3 SUPERVISIÓN**

El Jefe de Obra supervisará el proceso y comprobará que los especialistas disponen de los medios y protecciones adecuadas, así como, del cumplimiento de las medidas de prevención de riesgos laborales establecidas para estas actividades en el Plan de Seguridad y Salud Laboral o documentos afines.

## 4. HORMIGONADO CONTÍNUO CON TIEMPO CALUROSO

### 4.1 FABRICACIÓN Y PUESTA EN OBRA DEL HORMIGÓN

#### 1. Generalidades

De un modo general la época del verano se caracteriza por un aumento de las temperaturas, lo cual puede conllevar unos efectos indeseables en el hormigón en estado fresco y endurecido, de entre los que podemos destacar:

- Demanda creciente de agua de amasado debido a la pérdida de consistencia.
- Disminución del tiempo de fraguado aumentando la posibilidad de aparición de juntas frías.
- Velocidad creciente de pérdida de consistencia.
- Posible pérdida de resistencia debido a una incompleta hidratación del cemento.
- Tendencia a la retracción debido a un secado rápido y consecuentemente con riesgo de fisuración de la estructura.
- Dado el volumen del hormigonado, aumento de la temperatura debido al calor de hidratación del cemento.

#### 2. Campo de Aplicación

Este procedimiento es aplicable para la fabricación de hormigón en condiciones ambientales especiales de tiempo caluroso. Debe entenderse por tiempo caluroso aquél en que se produzca cualquier combinación de altas temperaturas, baja humedad relativa y alta velocidad del viento, que tiendan a empeorar la calidad del hormigón o que puedan conferir propiedades no deseadas.

Los problemas ocasionados por el calor se han agravado últimamente por el empleo de cementos de alta finura de molido y con mayor velocidad de hidratación, altos contenidos de cemento para hormigones de altas resistencias, secciones muy armadas, y la necesidad de no interrumpir los trabajos de hormigonado aún en condiciones desfavorables.

#### 3. Objetivo

Fabricación, puesta en obra y curado del hormigón en condiciones ambientales de tiempo caluroso. Se pretende evitar las consecuencias perjudiciales que pueden provocar el calor sobre un hormigón tales como:

- Evaporación de agua de amasado e hidratación incompleta del cemento.
- Fisuración por retracción plástica.
- Pérdida de consistencia excesiva durante el transporte y puesta en obra.
- Fraguados prematuros.
- Pérdida de resistencias por mala hidratación o fenómenos de retracción, etc.

#### **4. Diseño de la Mezcla**

Tomando como partida los datos de tipo ambiente, consistencia, resistencia característica y tamaño máximo del árido del hormigón definido en el proyecto, se procederá al diseño de la mezcla correspondiente según la EHE-08 Artículo 31 o normas posteriores. Se ajustará la curva granulométrica de los áridos según el método patrón deseado (Fuller, Bolomey, etc.) tomando para ello las curvas granulométricas de cada una de las fracciones de que se disponga y según la EHE-08 Artículo 28 o normas posteriores.

A la hora de colocar el hormigón hay que conocer las características ambientales a las que va a estar expuesto: la temperatura, la humedad relativa y viento, etc. Igualmente, la magnitud de los volúmenes a hormigonar y la relación volumen/superficie. Todo ello tiene gran importancia, no pudiendo por tanto ser ignorado. **Con condiciones ambientales calurosas se recomienda el diseño de mezclas con la justa cantidad de cemento y el uso de cementos con bajo calor de hidratación.** Con temperaturas ambientales normales de entre 15° - 25° y con temperatura ambiente alta (>30°C), se recomienda el empleo para la mezcla, de cemento tipo: **CEM II A-V 42,5 R y aditivos polifuncionales reductores de agua:** Melcret PF, Glenium 617 o similar.

Con los aditivos indicados anteriormente se persigue, que:

- 1) El carácter fluidificante de los aditivos combate el aumento de la demanda de agua de amasado que exige el tiempo caluroso, minimizando de esta forma los efectos de la pérdida de consistencia y por tanto pérdida de trabajabilidad.
- 2) Dado el efecto estabilizador de fraguado que poseen estos aditivos, controlar la velocidad de fraguado de la masa de hormigón, lo cual favorecerá en:
  - I. Una mejor puesta en obra, ya que, se reduce el riesgo de aparición de juntas frías. asegurándose que las capas previas responderán a las labores de vibrado de las capas superiores para su unión.
  - II. Disipar mejor el calor de hidratación del cemento debido a que las reacciones químicas tienen lugar a una menor velocidad.

**Nota.- Nunca se deben emplear cementos de alta resistencia inicial y fraguado rápido, ya que estos no son válidos para fabricar hormigones a utilizar en este tipo de cimentaciones.**

#### **5. Fabricación de la Mezcla**

- 1) Se recomienda fabricar un hormigón con un tiempo de endurecimiento de 4-5 horas (aprox.). La consistencia del hormigón debe ser fluida (Cono de Abrams 10-15cm).
- 2) La mezcla de los componentes podrá realizarse en planta amasadora o bien en la propia cuba del camión en caso de plantas dosificadoras. Se seguirán las prescripciones del Artículo 71 de la EHE-08 o normas posteriores.

- 3) Se procurará que el agua del amasado tenga una temperatura entre 15 y 20°C.
- 4) Se recomienda utilizar siempre que sea posible agua para el amasado de la red general, para que no se encuentre soleada como sucedería con agua embalsada o almacenada en silos.
- 5) Se recomienda disponer de hielo picado para añadir al agua del amasado en caso de necesidad.
- 6) Deben utilizarse para la mezcla cementos fríos. En situaciones de mucha demanda, el cemento puede llegar caliente a la planta del hormigón, lo cual aceleraría su proceso de fraguado en el momento de la mezcla.

## **6. Transporte**

El transporte de hormigón se realizará según el Capítulo 71.4.1 de la EHE-08 o normas posteriores.

Bajo las condiciones de tiempo caluroso, el tiempo de transporte relacionado con la capacidad de pérdida de consistencia, resultará especialmente cuidadoso, por lo que se tendrá en cuenta, ajustándose la consistencia de salida de planta de tal modo que, la de recepción en obra sea la adecuada, o bien empleando aditivos o reductores de agua que colaboren en el mantenimiento de esta.

Los camiones hormigonera tendrán definido un acceso y una salida de la obra que evitará paradas circulantes entre ellos en un recorrido de tráfico bidireccional.

## **7. Puesta en Obra**

Está previsto un hormigonado continuo, realizándose el suministro del hormigón desde planta exterior a la obra, con disposición de los camiones hormigoneras necesarios, en exclusiva para esta actividad.

- 1) La puesta en obra del hormigón se realizará como mínimo, a partir de los veinte minutos de amasado, a contar desde la hora de carga en planta del camión hormigonera.
- 2) El tiempo máximo de utilización del hormigón, será de noventa minutos a contar desde la hora de carga en planta del camión hormigonera.
- 3) En ningún caso se admitirá la colocación en obra de masas con indicios de fraguado.
- 4) En el proceso de colocación del hormigón se evitará que se produzca una pérdida de homogeneidad, consiguiendo que la masa se coloque de forma regular, recubriendo correctamente las armaduras en toda su superficie.
- 5) No se colocarán en obra capas o tongadas de hormigón cuyo espesor sea superior al que permita una compactación completa de la masa. Como regla general, este

espesor será de 25cm ( $\pm 5$ cm) y no se comenzará el vertido de una nueva capa hasta la finalización de la anterior. El vertido por capa será continuo y se realizará siempre en el mismo sentido de forma progresiva.

- 6) El vertido de grandes montones de hormigón y su posterior distribución por medio de vibradores, no se debe realizar, ya que produce una notable segregación de la masa.
- 7) Se tendrá especial cuidado en evitar el desplazamiento de las armaduras durante la puesta en obra del hormigón, y en particular con las esperas del fuste de la futura construcción, manteniendo el recubrimiento mínimo establecido (armadura superior de la losa).
- 8) La correcta puesta en obra seguirá las prescripciones del Artículo 71.5 de la EHE-08 o normas posteriores.
- 9) En el caso concreto de hormigonado en tiempo caluroso, se recomienda que la temperatura de la mezcla sea inferior a 30°C. No se admitirá ningún hormigón que tenga una temperatura superior a 35°C. La temperatura de 35°C. se considera únicamente admisible si la temperatura ambiente supera los 40°C. En caso contrario la mezcla será rechazada si es mayor a 30°C.
- 10) Se controlará la temperatura del hormigón en los equipos de bombeo antes de su colocación, mediante termómetro digital o de infrarrojos, registrándose los datos correspondientes (nº albarán, temperatura ambiente, temperatura hormigón, hora, etc.) en hoja de control específica.
- 11) Deberá prestarse especial atención para que no exista posibilidad de formación de juntas frías entre capas o tongadas de hormigón debidas a un rápido ciclo de fraguado y endurecimiento de este, disponiendo en la obra de los recursos necesarios para que, los tiempos entre capas o tongadas de hormigón sean los más cortos posibles, no debiendo superarse los 120 minutos en la colocación de una a otra.

### Varios

- Se debe programar el hormigonado de la losa de cimentación para poder ser realizado en una jornada nocturna (turno 12 horas), y así procurar evitar los picos de altas temperaturas del día.
- Es fundamental realizar el correcto curado del hormigón una vez terminada la cimentación, conforme a las instrucciones del artículo 71.6 de la EHE-08 o normas posteriores.

## **8. Compactación**

Se realizará la compactación del hormigón con objeto de conseguir la máxima homogeneidad en la distribución de los componentes del hormigón, así como conseguir la máxima compacidad posible, ya que de ello depende la resistencia del hormigón y la permeabilidad, y con ello la durabilidad y la protección contra la corrosión de las armaduras.

El método de compactación a seguir en función de la consistencia (Fluida) será mediante vibrado normal.

Se utilizarán vibradores eléctricos de alta frecuencia con agujas de 70-90mm de diámetro.

Por bomba se dispondrá un mínimo de dos equipos de vibradores y por cada equipo de vibrado se tendrá otro de repuesto.

La compactación se realizará siguiendo el Artículo 70.2 de la EHE-98 o normas posteriores.

## **9. Curado**

Se define como el conjunto de operaciones necesarias para evitar la evaporación o la pérdida de agua de amasado del hormigón. El curado es especialmente imprescindible en el hormigonado en tiempo caluroso, puesto que la pérdida de agua por evaporación es un fenómeno que perjudica su fraguado y endurecimiento adecuado.

El curado se realizará mediante agua, inundando la losa a partir de las 5-6h aprox. (cuando el hormigón ya esté duro) de finalizado el hormigonado. Posteriormente se realizará un recubrimiento de tierras sin compactar mediante excavadora minipala, que se mantendrá humedecido con agua durante un periodo de 5 días mínimo.

El curado mediante agua seguirá las exigencias del Artículo 27 de la EHE-98 o normas posteriores, referente a la calidad del agua empleada.

Otra variante del curado más simple sería la aplicación a la superficie de la losa, recién hormigonada, si las condiciones de temperatura no fuesen muy severas, la aplicación de una película protectora química tipo CUREX o similar.

## **10. Desencofrado**

No aplica.

## **11. Otras Consideraciones a tener en Cuenta**

- La obra dispondrá de la iluminación adecuada en cada momento.
- En ningún caso se añadirá agua al hormigón a su llegada al punto de empleo, incluso por pérdida de consistencia del hormigón.

- Se controlará en planta el rango de dosificación de los aditivos empleados, sin que excedan el máximo ni el mínimo recomendado en cada caso.
- Se compactará con vibrado hasta ver aparecer una humectación brillante en superficie.
- La Propiedad o Cliente, fijará un sitio en la obra para la limpieza de las cubas de hormigón, acondicionando la zona y encargándose de recoger los residuos de la limpieza.

## **4.2 INSPECCIONES Y ENSAYOS**

El control de calidad se realizará por un laboratorio homologado, teniendo una presencia permanente durante todo el tiempo del hormigonado.

Se realizarán toma de muestras fabricando 10 probetas de 15\*30cm por cada 100m<sup>3</sup> de hormigón, incluyendo muestreo, determinación del cono Abrams, curado, refrentado y rotura por serie: 4uds a 7 días, 4uds a 28 días y 2uds en reserva para contraste.

## **4.3 DOCUMENTACIÓN DEL FABRICANTE DEL HORMIGÓN**

El constructor entregará a la Propiedad o Cliente, mínimo tres días antes del hormigonado, la documentación del fabricante del hormigón, en un dossier incluyendo: fichas técnicas del cemento, granulometrías de áridos, aditivos, análisis del agua, dosificación del hormigón con contenido de cemento, aditivos, así como resultados de ensayos de prueba de la dosificación a realizar.

## **4.4 FICHAS TÉCNICAS DEL CEMENTO Y ADITIVOS EMPLEADOS**

Se incluirán en el dossier a presentar por el fabricante del hormigón, conforme a lo indicado en el punto anterior.

## 5. HORMIGONADO CONTÍNUO CON TIEMPO FRÍO O MUY FRÍO

### 5.1 FABRICACIÓN Y PUESTA EN OBRA DEL HORMIGÓN

#### 1. Generalidades

De un modo general la época del invierno se caracteriza por bajas temperaturas que pueden alcanzar en muchas zonas los 0°C o menos, lo cual puede conllevar unos efectos indeseables en el hormigón en estado fresco y en proceso de fraguado, de entre los que podemos destacar:

- Hidratación lenta del cemento.
- Retraso en los tiempos de fraguado.
- Congelación inicial del hormigón.
- Daños en la resistencia y durabilidad de la mezcla.
- Riesgo de grietas y rotura del hormigón debido a la congelación del agua.

Por estos motivos, el procedimiento de trabajo debe tener en cuenta y de manera muy especial, las condiciones climáticas habituales de la zona donde se ubicará la construcción, considerando siempre la posibilidad de una caída de la temperatura ambiente durante el proceso del hormigonado de la losa de cimentación, lo que podría causar daños irreversibles al hormigón, si no se han previsto las medidas correctoras necesarias.

#### 2. Campo de Aplicación

Este procedimiento es aplicable para la fabricación de hormigón en condiciones ambientales especiales de tiempo frío o muy frío. Con las recomendaciones que más adelante se indican, puede hormigonarse con temperaturas por debajo de los 0°C.

Se considera como tiempo frío, el periodo donde en más de 3 días consecutivos se den las siguientes condiciones:

- La temperatura promedio del aire es menor de 5°C.
- La temperatura mayor del aire no es superior a 10°C. durante más de la mitad de un día completo.

Esta situación puede perjudicar la calidad del hormigón o le puede hacer conferir una merma en sus propiedades, si no se aplican las recomendaciones técnicas correspondientes.

#### 3. Objetivo

El objetivo es la producción, colocación y curado del hormigón a bajas temperaturas. Evitando los efectos perjudiciales que las heladas podrían causar en él mismo, generalmente relacionados con la lentitud de la velocidad de hidratación del cemento y el riesgo de daños causados por la congelación del agua de amasado.

#### **4. Diseño de la Mezcla**

Tomando como partida los datos de tipo ambiente, consistencia, resistencia característica y tamaño máximo del árido del hormigón definido en el proyecto, se procederá al diseño de la mezcla correspondiente según la EHE-08 Artículo 31 o normas posteriores. Se ajustará la curva granulométrica de los áridos según el método patrón deseado (Fuller, Bolomey, etc.) tomando para ello las curvas granulométricas de cada una de las fracciones de que se disponga y según la EHE-08 Artículo 28 o normas posteriores.

Al momento de diseñar el hormigón, es necesario conocer las características ambientales a las que estará expuesto, la temperatura, la humedad relativa y el viento. Además de la cantidad a hormigonar, es muy importante la relación volumen/superficie. Todo ello tiene gran importancia, no pudiendo por tanto ser ignorado. Bajo temperaturas frías es recomendable diseñar mezclas utilizando mayor cantidad de cemento o cementos con mayor resistencia, y el uso de la mezcla agua/cemento lo más bajo posible. Al hacerlo, se acelerará la velocidad del tiempo de fraguado del hormigón, su temperatura aumentará y, por lo tanto, disminuirá el riesgo de heladas internas. También es recomendable el uso de aditivos polifuncionales y anticongelantes, que permitan un rápido inicio del fraguado (con la hidratación térmica requerida) y reduzcan el punto de congelación del agua del amasado (evitando roturas por aumento de volumen debido al agua congelada en el hormigón inicial). No es recomendable el uso de aditivos que contengan cloruros en la masa del hormigón.

Dependiendo de las condiciones particulares de este trabajo, se recomienda para la mezcla el uso de cemento con alto calor de hidratación y aditivos como:

##### **Acción Sobre la Consistencia – Relación Mezcla Agua/Cemento:**

- Reductores de Agua / Calidad Superplástica (Glenium 617 o similar).

##### **Acción Específica para Temperatura Fría:**

- Aditivo Incorporador de Aire (Sika Control-4AER o similar). Aumenta la resistencia al daño por congelación y descongelación cíclica.
- Anticongelante (Sika Antigel o similar). Reducción del punto de congelación del agua. Alta resistencia a la influencia de las sales del deshielo.

**Nota.- Nunca se deben emplear cementos de alta resistencia inicial y fraguado rápido, ya que estos no son válidos para fabricar hormigones a utilizar en este tipo de cimentaciones.**

## **5. Fabricación de la Mezcla**

- 1) Se recomienda fabricar un hormigón con un tiempo de endurecimiento de 4-5 horas (aprox.). La consistencia del hormigón debe ser fluida (Cono de Abrams 10-12cm aprox.).
- 2) La mezcla de los componentes podrá realizarse en planta amasadora o bien en la propia cuba del camión en caso de plantas dosificadoras. Se seguirán las prescripciones del Artículo 71 de la EHE-08 o normas posteriores.
- 3) En el caso de hallarse los áridos acopiados congelados, estos deberán reconstituirse antes de su utilización o bien emplear agua de amasado calentada. Nunca se mezclará el agua de amasado con síntomas de congelación.
- 4) El sistema más adecuado para incrementar la temperatura del hormigón es calentar el agua de amasado, pues almacena cinco veces más de calor por peso que el árido. Para evitar falsos fraguados, mala docilidad y deficiente consistencia, el agua no se debe calentar por encima de 60 o 70°C (son recomendadas temperaturas de 40°C aprox.).
- 5) Si se da el caso de que la temperatura del aire está significativamente por debajo de los -4°C, normalmente es necesario calentar también los áridos. En este caso, se recomienda calentar los mismos a temperatura no superior a los 15°C si el agua de amasado se calienta a unos 60°C (aprox.). Para calentar los áridos es recomendable hacer circular vapor de agua a través de estos. En tal caso, el descongelamiento se debe realizar con la suficiente anticipación a la elaboración del hormigón como para alcanzar un sustancial equilibrio entre el contenido de humedad y la temperatura. También se puede emplear aire caliente seco, en vez de vapor de agua, para mantener libres de hielo a los áridos.
- 6) El contacto prematuro de agua muy caliente con cantidades concentradas de cemento puede causar un fraguado instantáneo y grumos de cemento en la hormigonera o amasadora. Se recomienda añadir primero el agua caliente y el árido grueso antes que el cemento y detener o reducir la adición del agua mientras son cargados el cemento y los áridos finos.
- 7) Con temperaturas por debajo de 0°C, se recomienda a la planta de hormigonado instalar en los silos de almacenamiento del cemento, una bomba mecánica de impulsión para que esté se encuentre recirculando internamente y en movimiento permanente dentro de los mismos, con el objetivo de que no se apelmace por las bajas temperaturas, evitando que se vuelva compacto y ponerse duro, lo cual podría impedir su salida de los silos de almacenamiento en el momento de dosificarle para realizar la mezcla de hormigón.

## **6. Transporte**

El transporte de hormigón se realizará según el Capítulo 71.4.1 de la EHE-08 o normas posteriores.

Bajo temperaturas frías, durante el transporte del concreto se deben tomar medidas especiales, para no tener una pérdida excesiva de calor al verterlo. El tiempo de transporte, también relacionado con la pérdida de consistencia, será especialmente cuidadoso, por lo que se tendrá en cuenta, ajustando la consistencia del hormigón de tal forma que la recepción del sitio en la obra sea la adecuada, utilizando aditivos y reductores de agua que colaboren al mantenimiento de la consistencia.

Los camiones hormigonera tendrán definido un acceso y una salida de la obra que evitará paradas circulantes entre ellos en un recorrido de tráfico bidireccional.

## **7. Puesta en Obra**

Está previsto un hormigonado continuo, realizándose el suministro del hormigón desde planta exterior a la obra, con disposición de los camiones hormigoneras necesarios, en exclusiva para esta actividad.

- 1) La puesta en obra del hormigón se realizará como mínimo, a partir de los veinte minutos de amasado, a contar desde la hora de carga en planta del camión hormigonera.
- 2) El tiempo máximo de utilización del hormigón, será de noventa minutos a contar desde la hora de carga en planta del camión hormigonera.
- 3) La temperatura de la masa del hormigón, en el momento de su vertido a la cimentación, no será inferior a +5°C.
- 4) No se verterá el hormigón sobre armaduras cuya temperatura sea inferior a 0°C.
- 5) En ningún caso se admitirá la colocación en obra de masas con indicios de fraguado.
- 6) En el proceso de colocación del hormigón se evitará que se produzca una pérdida de homogeneidad, consiguiendo que la masa se coloque de forma regular, recubriendo correctamente las armaduras en toda su superficie.
- 7) No se colocarán en obra capas o tongadas de hormigón cuyo espesor sea superior al que permita una compactación completa de la masa. Como regla general, este espesor será de 25cm ( $\pm 5$ cm) y no se comenzará el vertido de una nueva capa hasta la finalización de la anterior. El vertido por capa será continuo y se realizará siempre en el mismo sentido de forma progresiva.
- 8) El vertido de grandes montones de hormigón y su posterior distribución por medio de vibradores, no se debe realizar, ya que produce una notable segregación de la masa.
- 9) Se tendrá especial cuidado en evitar el desplazamiento de las armaduras durante la puesta en obra del hormigón, y en particular con las esperas del fuste de la futura construcción, manteniendo el recubrimiento mínimo establecido (armadura superior de la losa).

- 10) La correcta puesta en obra seguirá las prescripciones del Artículo 71.5 de la EHE-08 o normas posteriores.
- 11) Se controlará la temperatura del hormigón en los equipos de bombeo antes de su colocación, mediante termómetro digital o de infrarrojos, registrándose los datos correspondientes (nº albarán, temperatura ambiente, temperatura hormigón, hora, etc.) en hoja de control específica.
- 12) Deberá prestarse especial atención para que no exista posibilidad de formación de juntas frías entre capas o tongadas de hormigón debidas a un rápido ciclo de fraguado y endurecimiento de este, disponiendo en la obra de los recursos necesarios para que, los tiempos entre capas o tongadas de hormigón sean los más cortos posibles, no debiendo superarse los 120 minutos en la colocación de una a otra.

### **Varios**

- 1) Se debe programar el hormigonado de la losa de cimentación para poder ser realizado en una jornada de día (turno 12 horas), y así procurar evitar los picos de bajas temperaturas nocturnas.
- 2) Es fundamental realizar el correcto curado del hormigón una vez terminada la cimentación, conforme a las instrucciones del artículo 71.6 de la EHE-08 o normas posteriores.

### **8. Compactación**

Se realizará la compactación del hormigón con objeto de conseguir la máxima homogeneidad en la distribución de los componentes del hormigón, así como conseguir la máxima compacidad posible, ya que de ello depende la resistencia del hormigón y la permeabilidad, y con ello la durabilidad y la protección contra la corrosión de las armaduras.

El método de compactación a seguir en función de la consistencia (Fluida) será mediante vibrado normal.

Se utilizarán vibradores eléctricos de alta frecuencia con agujas de 70-90mm de diámetro.

Por bomba se dispondrá un mínimo de dos equipos de vibradores y por cada equipo de vibrado se tendrá otro de repuesto.

La compactación se realizará siguiendo el Artículo 70.2 de la EHE-98 o normas posteriores.

### **9. Curado**

Se define como el conjunto de operaciones necesarias para evitar la evaporación o pérdida del agua de mezcla del hormigón. El curado es importante en el hormigonado en climas fríos, ya que la lenta evolución de las reacciones de hidratación expone a que el agua de mezcla prolongada escape a través de la evaporación.

El curado se realizará siguiendo el Artículo 71.6 de la EHE-98 o normas posteriores.

Inmediatamente finalizado el hormigonado de la losa, esta se cubrirá con mantas térmicas para retener el calor procedente de la hidratación, lo cual ayuda a mantener una temperatura adecuada para el curado del hormigón y acelera el proceso para alcanzar su resistencia.

#### **10. Desencofrado**

No aplica.

#### **11. Otras Consideraciones a tener en Cuenta**

- Con temperaturas muy bajas o por debajo de los 0°C, deben colocarse calentadores industriales en el perímetro de la cimentación (cañones de aire caliente o similar), para intentar conseguir un ambiente con temperatura entorno a los +5°C en la zona del hormigonado.
- La obra dispondrá de la iluminación adecuada en cada momento.
- En ningún caso se añadirá agua al hormigón a su llegada al punto de empleo, incluso por pérdida de consistencia del hormigón.
- Se controlará en planta el rango de dosificación de los aditivos empleados, sin que excedan el máximo ni el mínimo recomendado en cada caso.
- Se compactará con vibrado hasta ver aparecer una humectación brillante en superficie.
- La Propiedad o Cliente, fijará un sitio en la obra para la limpieza de las cubas de hormigón, acondicionando la zona y encargándose de recoger los residuos de la limpieza.

### **5.2 INSPECCIONES Y ENSAYOS**

El control de calidad se realizará por un laboratorio homologado, teniendo una presencia permanente durante todo el tiempo del hormigonado.

Se realizarán toma de muestras fabricando 10 probetas de 15\*30cm por cada 100m<sup>3</sup> de hormigón, incluyendo muestreo, determinación del cono Abrams, curado, refrentado y rotura por serie: 4uds a 7 días, 4uds a 28 días y 2uds en reserva para contraste.

### **5.3 DOCUMENTACIÓN DEL FABRICANTE DEL HORMIGÓN**

El constructor entregará a la Propiedad o Cliente, mínimo tres días antes del hormigonado, la documentación del fabricante del hormigón, en un dossier incluyendo: fichas técnicas del cemento, granulometrías de áridos, aditivos, análisis del agua, dosificación del hormigón con contenido de cemento, aditivos, así como resultados de ensayos de prueba de la dosificación a realizar.

#### **5.4 FICHAS TÉCNICAS DEL CEMENTO Y ADITIVOS EMPLEADOS**

Se incluirán en el dossier a presentar por el fabricante del hormigón, conforme a lo indicado en el punto anterior.

CONSTRUCCIONES ESBELTAS

## 6. MEDIDAS DE SEGURIDAD LABORAL

### 6.1 MEDIDAS DE SEGURIDAD

#### 1. Protecciones Colectivas

- 1) El jefe de obra o responsable de seguridad definirá las protecciones colectivas necesarias en cada momento de los trabajos, planificando e instalando con anterioridad al inicio de cada actividad las protecciones más adecuadas.
- 2) Protección y señalización del talud auto-estable temporal de la excavación, con vallas metálicas o malla plástica fijada a puntales metálicos hincados en el terreno.
- 3) Nunca se establecerán maniobras o trabajos superpuestos.
- 4) Se prohibirá el paso a todo el personal ajeno a la obra por la zona de influencia de los trabajos, señalizando adecuadamente esta situación.
- 5) Se aplicarán todas las medidas preventivas de seguridad, recogidas en el Plan de Seguridad Laboral correspondiente.

Todas las actividades contarán con las medidas de seguridad laboral necesarias.

#### 2. Protecciones Individuales (EPI's)

- 1) El jefe de obra o responsable de seguridad definirá las protecciones individuales (EPI's) necesarias en cada momento de los trabajos.
- 2) Ropa de trabajo.
- 3) Casco de polietileno (los maquinistas y camioneros solo cuando abandonen la cabina de conducción).
- 4) Calzado de seguridad.
- 5) Botas de seguridad impermeables altas, o de mediacaña, según necesidades (cuando sea necesario).
- 6) Trajes impermeables para ambientes lluviosos.
- 7) Guantes de cuero fino o goma (según necesidades).
- 8) Gafas de seguridad antiproyecciones.
- 9) Chaleco de señalización.
- 10) Se aplicarán todas las medidas preventivas de seguridad, recogidas en el Plan de Seguridad Laboral correspondiente.

Todas las actividades contarán con las medidas de seguridad laboral necesarias.

## 7. MEDIOAMBIENTE

### 7.1 GENERAL

#### 1. Medioambiente

El almacenamiento, aplicación y manipulación en general de productos peligrosos (pinturas, disolventes, aceites, grasas, combustibles, productos químicos, etc.) se realizará según las instrucciones del fabricante, que deberán permanecer claramente legible en los envases originales. Cuando deban transvasarse a otros envases para su aplicación, éstos, se etiquetarán o marcarán con el nombre del producto.

Todos los trabajadores que vayan a manejar un producto peligroso (pinturas, disolventes, aceites, grasas, combustibles, productos químicos, etc.) o que sin manejarlo vayan a estar sometidos en alguna medida a sus efectos, recibirán información sobre el contenido de la Ficha de Seguridad del Producto, antes de comenzar a utilizarlo. La Ficha de Seguridad permanecerá en el lugar donde se encuentre el producto mientras dure su aplicación, uso o almacenamiento.

Es obligación de los trabajadores utilizar todas las medidas de protección recomendadas.

Los restos de los productos peligrosos (pinturas, disolventes, aceites, grasas, combustibles, productos químicos, etc.) utilizados, así como los envases que los hubieran contenido, se tratarán como residuos peligrosos, aplicándose el procedimiento establecido por el constructor general para su tratamiento. En cualquier caso, está prohibido tirar residuos peligrosos, sus restos o envases en cualquier lugar de la obra, que no sea la zona de almacenamiento o el contenedor dispuesto a tal efecto.

Las pinturas, disolventes, aceites, grasas, combustibles, productos químicos, etc., se consideran productos peligrosos a todos los efectos. Es por ello que deben evitarse sus derrames sobre el terreno. Cualquier derrame que se produzca se comunicará inmediatamente y se tratará como residuo peligroso.

Las Fichas de Seguridad de los productos, estarán disponibles en la obra. Todo el personal, sin excepción, tendrá acceso libre a estas fichas en cualquier momento.

#### 2. Fichas de Seguridad

Se dispondrá en la obra de las fichas de seguridad de los materiales a emplear.

## 8. CONTROL DE CALIDAD

### 8.1 CALIDAD

#### 1. Inspección

El Jefe de Obra verificará la ejecución de los trabajos indicados, conforme a los diferentes apartados de este procedimiento.

#### 2. Registros

Al finalizar la ejecución de los trabajos, el Jefe de Obra emitirá los protocolos correspondientes, conforme a lo establecido en el P.P.I. del Plan de Control de Calidad del Proyecto.

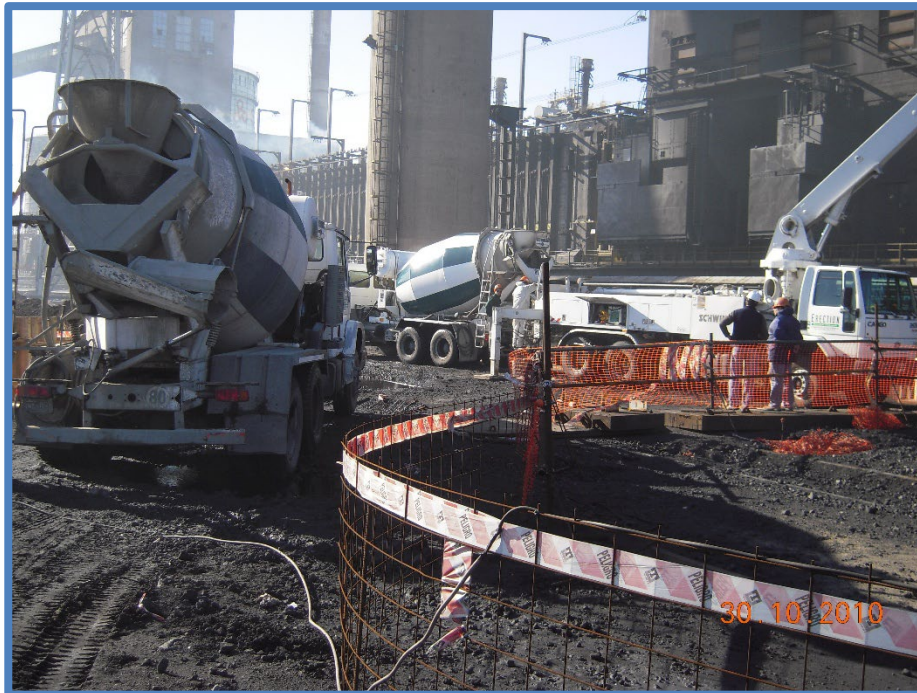
#### 3. Fichas Técnicas

Se dispondrá en la obra de las fichas técnicas de todos los materiales a emplear.

## 9. SECUENCIA FOTOGRÁFICA DEL HORMIGONADO

### 9.1 EQUIPOS





## 9.2 HORMIGONADO DE LOSA CIMENTACIÓN













### 9.3 CURADO DEL HORMIGÓN





#### 9.4 CONTROL DE CALIDAD



## 9. BIBLIOGRAFÍA

### 9.1 REFERENCIAS

- Foto de Portada y resto de Fotos: Ternium Siderar – Planta Siderúrgica en San Nicolás de los Arroyos (Buenos Aires - Argentina) - Chimenea Baterías de Coque 3 y 4.
- Chimenea de Hormigón Armado (H: 124,90m).
- Contratista Principal: Karrena Argentina.
- Ingeniería, Asesoramiento y Colaboración en la Construcción: Alternativas Actuales de Construcción S.L. – Ingeniería y Construcción de Obras Especiales (ALTAC).
- Suministro y Colocación del Hormigón: Erection Construcciones y Montajes Industriales SAICI.
- El autor divulga en este documento su propio conocimiento y experiencia, adquiridos durante más de 35 años realizando construcciones esbeltas de hormigón armado con la técnica del encofrado deslizante, y en mantenimiento y reparación de todo tipo de chimeneas industriales.

09/03/2.026