



**GERENCIA DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA  
AREA DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA  
METRO DE SANTIAGO**

## **ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

**TECHUMBRE FOSO DE MANTENIMIENTO VIA  
DE PRUEBA TALLER NEPTUNO**

## INDICE

<b>1.0 INTRODUCCION .....</b>	<b>4</b>
<b>2.0 ALCANCE.....</b>	<b>4</b>
<b>3.0 SECUENCIAS CONSTRUCTIVAS .....</b>	<b>7</b>
3.1 Retiro de Estructuras .....	7
3.2 Construcción de Fundaciones .....	7
3.3 Montaje de Estructuras Metálicas.....	7
3.4 Montaje de Cubierta de Techo y Laterales .....	7
<b>4.0 NORMAS Y CÓDIGOS ESPECIFICACION ESTRUCTURA METÁLICA.....</b>	<b>7</b>
4.1 Instituto Nacional de Normalización INN.....	8
<b>5.0 INSPECCIÓN .....</b>	<b>11</b>
<b>6.0 PLANOS DE DISEÑO.....</b>	<b>12</b>
<b>7.0 PLANOS DE FABRICACIÓN Y MONTAJE.....</b>	<b>13</b>
<b>8.0 MATERIALES .....</b>	<b>14</b>
8.1 Acero Estructural .....	15
8.2 Pernos, Tuercas y Golillas.....	15
8.3 Tratamiento superficial .....	16
8.4 Pinturas .....	17
8.4.1 CONDICIONES AMBIENTALES PARA LA APLICACIÓN DE PINTURAS .....	17
8.4.2 INSTRUMENTOS Y EQUIPOS NECESARIOS PARA CONTROL .....	18
8.4.3 PREPARACIÓN DE SUPERFICIES .....	19
8.4.4 APLICACIÓN DE PINTURAS.....	20
8.5 Otros.....	23
<b>9.0 FABRICACION .....</b>	<b>23</b>
9.1 General.....	23
9.2 Soldaduras.....	24
9.3 Cortes con Oxigeno .....	25
9.4 Aberturas .....	26
9.5 Conexión de otros materiales .....	26
9.6 Tolerancias .....	27
9.7 Inspección del Mandante.....	27
9.8 Ensayos.....	28
<b>10.0MONTAJE.....</b>	<b>28</b>
10.1 General.....	28
10.2 Dispositivos de Anclaje .....	29
10.3 Conexiones de Terreno.....	29
<b>11.0Normas Hormigones y Armaduras .....</b>	<b>30</b>
<b>12. CEMENTO .....</b>	<b>30</b>
<b>13. AGUA.....</b>	<b>31</b>
<b>14. AGREGADOS PETREOS.....</b>	<b>32</b>

<b>15. ADITIVOS .....</b>	<b>33</b>
<b>16. DOSIFICACION Y FABRICACION .....</b>	<b>33</b>
<b>17. AUTORIZACION PARA HORMIGONAR.....</b>	<b>36</b>
<b>18. COLOCACION EN OBRA, ENSAYOS Y CURADO DEL HORMIGON.....</b>	<b>38</b>
<b>18.1 Transporte.....</b>	<b>38</b>
<b>18.2 Colocación del Hormigón .....</b>	<b>40</b>
18.2.1 Disposiciones Generales .....	40
18.2.2 Hormigonado en tiempo frío .....	41
18.2.3 Hormigonado en tiempo caluroso y muy seco .....	42
18.2.4 Hormigonado en días de lluvia.....	42
18.2.5 Vibrado.....	43
18.2.6 Juntas de hormigonado.....	44
<b>18.3 Control de la Calidad de los Materiales y del Hormigón.....</b>	<b>44</b>
18.3.1 Control del cemento .....	44
18.3.2 Control de los áridos .....	45
18.3.3 Control del hormigón de obra .....	45
<b>18.4 Curado del Hormigón.....</b>	<b>50</b>
18.4.1 Curado húmedo .....	50
18.4.2 Curado mediante compuesto de sellado .....	50
18.4.3 Curado mediante láminas impermeables.....	51
<b>19. REPARACION DE DESPERFECTOS .....</b>	<b>51</b>
<b>20. MOLDAJES .....</b>	<b>54</b>
20.1 Diseño .....	54
20.2 Ejecución .....	55
<b>21. RETIRO DE MOLDAJES .....</b>	<b>56</b>
<b>22. INSERTOS .....</b>	<b>56</b>
<b>23. GROUTEADO DE BASES Y PLACAS DE APOYO .....</b>	<b>57</b>
<b>24. INSPECCION DE HORMIGONES Y MOLDAJES .....</b>	<b>58</b>
<b>25. HORMIGONES DE LA INFRAESTRUCTURA .....</b>	<b>58</b>
<b>26. ARMADURA DE REFUERZO.....</b>	<b>59</b>
26.1 Alcance.....	59
26.2 Normas .....	59
26.3 Planos de Armadura.....	60
26.4 Calidad del Acero .....	60
26.5 Prescripciones Generales .....	60
26.6 Almacenamiento.....	61
26.7 Protección de las Armaduras.....	61
26.8 Colocación de las Armaduras .....	62
26.9 Separación de la Armaduras .....	63
26.10 Ganchos, anclajes y traslajos .....	63
26.11 Unión de las Armaduras .....	65

---

## 1. INTRODUCCION

METRO S.A., o indistintamente el Mandante, ha decidido implementar el mejoramiento funcional y/o mantención de su infraestructura. En función de esto, ha desarrollado proyectos que tienen relación directa con las instalaciones actuales que posee Metro de Santiago. Como parte de este mejoramiento, se encuentra la **intervención en el Foso de Visita de Pista de Prueba del Taller Neptuno**. El objetivo de este documento corresponde a la Especificación Técnica Particular para la **Fabricación e Instalación Techumbre para el Foso de Visita de Pista de Prueba del Taller Neptuno**

## 2. ALCANCE

### Seguridad

La empresa que realice los **trabajos de montaje y/o fabricación** de estructura metálica descritos en este documento, en adelante “el Contratista”, o indistintamente “Fabricante”, deberá cumplir con lo establecido en la ley N° 16.744 “Ley de Seguridad de accidentes del trabajo y enfermedades profesionales”, y asumir las responsabilidades que se deriven de la aplicación de estas disposiciones. Sin perjuicio de lo anterior el contratista deberá extremar los cuidados en la manipulación de las estructuras que se deben montar, con el objeto de salvaguardar la seguridad de las personas y la integridad de los elementos que se desean instalar, ejecutando e instalando las protecciones y cierros provisorios que sean pertinentes, debiendo mantener en todo momento habilitado el acceso al edificio. En atención a lo señalado, el contratista deberá concordar con Metro un programa de trabajo.

### Alcance

Las presentes Especificaciones Técnicas fijan las condiciones que deben cumplir las estructuras que formarán parte del proyecto de “Techumbre para el Foso de Visita de Pista de Prueba del Taller Neptuno”

---

Esta especificación cubre los requisitos de suministro de materiales, mano de obra, fabricación, y montaje de todas las estructuras de acero y acero misceláneo necesario a los trabajos indicados en los planos del proyecto.

Así también, el aseguramiento de calidad, control y procedimientos de inspección a seguir durante el desarrollo de los trabajos en taller y retoques en terreno.

Las presentes especificaciones se complementan con la información contenida en los planos de diseño de las estructuras de acero.

Salvo elementos expresamente excluidos por Metro S.A., el Contratista, junto con retirar y despejar el área de las cortinas de rollo existentes, suministrará e instalará las estructuras de acero del proyecto con todos los elementos indicados en los planos de diseño y en las especificaciones, además de cualquier otro elemento obviamente requerido para completar y terminar totalmente dichas estructuras.

Los siguientes trabajos y actividades quedan cubiertos por la presente especificación:

- Suministro y mantención de todos los materiales, productos, equipos, herramientas, lubricantes y mano de obra necesarios para la ejecución de los trabajos.
- Ensayos de Certificación de calidad por laboratorios autorizados por la ITO, para productos y trabajos.
- Control de la ejecución de los trabajos.
- Coordinación de aprobaciones y recepciones de los trabajos por parte de la ITO.
- Almacenamiento de productos y materiales.
- Control de calidad interno.
- Fabricación y Montaje de Estructuras

La limpieza de estructuras se ejecutará una vez que se hayan completado los procesos de fabricación o soldadura, ya sea en terreno o en talleres de fabricación, según sea apropiado. Las soldaduras deberán estar previamente aprobadas.

---

El Contratista deberá contar con todas las herramientas, instrumentos, materiales y equipos necesarios para realizar la limpieza de las estructuras cumpliendo las condiciones y requisitos que aseguren la correcta preparación de las superficies antes de ser pintadas.

Los trabajos de preparación de superficies se harán en recintos adecuados, protegidos de la acción directa del sol, viento, lluvia, polvo, etc, y separados del área de pintura.

El Contratista no podrá introducir modificaciones a esta Especificación. En caso que a juicio de METRO sea necesario hacer modificaciones, la ITO solicitará previamente la aprobación de las modificaciones propuestas al Proyectista, no pudiéndose materializar estas hasta que sean emitidos los nuevos documentos correspondientes.

Cualquier interrupción o paralización definitiva de las obras, deberá ser previamente autorizada por escrito por la ITO.

En caso de discrepancias entre planos y especificaciones, se usará el siguiente orden de precedencia:

- Detalle de planos
- Notas y Detalles de los Planos Generales
- Instrucciones de la ITO
- Especificaciones Técnicas

### **Antecedentes**

Se entrega la siguiente lista de planos que rigen el proyecto. Cabe destacar que cotas y dimensiones en planos prevalecen por sobre lo indicado en la presente Especificación Técnica.

- E129-0100-PLA-NP-CE-001, Taller Neptuno Techumbre Foso Visita Pista de Prueba Elevaciones - Detalles
- E129-0100-PLA-NP-CE-001, Taller Neptuno Techumbre Foso Visita Pista de Prueba Elevaciones – Detalles
- E129-0100-PLA-NP-CE-001, Taller Neptuno Techumbre Foso Visita Pista de Prueba Elevaciones – Detalles

- 
- E129-0100-PLA-NP-CE-001, Taller Neptuno Techumbre Foso Visita Pista de Prueba Elevaciones - Detalles

### **3. SECUENCIAS CONSTRUCTIVAS**

#### **3.1 Retiro de Estructuras**

El Contratista deberá retirar la estructura de alero existente y llevarla a botadero autorizado, cuidando de no dañar las obras e instalaciones aledañas existentes. Deberá además retirar las instalaciones eléctricas existentes para luego conexas con los nuevos elementos especificados, por lo que se debe mantener los circuitos eléctricos operativos para su conexas final.

#### **3.2 Construcción de Fundaciones**

El contratista deberá construir las fundaciones para los pilares que se muestran en los planos sin dañar las obras aledañas existente como son las canaletas de cables y vías aledañas. Para ejecutar las fundaciones podrá retirar la malla de cierre y postes para luego restituirlos en su posición original. Si se dañase algún elemento, deberá reponerlo con uno de las mismas características técnicas o mejores.

#### **3.3 Montaje de Estructuras Metálicas**

El Contratista deberá montar la estructura metálica mostrada en los planos de proyectos.

#### **3.4 Montaje de Cubierta de Techo y Laterales**

El Contratista deberá montar la cubierta de techumbre con todas las conexiones mostradas en los planos.

**Nota:** Los **Trabajos preferentemente se desarrollarán en horario nocturno**, a no ser que Metro autorice realizar trabajos en horarios diurnos para lo cual deberá existir una estricta coordinación con personal de Metro S.A.

### **4. NORMAS Y CÓDIGOS ESPECIFICACION ESTRUCTURA METÁLICA**

Sin perjuicio de lo establecido en estas especificaciones, que tendrán un carácter prioritario, la fabricación, inspección y montaje de las estructuras, se regirán además por lo establecido en las ediciones vigentes de las normas y códigos enumerados a continuación

---

o de aquellas normas y códigos de otros países que el Contratista demuestre ser equivalentes, complementarias o necesariamente adicionales a las indicadas.

En general, las estructuras de acero fabricadas en Chile y montadas en el sitio del proyecto deberán satisfacer las normas nacionales INN.

#### **4.1 Instituto Nacional de Normalización INN**

NCh428.Of1957	Ejecución de construcciones de acero.
NCh1159.Of1977	Acero estructural de alta resistencia y baja aleación para construcción.
NCh1186.Of1997	ISO 225 Elementos de fijación - Pernos y tuercas - Terminología y designación de dimensiones.
NCh1378.Of1978	Soldadura al arco con electrodos revestidos de acero al carbono o de baja aleación - Determinación del hidrógeno difusible.
NCh1420.Of1997	ISO 888 Elementos de fijación - Pernos - Longitud nominal y longitud roscada de pernos para usos generales.
NCh203.Of1977	Acero para uso estructural – Requisitos.
NCh222.Of1999	Construcción - Planchas lisas de acero recubiertas – Especificaciones.
NCh223.Of1999	Construcción - Planchas acanaladas onduladas de acero recubiertas – Requisitos.
NCh227.Of1962	Alambres de acero para usos generales – Especificaciones.
NCh301.Of1963	Pernos de acero con cabeza y tuerca hexagonales.
NCh302.Of1963	Pernos de acero de cabeza redonda, con cuello cuadrado y tuerca cuadrada.
NCh303.Of1980	Tubos de acero al carbono soldados por arco eléctrico automático.
NCh304.Of1969	Electrodos para soldar al arco manual - Terminología y clasificación.

---

NCh305.Of1969	Electrodos para soldar al arco manual aceros al carbono y aceros de baja aleación - Códigos de designación e identificación.
NCh306.Of1969	Electrodos revestidos para soldar al arco aceros al carbono y aceros de baja aleación – Prescripciones.
NCh307.Of1969	Electrodos revestidos para soldar al arco - Aceros al carbono y aceros de baja aleación - Preparación de probetas para realizar ensayos.
NCh308.Of1962	Examen de soldadores que trabajan con arco eléctrico.
NCh434.Of1970	Barras de acero de alta resistencia en obras de hormigón armado.
NCh 206 Of. 56	Acero laminado en barras para pernos corrientes.
NCh 208 Of. 56	Acero laminado en barras para tuercas corrientes.
NCh 300 Of. 77	Pernos y Tuercas: Terminología.
NCh697.Of1974	Acero - Barras y perfiles livianos - Clasificación y tolerancias.
NCh698.Of1974	Acero - Barras y perfiles livianos - Requisitos generales.
NCh730.Of1971	Acero - Perfiles estructurales soldados al arco sumergido.
NCh776.EOf1970	Electrodos desnudos para soldar al arco sumergido - Aceros al carbono y aceros de baja aleación – Especificaciones.
Ch1442.Of1978	Uniones hechas mediante soldadura blanda o soldadura fuerte - Determinación de la resistencia al cizalle.
NCh1462.Of1978	Metales de aporte para soldadura blanda y soldadura fuerte - Código de símbolos.
NCh1466.Of1978	Prevención de riesgos en los trabajos de corte y soldadura con gas - Aspectos generales.
NCh1467.Of1978	Prevención de riesgos en corte o soldadura al arco – Generalidades.
NCh1562.Of1979	Protección personal - Pantallas para soldadores – Requisitos.
NCh1563.Of1979	Protección personal - Pantallas para soldadores – Ensayos.
NCh1692.Of1980	Protección de los ojos - Filtros para soldadura – Requisitos.

---

NCh1698.Of1984	Requisitos de soldadura - Categorías de requisitos de servicio de las uniones soldadas.
NCh1699.Of1984	Requisitos de soldadura - Parámetros que deben considerarse para definir los requisitos de las uniones soldadas por fusión en acero (Factores de influencia de orden técnico).
NCh1700.Of1984	Electrodos revestidos - Determinación del rendimiento, de la recuperación del metal y del coeficiente de depósito.
NCh1701.Of1984	Soldaduras en acero - Bloque de referencia para la calibración de equipos para el examen por ultrasonidos.
NCh1702.Of1984	Metales de aporte para soldadura fuerte - Determinación de las características del metal depositado.
NCh1703.Of1980	Metales de aporte para soldadura fuerte - Determinación de la resistencia de adhesión convencional en acero, hierro fundido y otros metales.
NCh1704.Of1980	Electrodos para la soldadura manual al arco y metales de aporte para la soldadura a gas - Diámetros y tolerancias.
NCh1705.Of1984	Posiciones fundamentales de ejecución de las soldaduras y definiciones de los ángulos de rotación y de inclinación para las soldaduras rectilíneas.
NCh1707.Of1980	Electrodos de diámetro mayor o igual que 3,2 mm - Determinación de las propiedades mecánicas del metal depositado.
NCh1710.Of1984	Metales de aporte para soldadura fabricados por fundición - Longitudes y tolerancias.
NCh1711.Of1984	Metales de aporte para soldadura fabricados por transformación - Longitudes y tolerancias.
NCh1713.Of1980	Metales de aporte para la soldadura a gas de los aceros calmados, normalizados y de los aceros de baja aleación de alta resistencia - Determinación de las propiedades mecánicas del metal depositado.
NCh1805.Of1980	Protección personal - Ropa para soldadores – Materiales.

---

NCh1806.Of1980	Protección personal - Ropa para soldadores – Confección.
NCh292.Of1960	Generadores de vapor - Uniones soldadas – Prescripciones.
NCh293.Of1960	Generadores de vapor - Uniones soldadas, inspecciones y comprobación de defectos.
NCh294.Of1960	Generadores de vapor - Uniones soldadas, ensayos mecánicos.
NCh956.Of1978	Rugosidad de superficie - Terminología y método de evaluación.
NCh1083.EOf1974	Productos metálicos - Fallas e imperfecciones – Terminología. Manual de diseño para estructuras de acero. Instituto Chileno del Acero sólo en lo que requiera su designación de perfiles.

## 5. INSPECCIÓN

La responsabilidad de la inspección de los materiales y de la fabricación de las estructuras recae exclusivamente en el Contratista, sin embargo la ITO se reserva el derecho de supervisión de la calidad y estado de los materiales y de la ejecución de las faenas correspondientes, sin que libere por esta Inspección la responsabilidad que tiene el Contratista por la calidad y seguridad del trabajo en todos sus detalles; los errores o defectos que se encuentren durante el montaje y cualquier elemento o material que esté defectuoso será corregido por el Contratista a su exclusivo costo.

La ITO enviará inspectores a la obra o talleres para verificar que el trabajo se ejecuta de acuerdo a las normas, planos y especificaciones. El Contratista deberá dar a los Inspectores las facilidades necesarias para el desempeño de sus funciones.

La recepción en talleres o en obra por parte de los Inspectores, del total o partes de las estructuras, no exime al Contratista de la obligación de ejecutar el trabajo de acuerdo a las normas, planos y especificaciones.

La ITO recibirá los materiales de acuerdo a las siguientes exigencias:

- Las Especificaciones Técnicas.
- Acero estructural, según NCh 203 Of. 77. Se exigirán certificados de calidad del fabricante.

- 
- Pinturas, según certificados y análisis de los fabricantes.
  - Electrodo, según AWS A5.1 y AWS A 5.5 o NCh 306.
  - Pernos y tuercas, según NCh 300 y 301.
  - Pernos de alta resistencia, según ASTM A-325.

El Contratista establecerá un sistema de inspección de taller, para aprobación de la ITO, que contenga una cantidad suficiente de datos que serán entregados en las visitas eventuales que se efectúen, que especifiquen el cumplimiento de los requisitos del material utilizado.

La inspección de los elementos metálicos cubrirá al menos los siguientes puntos:

- Certificado de competencia de los soldadores, expedido por IDIEM, CAP, ENAP, CESMEC u otra institución autorizada. En su defecto se exigirán pruebas de calificación especificadas en las normas AWS B1.1 o NCh 308, para soldadores estructurales.
- Dimensiones de las piezas antes de soldar en taller.
- Calidad de las soldaduras.
- Limpieza antes de pintar.
- Calidad y espesor de las pinturas con Elkometer o instrumentos similares.
- Ubicación de pernos.
- Geometría general de la estructura (ubicación, niveles, elevaciones, ejes).

## **6. PLANOS DE DISEÑO**

El Mandante entregará los planos estructurales de diseño al Contratista, el que estará encargado de confeccionar los planos de fabricación, los cuales deberán ser aprobados por el Proyectista antes de comenzar con el trabajo en taller.

Para ello, se hará llegar al Proyectista a través de la ITO, un juego doble de copias, las que serán revisadas y devueltas por intermedio de la ITO al Contratista con las observaciones que pudiera haber y con una aprobación condicionada a la introducción en dicho plano de las correcciones que se indiquen.

No se aceptará iniciar el trabajo en Taller o la preparación del material, si no se cuenta con los planos de fabricación aprobados por la ITO y por el Proyectista.

---

A su vez, el Fabricante no podrá introducir ninguna modificación en los planos de diseño sin la aprobación y consentimiento del mandante. Si es necesario modificar algún diseño, se deberá solicitar la aprobación al Mandante previo a materializar cualquier cambio.

**En el caso de suscitarse discrepancia entre los planos de diseño y estas especificaciones, primarán los planos.**

En los planos de fabricación se señalará entre otros puntos, lo siguiente:

- Detalles de planchas y marcas
- Detalles de soldadura y tipos de electrodos
- Detalles de empalmes
- Listado de materiales

## **7. PLANOS DE FABRICACIÓN Y MONTAJE**

El Contratista encomendará la elaboración de la totalidad de los planos de fabricación y montaje de las estructuras, a partir de los planos de diseño aprobados por el Mandante, a profesionales de comprobada experiencia y competencia en este rubro.

El Contratista será responsable de la calidad y corrección de la totalidad de los detalles contenidos en sus planos de fabricación y montaje.

Antes de iniciar la fabricación de cualquier estructura, el Contratista someterá a aprobación del Mandante la totalidad de los planos de Fabricación y Montaje respectivos.

La revisión y aprobación de estos planos por parte del mandante o sus representantes, no liberará al Contratista de su responsabilidad por los errores que ellos contengan, y que puedan repercutir en una fabricación defectuosa de los trabajos, ni de su obligación de ejecutar su trabajo estrictamente en concordancia con ellos y las especificaciones y normas aplicables, los errores que se puedan cometer por este motivo deberán ser corregidos a plena satisfacción del Mandante y a exclusivo costo del Contratista.

Los planos, deberán ser completos e incluirán toda la información necesaria para la fabricación y montaje de las partes componentes de las estructuras. Sólo a título informativo y sin que ella sea una enumeración exhaustiva, estos planos deberán indicar: calidades de aceros; tamaño, peso, dimensiones y detalles de los miembros; orientación y ubicación de todos los miembros respecto de líneas de referencia adoptadas; identificación de la elevación de las bases de vigas, ubicación y tamaño de aberturas, ranuras y

---

perforaciones, requerimientos tales como perforaciones , taladradas o punzonadas, para la conexión de otras partes o materiales de la construcción; tipo, tamaño y longitud de las soldaduras, mediante la simbología AWS; procedimientos, secuencias y cualquier otra condición importante para la correcta ejecución de las soldaduras; requerimientos de preparación de superficies, previos a la pintura; tipo y espesores secos de las capas de pinturas; condiciones de aplicación de las pinturas, marcas de identificación de los miembros, etc.

Estos planos deberán mostrar todos los requerimientos, tales como:

- Miembros provisorios requeridos para el montaje, incluyendo sus conexiones.
- Todas las aberturas requeridas para la fabricación y el montaje, incluyendo los elementos requeridos para su eliminación, cuando esta sea necesaria.

Por otra parte, estos planos deberán contener detalles estándares para todas aquellas partes del trabajo susceptibles de normalización, tales como conexiones de vigas, peldaños de escaleras, etc.

## **8. MATERIALES**

Todos los materiales que se utilicen en las estructuras de acero serán nuevos, de primer uso. Sus dimensiones, formas, pesos, tolerancias, propiedades químicas y mecánicas y cualquier otra característica relevante de ellos, serán las correspondientes a los mejores materiales en su clase, de acuerdo con las normas y códigos aplicables.

El Contratista proporcionará a la ITO los certificados otorgados por los productores del acero estructural que se pretende utilizar, como también de todos los pernos, tuercas, golillas y electrodos, utilizados en las estructuras.

Todos los elementos, se transportarán y almacenarán cuidadosamente apoyados en caballetes de madera u otros soportes adecuados, dispuestos de tal manera, que los miembros permanezcan limpios de tierra y adecuadamente drenados, evitándose cualquier

---

salpicadura o acumulación de tierra, grasa, agua u otras materias extrañas, sobre o alrededor de las piezas.

Cualquier salpicadura o acumulación de materias extrañas que se produzca por cualquier razón, deberá removerse previamente al montaje.

El Contratista también proporcionará para aprobación del Mandante, antes de su aplicación, antecedentes relativos al análisis químico, color y cualquier otra propiedad relevante de las pinturas.

En general, el Contratista deberá certificar ante la ITO, la calidad y el cumplimiento de los requerimientos establecidos para todos los materiales utilizados en la fabricación de las estructuras de acero del proyecto.

## **8.1 Acero Estructural**

Los perfiles y planchas serán del tipo y calidad especificados en los planos. No obstante lo anterior, la calidad mínima del acero que se utilice, será la siguiente:

- Aceros Perfiles y Planchas: Acero grado A42-27ES según NCh 203 Of. 77 o ASTM A36
- Tubos Estructurales: Acero grado A42-27ES, o ASTM A36.

## **8.2 Pernos, Tuercas y Golillas**

Los pernos corrientes, tuercas y golillas serán de acero al carbono, calidad A307, según ASTM A307 o equivalente aprobado.

Los pernos de anclaje de piso y muro, serán con pernos de anclaje químico HILTI HVZ M16x105

---

### 8.3 Tratamiento superficial

Limpieza con chorro abrasivo a grado metal blanco (SSPC-SP5), que consiste en tratar la superficie por impacto de partículas a alta velocidad. La superficie deberá quedar libre de toda contaminación, suciedad, óxido de laminación y de cualquier otro elemento extraño, lucir limpia y con el grado de rugosidad exigido.

Una superficie preparada con chorro abrasivo a grado metal blanco se define como aquella que presenta en un 100 % un color gris-blanco metálico uniforme y de rugosidad apropiada para permitir un buen anclaje de la pintura.

La ITO controlará que la instalación utilizada para el arenado tenga un diseño adecuado y la calidad final de los trabajos.

El Contratista deberá proporcionar a la ITO todas las facilidades que este requiera para realizar su labor de fiscalización.

Para determinar el Perfil de Rugosidad Superficial de la superficie limpia, la Administración podrá utilizar el Kaene-Tator Surface Profile Comparator, Micrómetro de identificación con puntas cónicas o medidores de rugosidad del tipo Elcometer 127. Se deberá cumplir con los requerimientos especificados por el proveedor y aprobados por la ITO.

No se podrá aplicar la pintura hasta que la ITO haya aprobado el tratamiento de limpieza exigido para la superficie de acero. El Contratista deberá reparar todas las áreas que la ITO haya rechazado.

El Contratista deberá solicitar todas las recepciones y aprobaciones o rechazos por parte de la ITO. También deberá anotar los avances diarios y las condiciones ambientales atmosféricas en que se desarrolle la jornada, limpieza de filtros, trampas de aceite, etc.

---

## 8.4 Pinturas

Durante el proceso de pintado, el Contratista deberá cumplir una serie de condiciones y requisitos para asegurar la correcta elección, agitación, mezcla (en el caso de productos de 2 componentes), tipo de pintura y condición de los equipos y herramientas de aplicación, forma de aplicación y control de las labores de pintado sobre las superficies de acero.

Todas las pinturas ofrecidas por el Contratista deberán contar con los certificados de laboratorio del Fabricante y cumplir con todas las exigencias, definiciones, composición y propiedades físicas y químicas de cada sistema de protección indicado en estas especificaciones.

Todo material o pintura deberá ser de marcas comerciales reconocidas, suministradas en sus envases originales y sellados de fábrica. Los envases de pintura de fábrica deberán estar debidamente identificados, ser totalmente herméticos. Toda pintura deberá tener una estabilidad de almacenamiento de 1 año como mínimo. Será rechazada toda pintura que haya sobrepasado su vida útil garantizada o cuya viscosidad varíe en más de un 4%. Sólo se aceptará una sedimentación blanda, fácil de reincorporar a paleta y su molienda deberá encontrarse inalterada.

### 8.4.1 CONDICIONES AMBIENTALES PARA LA APLICACIÓN DE PINTURAS

Antes y durante la ejecución de la aplicación de las capas de pintura, se deberán considerar las siguientes condiciones ambientales:

- La temperatura ambiental deberá ser superior a 10° C.
- La temperatura del sustrato no debe exceder de los 35° C.
- La temperatura del sustrato deberá estar al menos 3° C sobre la temperatura del punto de rocío.
- La humedad ambiental deberá ser inferior al 80%.
- La aplicación de las capas de pintura deberá hacerse a la sombra o bajo techo, en ningún caso cuando haya radiación directa.

- 
- En caso de aplicar la pintura a la intemperie, no deberá existir riesgo de posible condensación de humedad (lluvia, llovizna, niebla) durante la ejecución de los trabajos de pintado.
  - En caso de realizar los trabajos de pintura bajo techo, con o sin atmósfera controlada, las condiciones ambientales mínimas serán las mismas que las exigidas para los trabajos realizados a la intemperie.
  - Los trabajos de pintura que se realicen a la intemperie, deberán ser detenidos en caso de neblina y lluvia y las superficies deberán limpiarse nuevamente.

#### **8.4.2 INSTRUMENTOS Y EQUIPOS NECESARIOS PARA CONTROL**

El Contratista deberá disponer al menos de los siguientes instrumentos y equipos:

- Para Controlar las Condiciones Ambientales:
  - ✓ Termómetro de contacto para medir temperatura sobre sustratos
  - ✓ Termómetro ambiental
  - ✓ Higrómetro calibrado
  - ✓ Tablas Psicométricas
- Para controlar la correcta preparación de las pinturas:
  - ✓ Viscosímetro
  - ✓ Envases metálicos limpios y de tamaño adecuado
  - ✓ Agitadores manuales o mecánicos
  - ✓ Espátulas o espátulines
  - ✓ Filtros
  - ✓ Vasos o envases graduados en unidad de volumen (cc)
  - ✓ Reloj o cronómetro con señal de alarma.
- Para controlar la correcta aplicación de las pinturas:
  - ✓ Medidor de espesores de película húmeda de pintura.
  - ✓ Medidor de espesores de película seca de pintura (tipo magnético).
  - ✓ Medidor de adherencia de película seca de pintura al sustrato (equipo reticulador o traccionador).
  - ✓ Lupa ( mínimo 30x)

---

✓ Cortaplumas.

### 8.4.3 PREPARACIÓN DE SUPERFICIES

Antes del inicio de las actividades de limpieza en superficies de acero carbono se deberá verificar lo siguiente:

- Eliminación de cantos vivos, virutas, rebabas o filos. Los cantos deberán ser redondeados.
- Se deberá eliminar escorias, chisporroteos o salpicaduras de soldaduras de las superficies.
- Cualquier socavación profunda deberá ser rellenada con el material de aporte que corresponda.
- Cordones discontinuos o pinchazos de soldadura, deberán ser repasados o corregidos por medio de esmerilado.
- Ejecución de soldaduras en conexiones incompletas.
- En caso de encontrarse doble laminación, esta deberá ser esmerilada hasta conseguir una superficie sin dobleces o pliegues.
- Los elementos deberán ser soldados en forma completa, sin dejar espacios, o en su defecto, proveer estos con amplitud suficiente para su preparación, revestimiento o mantención.
- Todas las estructuras apernadas deberán ser tratadas antes de ser armadas. Aquellas zonas que sean inaccesibles después del armado o montaje, deberán ser tratadas antes de su instalación.
- Se sellarán con masillas todas aquellas superficies inaccesibles para la operación de pintado, como por ejemplo ángulos en contacto con plancha.

Se ejecutará una limpieza primaria para eliminar las grasas, aceites, tierra y otros contaminantes y estimulantes de la corrosión de las superficies de acero, mediante la aplicación de los métodos siguientes:

- Limpieza con solventes hidrocarburos

- 
- Limpieza con detergente industrial alcalino y posterior neutralizado mediante enjuague con abundante agua.

La Limpieza final se ejecutará de modo que asegure la remoción del óxido de laminación, herrumbre o pintura existente sobre la estructura metálica, siguiendo lo indicado en el punto 6.3 de la presente especificación.

#### **8.4.4 APLICACIÓN DE PINTURAS**

El tipo y número de capas de protección para cualquier elemento que requiera pintura, estará de acuerdo con el sistema de pintura que sea pertinente.

Como norma general, se aplicará el esquema de pintura en taller, limitando el trabajo de pintura en terreno a la reparación de superficies dañadas por el transporte y faenas de montaje y a pinturas de acabado.

La aplicación del sistema de pintura deberá realizarse sobre superficies limpias y secas que hayan sido aprobadas previamente por la ITO. El procedimiento de aplicación será el indicado por el Fabricante y aprobado por la ITO.

La aplicación de pinturas deberá ser realizada por personal calificado. Todas las pinturas deberán ser aplicadas con las herramientas (pistolas, brochas, airless según corresponda) definidas para cada etapa en el esquema de protección.

Previo a la aplicación de cada capa de pintura, se deberá procurar un refuerzo en todas las áreas críticas de la estructura (bordes, soldaduras, remaches, pernos entre otros) mediante la aplicación de una capa puntual de pintura con brocha.

El pintado de las superficies se podrá realizar mediante brochas, pistolas de aire o pistolas "airless". Se excluye el uso de rodillos.

Los sistemas se aplicarán con pistola de aire y pistola "airless", salvo lo estipulado en el punto "Aplicación de pintura con brochas" que se describe a continuación. La elección del medio de aplicación dependerá del tipo de pintura a usar. En este caso será el Fabricante

---

el que especificará el medio adecuado a utilizar. No se aceptará la dilución excesiva respecto a la especificada por el Fabricante, con el propósito de facilitar la faena de aplicación.

- Aplicación de Pintura con Brochas

Se utilizará aplicación con brocha solamente en los casos de pintura en zonas inaccesibles para el proceso con pistola y en refuerzos o retoques de cantos, uniones, soldaduras, pernos, etc. También para eliminar el exceso de material acumulado. Deberá emplearse solamente brochas de buena calidad y con tamaño adecuado. No se podrá emplear brochas con fibras muy gastadas, rígidas, sueltas o que tengan la dimensión inadecuada. La técnica a emplear será la de aplicar una capa gruesa y brochar intensamente para que la pintura penetre en las imperfecciones de la superficie y las cubra totalmente. El acabado deberá ser liso sin estrías o surcos y parejo.

- Aplicación de Pintura con Pistola de Aire

La aplicación de pintura con pistola de aire, sólo se podrá utilizar cuando se aplique pintura sobre superficies ya imprimadas con la primera capa protectora de anticorrosivo, la que se realizará con brocha o pistola sin aire “airless”.

Durante el proceso de aplicación se debe tener especial cuidado en regular el flujo de aire (proveniente de la línea) y de pintura (del estanque) a la pistola, de manera de conseguir una correcta pulverización de la pintura sobre la superficie. La presión de aire deberá estar comprendida entre 40 a 60 lb/in<sup>2</sup>.

El ancho del abanico debe seleccionarse según el tipo de trabajo. El abanico cerrado es aconsejable para el pintado de superficies alargadas, mientras que el abanico abierto es el más conveniente para superficies extensas.

Cuando se requiera pintar esquinas o ángulos deberá regularse el diámetro del abanico de modo que la pintura aplicada cubra las caras de la esquina en 2 a 4 cm. por cada lado.

---

La elección de boquilla, corona de aire y presión debe hacerse de tal modo de no modificar las cantidades de diluyente especificada por el Fabricante.

Al término de cada etapa de pintado o al término de la jornada, el equipo en su totalidad (pistola, manguera y accesorios) deberán someterse a una rigurosa limpieza con solvente compatible y secado con estopas, lo cual será controlado por la ITO.

- Aplicación de Pintura con Pistola sin aire, "Airless"

Las instrucciones para la aplicación con "airless" son similares a la con pistola de aire, siendo de especial importancia los siguientes aspectos adicionales:

La aplicación con "airless" requiere una menor cantidad de solvente que la de con pistola de aire.

La proporción de diluyente deberá ser especificada por el Fabricante.

La presión del equipo deberá ser la suficiente para lograr una correcta pulverización de la pintura. El equipo del Contratista deberá suministrar una relación mínima de compresión que asegure la correcta aplicación de las pinturas.

La elección de la boquilla debe ser tal que permita una correcta presión de pulverización de la pintura y que el ajuste del abanico este acorde al tipo de trabajo a realizar.

La distancia entre la boquilla de la pistola y la superficie a pintar deberá ser de 30 cm. (máximo) y 25 cm. (mínimo), dependiendo de las condiciones del Sistema.

Se aplicará un espesor total de 6 mills, repartido entre:

- 2 mills en anticorrosivo epóxico
- 4 mills en esmalte epóxico

---

## 8.5 Otros

Todos los materiales restantes, no identificados específicamente, pero necesarios para una adecuada y completa instalación de las estructuras de acero, serán de la mejor calidad en sus respectivas clases y serán sometidos a revisión y aprobación del Mandante.

## 9. FABRICACION

### 9.1 General

Salvo indicación contraria, los perfiles armados o piezas especiales se fabricarán en acero estructural en concordancia con esta especificación, con las normas y códigos y de acuerdo con lo señalado en los planos.

Todos los miembros y partes constituyentes de la estructura de acero se cortarán y fabricarán dentro de tolerancias que no perjudiquen la geometría del diseño. No se permitirá por ningún motivo que se introduzcan tensiones en las estructuras o componentes como consecuencia de una geometría imperfecta. Por consiguiente, se prestará especial atención a que en el armado de los conjuntos, todos los componentes de estos tengan un buen calce y que en lo posible algunos de ellos sean intercambiables. No se permitirá forzar los componentes para producir el calce necesario entre ellos.

Todas las soldaduras se ejecutarán utilizando procedimientos, equipos y soldadores, previa y recientemente calificados. El Mandante requerirá las recalificaciones que considere necesarias.

Todo el acero estructural tendrá un manejo y almacenamiento cuidadoso, de modo que no resulte sometido a esfuerzos indebidos o a daños. El acero estructural no se almacenará en el terreno por largos periodos antes de su montaje.

Todo el acero estructural, antes y después de su fabricación deberá permanecer recto, sin deformaciones de cualquier especie y libre de grietas, torceduras, desgarraduras, raspaduras y daños de cualquier otra especie.

---

Ningún acero estructural será pintado, embalado o despachado desde los talleres del Fabricante hasta que se haya certificado que satisface todos los requerimientos especificados y que haya sido aprobado por el Mandante.

## **9.2 Soldaduras**

Las soldaduras se regirán por la Norma AWS D1.1-82 y donde sea aplicable, por otras reglas, suplementos y agregados a la D1.1.

### **Ejecución**

Los soldadores y operadores que participen en la fabricación o en el montaje de las estructuras se calificarán utilizando los equipos y electrodos del mismo tipo de los que se usarán en las faenas, de acuerdo a la Norma NCh 308.

El Contratista someterá a la aprobación de la ITO una nómina de los soldadores a los cuales se encomendará el trabajo, acompañando los certificados de calificación vigente, los cuales deberán tener una fecha de emisión no anterior a 6 meses desde el inicio de la fabricación de las estructuras. La ITO deberá aprobar por escrito dicha nómina. El reemplazo del personal asignado, solamente se efectuará mediante la aprobación previa de la ITO.

El soldador estará autorizado a realizar el tipo de trabajo para el cual se encuentra calificado, o aquellos para los que se requerirá una calificación menor.

Los procedimientos de soldadura, así como las características de las juntas soldadas, se calificarán de acuerdo con los códigos AWS especificados.

En taller se utilizará soldadura manual al arco protegido o soldadura automática o semi automática al arco sumergido, mientras que en el terreno se utilizará soldadura manual al arco protegido, salvo indicación contraria.

---

Todas las soldaduras de ranura serán de penetración completa, salvo indicación contraria anotada en los planos.

### **Electrodos**

Los electrodos a emplear para soldadura al arco manual, deberán satisfacer las Normas NCh 305 y 306, para identificación y posición de soldado.

Para soldadura automática por arco sumergido, los electrodos y fundentes deberán cumplir con la Norma NCh 776.

No se aceptarán electrodos con polvo de hierro en el revestimiento, ya que al disimular los defectos de terminación dificultan la revisión visual. Todos los perfiles soldados se fabricarán mediante soldadura automática por arco sumergido.

El tipo de diámetro del electrodo deberá ser apropiado para el diseño de la soldadura, característica de la corriente, posición en que se soldará, tipo de unión, características del depósito, condiciones especiales, etc. Estas características de cada soldadura deberán anotarse en un registro que deberá llevar el Contratista indicando además, el nombre del soldador.

Las estructuras a soldar deberán estar libres de escamas sueltas, de óxidos, grasa, pintura, cemento, humedad o cualquier elemento extraño. Serán lisas, uniformes, libres de rebabas, gotas de metal y otros aspectos que puedan afectar la calidad de la soldadura.

### **9.3 Cortes con Oxígeno**

- Los cortes con oxígeno, sólo se ejecutarán utilizando sopletes guiados mecánicamente.
- Todas las esquinas re-entrantes se aliviarán de concentración de tensiones, mediante un corte circular concéntrico, con radio mínimo de 12 mm.

- 
- Las perforaciones para conexiones apernadas no podrán ser hechas ni agrandadas con soplete.
  - Los componentes que no satisfagan las condiciones anteriores serán rechazados.

## 9.4 Aberturas

No se permitirá cortar aberturas, adicionales a las especificadas en los planos, salvo expresa autorización escrita de la ITO.

### Perforaciones para Pernos

Los agujeros deben ser perpendiculares a las caras del material y presentar superficies lisas, sin grietas ni deformaciones notorias, eliminándose toda rebarba de los bordes.

En lo posible, las perforaciones de las piezas que deban unirse, serán escariadas simultáneamente en su posición de correspondencia. Los agujeros para pernos calibrados deben taladrarse o escariarse con las piezas ensambladas en su posición definitiva, o en su defecto, a través de plantillas rígidas especiales de acero con bocinas templadas.

Salvo especificación contraria, es permisible punzonar sin terminación posterior los agujeros destinados a unión de piezas cuyos espesores sean iguales o inferiores a 12 mm. Si esos espesores son mayores, los agujeros se taladrarán.

### Tolerancias admisibles en diámetro para agujeros

- Pernos corrientes: + 1,6 mm sobre el diámetro del agujero
- Pernos calibrados: + 0,5 mm sobre el diámetro nominal del perno

### Desviación máxima en la coincidencia de agujeros

- Pernos corrientes : 1,5 mm para diámetro mayor que 10 mm
- Pernos calibrados: Sin tolerancia

## 9.5 Conexión de otros materiales

El acero se deberá punzonar y taladrar para unir a él otros materiales, según se indique en los planos o especificaciones.

---

## 9.6 Tolerancias

Las tolerancias dimensionales de todo tipo, para la totalidad de los componentes de las estructuras, deberán estar de acuerdo con las establecidas en las normas y códigos aplicables del Contrato. Dentro de estas tolerancias se considerarán adicionalmente a las dimensionales, aquellas asociadas al ajuste entre miembros, en el armado de la estructura.

Las piezas se deben fabricar de acuerdo a las dimensiones indicadas en los planos, con las siguientes tolerancias de fabricación, todas contenidas en la norma NCh 428:

- Distancia entre agujeros  $\pm 0.8$  mm
- Gramiles  $\pm 0.8$  mm
- Distancia a borde  $\pm 1.5$  mm
- Largo de piezas 1.5 mm

Los perfiles utilizados en la fabricación de las estructuras, deberán satisfacer las tolerancias establecidas en la Especificación ASTM A6 o equivalente aprobada por el Mandante.

La fabricación del acero estructural se ejecutará de modo de satisfacer como mínimo las tolerancias dimensionales establecidas por el Code of Standard Practice del AISC o equivalente aprobado por el Mandante.

Si las condiciones de diseño, fabricación y montaje contempladas por el Proveedor en su Propuesta, requieren tolerancias más estrictas que las estipuladas en los documentos de la licitación, se adoptarán las propuestas por el Proveedor.

## 9.7 Inspección del Mandante

De acuerdo a las Condiciones General del Suministro, todas las estructuras de acero podrán ser inspeccionadas y/o ensayadas por el Mandante en los talleres del Fabricante para controlar la calidad del diseño, materiales y mano de obra, utilizados en sus diferentes partes constituyentes.

---

Las inspecciones y aprobaciones previas que el Contratista haya practicado a los materiales, no limitarán su derecho al rechazo posterior de estos materiales en caso que en ellos se detecten defectos, ya sea que el material haya sido o no elaborado.

## **9.8 Ensayos**

### **General**

El Fabricante entregará al Mandante, antes de iniciar la fabricación de las estructuras, los resultados de todos los ensayos de materiales y la descripción de los procesos a utilizarse, para que éste verifique su calidad. Estos antecedentes que se proporcionarán aún cuando durante el período de fabricación se contemplen un control sistemático, corresponderán a los ensayos y procedimientos especificados en las normas y códigos del Contrato e incluirán entre otros: Controles de aceros, secciones, doblados y cortes, máquinas y herramientas, pinturas de protección, pernos, electrodos, calificación de soldadores, procedimientos de soldadura, etc.

## **10. MONTAJE**

### **10.1 General**

Salvo especificación contraria en los planos o en esta especificación, el montaje del acero estructural se ejecutará en conformidad con las normas y códigos indicados o sus equivalentes aprobados.

El montaje de todos los elementos de acero estructural será llevado a cabo en una secuencia apropiada y de acuerdo a los planos de montaje del proyecto.

El Contratista es responsable de la estabilidad de la estructura durante todo el tiempo que dure el montaje.

No se permitirá ajustar elementos defectuosos de la estructura en su posición geométrica forzándolos y provocando con ello esfuerzos en los conectores.

---

## 10.2 Dispositivos de Anclaje

### General

Junto con los pernos de anclaje se deberán suministrar plantillas de acero para la instalación de todos ellos, de forma que se asegure su perfecta colocación. Además, se suministrarán otros insertos constituyentes de los dispositivos de anclaje y los planos e instrucciones de instalación correspondientes. No se permitirá soldar elementos directamente a los pernos de anclaje del proyecto.

Se debe evitar cualquier picado posterior en el concreto.

Antes de proceder al montaje de las estructuras de acero, se deberá verificar que todos los componentes de los dispositivos de anclaje tienen el tamaño y las ubicaciones establecidas en los planos del Contrato.

La responsabilidad de la exactitud de la colocación de los pernos de anclaje será enteramente del Contratista, siendo de su exclusivo cargo los costos en que puede incurrir para efectuar las correcciones necesarias para el adecuado montaje de las estructuras.

## 10.3 Conexiones de Terreno

Todos los miembros estructurales deberán ser alineados, nivelados y ajustados cuidadosamente, antes que se instalen los conectores finales correspondientes. Los conectores de los empalmes de elementos en compresión, sólo se instalarán después que las superficies en contacto permanente hayan sido limpiadas y puestas correctamente en contacto total.

Los pasadores de montaje podrán utilizarse para acercar las partes de una conexión, sólo de manera que no deformen o dañen el metal.

## 11. NORMAS HORMIGONES Y ARMADURAS

Donde quiera que sean usadas en las presentes especificaciones, las abreviaturas de la lista más abajo indicada tendrán los siguientes significados:

INN	:	Instituto Nacional de Normalización
NCh	:	Norma Chilena Oficial
ACI	:	American Concrete Institute
ASTM	:	American Society for Testing and Materials
AWS	:	American Welding Society
PCI	:	Precast and Prestressed Concrete Institute

La ejecución y control de los hormigones deberá efectuarse conforme a las estipulaciones de las Normas Chilenas que se indican:

NCh 170, Of. 85	Hormigón. Requisitos Generales.
NCh 1934, Of. 92	Hormigón preparado en central hormigonera.
NCh 1998, Of. 89	Hormigón Evaluación estadística de la resistencia mecánica.
NCh 171, Of. 75	Hormigón. Extracción de muestras de hormigón.
NCh 1019.E, Of.77	Determinación de docilidad, cono de Abrams.
NCh 1037, Of.	Hormigón. Ensayo a compresión de probetas.

Los casos no contemplados en estas Especificaciones se resolverán conforme a las prescripciones de los siguientes códigos y normas:

ACI 301-72	:	Specification for Structural Concrete for Buildings
ACI 311-88	:	Recommended Practice for Concrete Inspection
ACI 347-94	:	Recommended Practice for Concrete Formwork
ACI 305R-77:		Standard Specification for Preformed Expansion Joint Fillers for Concrete Paving and Structural Construction (Non-extruding and Resilient Bituminous Types).
ACI 318-99	:	Código de las Construcciones de Concreto Reforzado.
AWS D 1.4-79:		Reinforcing Steel Welding Code (Including metal inserts and Connections in Reinforced Concrete Construction).
ASTM C150-95:		Specification of Portland Cement.

La interpretación de la forma de aplicación de las disposiciones allí propuestas será de resorte exclusivo de la ITO.

## 12. CEMENTO

---

Los cementos a emplear en la confección de hormigones, deberán cumplir las estipulaciones de las siguientes Normas Chilenas:

NCh 148, Of. 68:	Cemento. Terminología. Clasificación y Especificaciones Generales.
NCh 160, Of. 68:	Agregado tipo A para uso en cementos. Especificaciones
NCh 161, Of. 68:	Cemento. Puzolana para usos en cemento. Especificaciones
NCh 162, Of. 77 :	Extracción de muestras de cemento.

Si el cemento debe cumplir condiciones especiales no mencionadas en dichas normas, éstas serán incluidas en Especificaciones Técnicas Especiales, indicándose explícitamente la forma en que se deberá controlar el cumplimiento de esas especificaciones.

En caso de utilizarse un cemento de procedencia extranjera, el CONTRATISTA deberá certificar que cumple con las Normas Chilenas mediante ensayos en un laboratorio aprobado por la ITO. o en su defecto, clasificarlos de acuerdo a la última versión vigente de las Normas ASTM C150-95. El uso de cemento extranjero será restringido a origen puzolánico.

El almacenaje de cemento en bolsas se hará en bodegas debidamente cerradas, protegidas de la intemperie y que cuenten con suficiente aireación del recinto. Los envases del cemento cumplirán con NCh 642, Of. 99.

El almacenaje se hará en grupos de máximo 8 pilas, cada una de un máximo de 12 sacos de altura. En la estiba se dejará pasillos de ventilación de no menos de 30 cm de ancho alrededor de cada grupo.

El piso de las bodegas de almacenamiento, será entablado, sobre vigas de no menos 20 cm de altura sobre terreno debidamente limpio y emparejado. El terreno deberá tener un desnivel necesario para facilitar el escurrimiento de aguas superficiales.

La circulación de personas en las bodegas de cemento se resolverá en forma de evitar que queden ángulos inaccesibles. El consumo de cemento se dispondrá de manera que no se mantengan stocks inmovilizados. Si en razón del volumen o ubicación de la obra se justificare la provisión de cemento a granel, se cuidará que el material no sufra daño durante el transporte y su posterior almacenamiento. Ya sea que el transporte se efectúe en camión, ferrocarril u otro medio, deberá disponer de carpas u otros elementos adecuados para la protección de la intemperie durante las operaciones de carga y descarga. Se dispondrá de silos herméticos para almacenaje con dispositivos de entrega por peso. Se deberá hacer una mantención y aseo permanente de las instalaciones para evitar que el cemento adherido a los transportadores o tolvas falsee datos de medición por peso.

### **13. AGUA**

---

En general, el agua de amasado y curado del hormigón deberá ser potable libre de materia orgánica y de sales dañinas, según se especifica en las siguientes normas:

NCh 1498, Of. 82	:	Hormigón. Agua de amasado. Requisitos
NCh 1443, Of. 78	:	Hormigón. Agua de amasado. Muestreo

Si el CONTRATISTA decide usar agua no potable, deberá justificar su empleo mediante análisis químicos, ejecutados de acuerdo a lo establecido, los cuales serán evaluados por la ITO., quién establecerá su aprobación o rechazo.

Este análisis deberá incluir como mínimo la determinación de los porcentajes de materias en suspensión, sales disueltas, materias orgánicas, y los aniones y cationes presentes en el agua y su pH (los valores máximos aceptables figuran en NCh 1498).

Si los valores determinados, a juicio de la ITO., pueden afectar algunas de las propiedades importantes del hormigón en relación con la obra, su utilización sólo podrá autorizarse previa ejecución de ensayos que permitan evaluar su influencia.

En el caso particular de la evaluación de la influencia sobre la resistencia, los ensayos deberán ser hechos en forma comparativa entre hormigones preparados con agua potable y el agua en análisis, pudiendo aceptarse esta última sólo si no produce un descenso de resistencia a 28 días superior a 15%. La ITO. establecerá las condiciones de uso en caso de que los ensayos demuestren una disminución de resistencia, dentro de los límites indicados como aceptables.

#### **14. AGREGADOS PETREOS**

Los áridos utilizados para la confección del hormigón deberán cumplir las estipulaciones de las siguientes normas:

NCh 163, Of. 79:	Áridos para morteros y hormigones. Requisitos generales
NCh 164E, Of. 76:	Áridos para morteros y hormigones. Extracción y preparación de muestras.
NCh 165 Of. 77:	Áridos. Tamizado y determinación de la granulometría.

Deberán separarse en varias categorías de granos, de manera que garanticen una curva granulométrica total adecuada, que pueda ser mantenida dentro de límites de variabilidad que no influyan significativamente sobre la trabajabilidad y retracción del hormigón.

Estas categorías serán elegidas tomando en consideración los tamaños máximos más probables para los áridos gruesos de los hormigones que se utilizarán en la obra y las condiciones económicas para su obtención.

---

La selección de los áridos, su transporte y acopio deberán ser hechos de tal forma que se evite la segregación, la mezcla de los distintos materiales entre sí y su contaminación por la superficie en que se depositen o por agentes externos.

Los acopios deberán asegurar un adecuado drenaje del agua que contengan los áridos, de manera que su humedad se mantenga uniforme y no sobrepase los siguientes valores:

- Material menor que malla # 4           ASTM : 8%
- Material menor que malla # 3/4"       ASTM : 2%
- Material menor que malla # 1 1/2"     ASTM : 1%

Estarán dispuestos de manera que permitan siempre su empleo en la misma secuencia en que han ingresado.

En forma adicional a ello, cada parte de arena de un nuevo origen que llegue al lugar de la fabricación del hormigón se someterá a las pruebas mínimas de porcentaje de arcilla, para lo cual se mantendrán los elementos de laboratorio correspondiente. Asimismo se hará esta determinación en caso de percibir evidencias de cambios de características del material de un mismo origen.

## **15. ADITIVOS**

Los aditivos del hormigón que se empleen en las obras deberán cumplir con la Norma NCh 2182, Of. 95 "Hormigón y Mortero- Aditivos –Clasificación y Requisitos" y las indicaciones del Código ACI 318-99, punto 3.6.

La utilización genérica de un aditivo, ya sea plastificador, incorporador de aire, acelerador de fraguado del cemento y otro tipo cualquiera, será objeto de especificaciones especiales, notas en los planos y su uso autorizado por la ITO y el PROYECTISTA.

Los aditivos deberán guardarse en lugares que cumplan las condiciones de almacenamiento especificadas por el fabricante, o en su defecto, las que haya establecido la ITO.

La calidad de los aditivos será objeto de un control periódico por parte de la ITO., la cual determinará las variaciones de dosificación que estime necesarias o su eliminación si considera que el efecto esperado en el hormigón pudiera introducir consecuencias nocivas por su uso, influyendo negativamente en otras propiedades del hormigón.

## **16. DOSIFICACION Y FABRICACION**

La proporción en peso, de cada uno de los componentes del hormigón (dosificación) será determinada por el CONTRATISTA y aprobada por la ITO. (Ver Capítulo 8 "Fabricación" y Anexo C "Recomendaciones para clasificación del Hormigón" de la Norma NCh 170).

---

La dosificación propuesta deberá contener los siguientes antecedentes:

- a) Tipo y dosis de cemento en kg/m<sup>3</sup>
- b) Tipo, procedencia, curva granulométrica, tamaño máximo y dosis en kg/m<sup>3</sup> de los áridos.
- c) Razón agua/cemento y asentamiento de cono previstos para el hormigón
- d) Tipo y proporciones de los aditivos en caso de prever su empleo.
- e) Resistencia a 7 y 28 días obtenidos en mezclas de prueba, en conformidad con NCh 1018, Of. 77, NCh 1037, Of. 77 y NCh 1038, Of. 77.

El empleo de una determinada dosificación deberá estar respaldado mediante mezclas de prueba, que demuestren que el hormigón posee las características generales y la resistencia especificadas en los planos del Proyecto, las Especificaciones Técnicas Especiales y las que determine la ITO. de acuerdo a las condiciones específicas de cada parte de obra.

Las mezclas de prueba deberán estudiarse para obtener a lo menos una resistencia media dada por la siguiente expresión:

Siendo:

R = Resistencia media de la mezcla de prueba a la edad especificada para R<sub>k</sub>.

R<sub>k</sub> = Resistencia característica especificada en el Proyecto.

K = Coeficiente según Tabla 24, Anexo C, de Norma NCh 170. Control Resistencia Hormigón.

(Ver también pto. 5.3.2 “Resistencia Promedio Requerida” de ACI 318-99).

Esta dosificación deberá ser revisada si se produce un cambio en la granulometría de los áridos que haga variar el módulo de finura de la curva granulométrica total en más de 0.10.

La faena deberá disponer de los elementos necesarios para medir en peso las cantidades de los materiales en la dosificación.

La medida de los materiales deberá incluir la corrección por la humedad contenida en ellos, para lo cual podrán adoptarse valores medios en base a datos obtenidos directamente. Estos valores serán verificados con una frecuencia por lo menos semanal o cada vez que se registre una variación importante de las condiciones medias de humedad.

---

La precisión de los elementos de pesaje deberá ser tal que permita la mantención de la razón agua/cemento con un error no superior a  $\pm 0,01$  y el error en la medida de los áridos dentro de  $\pm 2\%$  del peso especificado para cada fracción de árido.

La medida del agua deberá ser hecha preferentemente en peso. En caso de no ser esto posible, deberá verificarse si los elementos usados en sustitución permitan realmente la mantención de la tolerancia especificada para la razón agua/cemento.

Los equipos de pesaje de los materiales deberán disponer de pesas calibradas que permitan la verificación periódica de su funcionamiento, en las oportunidades que lo requiera la ITO.

La ITO. podrá autorizar el uso de la medida de volumen en partes de obra de pequeña magnitud o de poca importancia estructural, a condición de que los elementos de medición se verifiquen con una medida en peso efectuada con los materiales de la obra en las condiciones de humedad media que es de esperar.

La verificación de los elementos de medida en volumen deberá ser repetida periódicamente, a lo menos una vez por semana, y cuando cambien las fuentes de aprovisionamiento de los materiales o las condiciones medias de humedad con respecto a las verificaciones antes del comienzo de la obra.

El tamaño (T máx.) de los áridos será establecido por cada parte de obra de acuerdo a lo siguiente:

#### DIMENSION MININA DE LA SECCION

(cm) T máx.

(Pulgadas)

Hasta 15	3/4
16 a 30	1 1/2
31 a 50	2
Mayor de 50	3

El tamaño máximo además no deberá exceder de:

- 1/5 del espesor de los muros
- 1/3 del espesor de las losas
- 3/4 de la distancia libre entre armaduras

El mezclado de los componentes del hormigón deberá efectuarse en hormigoneras de capacidad adecuada a las necesidades de la obra.

La operación de estas hormigoneras se efectuará en las condiciones establecidas por el fabricante, no pudiendo variarse ni la capacidad de carga, ni la velocidad de rotación especificadas.

---

La ITO. podrá rechazar el uso de todos aquellos equipos y elementos que se encuentren en mal estado de conservación.

El mezclado del hormigón se podrá realizar:

- En planta central fija, para la cual se aplicará la norma NCh 1934, Of. 92.
- Parcialmente en planta central, completándose la operación en un camión mezclador.
- Totalmente en un camión mezclador.
- Los lugares y plantas de preparación del hormigón estarán sujetos a revisión y aprobación de la ITO..

En los casos en que los hormigones sean confeccionados en plantas ajenas al CONTRATISTA, éste será plenamente responsable de la calidad del material que adquiera a terceros, los cuales deberán proporcionar los mismos antecedentes.

La planta deberá mantener un registro de la producción que permita asociar partidas en forma inequívoca, con el resultado de muestreos obtenidos de la misma, con la dosificación empleada en su confección, con las características del cemento, áridos y aditivos (en caso de que se les emplee). Además deberá indicarse fecha y lugar de colocación del hormigón en la obra.

Este registro quedará a disposición permanente de la ITO.

## **17. AUTORIZACION PARA HORMIGONAR**

La ITO. deberá dejar constancia en el Libro de Obra de las autorizaciones para hormigonar los diferentes elementos o sistemas, previa acuciosa comprobación de que los moldajes, armaduras, elementos insertados o pasados, alzaprimas, etc., se encuentren ejecutados correctamente. La ITO. podrá requerir una inspección especial de conductos eléctricos a cargo de la Dirección Eléctrica del METRO S.A. Esta autorización no exonera al CONTRATISTA de la responsabilidad de la correcta ejecución y cumplimiento.

Previamente a la ejecución del hormigonado, en esta etapa deberán efectuarse los siguientes trabajos mínimos de preparación:

- a) Preparación de la superficie que va a ser cubierta con hormigón, de acuerdo a su naturaleza.

Si la superficie corresponde a terreno natural formado por material común excavado hasta los límites aprobados por el especialista de Mecánica de Suelos y la ITO., deberá compactarse superficialmente hasta obtener la densidad que haya sido especificada por el Ingeniero de Mecánica de Suelos.

---

Toda superficie de hormigón que vaya a ser recubierta con hormigón recibirá la designación de junta de hormigonado y deberá recibir un tratamiento que elimine la lechada superficial producida al compactarse el hormigón.

Este tratamiento podrá efectuarse conforme al punto 6.4 de ACI 318-99 ó por alguno de los métodos siguientes:

- Por lavado del hormigón fresco mediante chorro de agua a presión. En este método se lavará la superficie del hormigón antes de que éste inicie su endurecimiento. Este lavado eliminará la capa superficial de mortero, evitando que se desprenda el árido grueso de tamaño superior a 5 mm.

El momento de aplicación del tratamiento deberá establecerse en la práctica en la obra misma y, una vez iniciado, se proseguirá hasta que el agua escurra totalmente limpia. Las pozas de agua que se formen serán eliminadas con aire a presión u otro método que apruebe la ITO., antes de hormigonar.

- Por decapado mediante chorro de arena, ya sea seco o húmedo.

En general no se aceptará el tratamiento de picado con barretilla, salvo en casos especiales aprobados por la ITO., en que no sea posible aplicar los sistemas antes descritos, o que el área de la junta de hormigonado sea pequeña y de un elemento de poca importancia estructural.

El CONTRATISTA podrá proponer otros sistemas de tratamiento de juntas de hormigonado, los cuales deberán ser aprobados por la ITO. antes de su aplicación en la obra, pudiendo exigir la ejecución de ensayos en sitio.

b) Revisión de todos los elementos embebidos correspondientes a la etapa hayan sido incluidos, según lo definido en planos y especificaciones correspondientes.

c) Verificación que el moldaje y las armaduras estén de acuerdo a detalles y especificaciones respectivas. Las pasadas de ductos e insertos que cortan las mallas deberán reforzarse en todo su alrededor con barras de diámetro superior a la malla cortada.

d) Limpieza con agua y aire a presión hasta eliminar toda traza de suciedad acumulada. Esta limpieza deberá efectuarse inmediatamente antes del hormigonado.

e) Aplicación de adhesivos especiales para hormigones en caso de estar indicado en especificaciones especiales de la obra, planos y/o instrucciones por escrito de la ITO. Los puentes de adherencia deberán ser de calidad reconocida y aplicados según instrucciones del FABRICANTE.

f) Verificaciones de que han transcurrido los plazos especificados entre etapas de hormigonado.

---

**18. COLOCACION EN OBRA, ENSAYOS Y CURADO DEL HORMIGON**

Ver NCh 170, Of. 85, Capítulo 10 “Colocación”.

**18.1 Transporte**

El transporte deberá establecerse de manera que cumpla las siguientes condiciones básicas:

a) Que ocupe el tiempo mínimo posible desde la planta de hormigón al sitio de colocación. Este tiempo no podrá exceder el 50% del tiempo de comienzo de fraguado del cemento en uso, ni deberá provocar pérdidas de asentamiento del hormigón que excedan de 3 cm.

El límite básico que se establece a continuación se aplicará en el caso de hormigones sin retardador de fraguado. Para los hormigones con retardador de fraguado estos límites podrán aumentar en lo que indique la ITO., de acuerdo a la dosificación de Retardador de fraguado y otros factores que intervengan. El tiempo límite básico (término del amasado en planta hasta su colocación en moldes) para hormigones debidamente agitados durante el transporte, será de 45 minutos y de 30 minutos para hormigones sin agitación posterior. Estos tiempos podrán ser aumentados si la ITO. establece que los aditivos empleados lo permiten sin afectar la calidad del hormigón.

b) No se deberá producir segregación ni pérdida de los componentes del hormigón

c) Deberá permitir el vaciado del hormigón con el asentamiento previsto en la dosificación sin adiciones de agua.

d) Los medios que se empleen en el transporte de hormigón deberán ser capaces, a juicio de la ITO., de vaciar hormigones con asentamientos bajos o medianos sin producir segregación o separación importante.

e) El estado de funcionamiento de los equipos deberá ser óptimo en el momento de su utilización en obra. La ITO. no autorizará ningún trabajo de hormigonado si considera que el CONTRATISTA no ha dispuesto suficientes equipos y que éstos no se encuentran en buenas condiciones de uso.

f) Se indican a continuación las exigencias mínimas que deberán cumplir algunos de los equipos y elementos usados habitualmente para el transporte y la colocación del hormigón:

- Camiones - Betoneras

Deberán emplearse en las condiciones de capacidad de carga y velocidad de revolutura especificados por el fabricante.

---

Durante el transporte, el camión - betonera deberá girar a su velocidad de agitación, la cual se aumentará a la de amasado durante un mínimo de cinco vueltas de la betonera antes de proceder a su vaciado.

El uso de camiones -betonera como elemento de revoltura del hormigón estará condicionado a una verificación por parte de la ITO. de que ésta es suficientemente homogénea, para lo cual ésta determinará el procedimiento a seguir.

- Capachos para hormigón

Se podrá transportar el hormigón en capachos que puedan descargar hormigón de bajo asentamiento.

- Canaletas (Ver párrafo 9.3.2. de NCh 170, Of. 85).

Su empleo deberá ser aprobado por la ITO. Deberán ser de metal o revestidas en planchas metálicas. La superficie de escurrimiento del hormigón deberá ser lisa y sin irregularidades.

Su pendiente deberá ser adecuada para producir un escurrimiento continuo y sin segregación del hormigón, con el asentamiento de cono que haya sido especificado.

En su extremo de descarga deberán estar provistas de un embudo con el objeto de disminuir al mínimo posible la segregación que normalmente se produce en este punto.

- Cintas transportadoras

Se podrán emplear cintas transportadoras siempre que se cumplan las condiciones siguientes:

- Las cintas están provistas de una tolva de alimentación y un embudo de descarga.
- La velocidad de alimentación sea tal que el escurrimiento del hormigón se realice en forma continua.
- Su pendiente deberá determinarse de manera tal que permita transportar hormigón del asentamiento especificado sin que se produzca segregación.

- Bombas para hormigón

Las bombas de hormigón y su equipo auxiliar deberán estar en óptimas condiciones de funcionamiento en el momento de su utilización. La capacidad de las bombas y las dimensiones de las tuberías deberán ser aprobadas por la ITO. antes de iniciar las obras. La aprobación se podrá basar, en parte, en registros de trabajos anteriores que muestren un funcionamiento satisfactorio.

Su uso deberá ajustarse a las indicaciones del fabricante en lo relativo a distancia y altura de bombeo y a las indicaciones de curvas en el trazado de la tubería.

---

El uso de tubería de Aluminio deberá ser aprobado expresamente por la ITO., en las condiciones que ésta determine.

Antes de iniciar el hormigonado, la ITO. deberá aprobar las ubicaciones del agitador de la bomba y de las tuberías con respecto a los moldajes. Se deberán planificar cuidadosamente las operaciones con el fin de evitar todo peligro de juntas de hormigonado. Deberá reducirse a un mínimo la pérdida de asentamiento del hormigón en la bomba y en las tuberías, protegiendo ésta última si es necesario contra el efecto del calor.

Inmediatamente antes de la iniciación del hormigonado, se deberá cebar la bomba y las tuberías bombeando mortero del equipo. El mortero deberá dosificarse de acuerdo a las instrucciones del Fabricante, con presentación de antecedentes a la ITO.

## **18.2 Colocación del Hormigón**

### **18.2.1 Disposiciones Generales**

El CONTRATISTA deberá entregar por escrito a la ITO. en forma oportuna, la programación de la colocación de hormigón que abarque un período de 7 días. Cualquier modificación a este programa deberá ser puesta en conocimiento de la ITO. con la debida antelación.

Las comprobaciones finales para aprobar dicha colocación las hará la ITO. sólo una vez terminada la colocación de los moldajes, armaduras e insertos y después de haberse realizado la limpieza final de ellos.

La ITO. podrá ordenar al CONTRATISTA la remoción y reconstrucción de los hormigones colocados sin la aprobación previa.

El hormigón se deberá depositar directamente tan cerca como sea posible de su posición definitiva. Si es necesario mover lateralmente el hormigón, éste podrá ser paleado pero no trasladado por vibración.

En general no se permitirá colocar el hormigón desde alturas mayores a 1,5 m. En caso de ser necesario, la operación se hará mediante embudos y conductos cilíndricos ajustables rígidos o flexibles, de bajada, evitando así que la caída libre provoque la segregación, adicionalmente se podrán utilizar hormigones de gran fluidez y conjuntamente con ello limitar el tamaño máximo de árido.

No se permitirá que el hormigón tenga que caer lateralmente más de 1,25 m desde el punto de vaciado.

La velocidad vertical de llenado del hormigón en los moldajes, no excederá en ningún caso a 1.5 m por hora.

---

En los elementos verticales tales como muros y columnas, el hormigón se vaciará hasta un nivel aproximadamente una pulgada por sobre el fondo de la viga, nervaduras, parte superior de muros y otras estructuras superpuestas y llevadas hasta un nivel verdadero después que se haya producido el asentamiento.

El hormigonado de superficies con pendientes deberá efectuarse empezando la colocación desde el punto más bajo del elemento.

La colocación de hormigón en superficie libre, podrá hacerse hasta para pendientes 1/4 (V/H) siempre que se tenga la precaución de utilizar un hormigón con asentamiento de cono inferior a 5 cm.

Para pendientes más fuertes que la indicada, se deberá colocar moldaje fijo o deslizante, que permite asegurar que, al limitar el desplazamiento del hormigón, éste quede bien compactado.

En vigas y losas el hormigón empezará a colocarse en el centro de los paños, prosiguiéndose simultáneamente hacia ambos extremos.

Toda tubería e inserto que deban quedar incluidas en el hormigón tendrá dimensiones tales y estarán colocadas en forma que no reduzcan la resistencia ni la estabilidad de los elementos estructurales (Ver punto 6.3 de ACI 318-99).

No se permitirá el uso de coplas con hilo en tuberías embebidas en el hormigón.

Antes de proceder al hormigonado, deberá realizarse una prueba de presión de las tuberías por lo menos a 200 psi sobre la presión atmosférica. Toda tubería diseñada para presiones inferiores a 1 psi no será necesario someterla a prueba de presión.

Deberán observarse precauciones especiales para la colocación del hormigón en temperaturas ambientes extremas, ya sea excesivamente frías o calurosas. Se especifican las precauciones de mayor importancia que deberán observarse, las que se complementarán con las que defina la ITO. (Ver puntos 8.2.2 y 8.2.3 de estas ETG y Apéndices D y E de NCh 170, Of. 85).

### **18.2.2 Hormigonado en tiempo frío**

Si se prevé que se producirán temperaturas medias diarias inferiores a 10°C durante tres días consecutivos, deberán tomarse precauciones que consideren la influencia de las bajas temperaturas sobre las propiedades del hormigón.

Estas precauciones incluirán como mínimo lo siguiente:

- No deberá hormigonarse en los días en que pueda preverse que la temperatura del hormigón pueda descender bajo 5 °C.

- 
- La temperatura del hormigón al momento de su colocación se mantendrá a los valores de la Tabla 26, Anexo D de NCh 170, Of. 85.
  - Esta condición podrá eximirse mediante la adición de agua caliente, bajo estricto control de la Inspección. La temperatura del hormigón al momento de su colocación se mantendrá sobre 5°C y se aislará o calefaccionará posteriormente el hormigón para mantener su temperatura sobre ese valor a lo menos los tres días siguientes al hormigonado.
  - El plazo de descimbre de los elementos estructurales deberá fijarse tomando en cuenta el efecto retardador de resistencia provocado por las bajas temperaturas.
  - El eventual empleo de acelerador de fraguado, para paliar este efecto, deberá ser aprobado por la ITO.

### **18.2.3 Hormigonado en tiempo caluroso y muy seco**

El vaciado de hormigón en tiempo caluroso mayor de 35° a la sombra, deberá hacerse de acuerdo con la práctica recomendada para concretado en tiempo caluroso y las siguientes condiciones mínimas:

- La temperatura del hormigón no deberá exceder de 30°C en el momento de su colocación, salvo autorización expresa de la ITO.
- La colocación de hormigón deberá planearse tomando en cuenta el efecto acelerador del fraguado producido por el calor.
- El empleo eventual de un retardador de fraguado para paliar este efecto, deberá ser aprobado por la ITO.
- Se evitará el resecamiento superficial del hormigón, cubriéndolo o humedeciéndolo ligeramente, pero sin producir lavado de la superficie.

### **18.2.4 Hormigonado en días de lluvia**

Podrá colocarse hormigón durante los días de lluvia, siempre que se prevea de una adecuada protección para evitar que el agua de lluvia aumente el contenido de agua de la mezcla o dañe las superficies recién concretadas.

El hormigón que acuse un principio de fraguado o haya sido contaminado con sustancias extrañas no será colocado en obra. La máxima pérdida de asentamiento del Cono de Abrams, entre el momento de mezclado y el de colocación, no será superior a 3 cm. No se permitirá agregar agua para su ablandamiento y lograr el asentamiento indicado.

---

### 18.2.5 Vibrado

El hormigón se vibrará en sitio mediante vibradores de inmersión, quedando excluido el empleo de pisones y proscrito en forma absoluta el procedimiento de golpear los moldes con mazos de madera u otro material. Se dispondrá en faena de vibradores de diámetro adecuado a los espesores de los elementos. Antes de comenzar una faena de hormigonado debe contarse con vibradores de repuesto suficientes, que permitan el reemplazo oportuno de los elementos que puedan presentar fallas durante dicha faena.

La vibración se hará con vibradores de inmersión con botella de un diámetro no inferior a 2" y de una frecuencia mínima de 6.000 RPM, excepto en aquellos elementos que por sus pequeñas dimensiones o densidad de armaduras, será necesario emplear un diámetro menor.

Cuando se utilice este tipo de vibrador, deberá tomarse las precauciones necesarias para que el espesor de las capas de hormigón colocadas sean como máximo 15 cm inferior al largo de la botella, de manera que al proceder a la compactación, el vibrador penetre en la capa inmediatamente inferior.

Para este mismo objeto, el vibrador de inmersión se usará colocándolo en forma totalmente vertical.

El CONTRATISTA deberá además, disponer de vibradores de diámetro 1" para la compactación de zonas difíciles, por estrechez del moldaje o por la densidad de armaduras.

Si se hormigonan elementos en Plantas de Prefabricación, podrá emplearse otros métodos de vibración, previa aprobación de la ITO.

La vibración del hormigón deberá efectuarse en forma ordenada y sistemática, distanciando los puntos de aplicación del vibrador en conformidad con su radio de acción, de manera que no queden zonas mal vibradas.

La separación entre los puntos de inmersión del vibrador deberá ser a lo más 2/3 del radio de acción del vibrador en el hormigón que se esté compactando.

El tiempo de vibración en cada punto de inmersión se prolongará por el tiempo necesario hasta que se empiece a producir el afloramiento superficial de la lechada del hormigón.

En casos especiales, cuando se compacten capas de hormigón de espesor inferior a 20 cm, podrán utilizarse vibradores de superficie de una frecuencia mínima de 6.000 RPM. Su velocidad de avance deberá condicionarse a la obtención de una buena compactación en todo el espesor del elemento.

La terminación que deberá darse a las superficies del hormigón será la definida en el Cap. 10.3 y 10.4 de estas Especificaciones Técnicas Generales y en los planos del Proyecto o la que exija la ITO.

---

La excepción en el uso de los vibradores se autorizara solo en el caso de empleo de hormigones autocompactantes, los cuales serán diseñados y proveídos para ese uso en forma específica.

### **18.2.6 Juntas de hormigonado**

Es aquella en que se unen hormigones de distinta edad; la unión deberá mantener las mismas condiciones estructurales de todo el hormigón, salvo que se indique en los planos o apruebe lo contrario.

Todas las armaduras serán continuas a través de las juntas de construcción, salvo que en los planos se indique lo contrario.

En general, no podrán ejecutarse otras juntas de hormigonado que las indicadas en los planos de cálculo. Toda otra junta no consultada en los planos deberá llevar el V<sup>o</sup> B<sup>o</sup> del PROYECTISTA.

La preparación de la superficie del hormigón ya endurecido se realizará conforme al punto 7 a) de esta Especificación Técnica y la Norma NCh 170, Anexo H.

## **18.3 Control de la Calidad de los Materiales y del Hormigón**

La ITO. controlará de acuerdo a un programa o protocolo preparado por ella, todas aquellas etapas de la ejecución de los hormigones que estime necesarias, que hayan sido estipuladas en los Documentos del Proyecto o en estas Especificaciones.

El plan de control a efectuar será establecido al comenzar la obra y comunicado al CONTRATISTA, quien dará las informaciones y facilidades necesarias para su ejecución, sin que ello implique modificaciones de costo y plazo de las obras.

Sin embargo, independientemente de los controles efectuados por la ITO., el CONTRATISTA deberá tener su propio control de calidad interno, que asegure un fiel cumplimiento de lo establecido en estas Especificaciones Técnicas, además de lo que indiquen los planos del Proyecto y las instrucciones de la ITO., la cual establecerá los criterios pertinentes en caso de no estar establecido en Especificaciones.

### **18.3.1 Control del cemento**

La ITO. solicitará al CONTRATISTA controles periódicos del cemento con el objeto de verificar si éste cumple los requisitos especificados. Sus resultados prevalecerán sobre cualquier otro obtenido por un conducto diferente.

---

Estos deberán incluir como mínimo las siguientes determinaciones:

- a) Método de determinación del tiempo de fraguado (NCh 152 Of. 71).
- b) Ensayos de flexión y compresión de morteros de cemento. Resistencia a 3 y 7 días (NCH 158, Of. 67)
- c) Extracción de muestras (Nch 162, Of. 77)

La ITO. analizará los resultados obtenidos y definirá en cada caso las medidas que deberá tomar el CONTRATISTA.

### **18.3.2 Control de los áridos**

La ITO. solicitará al CONTRATISTA la toma de muestras de los agregados pétreos acopiados en las plantas para fabricación de hormigón, directamente desde el punto de carguío de las hormigoneras.

Esta toma de muestras incluirá las cantidades especificadas en la Norma Chilena NCH 164 E Of. 76 y se efectuará con una frecuencia mínima de una muestra de cada tipo de agregado por semana.

La ITO. ordenará que se ensayen en laboratorio autorizado por ésta, las muestras así tomadas y los resultados obtenidos se utilizarán tanto para la calificación de los agregados como para la verificación de las dosificaciones de los hormigones.

La ITO. podrá rechazar aquellos áridos que no cumplan con las condiciones impuestas por la Norma Chilena NCH Of. 79.

### **18.3.3 Control del hormigón de obra**

El grado del hormigón y su resistencia a los 28 días deberá ser como se especifique en los planos de diseño y/o Especificaciones.

La ITO. verificará que se controlen periódicamente las características del hormigón elaborado en obra y/o de aquellos que el CONTRATISTA adquiera a terceros, siendo responsabilidad del CONTRATISTA el cumplimiento de la calidad del hormigón, en ambos casos.

El CONTRATISTA deberá proporcionar a la ITO. toda la información que ésta le solicite, así como las facilidades necesarias para no entorpecer la ejecución de los controles. Estos controles incluirán como mínimo:

---

a) Medición del asentamiento de cono, según se indica en la NCh 1019 E Of. 74 "Hormigón. Determinación de la docilidad. Método del asentamiento del cono de Abrams".

Si el asentamiento de cono excede en más de 5 cm del previsto al efectuar la dosificación del hormigón, éste no podrá ser utilizado en obra.

Si el asentamiento de cono excede en más de 2 cm pero no más de 5 cm al previsto, en tres medidas sucesivas, la ITO. rechazará el hormigón.

b) Determinación de la razón agua/cemento real

Si la razón agua/cemento excede en más de 0.05 a la teórica del hormigón, el CONTRATISTA deberá aumentar la dosis de cemento en la proporción necesaria para restablecer la razón agua/cemento teórica.

Adicionalmente, la ITO. podrá solicitar cuando lo estime necesario, la ejecución de los ensayos indicados en la NCh 1564 Of. 79, "Determinación de la densidad aparente, del rendimiento del contenido de cemento y del contenido de aire del hormigón fresco" y NCh 1565 Of. 79, "Hormigón. Determinación del índice esclerométrico".

c) Control de resistencia del hormigón

Salvo que la ITO. lo determine de otra forma, se tomarán muestras para ensayo a compresión por cada 100 m<sup>3</sup> o por cada tipo de hormigonado, cualquiera sea el más frecuente.

Se considerará como resistencia característica del hormigón colocado en obra la determinada mediante la expresión:

$$f_c = f_m - k_s$$

En la cual:

$f_c$  = Resistencia característica del hormigón colocado en obra (kg/cm<sup>2</sup>).

$f_m$  = Resistencia media de las muestras tomadas (Kg/cm<sup>2</sup>).

$k$  = Factor establecido en la Norma NCh 1998, Of. 89, función del porcentaje de muestras defectuosas. Para el hormigón de la infraestructura, con 95% de nivel de confianza (5% muestras defectuosas)  $k = 1,64$ .

$s$  = Desviación típica de las muestras tomadas en obra (kg/cm<sup>2</sup>)

El valor "s" incluido en la expresión anterior deberá determinarse para un número de muestras no inferior a 10 y se calculará por la expresión:

Siendo:

$N =$  número de muestras consideradas ( $N \geq 30$ )

$f_i =$  Resistencia de la muestra de orden  $i$ , determinada según NCh 1037, Of. 77. Ensayo de compresión de probetas cúbicas y cilíndricas.

La evaluación de resultados de los ensayos a compresión y las dispersiones que ellos han presentado deberán ceñirse a lo estipulado por la norma NCh 1998, Of. 89. Los criterios de aceptación o rechazo de los hormigones se basarán en lo indicado en el Anexo A de la misma norma.

La norma considera dos criterios de evaluación:

- a) Grupos de muestras consecutivas ( $N \geq 10$ ,  $N$  cantidad de muestras).
- b) Por total de muestras

Para el criterio a) cada parcialidad de lote es satisfactoria si, simultáneamente se cumple:

- El promedio de tres muestras  $f_3 \geq f_c + k_1$  (Kg/cm<sup>2</sup>)
- La resistencia individual  $f_i \geq f_c - k_2$

Con los valores que se indica en la tabla siguiente:

Kg/cm <sup>2</sup>		%	Kg/cm <sup>2</sup>		
$f_c$	NC	$k_1$	$F_3$	$k_2$	$f_0$
300	95	10	310	25	285

El criterio b) considera que la resistencia es satisfactoria si se cumplen las dos condiciones a la vez:

resistencia media del lote

Con los valores:

Kg/cm <sup>2</sup>		%	Kg/cm <sup>2</sup>		
$f_c$	NC	$k$	$f_3$	$k_2$	$f_0$
300	95	1,64	$300+1,64.s$	25	285

Para la de aceptación o rechazo de hormigón en caso de cumplimiento o incumplimiento de los criterios a) o b) adoptados se basará en las recomendaciones que da la norma NCh 1998. Of 89 en el Anexo A.

- 
- Tabla 7 para la evaluación de muestras consecutivas.
  - Tabla 8 para la evaluación del total de muestras.

Para la investigación de los resultados defectuosos se adoptará el párrafo A4 de Anexo A de la referida norma.

Referente a la extracción de testigos, sólo se efectuarán con la aprobación de la ITO. con consulta previa al Proyectista. En caso eventual de aceptarse este recurso se aplicarán los criterios del párrafo A 4.3 “Testigos” del mencionado anexo.

Como se señaló la cantidad de muestras tomadas no deberá ser en ningún caso inferior a una por cada 100 m<sup>3</sup> de hormigón fabricado, en caso de que la planta de hormigonado sea de propiedad del CONTRATISTA de la obra. En el caso de provenir de planta ajena se deberá tomar una muestra de cada camión mezclador.

En la eventualidad que no se cumpla los requisitos señalados por la Norma citada, se procederá como se indica:

- Si  $f_3$  (media de tres muestras consecutivas) es menor que  $f_c$  (resistencia especificada) +  $k_1$  (coeficiente a obtener de norma NCh 1998) y  $f_i$  (resistencia individual) mayor que la resistencia mínima individual, se procederá a realizar un descuento de acuerdo a lo indicado a continuación:

- Si  $f_3$  mayor o igual a  $f_c + k_1 = 0\%$  descuento.
- Si  $f_3$  igual a  $f_c - k_2$  siendo  $k_2$  (coeficiente a determinar de norma NCh 1998) = 30% descuento

Para el caso de los hormigones H30 tenemos que se utilizarán en esta obra con 95% de nivel de confianza, se tiene:

- $f_3$  mayor o igual que 310 kg/cm<sup>2</sup> = 0% descuento
- $f_3$  igual a 275 kg/cm<sup>2</sup> = 30% descuento

Para determinar el porcentaje de descuento para resultados de  $f_3$  que caigan dentro del rango ( $f_c - k_2$  y  $f_c + k_1$ ) se deberá interpolar linealmente.

El descuento se deberá aplicar al volumen de hormigón asociado a las tres muestras cuyo  $f_3$  resultó defectuoso. La valorización del descuento se realizará multiplicando el volumen de hormigón defectuoso por el valor neto de venta a Metro del hormigón (costo directo más gastos generales y utilidad).

El descuento se realizará por vía administrativa en el estado de pago siguiente a la detección del defecto. La valorización del descuento se realizará multiplicando el volumen de hormigón defectuoso por el valor neto de venta a Metro.

---

Para efectos de formar el listado de resistencias de un determinado tipo de hormigón, este se deberá preparar de acuerdo al número correlativo de los ensayos, no aceptándose modificar este orden para reducir los resultados defectuosos.

- Si  $f_i$  (resistencia individual) es menor que la resistencia mínima especificada  $f_{c-k2}$ , este valor se excluye del cálculo de  $f_3$  y se procede como indica la norma NCh 1998 en su punto A.4 Investigación de los resultados defectuosos.

Si resulta posible extraer testigos y las resistencias de ellos cumplen las condiciones señaladas en el punto a.4.3 de la Norma NCh 1998, se calcula  $f_3$  con el promedio de los testigos.

Si la resistencia de los testigos es insatisfactoria, no se paga el hormigón representado por  $f_i$ , pudiéndose ordenar la demolición y reposición, o el refuerzo del sector afectado, de cargo del CONTRATISTA.

Con cada muestra de hormigón que se vaya a colocar en obra se prepararán 4 probetas, para ensayar una a 7 días y tres a 28 días. En el caso de hormigón para prefabricación se tomará además una probeta a ensayar a 3 días.

La Especificación de que la cantidad de muestras tomadas no deberá ser en ningún caso inferior a una por cada 100 m<sup>3</sup> de hormigón fabricado, rige para el caso de que la planta de hormigonado sea de propiedad del CONTRATISTA de la obra. En caso de provenir de planta ajena se deberá tomar una muestra de cada camión mezclador o lo que determine la ITO..

La toma y tratamiento de las muestras se ejecutará en las condiciones estipuladas en las NCH siguientes:

- NCh 171 E Of. 75 Extracción de muestras del hormigón fresco.
- NCh 1017 E Of. 75 Confección y curado en obra de probetas para ensayos de compresión y tracción.

d) Controles Especiales

En todos aquellos casos en que, a su criterio, la ITO. considere que se han infringido las disposiciones establecidas en estas Especificaciones, produciendo un daño que afecte la seguridad de la obra, éste podrá exigir o efectuar directamente, controles especiales del hormigón en sitio.

- Ejecución de ensayos no destructivos mediante los elementos pertinentes (esclerómetro Schmidt, aparato de ultrasonidos, rayos X, etc.).
- Extracción de testigos para la ejecución de ensayos adecuados a la situación en estudio (resistencia, adherencia, permeabilidad, etc.).

- 
- Otros ensayos definidos por la ITO. de acuerdo a las circunstancias particulares de cada caso.

Los resultados correspondientes serán analizados e interpretados por la ITO., quien decidirá las medidas a tomar, las cuales podrán incluir la ejecución de refuerzos o incluso la demolición de las partes de obra afectadas.

Si los controles efectuados demostraren que la seguridad de la obra ha sido comprometida, tanto la ejecución de los ensayos como de las medidas a tomar serán de cargo del CONTRATISTA.

#### **18.4 Curado del Hormigón**

El curado y la protección del concreto fresco contra la pérdida de humedad se empezará inmediatamente después de terminado el vaciado, excepto cuando hayan sido modificadas por los requerimientos suplementarios o directivas siguientes:

- El comienzo del curado de las superficies libres deberá empezarse tan pronto como haya sido terminado el hormigonado del elemento. En los paramentos moldeados, el curado se empezará tan pronto hayan sido retirados los moldes y a condición de que si utilizan moldes de madera, éstos permanezcan húmedos durante el período que estén en sitio.
- El curado debe continuar por lo menos durante 7 días para hormigones preparados con cemento corriente, en todo caso la duración del período de curado estará sujeto a aprobación por la ITO.
- El curado podrá efectuarse aplicando alguno de los sistemas que se indican a continuación, en las condiciones que se detallan.

##### **18.4.1 Curado húmedo**

Deberá asegurar la mantención continua de humedad en las superficies libres. El sistema de riego periódico sólo podrá aplicarse en obras menores y con la aprobación de la ITO..

##### **18.4.2 Curado mediante compuesto de sellado**

Podrá ocuparse solamente en las superficies que no constituyan juntas de hormigonado, que no estén sometidas a tránsito o que se vean afectadas en su terminación arquitectónica.

Los compuestos de curado (membranas sellantes) podrán emplearse en pavimentos externos. Estarán excluidos en el caso de losas u otros elementos estructurales similares, que con posterioridad serán recubiertos por algún tipo de terminación de piso.

---

El compuesto sellante deberá ser provisto por un fabricante reconocido. Se deberá aplicar en el momento en que el hormigón se haya endurecido, de modo que ya no responda a un acabado con llana.

El compuesto deberá ser aplicado por aspersión. Al hacerlo, la mitad de la cantidad a aplicar en un área determinada se hará siguiendo el sentido definido por el movimiento del elemento aspersor. La otra mitad se aplicará en líneas perpendiculares a las anteriores. La cantidad a aplicar, dependerá de la textura de la superficie, pero deberá obtenerse una membrana continua de color.

La membrana deberá ser protegida de todo daño mecánico causado por tránsito y otro similar, por período mínimo de 28 días. En caso de dañarse deberá ser reparada. Se le podrá proteger por una capa de arena de al menos 3 cm de espesor. Esta no podrá ser colocada antes de las 24 horas después de haber sido aplicada la membrana.

La aplicación de un compuesto de sellado deberá ser aprobado por la ITO. y se efectuará conforme a las especificaciones del fabricante.

#### **18.4.3 Curado mediante láminas impermeables**

Se aplicará sólo al curado de superficies horizontales.

Deberán aplicarse previo humedecimiento de la superficie del hormigón, de manera que queden adheridas en toda su extensión.

Para impedir su desprendimiento deberán asegurarse con una capa continua de arena, tierra u otro material. Se mantendrá en sitio durante un período mínimo de 28 días.

En prefabricación el curado por vapor a baja o alta presión deberá ser aprobado por la ITO., previa consulta al PROYECTISTA.

### **19. REPARACION DE DESPERFECTOS**

Todas las imperfecciones que presente el hormigón y que, a juicio de la ITO., afecte su seguridad estructural, durabilidad o aspecto estético, deberán ser reparadas.

La ITO. formulará sus observaciones confeccionando un catastro de imperfecciones, en el Libro de Obra y señalará, en cada caso, el procedimiento de eventual reparación de los desperfectos que presentan las obras de hormigones u ordenará su demolición y reconstrucción con cargo al CONTRATISTA, en el caso en que se estime que los desperfectos son inaceptables. No se permitirá de ninguna manera la reparación de desperfectos en los hormigones, como nidos de piedras, discontinuidades, vacíos, sin la previa revisión de la ITO. y sin que exista indicación escrita ordenándolo.

---

Las zonas por reparar deberán ser limpiadas y picadas cuidadosamente, eliminando todo trazo de material dañado. Se mantendrán húmedas por lo menos doce horas antes de efectuar la reparación, excepto en el caso de utilizar resinas epóxicas.

Deberá cuidarse especialmente de efectuar un buen curado de las zonas reparadas, aplicándose de preferencia un curado húmedo por un lapso mínimo de 28 días.

La colocación se efectuará de manera de obtener un buen relleno de la zona reparada.

La compactación deberá ser adecuada al tipo y volumen de material de reparación empleado, usándose de preferencia la vibración, cuando ello sea posible.

a) Reparaciones por reemplazo de hormigón

Se utilizarán para zonas dañadas que afecten a un volumen de hormigón superior a 30 x 30 cm x 10 cm.

En este caso se procederá a retirar el hormigón dañado y a efectuar una reposición por hormigonado de la zona afectada.

La forma de proceder en cada caso deberá ser aprobada por la ITO..

b) Reparaciones mediante mortero seco

Se utilizará para reparación de perforaciones de una profundidad igual o mayor que el diámetro de ésta.

El mortero deberá tener una consistencia de tierra húmeda y se colocará en capas de 1 a 2 cm de espesor, las que se compactarán enérgicamente mediante maza y pisón de madera.

c) Mortero proyectado

Se empleará para la ejecución de parches superficies que no superen más de 5 cm de profundidad.

Su ejecución deberá ser efectuada por personal especializado en este tipo de trabajos y con el equipo especial de aplicación del mortero proyectado.

d) Mortero epóxico

En reemplazo del mortero proyectado podrá utilizarse mortero epóxico, de acuerdo a una formulación de un fabricante de prestigio reconocido y aprobado por la ITO..

Este mortero se aplicará en forma de estuco, en las condiciones de estado superficial, temperatura y plazo de colocación que indique el fabricante.

---

e) Inyecciones

Se utilizarán para la reparación de grietas. El procedimiento se definirá en cada caso, debiendo ser aprobado previamente por la ITO.

Las reparaciones podrán efectuarse utilizando materiales de tipo epóxico, en cuyo caso la formulación de las resinas deberá ser apropiado al tipo de reparación y se aplicará conforme a las instrucciones del fabricante.

---

## 20. MOLDAJES

### 20.1 Diseño

Antes de iniciar la fabricación de los moldajes, el CONTRATISTA deberá presentar a la ITO. los detalles del diseño para su conocimiento y aprobación después de verificar que se cumple con las tolerancias y terminaciones de estas ETP.

Los moldajes se diseñarán de modo que soporten las presiones ejercidas por el concreto al ser colocado y vibrado y resistan las cargas debidas a operarios, pasadas, impacto, etc. y de modo que resulten superficies de concreto que cumplan con las tolerancias de construcción especificadas en el punto 20.4 y con los tipos de terminaciones especificadas en el punto 20.3.

La aprobación del diseño por parte de la ITO. no exime al CONTRATISTA de su responsabilidad en el resultado de los trabajos.

Los moldajes podrán ser de madera, madera aglomerada, madera terciada, plástico reforzado con fibra de vidrio o acero. No se aceptarán moldajes recubiertos con hojalatería o lámina de polietileno.

Sólo se podrá emplear maderas cuya clase y calidad o cuyo tratamiento o recubrimiento garantice que no se producirán ataques químicos o cambio de colores en las superficies del concreto.

Los elementos de sujeción de los moldajes, que quedan embebidos en el concreto, se deberán diseñar de modo que no haya elementos metálicos a menos de 50 mm de la cara del moldaje.

Se deberá usar suficientes amarras y pernos para moldes, a unos pocos centímetros de las juntas de construcción, de forma tal que aseguren un buen ajuste con el concreto antiguo y que mantengan un contacto hermético durante la colocación del hormigón.

El empleo de alambre para la sujeción de moldajes está estrictamente prohibido. Su uso indebido dará lugar a la demolición del hormigón colocado en estas condiciones.

Los moldajes deberán ser suficientemente estancos para impedir pérdidas de mortero del hormigón.

Cuando se emplean moldes reusables, éstos deberán mantener a través de todos los usos su resistencia, rigidez, estanqueidad y superficie perfectamente lisa.

En el caso del diseño del moldaje destinado a cumplir tolerancias del tipo T1 se podrá usar madera en bruto. No obstante ello, el ajuste deberá ser adecuado para impedir la fuga de

---

mortero durante el vibrado. Las superficies deberán tener una regularidad mínima que asegure la obtención de los recubrimientos exigidos a las armaduras.

Todos los moldajes se diseñarán y construirán con las contraflechas prescritas en los planos de detalle, o en su defecto con aquellos que aseguren el cumplimiento de las tolerancias de ejecución.

Se hace especial hincapié en la necesidad de controlar la existencia de las contraflechas y el comportamiento de alzaprimas, en especial en aquellos elementos horizontales cuya ubicación puede ser conflictiva con el paso del tren de Metro.

## **20.2 Ejecución**

En los moldajes se dejarán insertados de acuerdo a los planos los elementos de anclaje o de instalaciones que deberán quedar incorporados o empotrados en la obra.

Las pasadas de conductores para la instalación eléctrica deberán cumplir con las exigencias que se señale en el capítulo respectivo de estas especificaciones.

Las planchas metálicas en contacto con el concreto deberán tener su superficie perfectamente lisa. No se permitirá el uso de planchas metálicas con abolladuras, o con zonas dobladas y otras imperfecciones.

Las cabezas de los pernos deberán ser avellanadas.

Deberá obtenerse un buen ajuste de los moldes contra el hormigón ya endurecido, de modo de obtener juntas suaves y regulares, que cumplan con las tolerancias establecidas para cada tipo de obra.

Los refuerzos, amarras, alzaprimas, arriostramientos, etc., deben ser indeformables.

Se deberá construir los moldes de vigas, nervios y dinteles, de manera que se pueda descimbrar los costados, sin afectar el fondo y sus soportes.

Los soportes deberán resistir el peso del concreto fresco y las otras cargas de construcción, sin deflexiones que sobrepasen las tolerancias que se especifican.

Los cantos vivos de vigas, losas, machones, muros y pilares, deberán achaflanarse, incorporando al moldaje, listones de madera cepillada de dimensión adecuada al caso.

---

## 21. RETIRO DE MOLDAJES

El retiro de los moldajes deberá efectuarse una vez que el hormigón esté suficientemente endurecido. En ningún caso se iniciará el retiro de moldajes hasta que la resistencia del hormigón haya alcanzado como mínimo un valor doble del necesario para soportar las tensiones que aparecen en la estructura en el momento del descimbre.

## 22. INSERTOS

Los refuerzos e insertos estarán sujetos a aprobación en terreno, previamente a la colocación del concreto.

En el momento de vaciar el hormigón los refuerzos y las porciones de los insertos que irán embutidos en el concreto deberán estar libres de aceite, tierra, polvo, escamas sueltas, chapa de laminación, óxido y mortero suelto.

Los dobleces de la armadura que sobresalgan del hormigón ya fraguado, deberán ser sometidos a aprobación y cualquier daño causado a los refuerzos o a los concretos mismos, por ellos, será corregido de una manera aprobada por la ITO. de la obra.

Las intersecciones entre las barras de refuerzos deberán ser amarradas en forma segura y sostenidas en su lugar durante la operación de vaciado del hormigón.

Todos los insertos, incluyendo: pernos de anclaje, manguitos, desagües, ángulos de refuerzo, marcos de puerta, conductos y cajas de paso, unistruts, elementos para las juntas de expansión y sellos para agua, como se muestran en los planos de diseño, deberán ser ubicados con precisión y anclados con seguridad en sus lugares. Deberá disponerse suficiente tiempo para su inspección antes del vaciado del hormigón.

Los pernos de anclaje se asegurarán mediante una plantilla aprobada y ubicada a la elevación aproximada de la futura placa base.

Los items fabricados de aluminio no serán embebidos o encajados con ningún tipo de hormigón sin una capa protectora aprobada que se indicará en las Especificaciones Técnicas Especiales o en planos del Proyecto.

Las soldaduras de cualquier clase sobre las armaduras o partes embutidas deberán estar sujetas a aprobación. Cuando las soldaduras sean aprobadas se ejecutarán en concordancia con AWS D 1.4-79.

Las barras de refuerzo se deberán colocar en su posición en estricto cumplimiento con los planos y se deberán fijar adecuadamente mediante amarras con alambre de fierro recocido Nº 18 y sujetarse por medio de separadores, mortero, soportes metálicos y otros dispositivos adecuados.

---

## 23. GROUTEADO DE BASES Y PLACAS DE APOYO

Las superficies de hormigón, bajo placas de apoyo, serán llevadas al nivel indicado y terminadas con una superficie rasguñada.

Antes de montar las bases o placas de apoyo, todo defecto o lechada superficial del concreto deberá ser removida mediante picado u otro medio aprobado. La superficie resultante deberá estar libre de aceite, grasa, polvo, partículas sueltas y presentará una superficie rugosa. Las caras de la unión entre bases de columnas y cáliz de fundaciones, entre las que irán grouteadas serán rugosas según se indica en los planos.

Las láminas y cuñas de nivelación temporales destinadas a ser retiradas después de que el grouting se haya endurecido, se cubrirán de una delgada capa de grasa para facilitar su remoción.

Antes de empezar el grouting, debe remojar la superficie del concreto con agua durante un mínimo de seis horas. Inmediatamente antes de empezar el relleno, toda el agua sobrante, que haya permanecido en la superficie, será removida, así como de las llaves, manguitos y otros que vayan a ser rellenos. En tiempo frío se tomarán precauciones para asegurar que el concreto permanezca libre de escarcha o hielo.

Los procedimientos de grouting empleados deberán asegurar su colocación en la totalidad de la superficie de la base o placa de apoyo, evitando la formación de bolsas de aire o vacíos mediante el empleo de una suficiente compactación. Los métodos de grouting estarán sujetos a aprobación previa.

El grout empleado será mortero estándar de cemento-arena o grout sin contracción según se indique en cada caso.

El mortero estándar empleado como grout estará compuesto de: una parte de cemento Portland y dos partes de arena para concreto bien graduada, en volumen, cuidadosamente revuelto con la justa cantidad de agua para producir una mezcla de suficiente consistencia para ser apisonada en su sitio por método de compactación en seco. El grout fresco recién colocado será protegido y fraguado de la misma manera que el concreto en concordancia con lo provisto en la Sección 8.4 mencionada antes en esta ETG.

El grout libre de contracción deberá ser un producto premezclado de fabricación estándar aprobado por la ITO. o un producto mezclado en obra que utilice algún agregado expandible de fabricación estándar. El grout será mezclado, colocado y fraguado en conformidad con las instrucciones del fabricante del grout o del agregado. El material de grout deberá ser un producto que no manche y apropiado para el propósito.

Especial cuidado se tendrá con la selección del grout entre las columnas y cáliz de las fundaciones, este grout deberá ser presentado a la ITO. para su aprobación.

## 24. INSPECCION DE HORMIGONES Y MOLDAJES

Sin que ello signifique limitación o relevo de su responsabilidad al CONTRATISTA, la ITO. deberá aprobar:

1. Control de las proporciones de las mezclas para el hormigón.
2. Inspección de las plantas y equipos para confeccionar el hormigón.
3. Inspección, ensayos y aprobación de los materiales.
4. Inspección de los moldajes, lo que deberá incluir:
  - Diseño del moldaje
  - Diseño del alzaprimado
  - Elemento de sujeción
  - Compuestos desmoldantes
  - Composición y modulación de los tableros en caso de hormigones a la vista en los distintos ambientes con indicación expresa de los detalles de canterías que disimulen las juntas de tablero y construcción.
5. Inspección de la colocación de armaduras.
6. Inspección de los soportes y andamios.
7. Inspección de los equipos para colocar hormigón.
8. Inspección de la colocación del hormigón, consolidación, terminación y curado.
9. Inspección de las juntas de hormigonado y de trabajo.
10. Inspección de la reparación de hormigones defectuosos.
11. Inspección del retiro de moldajes.
12. Preparación de los ensayos de resistencia del hormigón.
13. Preparación de informes diarios y mensuales de todos los ítemes.

## 25. HORMIGONES DE LA INFRAESTRUCTURA

La totalidad de los hormigones empleados en el proyecto (salvo que se indique lo contrario expresamente en casos particulares), será grado H30 de 300 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia cúbica a 28 días, equivalente a una resistencia cilíndrica  $f'$  de 250 kg/cm<sup>2</sup> a igual edad, con 95% de nivel de confianza.

Hormigón de emplantillado y rellenos, de 170 Kg/Cem/m<sup>3</sup>.

---

## 26. ARMADURA DE REFUERZO

### 26.1 Alcance

En esta Especificación Técnica General se indica la calidad que deberán poseer las barras de refuerzo del hormigón armado de los piques de la Línea 6 de Metro S.A., así como las características de los anclajes, traslajos longitudinales, mecánicos y recubrimientos.

Los planos indican en cada caso el grado de acero a emplear. Se exige el uso de acero de origen conocido y controlado de acuerdo a la aplicación de las Normas INN correspondientes y de otras instituciones.

### 26.2 Normas

Con respecto a la fabricación y colocación de la armadura, serán aplicables en lo que corresponda las recomendaciones de las Normas:

NCh 204, Of. 77	Acero barras laminadas en caliente para hormigón armado.
NCh 211, Of. 70	Acero barras con resaltes para hormigón armado.
NCh 218, Of. 77	Acero-mallas de alta resistencia para hormigón armado.
NCh 219, Of. 77	Construcción de mallas de alta resistencia condiciones de uso en el hormigón armado.
NCh 434, Of. 70	Barras de acero de alta resistencia en obras de hormigón armado.
NCh 1173, Of. 77	Acero - Alambre de acero liso o con entalladuras, grado AT 56-50 H. Condiciones de uso en el hormigón armado.
ACI 318-99	Código de diseño de Hormigón Armado.
ACI 1170-90	Tolerances for Concrete Construction and Materials.
ANSI/AWS D.14	Structural Welding Code-Reinforced Steel.

---

### 26.3 Planos de Armadura

La forma, dimensión y número de refuerzos de acero, se ejecutarán de acuerdo a los planos de armaduras y de construcción. Cuando sea necesario, el CONTRATISTA deberá realizar planos de detalle partiendo de los planos típicos correspondientes. Estos planos deberán ser aprobados por la ITO., previa consulta al PROYECTISTA.

### 26.4 Calidad del Acero

Deberá respetarse fielmente el empleo de acero del grado indicado en los planos. No se podrá mezclar en un mismo elemento estructural aceros de diferentes grados sometidos a condiciones similares de trabajo. El empleo de aceros de igual calidad, pero de distinto origen, deberá ser programado y autorizado por la ITO. con consulta al PROYECTISTA.

La calidad de los aceros para refuerzo de los hormigones debe cumplir con lo dispuesto en el capítulo 21.2.5 a) y b) del Código ACI 318-99.

Se ha considerado el empleo de barras calidad A63 – 42H con resaltes, de tensión de fluencia garantizada  $f_y = 420$  MPa, y de acero A44 – 28H, de tensión de fluencia garantizada  $f_y = 280$  MPa.

El cambio de diámetro de barras deberá ser aprobado por el PROYECTISTA o la SDO de terreno, previa solicitud hecha a través de la ITO.

### 26.5 Prescripciones Generales

- Los empalmes, ganchos, longitudes de anclaje y doblado de las barras se efectuarán según se indica en los planos de detalle de armadura o en su defecto regirán las prescripciones de las Normas ACI 318-99, Capítulo 12 y ACI 315-92 “Details and Detailing of Concrete Reinforcement.
- Las barras de acero se cortarán y doblarán en frío, a velocidad limitada. Las barras de  $f_y \square 420$  Mpa que han sido dobladas, no podrán ser enderezadas ni podrán volver a doblarse. Será fundamentalmente en los planos de armaduras donde se indicaran las condiciones de empalme, longitudes de anclajes, doblado y otros detalles constructivos de las armaduras.
- Antes del hormigonado se procederá a la limpieza de las barras de toda materia extraña adherida a ellos como óxido en escamas, aceite, grasa o tierra, para lo cual se podrá utilizar arpillera, escobilla de acero, chorro de arena, aire comprimido o agua a presión.

- 
- Ninguna armadura se colocará en contacto con el terreno natural, debiendo colocarse en todos los casos posibles sobre emplantillado de hormigón y respetando siempre el recubrimiento especificado que se logrará con separadores de plástico o de mortero de resistencia equivalente a la del hormigón.
  - Los refuerzos de resistencia deberán estar debidamente amarrados a los estribos y barras de repartición. Igualmente las mallas se amarrarán a los nudos de forma de asegurar que no se muevan durante el hormigonado y vibrado.
  - Se evitará, en lo posible más de un empalme en una misma sección transversal y, en todo caso, deberán ir en barras alternadas.
  - No podrán emplearse aceros de diferentes grados en un mismo elemento estructural, salvo indicación expresa en planos del proyecto.

## **26.6 Almacenamiento**

Por un período corto se podrá almacenar las barras de acero a la intemperie, pero debidamente ordenadas y clasificadas por diámetro. En todo caso deberá evitarse que queden en contacto directo con el terreno.

## **26.7 Protección de las Armaduras**

El CONTRATISTA deberá tomar las medidas de protección que sean necesarias para impedir la rotura de amarra después de la inspección final y durante el hormigonado e impedir cualquier efecto que pueda perjudicar la adherencia de las armaduras al concreto, durante o después de su colocación.

El CONTRATISTA, durante el vaciado del hormigón, deberá disponer a lo menos de un enfierrador. Si las barras son dobladas en una planta exterior, se deberá mantener en el sitio barras en stock, para cualquier eventualidad.

Se deberá colocar, en cantidad suficiente, pisaderas, escaleras, pasarelas, soportes y otras instalaciones provisionales, para que el personal no necesite trepar, caminar o colgarse de las armaduras. El CONTRATISTA deberá prevenir a todo su personal, de evitar los movimientos de las armaduras una vez instaladas.

En todos los casos posibles, se deberá amarrar a un atiesador los extremos libres de las armaduras, especialmente aquellas barras que salen sobre el nivel del hormigonado. Como atiesador se empleará un tablón o una barra de fierro adicional.

El desenrollado del acero en rollos se hará mediante el uso de estiradores manuales o mecánicos, prohibiéndose el empleo de tractores.

---

## 26.8 Colocación de las Armaduras

Las armaduras deben colocarse limpias, exentas de polvo, barro, escamas de óxido, grasas, aceites, pinturas y toda otra sustancia capaz de reducir la adherencia con el hormigón.

Las armaduras que estuvieren cubiertas por mortero o pasta de cemento u hormigón endurecido se limpiarán hasta eliminar todo resto en contacto con las barras.

Durante la colocación y fraguado del hormigón las armaduras deberán mantenerse en las posiciones indicadas en los planos, evitando los desplazamientos o vibraciones enérgicas. Para esto deberán disponerse los elementos adecuados.

Se rectificará la posición de las armaduras en relación con el moldaje a fin de cumplir con las distancias protectoras especificadas, para lo cual se usará un número suficiente de separadores o fijadores de dimensiones adecuadas para cumplir con los recubrimientos previstos. Estos separadores serán hechos en mortero (pastillas), metálicos o de material plástico. No podrán emplearse trozos de ladrillos, piedras ni trozos de madera.

Las armaduras superiores en losas se apoyarán sobre horquillas de fierro de 10 mm y dimensiones tales que se cumplan los recubrimientos indicados en los planos. Tanto las armaduras superiores de losas como de vigas serán aseguradas en forma adecuada contra las pisadas.

Las amarras de armaduras se practicarán con alambre negro N° 18.

Los separadores de fierro de las mallas se colocarán de acuerdo a las indicaciones de los planos.

Se deberá evitar la deformación y deterioro de las armaduras durante la construcción mediante uso de pasarelas, banquetas, etc.

Todos los estribos deberán llevar ganchos en sus extremos, formando ángulo de 135°, ó 90° según se indique en planos.

Todas las barras dobladas deberán cumplir según indica la norma ACI 318-05 y el diámetro de doblado depende del diámetro de la barra y del tipo de refuerzo que se trate.

### Recubrimientos

Prevalecerán sobre cualquier otra indicación los recubrimientos prescritos en los planos de armaduras respectivos.

Deberán consultarse los dispositivos (amarras) que aseguren el correcto control de los recubrimientos especificados, admitiéndose una tolerancia de  $\pm 4$  mm.

En los casos de ausencia de especificación, se podrán considerar los siguientes recubrimientos mínimos :

---

 Elementos en condiciones normales

- Losas expuestas a la intemperie. 25,0 mm
- Vigas y columnas expuestas a la intemperie. 40,0 mm
- Hormigonado contra terreno 70,0 mm

## Elementos en contacto con terreno, sobre emplantillado

- Barras diam 18 a 36 mm 50,0-70,0mm
- Barras diam 8 a 16 mm 40,0mm

## Radieres

50,0mm

## Pilares y cadenas de albañilería confinadas :

25,0mm  20,0mm 30,0mm	En condiciones normales  Recubiertas con estuco Expuestas a la intemperie
--------------------------------	--

Para los recubrimientos no especificados ver Código ACI 318-05, ptos. 7.7 y C.77.

## 26.9 Separación de la Armaduras

La distancia libre entre barras paralelas no deberá ser inferior al diámetro de las barras y, por lo menos igual a 1 1/3 del tamaño del agregado grueso. En todo caso, deberá cumplirse que el hormigonado de los elementos estructurales se realice en forma de asegurar la debida compactación del elemento y el llenado completo de los vacíos entre barras, modificando el tamaño máximo de árido del hormigón a colocar si fuese necesario.

Cuando las armaduras en vigas sean colocadas en 2 o más capas, la distancia libre entre capas no será inferior a 2.5 cm y las barras de la capa superior deberán ser colocadas directamente encima de las barras de la capa inferior.

En pilares la distancia libre entre barras longitudinales no será inferior a 1 1/2 veces el diámetro de la barra, 1 1/2 veces el tamaño del agregado y no menor de 3.5 cm.

Las disposiciones anteriores no se aplicarán a los cruzamientos de las armaduras de distintas vigas, ni a la separación entre las armaduras y estribos.

## 26.10 Ganchos, anclajes y traslapos

Todas las barras deberán ser ancladas en sus extremos. Las barras cuyos anclajes no estén indicados expresamente en los planos deberán anclarse siguiendo las disposiciones contenidas en la presente especificación.

---

Según la posición de las barras se distinguen dos grupos:

- Grupo I

Barras con resaltes en posición vertical con excepción de bordes de muros y pilares o inclinadas hasta un máximo de  $45^\circ$  con la vertical y las barras horizontales ubicadas a no más de 25 cm del plano inferior del elemento.

- Grupo II

Todas las demás barras y en especial las horizontales ubicada a más de 25 cm del plano inferior del elemento.

En barras con resalte los ganchos extremos estarán formados por 1/4 de círculo cuyo diámetro interior mínimo será:

GRADO DEL ACERO

$d < 10 \text{ mm}$

$d > 10 \text{ mm}$

A 63-42 H

5 d

7 d

Siendo d, el diámetro de la barra.

Las longitudes de anclaje "a" de una barra de acero sin ganchos en hormigón se indican en los planos y en la tabla siguiente :

GRUPO I

GRUPO II

Grado H25

Grado H30

Grado H25

Grado H30

A 63-42 H

30 d

25 d

60 d

50 d

El traslapo "L" mínimo de barras resistentes con ganchos será  $a(3) + 10 \text{ cm}$ , pero en ningún caso inferior a 30 cm

Si las barras se disponen con ganchos terminales según 8.14.2 se permite reducir la longitud de anclaje  $a(3) + 10 \text{ cm}$  en  $a(3)/3$ .

Se clasifican en Grupo I las siguientes armaduras:

- Armaduras verticales de muros (mallas).
- Armaduras inferiores de vigas.
- Armaduras inclinadas hasta un máximo de  $45^\circ$  con la vertical.

---

Se clasifican en Grupo II las siguientes armaduras:

- Armaduras verticales de borde muros
- Armaduras verticales de pilares
- Armadura superiores de vigas
- Armaduras horizontales de muros (mallas)

### **26.11 Unión de las Armaduras**

- En el proyecto, se consultan uniones de las barras por simple traslapo, y en las etapas de excavación de los piques circulares la unión de las barras mediante manguitos de conexión para el caso de las columnas. Estos últimos deberán ser, certificados, ensayados por laboratorios competentes, y aceptados por la inspección técnica.
- Las uniones por traslapo se harán en un largo “L” =  $a_3 + 10$  cm, conforme a las Normas.
- La longitud de traslapos “L”, en ningún caso será inferior a 30 cm.
- En lo posible, en las barras que constituyen las armaduras no se realizarán empalmes. Lo dicho se tendrá especialmente en cuenta cuando se trata de barras sometidas a esfuerzos de tracción.
- Si lo establecido en 8.15.4 resultara imposible de cumplir, los empalmes se ubicarán en aquellos lugares en que las barras tengan las sollicitaciones mínimas.
- En las armaduras superiores de vigas, los empalmes se harán dentro del 1/2 central de la luz de la viga.
- En las armaduras inferiores de viga, los empalmes se harán dentro del 1/5 de la luz de la viga, medido desde los apoyos.
- No se admitirán empalmes en las partes dobladas de las barras.
- En una misma sección del elemento estructural sólo podrá haber un 50% de las barras empalmadas.
- Los empalmes se distribuirán de manera alternada a lo largo del elemento estructural.
- Los extremos de las barras se colocarán en contacto directo en toda la longitud del empalme. Dichos extremos podrán disponerse uno sobre el otro, o en cualquier otra forma que facilite la ejecución de un buen hormigonado alrededor de la longitud de superposición.
- El espesor del hormigón alrededor del empalme no será menor de  $2d$  ó de  $1d$  si el empalme está perfectamente zunchado con alambre de diámetro adecuado.