

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Facultad de Arquitectura



Normatividad de construcción en el Distrito Federal

Proceso de obra

Tesis de Maestría que para obtener el grado de:

MAESTRO EN ARQUITECTURA

Presenta:

Bernardo Navarro Vázquez

Programa de Maestría y Doctorado en Arquitectura

Campo de Conocimiento: **TECNOLOGÍA**



México. D.F. 2006



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Director de Tesis:

M. en Arq. Francisco Reyna Gómez

Sinodales propietarios:

Dr. Juan Gerardo Oliva Salinas

M. en Dis. Arq. Jan Van Rosmalen Jansen

Sinodales suplentes:

M. en Arq. Jorge Rangel Dávalos

M. en Arq. Ernesto Ocampo Ruiz

A mis padres:

Como reconocimiento al ejemplo de trabajo y esfuerzo.

A mi familia:

Por el apoyo en momentos difíciles.

A la Universidad Nacional Autónoma de México:

Por ser una institución forjadora de hombres comprometidos
con su tiempo y su nación.

A los profesores del Programa de Maestría y Doctorado en Arquitectura:

Por la entrega en la formación de profesionales
conscientes de su responsabilidad social.

A la Facultad de Ingeniería de la UNAM:

Donde tengo infinidad de amigos
y la oportunidad de impartir clases.

A las amistades:

Por su apoyo incondicional.

*El hombre
separará la luz de las tinieblas
y así
como venció su orgullo vano
e implantó su sistema
para que se elevara el edificio
seguirá construyendo
la rosa colectiva,
reunirá en la tierra,
el material huraño de la dicha
y con razón y acero
irá creciendo
el edificio de todos los hombres.*

Pablo Neruda

Odas elementales

Índice	Página
Tabla de abreviaturas de ordenamientos jurídicos	6
Introducción	7
1. Concepto de normatividad	11
Primera parte: Administración Pública del Distrito Federal	14
2. Funciones de la Administración Pública del Distrito Federal	15
3. Director Responsable de Obra y Corresponsables	22
Segunda parte: Aspectos generales	26
4. Medio Ambiente	27
5. Vía pública	30
6. Seguridad e higiene en la obra	34
7. Control de calidad	44
8. Aspectos generales en la obra	62
Tercera parte: Procedimiento constructivo	69
9. Instalaciones en edificaciones	70
10. Excavación y cimentaciones	75
11. Estructuras de concreto	90
12. Estructuras metálicas	106
13. Estructuras de mampostería	120
14. Estructuras de madera	127
15. Demoliciones	131
Conclusiones	133
Referencias	135
Glosario	138
Tabla de conversión de unidades	144

Tabla de abreviaturas de ordenamientos jurídicos:

CPDF	Código Penal para el Distrito Federal
LAgDF	Ley de Aguas del Distrito Federal
LAmDF	Ley Ambiental del Distrito Federal
LFAFE	Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos
LFMN	Ley Federal sobre Metrología y Normalización
LOPDF	Ley de Obras Públicas del Distrito Federal
LOPSR	Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las mismas
LPADF	Ley de Procedimiento Administrativo del Distrito Federal
LRSDF	Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal
NTCCADEE	Normas Técnicas Complementarias sobre Criterios y Acciones para el Diseño Estructural de las Edificaciones
NTCDCC	Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Cimentaciones
NTCDCEC	Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto
NTCDCEM	Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras Metálicas
NTCDCEMad	Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Madera
NTCDCEMam	Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería
NTCDS	Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo
NTCPA	Normas Técnicas Complementarias para el Proyecto Arquitectónico
NTIE	Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas
RCDF	Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal
RFSHMAT	Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo
RIE	Reglamento de Instalaciones Eléctricas
RLAFE	Reglamento de la Ley de Armas de Fuego y Explosivos
RLAmDF	Reglamento de la Ley Ambiental del Distrito Federal
RLDUDF	Reglamento de la Ley de Desarrollo Urbano del Distrito Federal
RLFMN	Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización
RLOPS	Reglamento de la Ley de Obras Públicas y Servicios relacionados con las misma
RVADF	Reglamento de Verificación Administrativa para el Distrito Federal

Introducción

La construcción debe llevarse a cabo observando el respectivo marco legal establecido, para garantizar, básicamente, la seguridad de las obras y la preservación del medio ambiente. Acorde con ello, el objeto de la presente investigación es elaborar un documento que integre la normatividad de construcción (leyes y reglamentos) que en el Distrito Federal debe observarse durante el proceso de obra.

Paralelamente esta investigación tiene como fines:

- Que el constructor disponga de un instrumento de fácil acceso a los preceptos legales en materia de construcción, que lo orienta a cumplir
- La normatividad en materia de medio ambiente, seguridad, control de calidad y procedimiento de construcción, y que este estudio contribuya a obtener
- Edificaciones e instalaciones con la seguridad estructural y funcionalidad especificadas en el proyecto ejecutivo autorizado.

La normatividad es el conjunto de normas jurídicas alrededor de una materia, considerando a la norma jurídica no como un fin, sino como un instrumento y su función es llegar a conseguir el orden social.

Debido a que la correcta ejecución de las edificaciones e instalaciones es una responsabilidad social, las construcciones en el Distrito Federal deben cumplir con lo dispuesto, como mínimo, en las normas jurídicas presentadas en la **Tabla I**.

En mi experiencia como Director Responsable de Obra al intercambiar impresiones con los constructores, me percate que en su mayoría, no tienen conocimiento de la normatividad que debe observarse durante el proceso de obra. Probablemente porque ésta se encuentra dispersa en varias leyes y reglamentos, tanto de carácter federal como local, lo que dificulta su consulta. De lo anterior, me surgió la inquietud de elaborar un documento que integre las disposiciones legales que deben cumplirse durante el proceso de obra.

Ignorar la normatividad implica que el constructor no la observe, lo que puede generarle problemas legales ya sea por accidentes al interior o exterior de la obra; por procedimientos

constructivos deficientes, reflejados en fallas en la estructura; o por problemas en las instalaciones o en la funcionalidad de la construcción.

Tabla I

Normatividad durante el proceso de obra	
Leyes	Reglamentos
<ul style="list-style-type: none"> • Ley de Desarrollo Urbano del Distrito Federal • Ley de Procedimiento Administrativo del Distrito Federal • Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente • Ley Ambiental del Distrito Federal • Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal • Ley de Aguas del Distrito Federal • Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos • Ley Federal sobre Metrología y Normalización 	<ul style="list-style-type: none"> • Reglamento de la Ley de Desarrollo Urbano del Distrito Federal • Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal • Reglamento de Verificación Administrativa del Distrito Federal • Reglamento de la Ley Ambiental del Distrito Federal • Reglamento Federal de Seguridad e Higiene y Medio Ambiente de Trabajo • Reglamento de Instalaciones Eléctricas • Reglamento de la Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos • Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización

Hipótesis de trabajo:

Si los constructores conocieran, asimilaran y observaran la normatividad en construcción, entonces, mejorarían la seguridad, la calidad y el procedimiento de construcción durante la ejecución de las obras.

A partir de esta hipótesis de trabajo se generaron los vínculos para integrar las disposiciones (dispersas en leyes y reglamentos) por especialidad a fin de constituir un manual de consulta de la normatividad durante el proceso de obra.

Las etapas en el proceso de investigación fueron:

1. Consulta de leyes y reglamentos relacionados con la construcción, establecidos por la autoridad correspondiente y publicados en el Diario Oficial de la Federación y en la Gaceta Oficial del Distrito Federal.
2. Selección de las disposiciones que deben observarse en el proceso de obra.
3. El material producto de la investigación se organizó de acuerdo con una **interpretación del conjunto** de las disposiciones legales que deben observarse, por especialidad, durante la ejecución de la obra y se integró en un documento dividido en tres partes: normatividad, aspectos generales y procedimiento de obra.

En el capítulo 1 se destaca el concepto de normatividad, para que los constructores tengan presente que la construcción está regulada por normas jurídicas, como son leyes, reglamentos y normas técnicas. Disposiciones que deben observar durante el proceso de obra para evitar afectar el entorno de ésta, cumplir con la seguridad al interior y exterior de la construcción y con la calidad especificada en los materiales utilizados. Asimismo cumplir con las especificaciones del proyecto ejecutivo autorizado para obtener obras que cumplan con el diseño arquitectónico, el proyecto estructural y los proyectos de instalaciones.

En la primera parte se presentan las facultades que tienen la Administración Pública del Distrito Federal, los Directores Responsables de Obra y los Corresponsables durante el proceso de obra, con el fin de que los constructores tengan conocimiento de los requisitos legales en cada etapa de la obra, así como de las obligaciones de los Directores Responsables de Obra y los Corresponsables, y las sanciones a las que pueden hacerse acreedores en caso de no observar la normatividad.

En la siguiente parte se integran las disposiciones que en las obras se deben cumplir en las áreas de medio ambiente, vía pública, seguridad e higiene y control de calidad de los materiales. Con el propósito de que el constructor antes de iniciar la obra programe los controles correspondientes y evitar improvisaciones durante la ejecución de la misma.

En la última parte se incluyen las disposiciones que deben observarse durante la ejecución de las instalaciones, excavaciones, cimentaciones, estructuras de concreto, estructuras metálicas, estructuras de madera y demoliciones, con el fin de que se cumpla con los requisitos técnicos y de seguridad estructural establecidos en el proyecto ejecutivo autorizado y con las normas técnicas propias de cada sistema estructural.

En el presente documento se entiende por **constructor** al conjunto de personas físicas o morales que tienen el objetivo de realizar una edificación o instalación y lo integran: la supervisión y el contratista.

La **supervisión** tiene las siguientes funciones:

- a. Coordinación y dirección de obras;
- b. Revisión de planos, especificaciones y procedimientos de construcción;
- c. Cuantificación o revisión de volumetría;
- d. Verificación del cumplimiento de programas propuestos por el contratista, cuantificación de volúmenes ejecutados, revisión, conciliación y aprobación de números generadores;
- e. Control de calidad de las obras; incluyendo laboratorios de análisis, mecánica de suelos, resistencia de materiales, radiografías industriales;
- f. Verificación del cumplimiento del contrato de que se trate, y
- g. Recepción, liquidación y finiquito de la obra (LOPDF, art. 3)*.

El **contratista** es la persona física o moral que celebra contratos para la ejecución de obras (LOPDF, art. 2) y será responsable de la ejecución de los trabajos; deberá sujetarse a todos los reglamentos, normas técnicas y ordenamientos de las autoridades competentes en materia de construcción, seguridad y uso de la vía pública. Las responsabilidades de los daños y perjuicios que resulten por la no observancia, serán a cargo del contratista (LOPDF, art. 59).

Uno de los propósitos de la investigación es generar la inquietud en los constructores de revisar y estudiar la normatividad. Adicionalmente, de acuerdo con su experiencia profesional y el avance tecnológico en el área de la construcción, se busca que los constructores participen de manera activa en la revisión, análisis y actualización de la normatividad.

* (Ley o reglamento o código, artículo), ver tabla de abreviaturas de ordenamientos jurídicos.

1. Concepto de normatividad

Normatividad es el conjunto de normas jurídicas alrededor de una materia. La norma jurídica es una regla dictada por un legítimo poder para determinar la conducta humana (De Pina, 1979)[†]. Aquéllas son obligatorias y se establecen para que los individuos las acaten y las cumplan. El Estado interviene imponiéndolas y haciéndolas respetar. El medio de que se vale para su eficaz observancia es la sanción (Moto Salazar, 2000).

El Derecho Positivo es un conjunto de normas jurídicas que regulan la conducta social de los individuos y que, inspiradas en la idea de justicia, tienden a realizar el orden social. Es un producto social y varía en el tiempo y el espacio, y como toda institución humana es perfectible (Moto Salazar, 2000).

Toda norma de Derecho pertenece a un sistema normativo. En México, todas las normas jurídicas están subordinadas a la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos por ser la ley suprema. Las normas del Derecho pueden ser federales o estatales; las primeras tienen vigencia en toda la República; las segundas sólo tienen aplicación en los estados correspondientes. Esta clasificación se basa en los artículos 40 y 41 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos relativos a la soberanía y la forma de gobierno.

La ley es la norma de Derecho dictada, promulgada y sancionada por la autoridad pública; tiene como finalidad regular los actos y las relaciones humanas, y es aplicable en determinado tiempo y lugar. La ley emana del poder público, es el que la dicta; es decir, la establece a través del Poder Legislativo. Este Poder elabora la ley y el Poder Ejecutivo la promulga, ordenando que se le dé su debido cumplimiento.

El reglamento es un conjunto de normas generales, de carácter administrativo y obligatorio, que dicta el Poder Ejecutivo para garantizar el cumplimiento de la ley. Su función es complementar y ampliar el contenido de una ley, con el objeto de facilitar la

[†] (Autor, año de publicación), ver bibliografía.

aplicación de la misma.

La norma técnica complementa al reglamento y se expide, de conformidad con el mismo, para establecer aquellos requisitos técnicos y de seguridad que requieren mantenerse generalmente actualizados y que, por lo tanto, deben estar sujetos a revisión continua.

Las leyes, reglamentos y normas técnicas entran en vigor una vez publicadas en el Diario Oficial de la Federación, para normas de carácter federal, y en la Gaceta Oficial del Distrito Federal y en las gacetas de los estados, para normas de carácter local.

El orden jerárquico en el Derecho mexicano, es:

1. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos;
2. Leyes, reglamentos federales y normas oficiales mexicanas;
3. Leyes, reglamentos estatales y normas técnicas, y
4. Reglamentos municipales.

La **Ley de Desarrollo Urbano del Distrito Federal** estipula en su artículo 57 que: “Todas las construcciones e instalaciones que se realicen en el suelo urbano, deberán sujetarse a lo dispuesto en los programas y se ejecutarán en los términos previstos por la Ley y demás disposiciones específicas. Por otra parte, las construcciones e instalaciones que se realicen en zona histórica y/o patrimonial, deberán sujetarse a estas disposiciones, además de las aplicables en la materia.”

El artículo 57 de esa ley es de interés colectivo y obliga a los constructores a sujetarse a las disposiciones de las leyes y reglamentos que, directa e indirectamente, norman la construcción de edificaciones e instalaciones. Asimismo, es un artículo de integración de la normatividad que el constructor debe observar en el proceso de obra.

En el Distrito Federal las obras en proceso de construcción, instalación, modificación, ampliación y demolición deben sujetarse a las disposiciones que sobre la materia están incluidas en la **Tabla II**.

La interpretación es un requisito previo para la observancia de la norma; la observancia de la normatividad consiste en acatar los preceptos en ella establecidos, con el objetivo de obtener obras con la calidad especificada en el proyecto ejecutivo autorizado y cumplir con la normatividad en materia de medio ambiente, seguridad, control de calidad de los materiales y el procedimiento de obra.

Tabla II

Normatividad durante el proceso de obra		
Leyes	Reglamento	Normas técnicas complementarias
<ul style="list-style-type: none"> • Ley de Desarrollo Urbano del Distrito Federal • Ley de Procedimiento Administrativo del Distrito Federal • Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente • Ley Ambiental del Distrito Federal • Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal • Ley de Aguas del Distrito Federal • Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos • Ley Federal sobre Metrología y Normalización 	<ul style="list-style-type: none"> • Reglamento de la Ley de Desarrollo Urbano del Distrito Federal • Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal • Reglamento de Verificación Administrativa del Distrito Federal • Reglamento de la Ley Ambiental del Distrito Federal • Reglamento Federal de Seguridad e Higiene y Medio Ambiente de Trabajo • Reglamento de Instalaciones Eléctricas • Reglamento de la Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos • Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización 	<ul style="list-style-type: none"> • Proyecto arquitectónico • Criterios y acciones para el diseño estructural de las edificaciones • Diseño y construcción de cimentaciones • Diseño y construcción de estructuras de concreto • Diseño y construcción de estructuras metálicas • Diseño y construcción de estructuras de mampostería • Diseño y construcción de estructuras de madera • Diseño por sismo • Diseño por viento • Instalaciones eléctricas • Normas oficiales mexicanas • Normas mexicanas

Primera parte: Administración Pública del Distrito Federal

2. Funciones de la Administración Pública del Distrito Federal

Durante el proceso de obra, de acuerdo con artículo 24 de la Ley Orgánica de la Administración Pública del Distrito Federal y el artículo 12 de la Ley de Desarrollo Urbano del Distrito Federal, la aplicación y vigilancia del cumplimiento del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, sus Normas Técnicas Complementarias y las disposiciones jurídicas y administrativas aplicables corresponde a la Administración Pública del Distrito Federal (RCDF, art. 1), cuyas facultades en ese ámbito son (RCDF, art. 3):

- a. Registrar las manifestaciones de construcción así como otorgar o negar licencias de construcción especial y permisos para la ejecución de las obras;
- b. Autorizar o negar, conforme al Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, la ocupación o uso de una edificación o instalación;
- c. Practicar visitas de verificación administrativa con el objeto de que durante el proceso de ejecución de la estructura, instalación, edificación o construcción se ajuste a las características previamente registradas;
- d. Ordenar la suspensión temporal o la clausura de obras en ejecución en los casos previstos por la Ley de Desarrollo Urbano del Distrito Federal, su Reglamento y el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal;
- e. Imponer las sanciones correspondientes por violaciones a la Ley de Desarrollo Urbano del Distrito Federal, su Reglamento y el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, y
- f. Llevar un padrón clasificado de Directores Responsables de Obra y Corresponsables.

2.1. Registro de manifestación de construcción o licencia de construcción especial

Para ejecutar obras o instalaciones es necesario registrar la manifestación de construcción u obtener la licencia de construcción especial (RCDF, art. 61).

La autoridad entregará al propietario o poseedor la manifestación de construcción

registrada o la licencia de construcción especial registrada, una copia del croquis o los planos y demás documentos técnicos con sello y firma original (RCDF, art. 56). A partir de este momento el interesado podrá iniciar la ejecución de la obra (RCDF, art. 48).

No se requiere manifestación de construcción ni licencia de construcción especial para las construcciones provisionales destinadas a oficinas, bodegas, sanitarios y a la vigilancia de predios durante la edificación de una obra (RCDF, art. 62).

Prórroga de manifestación de construcción o licencia de construcción especial

En este caso, el interesado dentro de los 15 días hábiles anteriores al vencimiento de la vigencia del registro de manifestación de construcción o de la licencia de construcción especial, debe presentar ante la Delegación o autoridad competente el aviso de prórroga en el formato establecido por la Administración Pública. Presentada la solicitud correspondiente, la Delegación debe resolver la prórroga (RCDF, art. 64).

2.2. Autorización de ocupación o uso de una edificación o instalación

Los propietarios o poseedores están obligados a dar aviso por escrito a la Delegación la terminación de las obras ejecutadas en un plazo no mayor de 15 días hábiles contados a partir de la conclusión de las mismas, a fin de que la Delegación constate que la obra se haya ejecutado sin contravenir las disposiciones del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal.

La Delegación otorgará la autorización de uso y ocupación cuando la construcción se haya apegado a lo manifestado o autorizado (RCDF, art. 65).

En el supuesto de que las obras o instalaciones no concuerden con el proyecto autorizado se sancionará al propietario o poseedor con multa equivalente de cinco al 10 por ciento del valor de las construcciones, de acuerdo con el avalúo emitido por un valuator registrado ante la Secretaría de Finanzas del Distrito Federal (RCDF, art. 253).

2.3. Verificación administrativa

Una vez registrada la manifestación de construcción o expedida la licencia de construcción especial, la Delegación, y en su caso la Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda, ejercerá las funciones de vigilancia y verificación que correspondan, de conformidad con lo previsto en la Ley de Desarrollo Urbano del Distrito Federal, la Ley de Procedimiento Administrativo del Distrito Federal y el Reglamento de Verificación Administrativa para el Distrito Federal (RCDF, art. 244).

Las autoridades competentes del Distrito Federal podrán llevar a cabo visitas de verificación (LPADF, art. 97) con el fin de comprobar que los datos y documentos contenidos en el registro de manifestación de construcción o de la licencia de construcción especial, de las obras o instalaciones en proceso cumplen con las disposiciones de la Ley de Desarrollo Urbano del Distrito Federal, del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, sus Normas Técnicas Complementarias y demás ordenamientos administrativos y jurídicos aplicables (RCDF, art. 245).

Toda visita de verificación deberá ajustarse a los procedimientos y formalidades que establezca la Ley de Procedimiento Administrativo del Distrito Federal, el Reglamento de Verificación Administrativa para el Distrito Federal y las demás disposiciones aplicables (LPADF, art. 98).

En la visita, el verificador deberá exhibir credencial vigente expedida por la autoridad competente que lo acredita para desempeñar dicha función (LPADF, art. 101), así como la orden escrita con firma autógrafa expedida por la autoridad competente, en la que deberá precisarse el lugar o zona que ha de verificarse, el objeto de la visita, el alcance que deba tener y las disposiciones legales que la fundamentan (LPADF, art. 99).

Los propietarios, responsables o encargados de la obra en ejecución, estarán obligados a permitir el acceso, proporcionar los documentos de la obra y dar facilidades e informes a los verificadores para el desarrollo de su labor (LPADF, art. 100).

De la visita de verificación se levantará acta circunstanciada en presencia de dos testigos propuestos por la persona con quien se hubiera entendido la diligencia (LPADF, art. 102).

Los visitados a quienes se haya levantado acta de verificación, de la cual se les dejará copia, podrán formular observaciones en la diligencia y ofrecer pruebas en relación con los hechos contenidos en ella, o bien por escrito, así como hacer uso de tal derecho dentro del término de los cinco días siguientes de la fecha en que se hubiere levantado el acta (LPADF, art. 104).

En materia de visitas de verificación, la autoridad tiene las facultades y obligaciones siguientes (RVADF, art. 15):

- a. Calificar las actas de visita de verificación y emitir las resoluciones correspondientes;

- b. Dictar las medidas de seguridad y apremio necesarias, en los términos del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal y las disposiciones aplicables, e
- c. Imponer las sanciones por infracciones que, con motivo de las omisiones o las irregularidades detectadas en la visita de verificación, procedan en los términos de las leyes o los reglamentos aplicables.

2.4. Medidas de seguridad

La autoridad competente podrá imponer como medida de seguridad la suspensión total de las obras en ejecución, en los casos en que la construcción (RCDF, Art. 228):

- a. No se ajuste a las medidas de seguridad y demás protecciones que señala el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal;
- b. Se ejecute sin ajustarse al proyecto registrado o aprobado, y
- c. Represente peligro grave o inminente.

Al tener conocimiento de que una edificación, estructura o instalación presenta algún peligro para las personas o los bienes, previo dictamen técnico de autoridad competente, la Administración Pública del Distrito Federal requerirá a su propietario o poseedor, con la urgencia que el caso amerite, para que realice las reparaciones, obras o demoliciones necesarias (RCDF, art. 222).

2.5. Sanciones o clausura

Las sanciones previstas en el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal podrán ser impuestas en forma conjunta o separada a los responsables, independientemente de las medidas de seguridad que ordene la autoridad competente (RCDF, art. 246).

Las sanciones por infracciones al Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal son (RCDF, art. 248):

- a. Multa, que podrá ser de 50 a 800 días de salario mínimo general vigente en el Distrito Federal;
- b. Clausura, parcial o total, y
- c. Demolición, parcial o total.

Sanciones

Se sancionará al Director Responsable de Obra o al propietario o poseedor, con independencia de la reparación de los daños ocasionados a las personas o a los bienes, en

los casos siguientes (RCDF, art. 251):

- a. Se obstaculice o se impida en cualquier forma las funciones de los verificadores;
- b. En la obra o instalación no muestre indistintamente, a solicitud del verificador, copia del registro de manifestación de construcción o de licencia de construcción especial, los planos sellados y la bitácora de obra;
- c. Se ocupe temporalmente con materiales de cualquier naturaleza la vía pública, sin contar con el permiso o autorización correspondiente;
- d. Se hagan cortes en banquetas, arroyos, guarniciones y/o pavimentos, sin contar con el permiso correspondiente;
- e. El propietario o poseedor no realice el trámite de Aviso de Terminación de Obra;
- f. Por la vía de un dictamen de seguridad estructural, que emita u ordene la Administración, se determine que por la realización de excavaciones u otras obras, se afecta la estabilidad del propio inmueble o de las edificaciones y predios vecinos;
- g. En obras o instalaciones no se respeten las previsiones contra incendio;
- h. Con motivo de la ejecución de la obra, instalación, demolición o excavación, se deposite material producto de estos trabajos en barrancas, escurrimientos naturales o afluentes hidrológicos, y
- i. En la ejecución de la obra o instalación, sin previa autorización de la autoridad competente, se dañe, mutile o demuela algún elemento de edificaciones consideradas patrimonio artístico, histórico o cultural. En tal caso se hará acreedor a la reposición del daño, con las características de dimensiones, materiales y acabados de las piezas originales o los que en su caso indiquen las autoridades federales o locales.

Clausura

La autoridad competente procederá a clausurar las obras o instalaciones en ejecución, cuando (RCDF, art. 249):

- a. La ejecución de una obra o de una demolición se realice sin las debidas precauciones y ponga en peligro la vida o la integridad física de las personas, o pueda causar daño a bienes públicos o a terceros;
- b. Se obstaculice o se impida en alguna forma el cumplimiento de las funciones de verificación reglamentaria del personal autorizado por la Administración;

- c. La obra se ejecute sin la intervención y vigilancia del Director Responsable de Obra y de los Corresponsables, en los términos del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, y
- d. Se usen explosivos sin el permiso correspondiente.

No obstante el estado de clausura, en el caso de que la ejecución de la obra o de la demolición ponga en peligro la vida o la integridad física de las personas, pueda causar daño a bienes públicos o privados, la autoridad competente podrá ordenar que se lleven a cabo las obras procedentes para hacer cesar el peligro o corregir los daños o violaciones, obligando al propietario a realizarlas.

A quien quebrante los sellos puestos por orden de la autoridad competente, se le impondrá una sanción de dos a siete años de prisión y una multa de cien a quinientos días de salario mínimo. Se equipara al delito de quebrantamiento de sellos: el continuar con la ejecución de una obra en estado de clausura, aun cuando los sellos permanezcan colocados y se sancionará al titular, propietario o responsable de una construcción con la pena correspondiente (CPDF, art. 286).

El estado de clausura impuesto no será levantado en tanto el propietario o poseedor no dé cabal cumplimiento a lo ordenado por la autoridad competente y se realicen las correcciones correspondientes derivadas de las violaciones al Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal (RCDF, art. 249).

Demolición parcial o total

La autoridad, previo dictamen que emita u ordene, está facultada para ejecutar, a costa del propietario o poseedor, las demoliciones, en los casos en que (RCDF, art. 254):

- a. Se invada la vía pública con una construcción, y
- b. No se respeten las afectaciones y las restricciones físicas y de uso impuestas en los predios por el resultado de la consulta del Sistema de Información Geográfica, el certificado único de zonificación de uso de suelo específico y factibilidades, el certificado de acreditación de uso de suelo por derechos adquiridos y la constancia de alineamiento y número oficial.

2.6. Recurso de inconformidad

Los afectados por los actos y resoluciones que emitan las autoridades administrativas, podrán interponer el recurso de inconformidad, según lo previsto por la Ley de

Procedimiento Administrativo del Distrito Federal (RCDF, art. 257).

El término para interponer el recurso de inconformidad será de quince días hábiles contados a partir del día siguiente en que surta sus efectos la notificación de la resolución o tenga conocimiento de dicha resolución (LPADF, art. 109).

2.7. Cumplimiento de sanciones

El cumplimiento de las sanciones, no eximirá al infractor de la obligación de corregir las irregularidades que se hayan cometido y motivado el levantamiento de las sanciones (RCDF, art. 246).

La autoridad competente podrá realizar visitas de verificación de carácter complementario, únicamente para cerciorarse de que el visitado ha subsanado las irregularidades administrativas que se hubiesen detectado, debiendo observarse las mismas formalidades que en la visita de verificación (RVADF, art. 36).



GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL
México • La Ciudad de la Esperanza

**GACETA OFICIAL DEL
DISTRITO FEDERAL**

Órgano del Gobierno del Distrito Federal

DÉCIMA CUARTA ÉPOCA	6 DE OCTUBRE DE 2004	TOMO I No. 103-BIS
---------------------	----------------------	--------------------

ÍNDICE
ADMINISTRACIÓN PÚBLICA DEL DISTRITO FEDERAL
JEFATURA DE GOBIERNO

ACUERDO POR EL QUE SE DAN A CONOCER LAS NORMAS TÉCNICAS
COMPLEMENTARIAS DEL REGLAMENTO DE CONSTRUCCIONES PARA EL
DISTRITO FEDERAL

- ♦ NORMAS TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS PARA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS DE MAMPOSTERÍA 4
- ♦ NORMAS TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS PARA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS DE MADERA 54
- ♦ NORMAS TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS PARA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO 88
- ♦ NORMAS TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS PARA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS METÁLICAS 195

Foto 1. Gaceta Oficial del Distrito Federal

3. Director Responsable de Obra y Corresponsables

3.1. Responsiva

Se entiende que un Director Responsable de Obra otorga su responsiva cuando, con ese carácter (RCDF, art. 34):

- a. Suscriba una manifestación de construcción o una solicitud de licencia de construcción especial, y
- b. Tome a su cargo la supervisión de la ejecución de una edificación o instalación, aceptando la responsabilidad de la misma.

El Director Responsable de Obra debe contar con los Corresponsables en Seguridad Estructural, Desarrollo Urbano y Arquitectónico e Instalaciones (RCDF, art. 35).

Los Corresponsables otorgarán su responsiva cuando suscriban conjuntamente con el Director Responsable de Obra una manifestación de construcción o una solicitud de licencia de construcción especial (RCDF, art. 36), y

El Corresponsable en Seguridad Estructural:

- a. Suscriba los planos del proyecto estructural, la memoria de diseño de la cimentación y la estructura, y
- b. Suscriba los procedimientos de construcción de las obras y los resultados de las pruebas de control de calidad de los materiales empleados.

El Corresponsable en Diseño Urbano y Arquitectónico:

- a. Suscriba la memoria y los planos del proyecto urbano y arquitectónico.

El Corresponsable en Instalaciones:

- a. Suscriba la memoria de diseño y los planos del proyecto de instalaciones.

La responsabilidad de carácter administrativo de los Directores Responsables de Obra y los Corresponsables termina a los diez años, contados a partir de (RCDF, art. 41):

- a. La fecha en que se expida la autorización de uso y ocupación de la instalación o edificación, y
- b. La fecha en que formalmente haya terminado su responsiva; por cambio, suspensión

o retiro en la obra correspondiente (RCDF, art. 40).

3.2. Obligaciones

Para el ejercicio de su función el Director Responsable de Obra tiene las siguientes obligaciones (RCDF, art. 35):

- a. Dirigir y vigilar la obra asegurándose de que, durante la ejecución de la misma, se cumple con lo establecido en los ordenamientos y demás disposiciones aplicables;
- b. Planear y supervisar el cumplimiento de las medidas de seguridad en la obra, relativas al personal, terceras personas, sus colindancias y la vía pública;
- c. Llevar en la obra un libro de bitácora, foliado y sellado por la Delegación;
- d. Colocar en la obra, en lugar visible y legible desde la vía pública, un letrero con su nombre y, en su caso, de los Corresponsables, sus números de registro, número de registro de la manifestación de construcción o de licencia de construcción especial, la vigencia, tipo y uso de la obra y ubicación de la misma;
- e. Responder de cualquier violación a las disposiciones del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal;
- f. Entregar al propietario, una vez concluida la obra, los planos actualizados y registrados del proyecto completo en original, el libro de bitácora, memorias de cálculo y conservar un juego de copias de estos documentos;
- g. Elaborar y entregar al propietario o poseedor de la obra, al término de ésta, los manuales de operación y mantenimiento en los casos de las obras que requieran de dictamen de impacto urbano o impacto urbano-ambiental, y
- h. Observar en la elaboración del Visto Bueno de Seguridad y Operación las previsiones contra incendio contenidas en el Reglamento Construcciones para el Distrito Federal y en las Normas.

El Director Responsable de Obra debe vigilar que se cumpla con el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal y con lo especificado en el proyecto, principalmente en lo que se refiere a los siguientes aspectos (RCDF, art. 202):

- a. Propiedades mecánicas de los materiales;
- b. Tolerancias en las dimensiones de los elementos estructurales, como medidas de claros, secciones de las piezas, áreas y distribución de acero y espesores de recubrimientos;

- c. Nivel y alineamiento de los elementos estructurales, y
- d. Cargas muertas y vivas en la estructura, incluyendo las que se deban a la colocación de materiales durante la ejecución de la obra.

Durante la ejecución de cualquier edificación, el Director Responsable de Obra o el contratista tomarán las precauciones, adoptarán las medidas técnicas y realizarán los trabajos necesarios para proteger la vida y la integridad física de los trabajadores y la de terceros, para lo cual deberán cumplir con lo establecido en el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal y con el Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo (RCDF, art. 195).

Para el ejercicio de su función los Corresponsables tienen las siguientes obligaciones (RCDF, art. 39):

- a. Vigilar que durante el proceso de obra, la construcción se apegue estrictamente al proyecto correspondiente a su especialidad y que tanto los procedimientos como los materiales empleados correspondan a lo especificado y a las Normas de Calidad del proyecto;
- b. Notificar al Director Responsable de Obra cualquier irregularidad que pueda afectar la construcción durante el proceso de la obra y asentarla en el libro de bitácora, y
- c. Responder de cualquier violación a las disposiciones del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal relativas a su especialidad.

El Corresponsable en Seguridad Estructural tendrá especial cuidado en que la construcción de las instalaciones no afecte los elementos estructurales en forma diferente a lo dispuesto en el proyecto. Y notificar al Director Responsable de Obra cualquier irregularidad que pueda afectar la seguridad estructural durante el proceso de la obra y asentarla en el libro de bitácora.

3.3. Sanciones

Los profesionistas, técnicos y sus auxiliares serán responsables de las infracciones en las que incurran en el ejercicio de su profesión (CPDF, art. 322). Las sanciones al Director Responsable de Obra y Corresponsable por infracciones al Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, son las siguientes (RCDF, art. 248):

- a. Amonestación por escrito;
- b. Suspensión temporal del Registro de Director Responsable de Obra y/o

Corresponsable;

- c. Cancelación del Registro del Director Responsable de Obra y/o Corresponsable, y
- d. Multa que podrá ser de 50 a 800 días de salario mínimo general vigente en el Distrito Federal.

Se sancionará al Director Responsable de Obra y al Corresponsable que incurra en las siguientes infracciones (RCDF, art. 252):

- a. No cumplan con sus funciones durante el proceso de la obra;
- b. No se observen las disposiciones del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal durante la ejecución de la obra, en lo que se refiere a las disposiciones de elevación de materiales o de personas;
- c. Cuando en una obra no se tomen las medidas necesarias para proteger la vida y salud de los trabajadores y de cualquier otra persona a la que pueda causarle daño;
- d. En la construcción, demolición de obras o para llevar a cabo excavaciones, se usen explosivos sin contar con la autorización correspondiente;
- e. No se vigile que se cumplan las resoluciones dictadas por la Administración Pública del Distrito Federal, y
- f. Sin autorización previa de la Secretaría de Obras y Servicios, se utilicen procedimientos de construcción que requieren previa autorización.

Al Director Responsable de Obra o Corresponsable que permita el desarrollo de la obra, en la que otorgó su responsiva, sin apego a la licencia, autorización, permiso, registro o conforme a las disposiciones aplicables, se le impondrá de dos a cinco años de prisión y multa de cuatrocientos a setecientos días de salario mínimo, así como suspensión para desempeñar profesión u oficio hasta por un periodo igual a la pena de prisión impuesta (CPDF, art. 329 Bis).

Segunda parte: Aspectos generales

4. Medio Ambiente

Los instrumentos jurídicos, leyes y reglamentos, en materia ambiental se orientan a los siguientes propósitos:

- a. La conservación del equilibrio entre los asentamientos humanos y el medio ambiente;
- b. La protección ecológica, y
- c. El control de la contaminación ambiental.

Queda prohibido emitir o descargar contaminantes a la atmósfera, el agua y los suelos que ocasionen daños al medio ambiente o afecten la salud. En todas las descargas de contaminantes a la atmósfera, el agua y los suelos, deberán ser observadas las previsiones de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, la Ley Ambiental del Distrito Federal, sus disposiciones reglamentarias, así como las normas oficiales mexicanas y normas ambientales del Distrito Federal (LAmDF, art. 246).

La Ley Ambiental del Distrito Federal se aplicará en la prevención, control y acciones contra la contaminación ambiental (LAmDF, art. 2)

Quien realice obras que afecten o puedan afectar el ambiente está obligado a prevenir, minimizar o restaurar y, en su caso, reparar los daños que cause al medio ambiente (LAmDF, art. 18).

Para la protección y preservación de las áreas naturales se considerará, por lo menos, que durante el desarrollo de las obras se evitará la pérdida o erosión del suelo y el deterioro de la calidad del agua (LAmDF, art. 85).

Prevención y control de la contaminación del suelo

Quienes realicen obras en las que se generen residuos sólidos de construcción deben presentar un informe a la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal sobre el destino que le darán a dicho material (LAmDF, art. 168). Queda prohibido el depósito de basura o residuos en las barrancas, cauces de ríos y arroyos (RLAmDF, art. 31).

Los responsables deberán transportar los escombros en vehículos adecuados que

eviten su dispersión durante el trayecto a los sitios que determine la Secretaría de Obras y Servicios (LRSDF, art. 26).

El transporte de residuos deberá llevarse a cabo con los métodos, frecuencias, condiciones y equipo necesario para evitar o minimizar la contaminación ambiental en los términos de las normas oficiales y demás disposiciones jurídicas aplicables (RLAmDF, art. 66).

Toda persona que genera residuos sólidos tiene la propiedad y responsabilidad de su manejo hasta el momento en que son depositados en los sitios autorizados para tal efecto por la autoridad competente (LRSDF, art. 21).

Los propietarios, directores responsables de obra, contratistas y encargados de inmuebles en construcción, son responsables solidarios en caso de provocarse la diseminación de materiales, escombros y cualquier otra clase de residuos sólidos, así como su mezcla con otros residuos, ya sean de tipo orgánico o peligrosos (LRSDF, art. 26).

Prevención y control de la contaminación de las aguas

Queda prohibido descargar aguas residuales en cualquier cuerpo o corriente de agua (LAmDF, art. 156).

Se prohíbe descargar a los sistemas de drenaje, alcantarillado, ríos, manantiales, arroyos, corrientes, colectores o canales materiales o residuos sólidos que contaminen u obstruyan el flujo de dichos cuerpos receptores (LAgDF, art. 83 y RLAmDF, art. 53).

Los residuos sólidos o líquidos que se eliminen por la red de drenaje o sean vertidos en ríos, manantiales, arroyos, acueductos, corrientes o canales, no podrán verterse sin ser previamente tratados y cumplir con las normas oficiales mexicanas y disposiciones ambientales (LAgDF, art. 34).

Prevención y control de la contaminación atmosférica proveniente de fuentes fijas

Quedan prohibidas las emisiones de ruido, vibraciones, energía térmica, lumínica, gases, olores y vapores que rebasen las normas oficiales mexicanas y las normas ambientales del Distrito Federal correspondientes. Los propietarios de fuentes que generen cualquiera de los contaminantes anteriores, están obligados a instalar mecanismos para recuperación y disminución de vapores, olores, ruido, energía y gases (LAmDF, art. 151).

Para regular, prevenir, controlar, reducir o evitar la contaminación de la atmósfera, la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal tiene la facultad de

promover, ante los responsables de la operación de las fuentes de contaminantes, la aplicación de la mejor tecnología disponible, con el propósito de reducir sus emisiones a la atmósfera (LAmDF, art. 133).

Desequilibrio ecológico

De existir riesgo inminente de desequilibrio ecológico, o de daño o deterioro grave a los ecosistemas o a los recursos naturales, la autoridad ambiental competente, en forma fundada y motivada, podrá ordenar inmediatamente la respectiva medida de seguridad: clausura temporal, parcial o total de las obras en ejecución (LAmDF, art. 211).

Corresponde a la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, cuando se transgredan las disposiciones de la Ley Ambiental del Distrito Federal, en ejercicio de sus atribuciones (LAmDF, ART. 9):

- a. Clausurar o suspender las obras y, en su caso
- b. Solicitar la revocación y cancelación de la manifestación de construcción o la licencia de construcción especial.



Foto 2. Contaminación ambiental, por medio de carbonato de sodio. Ecatepec, Edo. de México.

5. Vía pública

Vía pública es todo espacio de uso común que por disposición de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda, se encuentra destinado al libre tránsito de personas y vehículos (RCDF, art. 7). En ningún caso las obras, reparaciones u ocupación de la vía pública deben obstruir el libre desplazamiento de las personas con discapacidad (RCDF, art. 10).

Se requiere autorización de la Administración Pública del Distrito Federal para (RCDF, art. 10):

- a. Realizar obras, modificaciones o reparaciones en la vía pública;
- b. Ocupar la vía pública con construcciones provisionales, y
- c. Romper el pavimento o hacer cortes en las banquetas y guarniciones en la vía pública para la ejecución de obras.

Los propietarios o poseedores están obligados a reparar por su cuenta las banquetas y guarniciones que hayan deteriorado con motivo de la ejecución de la obra. Si se trata de esquinas y no existen rampas peatonales, se realizarán de acuerdo con lo establecido en la norma NOM-001-SSA que establece los requisitos para circulación de personas con discapacidad (RCDF, art. 191 y NTCPA, 2.2.1[‡]).

No se autorizará el uso de la vía pública en los siguientes casos (RCDF, art. 11):

- a. Para conducir líquidos por su superficie;
- b. Para depósitos de desechos, salvo autorización expresa de la Autoridad con base en lo establecido en la Ley de Residuos Sólidos y en Normas Ambientales aplicables, y
- c. Para construir o instalar cualquier elemento u obra que no observe las restricciones establecidas en el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal y demás disposiciones aplicables.

Durante el proceso de construcción no se permitirá desalojar agua freática o residual al

[‡] (Norma técnica complementaria, inciso), ver tabla de abreviaturas de ordenamientos jurídicos.

arroyo de la calle, cuando se requiera su desalojo al exterior del predio se debe encauzar directamente a la coladera pluvial, evitando descargar sólidos que azolven la red de alcantarillado (RCDF, art. 127).

Los materiales de construcción, escombros u otros residuos, con excepción de los peligrosos, generados en las obras, podrán colocarse en las banquetas de vía pública por no más de 24 horas, sin invadir la superficie de rodamiento y sin impedir el paso de peatones y de personas con discapacidad, previo permiso otorgado por la Delegación, durante los horarios y bajo las condiciones fijadas en cada caso (RCDF, art. 188).

Los escombros, excavaciones y cualquier otro obstáculo originados por las obras, serán protegidos con barreras, cambio de textura o borde en piso a una distancia mínima de un metro para ser percibidos por los invidentes, además deben de ser señalados con banderas y letreros durante el día y con señales luminosas claramente visibles durante la noche (RCDF, art. 190).

Toda persona física o moral que ocupe con obras o instalaciones la vía pública, está obligado a retirarlas por su cuenta, así como a mantener las señales viales y cualesquiera otras necesarias para evitar accidentes (RCDF, art. 13).

Los vehículos que carguen o descarguen materiales en una obra podrán realizar sus maniobras en la vía pública durante los horarios que autorice la Delegación, mismo que será visible en el letrero de la obra y se apegarán a lo que disponga al efecto el Reglamento de Tránsito del Distrito Federal (RCDF, 189).

En el caso de las zonas arboladas afectadas por la obra, la Delegación establecerá las condiciones mediante las cuales se llevará a cabo la reposición de los árboles dañados, con base en las disposiciones de la Secretaría del Medio Ambiente (RCDF, art. 56).

En los parques y jardines, plazas jardinadas o arboladas, zonas con cualquier cubierta vegetal en la vía pública, alamedas y arboladas, jardineras y barrancas, queda prohibido el depósito de cascajo y de cualquier otro material proveniente de edificaciones que afecte o pueda producir afectaciones a los recursos naturales de la zona (LAmDF, art. 88 bis-1).

En caso de dañar un área verde, el responsable está obligado a repararla en los siguientes términos (LAmDF, art. 90):

- a. Restaurando el área afectada, o
- b. Llevando a cabo las acciones de compensación que se requieran a efecto de que se

restituya el área afectada con otra equivalente, en el sitio más próximo posible.

En caso de derribo de un árbol particular se requerirá autorización previa de la Comisión de Recursos Naturales (RLAmDF, art. 36).

Tapiales

Durante la ejecución de una obra deben tomarse las medidas necesarias para no alterar la accesibilidad y el funcionamiento de las edificaciones e instalaciones en predios colindantes o la vía pública (RCDF, art. 187).

Los tapiales deben ajustarse a las siguientes disposiciones (RCDF, art. 194):

- a. De barrera: cuando se ejecuten obras de pintura, limpieza o similares, se colocarán barreras que se puedan remover al suspenderse el trabajo diario. Estarán pintadas y tendrán leyendas de “Precaución”. Se construirán de manera que no obstruyan o impidan la vista de las señales de tránsito, de las placas de nomenclatura y accesorios de servicios públicos...
- b. De marquesina: cuando los trabajos se ejecuten a más de 10 m de altura, se colocarán marquesinas que cubran suficientemente la zona inferior de la obra, tanto sobre la banqueta como los predios colindantes. Se colocarán de tal manera que la altura de caída de los materiales de demolición o de construcción sobre ellas, no exceda de cinco metros.
- c. Fijos: En las obras que se ejecuten en un predio a una distancia menor de 10 m de la vía pública, se colocarán tapiales fijos, que cubran todo el frente de la misma. Serán de madera, lámina, concreto, mampostería o de otro material que ofrezca garantías de seguridad. Tendrá una altura mínima de 2.40 m; deben estar pintados y no tener más claros que los de las puertas, las cuales se mantendrán cerradas. Cuando la fachada quede al paño del alineamiento, el tapial podrá abarcar una franja anexa hasta de 0.50 m sobre la banqueta. Previa solicitud, la Delegación podrá conceder mayor superficie de ocupación de banqueta; siempre y cuando no se impida el paso de peatones incluyendo personas con discapacidad.
- d. De paso cubierto: en obras cuya altura sea mayor de 10 m y aquellas en que la invasión de la banqueta lo amerite, la Delegación exigirá la construcción de un paso cubierto, además del tapial. Tendrá, cuando menos, una altura de 2.40 m y una anchura libre de 1.20 m.

- e. Ningún elemento de los tapiales quedará a menos de 0.50 m de la vertical sobre la guarnición de la banqueta.



Foto 3. Tapial de paso cubierto y apuntalamiento de losas. Edificio dañado por el sismo de septiembre de 1985.

Ubicación: Av. Guerrero esquina Puente de Alvarado, col Guerrero. Período de mayo de 1986 a febrero de 1987.

Las obras provisionales: como tapiales y obra falsa, deben proyectarse para cumplir los requisitos de seguridad estructural (RCDF, art. 183).

6. Seguridad e higiene en la obra

Los contratistas están obligados a adoptar, de acuerdo con la naturaleza de las actividades y procesos que se realicen en la obra, las medidas de seguridad e higiene pertinentes de conformidad con lo dispuesto en el Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo, a fin de prevenir, por una parte, accidentes en el uso de maquinaria, equipo, instrumentos y materiales, y, por otra, enfermedades por la exposición a los agentes físicos, así como contar con las instalaciones adecuadas para el desarrollo del trabajo (RFSHMAT, art. 13).

6.1. Obligaciones del contratista

Son obligaciones de los contratistas (RFSHMAT, art. 17):

- a. Efectuar estudios en materia de seguridad e higiene en el trabajo, para identificar las posibles causas de accidentes y enfermedades de trabajo y adoptar las medidas adecuadas para prevenirlos;
- b. Elaborar el programa de seguridad e higiene;
- c. Capacitar y adiestrar a los trabajadores sobre la prevención de riesgos y atención de emergencias, de acuerdo con las actividades desarrolladas en la obra.
- d. Colocar en lugares visibles de las obras avisos o señales de seguridad e higiene para la prevención de riesgos, en función de las actividades que se desarrollen, y
- e. Contar con señalización para dar a conocer acciones y condiciones de prevención, protección y casos de emergencia (RFSHMAT, art. 28).

Programa de seguridad e higiene en el medio de trabajo

En las obras con cien o más trabajadores, el contratista deberá elaborar un diagnóstico de las condiciones de seguridad e higiene que prevalezcan en ellas, así como establecer por escrito y llevar a cabo un programa de seguridad e higiene en el trabajo, que considere el cumplimiento de la normatividad en la materia, de acuerdo con las características propias de las actividades y procesos en ejecución.

En las obras con menos de cien trabajadores, se deberá elaborar una relación de

medidas preventivas generales y específicas de seguridad e higiene en el trabajo, de acuerdo con las actividades desarrolladas (RFSHMAT, art. 130).

En la elaboración del programa o de la relación de seguridad e higiene en el trabajo, se deberán de considerar los riesgos potenciales, de acuerdo con la naturaleza de las actividades en ejecución (RFSHMAT, art. 132).

Será responsabilidad del contratista difundir y ejecutar el programa o la relación de medidas de seguridad e higiene, y a la vez tendrá la obligación de capacitar a los trabajadores en su aplicación (RFSHMAT, art. 134).

El contratista deberá evaluar los resultados de las acciones de capacitación y adiestramiento en materia de seguridad e higiene, previstas en los planes y programas y, en su caso, realizar las modificaciones o adecuaciones necesarias al respecto (RFSHMAT, art. 137).

Capacitación al trabajador

El contratista estará obligado a capacitar a los trabajadores sobre el uso, conservación, mantenimiento, almacenamiento y reposición del equipo de protección personal (RFSHMAT, art. 140); y para el uso adecuado y seguro de las herramientas de trabajo, así como el cuidado, mantenimiento y almacenamiento de las mismas (RFSHMAT, art. 139).

Servicios al trabajador

En la obra se debe mantener permanentemente un botiquín con los medicamentos y materiales e instrumentos de curación necesarios para proporcionar primeros auxilios (RCDF, art. 199).

El contratista destinará lugares higiénicos para el consumo de alimentos (RFSHMAT, art. 104) y servicios provisionales de agua potable (RCDF, art. 199). Los depósitos de agua potable deberán estar contruidos e instalados de manera que conserven su potabilidad (RFSHMAT, art. 105).

Se debe proporcionar a los trabajadores un sanitario portátil, excusado o letrina por cada 25 trabajadores o fracción excedente de 15 (RCDF, art. 199). Los excusados y mingitorios serán dotados de agua corriente. Los baños estarán separados, hombres y mujeres, y marcados con avisos o señales que los identifiquen (RFSHMAT, art. 103). Los servicios sanitarios destinados a los trabajadores deberán conservarse permanentemente en condiciones de uso e higiénicos (RFSHMAT, art. 108).

6.2. Obligaciones de los trabajadores

Son obligaciones de los trabajadores (RFSHMAT, art. 18):

- a. Observar las medidas preventivas de seguridad e higiene que indiquen los contratistas para la prevención de riesgos de trabajo;
- b. Dar aviso al contratista sobre las condiciones o actos inseguros que observen y de los accidentes de trabajo que ocurran en el interior de la obra;
- c. Participar en los cursos de capacitación, que en materia de prevención de riesgos y atención de emergencias, impartidos por el contratista o por las personas que éste designe;
- d. Utilizar el equipo de protección personal en los casos que se requiera, proporcionado por el contratista, y cumplir con las medidas de control establecidas por éste para prevenir riesgos de trabajo, y
- e. Conducirse en la obra con la probidad y los cuidados necesarios para evitar al máximo cualquier riesgo de trabajo.

6.3. Limpieza en la obra

El contratista deberá establecer un programa para el orden y la limpieza de las áreas de trabajo, la maquinaria, y las instalaciones, de acuerdo con las necesidades de la actividad desempeñada. La limpieza se hará, por lo menos, al término de cada turno de trabajo (RFSHMAT, art. 107).

La basura y desperdicios generados en la obra deberán identificarse, clasificarse, manejarse y, en su caso, controlarse de manera que no afecten la salud de los trabajadores ni dañen a la construcción (RFSHMAT, art. 109).

6.4. Medidas contra incendio

Durante las diferentes etapas de la construcción de cualquier obra deben tomarse las precauciones necesarias para evitar incendios y, en su caso, para combatirlos mediante el equipo de extinción adecuado, de acuerdo con la norma NOM-002-STPS-2000. Esta protección debe proporcionarse en el predio, en el área ocupada por la obra y en sus construcciones provisionales (RCDF, art. 111).

Para la prevención, protección y combate de incendios, el contratista está obligado a (RFSHMAT, art. 28):

- a. Elaborar un estudio para determinar el grado de riesgo de incendio o explosión, de

acuerdo con los materiales y compuestos o mezclas, así como las medidas preventivas y de combate pertinentes;

- b. Elaborar un programa y los procedimientos de seguridad para el uso, manejo, transporte y almacenamiento de los materiales con riesgo de incendio;
- c. Organizar brigadas contra incendio, para prevenirlos y combatirlos, y
- d. Contar con sistemas para la extinción de incendios.

Los extintores de fuego deben cumplir con lo indicado en el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal y en el Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo.

El equipo de extinción de fuego debe ubicarse en lugares de fácil acceso, principalmente en las zonas donde se ejecuten soldaduras u otras operaciones que puedan originar incendios, y se identificará mediante señales, letreros o símbolos claramente visibles.

Los aparatos o equipos utilizados durante la construcción que produzcan humo o gas proveniente de la combustión, deben ser colocados de manera que se evite el peligro de incendio o de intoxicación (RCDF, art. 196).

6.5. Instalaciones eléctricas provisionales

Las instalaciones eléctricas provisionales, en las obras, deberán diseñarse e instalarse con los dispositivos y protecciones de seguridad, así como señalizarse de acuerdo con el voltaje y corriente de la carga instalada, según la naturaleza de las actividades y procesos en ejecución, y de conformidad con las normas correspondientes (RFSHMAT, art. 47).

Los equipos eléctricos utilizados durante la obra deben cumplir con las Normas Oficiales Mexicanas que correspondan (RCDF, art. 192).

El servicio, operación y mantenimiento de las instalaciones eléctricas provisionales, en las obras, solamente se realizarán por el personal capacitado y autorizado por el contratista (RFSHMAR, art. 48).

Los motores y transformadores en las máquinas eléctricas de arco para soldar y cortar, y todas las partes conductoras de corriente, deberán estar aisladas y protegidas para evitar accidentes y enfermedades de trabajo. Las máquinas de corte y soldadura eléctrica de arco deberán estar conectadas a tierra (RFSHMAT, art. 46).

6.6. Iluminación



Foto 4. Iluminación durante la reparación de silo, de almacenamiento de carbonato de sodio, por medio de cimbra deslizante. Ubicación: Ecatepec, Edo. de México. Mayo de 1987 septiembre de 1987.

Las áreas y lugares de trabajo deberán contar con las condiciones y niveles de iluminación adecuadas al tipo de actividad que se realice, de acuerdo con la norma NOM-025-STPS-1999 (RFSHMAT, art. 95).

En los lugares de la obra en los que la interrupción de la iluminación represente un peligro para los trabajadores, se instalarán sistemas de iluminación de emergencia (RFSHMAT, art. 98).

El contratista deberá realizar y registrar el reconocimiento, evaluación y control de las condiciones y niveles de iluminación de las áreas y lugares de trabajo, tomando en cuenta el tipo e intensidad de la fuente lumínica (RFSHMAR, art. 96).

6.7. Maquinaria y equipo

La maquinaria y equipo deberá contar con las condiciones de seguridad e higiene de acuerdo con la norma NOM-004-STPS-1999 (RFSHMAT, art. 35).

El personal encargado de la operación de equipo y maquinaria deberá contar con capacitación especializada para realizar sus actividades en condiciones óptimas de seguridad e higiene (RFSHMAT, art. 138).

El contratista está obligado a proporcionar mantenimiento preventivo y correctivo a

los sistemas y equipos para el manejo, transporte y almacenamiento de materiales, conforme al programa de seguridad que al efecto establezca (RFSHMAR, art. 68). Y contar con el personal, materiales y procedimientos necesarios para la atención de emergencias en maquinaria y equipo (RFSHMAT, art. 38).

En el caso de mantenimiento de los sistemas y equipos de transporte de materiales, el contratista estará obligado a llevar un registro, el cual exhibirá cuando así se lo requieran (RFSHMAT, art. 61).

Para la operación y mantenimiento de las partes móviles, el contratista deberá contar con el programa de seguridad e higiene, mismo que dará a conocer al personal operativo de dicha maquinaria.

Todas las partes móviles de la maquinaria y equipo, y su protección deberán revisarse y someterse a mantenimiento preventivo y, en su caso, al correctivo, de acuerdo con las especificaciones de cada maquinaria y equipo (RFSHMAT, art. 36).

Los sistemas y equipos utilizados para el transporte de materiales deberán verificarse en sus elementos de transmisión, carga, protecciones y dispositivos de seguridad, de acuerdo con sus características técnicas y las normas aplicables, y ser probados en su funcionamiento antes de ponerse en servicio (RFSHMAT, art. 64).

Los dispositivos empleados para transporte vertical de materiales o de personas durante la ejecución de las obras, deben ofrecer adecuadas condiciones de seguridad (RFSHMAT, art. 211).

Antes de instalar grúas-torre en una obra, se debe despejar el sitio para permitir el libre movimiento de la carga y del brazo giratorio, y vigilar que dicho movimiento no dañe edificaciones vecinas, instalaciones o líneas eléctricas en vía pública. Se debe hacer una prueba completa de todas las funciones de la grúa-torre después de su erección o extensión y antes de que entren en operación (RCDF, art. 213).

El contratista deberá contar con el personal capacitado para el manejo de grúas y demás maquinaria y equipo cuya operación pueda ocasionar daño a terceras personas o al centro de trabajo (RFSHMAT, art. 99).

Las máquinas elevadoras y bandas transportadoras empleadas durante la ejecución de las obras, incluidos sus elementos de sujeción, anclaje y sustentación, deben (RCDF, art. 212):

- a. Ser de buena construcción mecánica y resistencia adecuada;
- b. Mantenerse en buen estado de conservación y funcionamiento;
- c. Revisarse y examinarse periódicamente durante la operación en la obra y antes de ser utilizados, particularmente en sus elementos mecánicos, tales como: cables, anillos, cadenas, garfios, manguitos, poleas y eslabones giratorios usados para izar y/o descender materiales, o como medio de suspensión;
- d. Indicar claramente la carga útil máxima de la máquina, según sus características, incluyendo la carga admisible para cada caso, si ésta es variable, y
- e. Estar provistos de accesorios para evitar descensos accidentales.

Semanalmente deben revisarse y corregirse, en su caso, cables, contravientos, malacates, brazo giratorio, frenos, sistema de control de sobrecarga y todos los elementos de seguridad. Debe elaborarse un reporte de verificación de esta revisión semanal y anexarse a la bitácora de la obra (RCDF, art. 213).

Los equipos para soldar y cortar deberán operarse en condiciones de seguridad e higiene, de acuerdo con las normas correspondientes (RFSHMAT, art. 40).

El contratista deberá dotar al operario que realice trabajos de soldadura y corte, del equipo de protección personal según el tipo de riesgo y lo dispuesto en la norma correspondiente (RFSHMAT, art. 43).

Las áreas destinadas específicamente a trabajos de soldadura y corte o en las que éstos se realicen en forma esporádica, deberán contar con sistemas de ventilación natural y extracción artificial (RFSHMAT, art. 42).

6.8. Protección en trabajos subterráneos o en altura

En las obras, deberán observarse condiciones de seguridad e higiene para los trabajos de altura o subterráneos, para lo cual deberá tomar en cuenta su estabilidad, la resistencia de materiales, el tipo de actividad a desarrollarse, protecciones y dispositivos de seguridad, de acuerdo con la norma correspondiente (RFSHMAT, art. 22).

Deben usarse redes de seguridad donde exista la posibilidad de caída de los trabajadores de las edificaciones, cuando no puedan usarse cinturones de seguridad, líneas de amarre o andamios con barandales (RCDF, art. 197).

6.9. Ruidos y vibraciones

En las obras en donde por los procesos y operaciones se generen ruido y vibraciones, y

éstos sean capaces de alterar la salud de los trabajadores por sus características, niveles y tiempo de exposición, el contratista deberá elaborar el programa de seguridad e higiene, conforme a las normas NOM-080-STPS-1993 y NOM-024-STPS-1993 (RFSHMAT, art. 76).

El contratista debe instrumentar los controles necesarios en las fuentes de emisión, para no exceder los niveles máximos permisibles del nivel sonoro o continuo equivalente y de vibraciones, de acuerdo con las normas respectivas (RFSHMAT, art. 77).

6.10. Contaminación artificial

En los lugares en donde por los procesos y operaciones existan condiciones o contaminación artificial capaces de alterar la salud de los trabajadores, será responsabilidad del contratista efectuar el reconocimiento, evaluación y control de ello, y tomar en cuenta la ventilación natural o artificial y la calidad y volumen de aire, conforme a la norma NOM-030-STPS-1993 (RFSHMAT, art. 99).

6.11. Tránsito de personas y vehículos en la obra

Las áreas de recepción de materiales, almacenamiento, tránsito de personas y vehículos, salida y áreas de emergencia y demás áreas de las obras, deberán estar limitadas de acuerdo con la norma NOM-004-STPS-1999 (RFSHMAT, art. 21).

Las áreas de tránsito con circulación peatonal y vehicular deberán ser independientes, delimitadas (RFSHMAT, art. 24).

Las áreas de tránsito de personas deberán contar con las condiciones de seguridad, a fin de permitir la libre circulación en la obra, de acuerdo a las actividades que en la misma se desarrollen y al tipo de riesgo (RFSHMAT, art. 23).

6.12. Almacenamiento de materiales

La maniobra de entrega y recepción de materiales deberá planearse y realizarse bajo condiciones de seguridad e higiene y de acuerdo con la norma NOM-006-STPS-2000 (RFSHMAT, art. 69).

El manejo, transporte y almacenamiento de materiales en general deberá realizarse en condiciones técnicas de seguridad para prevenir y evitar daños a la vida y salud de los trabajadores, así como perjuicios a la obra (RFSHMAT, art. 54).

Los trabajadores no deberán transportarse en los sistemas y equipos destinados al traslado de materiales con excepción de aquellos equipos que cuenten con las condiciones

adecuadas de seguridad e higiene (RFSHMAT, art. 67).

Sólo se permitirá transportar personas en las obras por medio de elevadores cuando éstos hayan sido diseñados, contruidos e instalados con barandales, frenos automáticos que impidan la caída libre y guías en toda su altura que eviten su volteamiento. Los elevadores deben contar con todas las medidas de seguridad adecuadas (RCDF, art. 211).

Cuando el manejo, transporte y almacenamiento de materiales se realice en forma manual, el contratista estará obligado a realizar un estudio de estas actividades, a fin de determinar los equipos de transporte y de protección personal adecuados que deba proporcionar a los trabajadores, de acuerdo con la norma NOM-017-STPS-1994 (RFSHMAT, art. 60).

Cuando el manejo, transporte y almacenamiento de materiales se realice en forma automática o semiautomática, los sistemas y equipos deberán contar con los requisitos establecidos en las normas respectivas, y en especial con (RFSHMAT, art. 61):

- a. Dispositivos de paro y seguridad;
- b. Aviso de la capacidad máxima de carga;
- c. Señalización audible o visible, y
- d. Las condiciones de seguridad e higiene para no sobrepasar la capacidad de funcionamiento de los mismos.

El almacenamiento de materiales deberá realizarse en lugares especialmente destinados a este fin (RFSHMAT, art. 72). Los materiales de construcción deben ser almacenados en las obras de tal manera que eviten su deterioro y la intrusión de materiales extraños que afecten las propiedades y características del material (RCDF, art. 201).

Las áreas destinadas para el almacenamiento de residuos peligrosos, deberán cumplir con lo dispuesto en la norma NOM-005-STPS-1998 (RFSHMAT, art. 21).

En las obras donde existan áreas en las que se encuentren sustancias inflamables, combustibles o explosivas, se deberán colocar en lugares visibles señales y avisos, que indiquen la prohibición de fumar, introducir fósforos, dispositivos de llamas abiertas, objetos incandescentes y cualquier otra sustancia susceptible de causar incendio o explosión, de acuerdo con la norma NOM-018-STPS-2000 (RFSHMAT, art. 73).

El manejo, transporte y almacenamiento de los recipientes contenedores de acetileno y oxígeno en los centros de trabajo, deberán realizarse en las condiciones de seguridad;

asimismo, los contenedores, tuberías y mangueras conductoras de esos gases deberán estar identificadas y señalizadas de acuerdo con la norma NOM-026-STPS-1998 (RFSHMAT, art. 45).



**Foto 5. Plataforma para movimiento de personal y materiales durante la reparación de silo, de almacenamiento de carbonato de sodio, por medio de cimbra deslizante. Ubicación: Ecatepec, Edo. de México. Mayo de 1987
septiembre de 1987.**

7. Control de calidad

Durante la ejecución de las obras deben realizarse las pruebas de verificación de calidad de materiales que señalen las normas oficiales correspondientes y las Normas Técnicas Complementarias. En caso de duda, la Administración Pública del Distrito Federal podrá exigir los muestreos y las pruebas necesarias para verificar la calidad y resistencia especificadas de los materiales, aun en las obras terminadas (RCDF, art. 204).

El sistema de control de calidad se refiere a los diversos procedimientos documentados de la línea de producción de interés, incluyendo ensayos rutinarios y sus registros (NTCDCEM, 2.12).

La Secretaría de Obras y Servicios llevará un registro de los laboratorios que, a su juicio, puedan realizar las pruebas para verificar la calidad y resistencia de los materiales empleados en la obra (RCDF, art. 204).

Los laboratorios acreditados podrán prestar servicios de operaciones de medición. Las operaciones sobre medición se harán constar en dictámenes que deberá expedir, bajo su responsabilidad, la persona física que cada laboratorio autorice para tal fin (LFMN, art. 27).

El muestreo debe efectuarse siguiendo métodos estadísticos que aseguren que el conjunto de muestras sea representativo en toda la obra (RCDF, art. 204).

7.1. Unidades

En los Estados Unidos Mexicanos el Sistema General de Unidades de Medida es el único legal y de uso obligatorio. Y se integra, entre otras, con las unidades básicas del Sistema Internacional de Unidades: de longitud, el metro (m); de masa, el kilogramo (kg); de tiempo, el segundo (s); de temperatura termodinámica, el kelvin (K); de intensidad de corriente eléctrica, el ampere (A); de intensidad luminosa, la candela (cd); y de cantidad de sustancia, el mol, así como las suplementarias, las derivadas de las unidades base y los múltiplos y submúltiplos de todas ellas (LFMN, art. 5).

Las ecuaciones, en cada caso, se presentan en primer lugar en términos de unidades

del sistema internacional (SI), y en segundo lugar, entre paréntesis, en términos de unidades del sistema métrico decimal. Siempre que es posible, las ecuaciones están escritas en forma adimensional. Sólo se especifican las unidades en las ecuaciones no homogéneas, cuyos resultados dependen de las unidades en que se expresen.

Los valores correspondientes a los dos sistemas no son exactamente equivalentes, por lo que cada sistema debe utilizarse con independencia del otro, sin hacer combinaciones entre los dos (NTCCADEE, 1.2).

	Unidades base del Sistema Internacional (SI)		Unidades base del Sistema Métrico Decimal	
	<i>nombre</i>	<i>símbolo</i>	<i>nombre</i>	<i>símbolo</i>
<i>cantidad</i>				
longitud	metro	m	metro	m
masa	kilogramo	kg	kilogramo	kg
tiempo	segundo	s	segundo	s
corriente eléctrica	ampere	A	ampere	A
temperatura	kelvin	K	grados Celsius	°C
intensidad luminosa	candela	cd		
ángulo plano	radián	rad		
ángulo sólido	esterradián	sr		

Unidades derivadas del Sistema Internacional

<i>cantidad</i>	<i>nombre</i>	<i>símbolo</i>	<i>expresión en términos de otras unidades</i>	<i>expresión en términos de unidades SI</i>
fuerza	newton	N		$m \cdot kg \cdot s^{-2}$
presión	pascal	Pa	N/m^2	$m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-2}$
momento	joule	J	$N \cdot m$	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$
potencia	watt	W	J/s	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}$

7.2. Pruebas

Los materiales empleados en la construcción deben ajustarse a las siguientes

disposiciones (RCDF, art. 200):

- a. La resistencia, calidad y características de los materiales empleados en la construcción, serán las que se señalen en las especificaciones de diseño y los planos constructivos registrados, y deben satisfacer las Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, y las Normas Oficiales Mexicanas o Normas Mexicanas, y
- b. Cuando se proyecte utilizar en una construcción algún material nuevo del cual no existan Normas o Normas Oficiales Mexicanas o Normas Oficiales, el Director Responsable de Obra debe solicitar la aprobación previa de la Secretaría de Obras y Servicios, para lo cual presentará los resultados de las pruebas de verificación de calidad de dicho material.

7.3. Concreto reforzado

La calidad y proporciones de los materiales componentes del concreto serán tales que se logren la resistencia, rigidez y durabilidad especificada (NTCDCEC, 14.3.1).

7.3.1 Acero de refuerzo

Como refuerzo ordinario para concreto pueden usarse barras de acero y/o malla de alambre soldado (NTCDCEC, 1.5.2).

Las barras de refuerzo serán corrugadas y deben cumplir con las normas NMX-C-407-ONNCCE, NMX-B-294 o NMX-B-457 (NTCDCEC, 1.5.2), con esfuerzo especificado de fluencia de 412 Mpa (4 200 kg/cm²) y cumplirán con los requisitos para acero normal o de baja aleación de la Norma Mexicana correspondiente. Se tomarán en cuenta las restricciones de uso de algunos de estos aceros (NTCDCEC, 7.1.5).

La malla cumplirá con la norma NMX-B-290 (NTCDCEC, 1.5.2).

Control de acero de refuerzo

El acero de refuerzo ordinario se someterá al control siguiente, por lo que se refiere al cumplimiento de la respectiva Norma Mexicana (NTCDCEC, 14.2.2).

Para cada tipo de barra (laminadas en caliente o torcidas en frío) se procederá como sigue:

- a. De cada lote de 100 kN (10 toneladas) o fracción, formado por barras de una misma marca, un mismo grado, un mismo diámetro y correspondiente a una misma remesa de cada proveedor, se tomará un espécimen para ensaye de tensión y uno para

ensaye de doblado, que no sea de los extremos de barras completas; las corrugaciones se podrán revisar en uno de dichos especímenes. Si algún espécimen presenta defectos superficiales, puede descartarse y sustituirse por otro.

- b. Cada lote debe quedar perfectamente identificado y no se utilizará en tanto no se acepte su empleo con base en resultados de los ensayos. Estos se realizarán de acuerdo con la norma NMX-B-172.
- c. Si algún espécimen no cumple con los requisitos de tensión especificados en la norma, se permitirá repetir la prueba como se señala en la misma norma.

En sustitución del control de obra, el Corresponsable en Seguridad Estructural o el Director Responsable de Obra, cuando no se requiera Corresponsable, podrá admitir la garantía escrita del fabricante de que el acero cumple con la norma correspondiente.

7.3.2. Concreto

7.3.2.1. Concreto normal (NTCDCEC, 1.5.1)

El concreto de resistencia normal empleados para fines estructurales puede ser de dos clases: clase 1, con peso volumétrico en estado fresco superior a 22 kN/m^3 (2.2 ton/m^3) y clase 2 con peso volumétrico en estado fresco comprendido entre 19 y 22 kN/m^3 (1.9 y 2.2 ton/m^3).

Los concretos clase 1 tendrán una resistencia, $f'c$, igual o mayor que 25 MPa (250 kg/cm^2). El concreto clase 1 se fabricará con agregados gruesos con peso específico superior a 2.6 (caliza, basalto...).

Para las obras clasificadas como edificaciones o instalaciones del grupo A o subgrupo B1 se usará concreto de clase 1.

La resistencia especificada de los concretos clase 2 será inferior a 25 MPa (250 kg/cm^2) pero no menor que 20 MPa (200 kg/cm^2). El concreto clase 2 se fabricará con agregados gruesos con peso específico superior a 2.3 (andesita).

Para ambos casos se podrá emplear arena andesítica u otra de mejores características.

7.3.2.2. Concreto de alta resistencia (NTCDCEC, 11.1)

El concreto de alta resistencia es aquel que tiene una resistencia a la compresión, $f'c$, igual o mayor que 40 MPa (400 kg/cm^2).

7.3.2.3. Concreto ligero (NTCDCEC, 12.1)

El concreto ligero es aquel cuyo peso volumétrico en estado fresco es inferior a 19

kN/m^3 (1.9 ton/m^3). Sólo se permite el uso de concreto ligero en elementos secundarios.

7.3.2.4. Materiales componentes del concreto

La calidad de todos los materiales componentes del concreto deberá verificarse antes del inicio de la obra y también cuando exista sospecha de cambio de las características de los mismos o haya cambio de las fuentes de suministro. Esta verificación de calidad se realizará a partir de muestras tomadas del sitio de suministro o del almacén del productor de concreto (NTCDCEC, 14.3.1).

Cemento

En la fabricación de los concretos, se empleará cualquier tipo de cemento que sea congruente con la finalidad y características de la estructura, clase resistente 30 ó 40, que cumpla con los requisitos especificados en la norma NMX-C-414-ONNCCE.

Agregados

Los agregados pétreos deberán cumplir con los requisitos de la norma NMX-C-111 con las modificaciones y adiciones siguientes (NTCDCEC, 1.5.1.1):

Requisitos adicionales para materiales pétreos (NTCDCEC, 14.3.1)		
	Concreto	
	Clase 1	Clase 2
Coefficiente volumétrico de la grava, mínimo:	0.20	–
Materiales más finos que la malla F 0.075 (No. 200) en la arena, porcentaje máximo en peso (NMX-C-084):	15	15
Contracción lineal de los finos (pasa la malla No. 40) de la arena y la grava, en proporción que éstas intervienen en el concreto a partir del límite líquido, porcentaje máximo:	2	3

Los límites correspondientes a estos requisitos adicionales pueden modificarse si el fabricante del concreto demuestra, con pruebas realizadas en un laboratorio acreditado, que con los nuevos valores se obtiene concreto que cumple con los requisitos de módulo de elasticidad. En tal caso, los nuevos límites serán los que se apliquen en la verificación de estos requisitos para los agregados específicamente considerados en dichas pruebas (NTCDCEC, 14.3.2).

En adición a la frecuencia de verificación estipulada, para todos los materiales

componentes y los requisitos adicionales para materiales pétreos, deberá verificarse al menos una vez por mes para el concreto clase 1.

El Corresponsable en Seguridad Estructural o el Director Responsable de Obra, cuando no se requiera Corresponsable, en lugar de esta verificación podrá admitir la garantía del fabricante del concreto de que los materiales fueron ensayados en laboratorio acreditado. En cualquier caso podrá ordenar la verificación de la calidad de los materiales cuando lo juzgue procedente (NTCDCEC, 14.3.1).

Agua

El agua de mezclado deberá ser limpia y cumplir con los requisitos de la norma NMX-C-122. Si contiene sustancias en solución o en suspensión que la enturbien o le produzcan olor o sabor fuera de lo común, no deberá emplearse.

Aditivos

Podrán usarse aditivos con la autorización del Corresponsable en Seguridad Estructural, o el Director Responsable de Obra cuando no se requiera Corresponsable. Los aditivos deberán cumplir con los requisitos de la norma NMX-C-225 (NTCDCEC, 1.5.1.1).

7.3.2.5. Control del concreto fresco (NTCDCEC, 14.3.3)

Al concreto en estado fresco, antes de su colocación en las cimbras, se les harán pruebas para verificar que cumple con los requisitos de revenimiento y peso volumétrico. Estas pruebas se realizarán al concreto muestreado en obra, con las siguientes frecuencias como mínimo:

Frecuencia mínima para toma de muestras de concreto fresco		
Prueba y método	Concreto	
	Clase 1	Clase 2
Revenimiento: (NMX-C-156- ONNCCE)	Una vez por cada entrega, si es premezclado.	Una vez por cada entrega, si es premezclado.
	Una vez por cada revoltura, si es hecho en obra.	Una vez por cada cinco revolturas, si es hecho en obra.
Peso volumétrico: NMX-C-162	Una vez por cada día de colado, pero no menos de una vez por cada 20 m ³ de concreto.	Una vez por cada día de colado, pero no menos de una vez por cada 40 m ³ .

Revenimiento

El revenimiento será el mínimo requerido para que el concreto fluya a través de las barras de refuerzo y para que pueda bombearse en su caso, así como para lograr el acabado especificado. El revenimiento nominal de los concretos no será mayor de 120 mm. Para permitir la colocación del concreto en condiciones difíciles, o para que pueda ser bombeado, se autoriza aumentar el revenimiento nominal hasta un máximo de 180 mm, mediante el uso de aditivo superfluidificante, de manera que no se incremente el contenido unitario de agua.

En tal caso, la verificación del revenimiento se realizará en la obra antes y después de incorporar el superfluidificante, comparado con los valores nominales de 120 y 180 mm, respectivamente.

El Corresponsable en Seguridad Estructural o el Director Responsable de Obra, cuando no se requiera Corresponsable, podrá autorizar la incorporación del aditivo superfluidificante en la planta de premezclado para cumplir con revenimientos nominales mayores de 120 mm y estará facultado para inspeccionar tal operación en la planta cuando lo juzgue procedente.

Si el concreto es premezclado y se surte con revenimiento mayor de 120 mm, deberá ser entregado con un comprobante de incorporación del aditivo en planta, en la obra se medirá el revenimiento para compararlo con el nominal máximo de 180 mm.

Las demás propiedades, incluyendo las del concreto endurecido, se determinarán en muestras que ya incluyan dicho aditivo.

Para que el concreto cumpla con el requisito de revenimiento, su valor determinado deberá concordar con el nominal especificado, con las siguientes tolerancias:

Revenimiento nominal (mm)	Tolerancias (mm)
Menor de 50	+/- 15
50 a 100	+/- 25
Mayor de 100	+/- 35

Estas tolerancias también se aplican a los valores nominales máximos de 120 y 180 mm.

Peso volumétrico

Para que el concreto cumpla con el requisito de peso volumétrico en estado fresco o endurecido, su valor determinado deberá ser mayor de 22 kN/m³ (2 200 kg/m³) para el

concreto clase 1, y no menor de 19 kN/m^3 ($1\,900 \text{ kg/m}^3$) para el concreto clase 2.

7.3.2.6. Control del concreto endurecido (NTCDCEC, 14.3.4)

Resistencia a la compresión

Cilindros

La calidad del concreto endurecido se verificará mediante las pruebas de resistencia a compresión en cilindros de concreto elaborados, curados y probados de acuerdo con las normas NMX-C-160 y NMX-C-83 en un laboratorio acreditado.

Cuando la mezcla de concreto se diseñe para obtener la resistencia especificada a 14 días, las pruebas anteriores se efectuarán a esa edad, de lo contrario, las pruebas deberán efectuarse a los 28 días.

Para verificar la resistencia a compresión de concreto de las mismas características y nivel de resistencia, se tomará como mínimo una muestra por cada día de colado, pero al menos una por cada 40 m^3 ; sin embargo, si el concreto se emplea para el colado de columnas, se tomará por lo menos una muestra por cada 10 m^3 .

De cada muestra se elaborarán y ensayarán al menos dos cilindros; se entenderá por resistencia de una muestra el promedio de las resistencias de los cilindros que se elaboren de ella.

Para el concreto clase 1, se admitirá que la resistencia del concreto cumple con la resistencia especificada, $f'c$, si ninguna muestra da una resistencia inferior a $f'c-3.5 \text{ MPa}$ ($f'c-35 \text{ kg/cm}^2$), y, además, si ningún promedio de resistencia en todos los conjuntos de tres muestras consecutivas, pertenecientes o no al mismo día de colado, es menor que $f'c$.

Para el concreto clase 2, se admitirá que la resistencia cumple con la resistencia especificada, $f'c$, si ninguna muestra da una resistencia inferior a $f'c-5 \text{ MPa}$ ($f'c-50 \text{ kg/cm}^2$), y, además, si ningún promedio de resistencia de todos los conjuntos de tres muestras consecutivas, pertenecientes o no al mismo día de colado, es menor que $f'c-1.7 \text{ MPa}$ ($f'c-17 \text{ kg/cm}^2$).

Si sólo se cuenta con dos muestras, el promedio de las resistencias de ambas no será inferior a $f'c-1.3 \text{ MPa}$ ($f'c-13 \text{ kg/cm}^2$) para concretos clase 1, ni a $f'c-2.8 \text{ MPa}$ ($f'c-28 \text{ kg/cm}^2$), para clase 2, además de cumplir con el respectivo requisito concerniente a las muestras tomadas una por una.

Cuando el concreto no cumpla con el requisito de resistencia, el Corresponsable en

Seguridad Estructural o el Director Responsable de Obra, cuando no se requiera Corresponsable, tomará las medidas conducentes a garantizar la seguridad de la estructura.

Estas medidas estarán basadas principalmente en el buen criterio de los responsables mencionados; como factores de juicio deben considerarse, entre otros:

- a. El tipo de elemento en que no se alcanzó el nivel de resistencia especificado;
- b. El monto de déficit de resistencia;
- c. El número de muestras o grupo de ellas que cumplieron, y
- d. En ocasiones debe revisarse el proyecto estructural a fin de considerar la posibilidad de que la resistencia que se obtuvo sea suficiente.

Corazones

Si subsiste la duda sobre la seguridad de la estructura se podrán extraer y ensayar corazones, de acuerdo con la norma NMX-C-169-ONNCCE, del concreto en la zona representada por los cilindros que no cumplieron. Se probarán tres corazones por cada incumplimiento con la calidad especificada. La humedad de los corazones a probarse debe ser representativa de la que tenga la estructura en condiciones de servicio.

El concreto clase 1 representado por los corazones se considerará adecuado si el promedio de las resistencias de los tres corazones es mayor o igual que $0.85f'c$ y la resistencia de ningún corazón es menor que $0.75f'c$.

El concreto clase 2 representado por los corazones se considerará adecuado si el promedio de las resistencias de los tres corazones es mayor o igual a $0.80f'c$ y la resistencia de ningún corazón es menor que $0.70f'c$.

Para comprobar que los especímenes se extrajeron y ensayaron correctamente, se permite probar nuevos corazones de la zona representada por aquellos que hayan dado resistencias menores a las condiciones anteriores.

Si la resistencia de los corazones ensayados no cumple con el criterio de aceptación que se ha descrito, el responsable en cuestión nuevamente debe decidir, a su juicio y responsabilidad, las medidas que han de tomarse.

Puede optar por reforzar la estructura hasta lograr la resistencia necesaria, o recurrir a realizar pruebas de carga en elementos no destinados a resistir sismo, u ordenar la demolición de la zona de resistencia escasa.

Módulo de elasticidad

El concreto debe cumplir con el requisito de módulo de elasticidad especificado. Para la verificación se tomará una muestra por cada 100 metros cúbicos, o fracción, de concreto, pero no menos de dos en una cierta obra. De cada muestra se fabricarán y ensayarán al menos tres especímenes. Se considerará como módulo de elasticidad, el promedio de los módulos de los tres especímenes elaborados con ella. El módulo de elasticidad se determinará según la norma NMX-C-128.

El Corresponsable en Seguridad Estructural, o el Director Responsable de Obra, cuando no se requiera Corresponsable, no estará obligado a exigir la verificación del módulo de elasticidad; sin embargo, si a su criterio las condiciones de la obra la justifican, podrá requerir su verificación, o la garantía por escrito del fabricante de que el concreto cumple con él. En dado caso, la verificación se realizará en un laboratorio acreditado.

Cuando el concreto no cumpla con el requisito mencionado, el responsable de la obra evaluará las consecuencias de la falta de cumplimiento y determinará las medidas que deberán tomarse.

Si el concreto se compra ya elaborado, en el contrato de compraventa se establecerán, de común acuerdo entre el fabricante y el consumidor, las responsabilidades del fabricante por el incumplimiento de los requisitos de resistencia y módulo de elasticidad.

7.4. Acero estructural

7.4.1. Materiales (NTCDCEM, 1.3)

Los aceros que pueden utilizarse en estructuras diseñadas de acuerdo con las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras Metálicas, así como los remaches, tornillos, metales de aportación y fundentes para soldadura y conectores de cortante, son:

Acero estructural

B-254 (ASTM A 36):	Acero estructural.
B-99 (ASTM A 529):	Acero estructural con límite de fluencia mínimo de 290 MPa (2 950 kg/cm ²).
B-282 (ASTM A 242):	Acero estructural de baja aleación y alta resistencia.
B-284 (ASTM A 572):	Acero estructural de alta resistencia y baja aleación al manganeso-vanadio.
(ASTM A 588):	Acero estructural de alta resistencia y baja aleación de hasta

- 100 mm de grueso, con límite de fluencia de 345 MPa (3 515 kg/cm²).
- (ASTM A 913): Perfiles de acero de alta resistencia y baja aleación, de calidad estructural, producidos por un proceso de tratamiento térmico especial.
- (ASTM A 992): Acero estructural para perfiles H laminados para uso en edificios.
- B-177 (ASTM A 53 grado B): Tubos de acero, con o sin costura.
- B-199 (ASTM A 500): Tubos de acero al carbono para usos estructurales, formados en frío, con o sin costura, de sección circular o de otras formas.
- B-200 (ASTM A 501): Tubo de acero al carbono para usos estructurales, formados en caliente, con o sin costura.

Remaches

ASTM A 502 Remaches de acero estructural; estas especificaciones incluye tres grados:

- Grado 1: Remaches de acero al carbón para uso general;
- Grado 2: Remaches de acero al carbono-manganeso para usos con aceros, y
- Grado 3: Semejante al grado 2, pero con resistencia a la corrosión mejorada.

Tornillos

- H-118 (ASTM A 307): Sujetadores de acero al carbono con rosca estándar exterior.
- H-124 (ASTM A 325): Tornillos de alta resistencia para conexiones entre elementos de acero estructural.
- H-123 (ASTM A 490): Tornillos de acero aleado tratado térmicamente para conexiones entre elementos estructurales.

Metales de aportación y fundentes para soldadura

- H-77 (AWS A 5.1): Electrodo de acero al carbono recubiertos, para soldadura por arco eléctrico.
- H-86 (AWS A 5.5): Electrodo de acero de baja aleación, recubiertos, para soldadura por arco eléctrico.
- H-108 (AWS A 5.17): Electrodo desnudos de acero al carbono y fundentes para

- soldadura por arco eléctrico sumergido.
- H-97 (AWS A 5.18): Metales de aporte de acero al carbono para soldadura por arco eléctrico protegido con gas.
- H-99 (AWS A 5.20): Electrodo de acero al carbono para el proceso de soldadura por arco eléctrico con electrodo tubular continuo.

Los conectores de cortante de barras con cabeza que se utilizan en la construcción compuesta deben fabricarse con barras que cumplan los requisitos de ASTM A 108.

7.4.2. Identificación

Las especificaciones, incluyendo el tipo y el grado, en su caso, a que pertenecen los materiales o productos, se identificarán de alguna de las maneras siguientes:

- a. Por medio de certificados proporcionados por el laminador o fabricante, debidamente correlacionados con el material o producto al que pertenecen; o
- b. Por medio de marcas legibles en el material o producto, hechas por el laminador o fabricante, de acuerdo con las especificaciones correspondientes.

Acero estructural no identificado

Con la aprobación del diseñador, puede utilizarse acero estructural no identificado en miembros o detalles poco importantes, en los que las propiedades físicas precisas y la soldabilidad del acero no afecten la resistencia de la estructura.

7.4.3. Soldadura (NTCDCEM, 5.2.3)

Tipos de soldaduras:

- a. Soldadura de filete. Se obtiene depositando un cordón de metal de aportación en el ángulo diedro formado por dos piezas. Su sección transversal es aproximadamente triangular;
- b. Soldadura de penetración. Se obtiene depositando metal de aportación entre dos placas que pueden o no estar alineadas en un mismo plano. Puede ser de penetración completa o parcial, según que la fusión de la soldadura y el metal base abarque todo o parte del espesor de las placas, o de la más delgada de ellas.
- c. Soldadura de tapón, y
- d. Soldadura de ranura. Las soldaduras de tapón o de ranura se hacen en placas traslapadas, rellenas por completo, con metal de aportación, un agujero, circular,

o alargado, hecho en una de ellas, cuyo fondo esta constituido por la otra.

Todas las soldaduras, incluyendo los puntos provisionales, serán realizadas por personal capacitado. Antes de depositar la soldadura deben revisarse los bordes de las piezas en los que se colocará, para cerciorarse de que los biseles, holguras..., son correctos y están de acuerdo con los planos estructurales.

Una vez realizadas las uniones soldadas, éstas deben inspeccionarse ocularmente, y se repararán todas las que representen defectos aparentes de importancia, tales como tamaño insuficiente, cráteres o socavaciones del metal base. Toda soldadura agrietada debe rechazarse.

Cuando haya duda, y en juntas importantes de penetración completa, la revisión se complementará por medio de ensayos no destructivos. En cada caso se hará un número de pruebas no destructivas de soldaduras de taller suficientes para abarcar los diferentes tipos que hayan en la estructura y poderse formar una idea general de su calidad.

En soldaduras de campo se aumentará el número de pruebas, y estas se efectuarán en todas las soldaduras de penetración en material de más de 20 mm de grueso y en un porcentaje elevado de las soldaduras efectuadas sobre cabeza (NTCDCEM, 11.2.3.5).

7.5. Mampostería

7.5.1. Materiales para mampostería

Las piezas usadas en los elementos estructurales de mampostería deberán cumplir con la Norma Mexicana NMX-C-404-ONNCCE, con excepción de lo dispuesto por el límite inferior del área neta de piezas huecas.

Piezas macizas

Se consideran como piezas macizas aquellas que tienen en su sección transversal más desfavorable un área neta de por lo menos 75 por ciento del área bruta, y cuyas paredes exteriores no tienen espesores menores de 20mm.

Piezas huecas

Las piezas huecas son las que tienen, en su sección transversal más desfavorable, un área neta de por lo menos 50 por ciento del área bruta; además el espesor de sus paredes exteriores no es menor de 15 mm. Para piezas huecas con dos hasta cuatro celdas, el espesor mínimo de las paredes interiores deberá ser de 13 mm. Para piezas multiperforadas, cuyas perforaciones sean de las mismas dimensiones y con distribución uniforme, el

espesor de las paredes interiores será de 7 mm. Se entiende como piezas multiperforadas aquellas con más de siete perforaciones o alvéolos (NTCDCEMam, 2.1.1).

Cemento hidráulico

En la elaboración del concreto y morteros de relleno se empleará cualquier tipo de cemento hidráulico que cumpla los requisitos especificados en la Norma NMX-C-414-ONNCCE. En la elaboración de morteros se podrá usar cemento de albañilería que cumpla con los requisitos especificados en la norma NMX-C-021.

Cal hidratada

En la elaboración de morteros se podrá usar cal hidratada que cumpla con los requisitos especificados en la norma NMX-C-003-ONNCCE (NTCDCEMam, 2.2).

Agregados pétreos

Los agregados pétreos deben cumplir con las especificaciones de la norma NMX-C-111 (NTCDCEMam, 2.3).

Agua de mezclado

El agua para el mezclado del mortero o del concreto debe cumplir con las especificaciones de la norma NMX-C-122. El agua debe almacenarse en depósitos limpios y cubiertos (NTCDCEMam, 2.4).

Aditivos

En la elaboración de concretos, concretos de relleno y morteros de relleno se podrán usar aditivos que mejoren la trabajabilidad y que cumplan con los requisitos especificados en la norma NMX-C-225. No deberán usarse aditivos que aceleren el fraguado (NTCDCEMam, 2.6).

Acero de refuerzo

El acero de refuerzo que se emplee en castillos, dalas, elementos colocados en el interior y/o exterior del muro, estarán constituidos por barras corrugadas, por malla de acero, por alambres corrugados laminados en frío o por armaduras soldadas por resistencia eléctrica de alambres de acero para castillos y dalas, que cumplan con las Normas Mexicanas correspondientes.

Se admitirá el uso de barras lisas, como alambrón, únicamente en estribos, en mallas de alambre soldado o en conectores. El diámetro mínimo del alambrón para ser usado en estribos es de 5.5 mm.

Se podrá utilizar otros tipos de acero siempre y cuando se demuestre, a satisfacción de la Administración Pública del Distrito Federal, su eficiencia como refuerzo estructural (NTCDCEMam, 2.7).

7.5.2. Muestreo y ensaye

Resistencia a la compresión de las piezas

La resistencia a la compresión se determinará para cada tipo de pieza de acuerdo con el ensaye especificado en la norma NMX-C-036 (NTCDCEMam, 2.1.2).

Peso volumétrico de las piezas

El peso volumétrico neto mínimo de las piezas, en estado seco, será el siguiente (NTCDCEMam, 2.1.1):

Tipo de pieza	Valores en kN/m ³ (kg/m ³)
Tabique de barro recocido:	13 (1 300)
Tabique de barro con huecos verticales:	17 (1 700)
Bloque de concreto:	17 (1 700)
Tabique de concreto (tabicón):	15 (1 500)

Morteros para pegar piezas

Se tomarán como mínimo seis muestras por cada lote de 3 000 m² o fracción de muro construido. En caso de edificios que no formen parte de un conjunto, al menos dos muestras serán de la planta baja en edificaciones de hasta tres niveles, y de la planta baja y primer entrespacio en edificios de más niveles.

Las muestras se tomarán durante la construcción del lote indicado. Cada muestra estará compuesta por tres probetas cúbicas. La elaboración, curado, ensaye y determinación de la resistencia de las probetas se hará según lo especificado en la norma NMX-C-061-ONNCE. Las muestras se ensayarán a los 28 días. Los ensayos se realizarán en un laboratorio acreditado.

Mortero, concreto de relleno y mampostería

Se tomarán como mínimo tres muestras por cada lote de 3 000 m² o fracción de muro construido. En caso de edificios que no formen parte del conjunto, al menos una muestra será de la planta baja en edificaciones de hasta tres niveles, y de la planta baja y primer entrespacio en edificios de más niveles. Las muestras se ensayarán a los 28 días. Los ensayos

se realizarán en un laboratorio acreditado.

Mortero y concreto de relleno

Las muestras se tomarán durante la construcción del lote indicado. Cada muestra estará compuesta por tres probetas cúbicas en el caso de morteros y de tres cilindros en el caso de concretos de relleno. La elaboración, curado, ensaye y determinación de la resistencia de las probetas de mortero se hará según lo especificado en la norma NMX-C-061-ONNCCE. La elaboración, curado y ensaye de cilindros de concreto se hará de acuerdo con las normas NMX-C-160 y NMX-C-083-ONNCCE.

Mampostería

Las muestras se tomarán durante la construcción del lote indicado. Las probetas se elaborarán con los materiales, mortero y piezas, usados en la construcción del lote. Cada muestra estará compuesta por una pila y un murete. Se aceptará elaborar las probetas en laboratorio usando las piezas, la mezcla en seco del mortero y la cantidad de agua empleada en la construcción del lote. La elaboración, curado, ensaye y determinación de las resistencias de las probetas se hará según lo indicado en las Normas Mexicanas correspondientes (NTCDCEMam, 10.2.2).

7.5.3. Criterios de aceptación de morteros y mampostería (NTCDCEMam, 10.2.2)

El criterio de aceptación se basa en que la resistencia de diseño, especificada en los planos de construcción, sea alcanzada por lo menos el 98 por ciento de las probetas. Es decir se deberá cumplir que:

$$z^* \geq \frac{\bar{z}}{1 + 2.5c_z}$$

Donde:

z^* Resistencia de diseño de interés (f_j^* del mortero o del mortero o concreto de relleno, f_m^* y v_m^*)

\bar{z} Media de la resistencia de las muestras obtenidas.

c_z Coeficiente de variación de la resistencia de interés de las muestras, que en ningún caso será menor que 0.20 para la resistencia a compresión de los morteros o de los concretos de relleno.

Para pilas y muretes respectivamente (NTCDCEMam, 2.8)

c_m Coeficiente de variación de la resistencia a compresión de las pilas de mampostería, que en ningún caso se tomará inferior a 0.15.

c_v Coeficiente de variación de la resistencia a compresión de muretes, que en ningún caso se tomará inferior a 0.20.

Penetración del mortero en piezas multiperforadas (NTCDCEMam, 10.2.2.4)

Se aceptará la aplicación de cualquiera de los procedimientos siguientes:

- a. Penetración del mortero. Se determinará la penetración del mortero retirando una pieza multiperforada en un muro de planta baja si el edificio tiene hasta tres niveles, o de planta baja y primer entrepiso si el edificio tiene más niveles. Se aceptará la prueba de penetración media del mortero, tanto en la junta superior como en la inferior de la pieza, será de 10 mm, a menos que los planos de construcción especifiquen otros valores.
- b. Consumo de mortero. Se controlará el consumo de mortero que penetre en las perforaciones de las piezas, adicional al colado en las juntas horizontal y vertical, en todos los muros de planta baja, si el edificio tiene hasta tres niveles, o de planta baja y primer entrepiso si el edificio tiene más de tres niveles. Se aceptará, el consumo de mortero si varía entre 0.8 y 1.2 veces el consumo indicado en los planos de construcción.

7.6. Madera

Las maderas usuales en la construcción se clasifican en coníferas y latifoliadas, cuyo contenido de humedad es igual o menor que 18 por ciento (NTCDCEMad, 1.1).

Las maderas de coníferas deberán clasificarse de acuerdo con la norma NMX-C-239 “Calificación y clasificación visual para madera de pino en usos estructurales”, la cual establece dos clases de madera estructural A y B. Las maderas de latifoliadas deberán clasificarse de acuerdo con la norma NMX-C-409-ONNCCE “Clasificación visual para maderas latifoliadas de uso estructural (NTCDCEMad, 1.3).

Madera clasificada estructuralmente (NTCDCEMad, 1.4)

Columna o poste: Elemento estructural sometido esencialmente a carga de compresión y que actúa en forma aislada por tener gran separación entre sí.

Cubiertas:	Duelas, tablas o placas de madera contrachapada que forman parte del sistema de piso o techo y se apoya en elementos de madera poco espaciados.
Madera contrachapada:	Placa compuesta de un conjunto de chapas o capas de madera unidas con adhesivo, generalmente en número impar, en el cual las chapas adyacentes se colocan con la dirección de la fibra perpendicular entre sí.
Madera seca:	Madera aserrada con un contenido de humedad igual o menor que 18 por ciento.
Pie derecho:	Piezas ligeras de sección rectangular que generalmente forma parte de un sistema de muro.
Vigas:	Elementos de madera sometidos a flexión que actúan en forma aislada por tener una separación grande y no estar unidos por un material de cubierta que les permita compartir la carga.
Viguetas:	Elementos ligeros de madera sometidos a flexión y que están colocados a distancias cortas (menores que 1.22 m) entre sí, unidos por una cubierta de duelas o madera contrachapada.
Elementos de unión:	
Clavos:	Los clavos empleados serán de caña lisa que se ajusten a la norma NMX-H-64 “Clavos cilíndricos” (NTCDCEMad, 6.2.1).
Pernos:	Los pernos empleados serán de acero de bajo carbono especificados en la norma NMX-H-47 “Tornillos con cabeza hexagonal” (NTCDCEMad, 6.3.2.1).
Pijas:	Las pijas empleadas serán de acero de bajo carbono especificados en la norma NMX-H-23 “Tornillos de acero para madera” (NTCDCEMad, 6.3.4.1).

Para efecto de dimensionamiento se utilizarán con preferencia las secciones especificadas en la norma NMX-C-224-ONNCCE “Dimensiones de la madera aserrada para uso en la construcción” (NTCDCEMad, 7.6).

8. Aspectos generales en la obra

8.1 Documentos en la obra

Durante la ejecución de las obras debe conservarse, en las mismas, copia de los planos registrados y de la manifestación de construcción o de la licencia de construcción especial, para que cuando se requiera esté a disposición de la Delegación (RCDF, art. 187).

En la obra debe tenerse el libro de bitácora, foliado y sellado por la Delegación, en el cual se anotarán, en original y dos copias, los siguientes datos (RCDF, art. 35):

- a. Nombre y firma del propietario o poseedor, del Director Responsable de Obra y del Residente, así como de los Corresponsables y del Perito en Desarrollo Urbano, si los hubiere;
- b. Nombre y razón social de la persona física o moral que ejecute la obra;
- c. Materiales empleados para fines estructurales;
- d. Procedimientos generales de construcción y de control de calidad;
- e. Descripción de los detalles definidos durante la ejecución de la obra;
- f. Fecha de las visitas, observaciones e instrucciones del Director Responsable de Obra, así como de los Corresponsables y Perito en Desarrollo Urbano;
- g. Fecha de inicio de cada etapa de la obra, e
- h. Incidentes y accidentes.

En la obra, en lugar visible y legible desde la vía pública, colocar un letrero con el nombre del Director Responsable de Obra y, en su caso, de los Corresponsables y sus números de registro, número de registro de la manifestación de construcción o de licencia de construcción especial, la vigencia, tipo y uso de la obra y ubicación de la misma.

8.2. Trazo

Antes de iniciarse una construcción debe verificarse el trazo del alineamiento del predio, con base en la constancia de alineamiento y número oficial y las medidas de la poligonal del perímetro, así como la situación del predio en relación con los colindantes, el

cual debe coincidir con los datos correspondientes de título de propiedad.

Si los datos que arroje el levantamiento del predio exigen un ajuste de las distancias entre los ejes consignados en los planos arquitectónicos, debe dejarse constancia de las diferencias mediante anotaciones en bitácora o elaborando planos del proyecto ajustado.

El Director Responsable de Obra debe hacer constar que las diferencias no afectan la seguridad estructural ni el funcionamiento de la construcción, ni la separación exigida entre edificaciones. En caso necesario deben hacerse las modificaciones pertinentes al proyecto arquitectónico y estructural (RCDF, art. 207).

Toda edificación debe separarse de sus linderos con predios vecinos la distancia que señale las Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo, la que regirá también las separaciones que deben dejarse en juntas de construcción entre cuerpos distintos de una misma edificación (RCDF, art. 141).



Foto 6. Falla por impacto de dos edificaciones. Edificio dañado por el sismo de septiembre de 1985. Ubicación: Av. Guerrero esquina Puente de Alvarado. Período de reparación mayo de 1986 a febrero de 1987.

Toda edificación deberá separarse de sus linderos con los predios vecinos una distancia no menor de 50 mm, ni menor que el desplazamiento horizontal calculado para el

nivel de que se trate. La separación entre cuerpos de un mismo edificio o entre edificios adyacentes será cuando menos igual a la suma de las correspondientes a cada uno (NTCDS, 1.10).

En caso de que un predio adyacente se encuentre una construcción que esté separada del lindero una separación menor que la antes especificada, deberá dejarse en la nueva construcción una distancia tal que la separación entre las dos construcciones no sea menor que la suma de las requeridas para cada una (RCDF, art. 166 y NTCDS, 1.10).

Se trazarán después los ejes principales del proyecto, refiriéndolos a puntos que puedan conservarse fijos (RCDF, art. 207).

En cada planta se trazarán los ejes de acuerdo con el proyecto ajustado, con tolerancias de un centímetro. Toda columna quedará desplantada de tal manera que su eje no diste, del que se ha trazado, más de 10 mm más dos por ciento de la dimensión transversal de la columna paralela a la desviación. Además, no deberá excederse esta cantidad en la desviación del eje de la columna, con respecto al de la columna inmediata inferior (NTCDCEC, 14.6).

8.3. Nivelación

En las instalaciones que se requiera llevar registro de posibles movimientos verticales se instalarán referencias o bancos de nivel, suficientemente alejados de la cimentación o estructura de que se trate, para no ser afectados por los movimientos de las mismas o de otras cargas cercanas, y se referirán a éstos las nivelaciones que se hagan (RCDF, art. 176). También se efectuarán nivelaciones a las edificaciones ubicadas en los predios colindantes a la construcción con objeto de observar su comportamiento (RCDF, art. 206).

En las edificaciones del grupo A y subgrupo B1 deben hacerse nivelaciones durante la edificación y hasta que los movimientos diferidos se estabilicen, a fin de observar el comportamiento de las excavaciones y cimentaciones, y prevenir daños a la propia edificación, a las edificaciones vecinas y a los servicios públicos (RCDF, art. 176).

En las edificaciones del grupo A y subgrupo B1 la investigación respecto al fenómeno de hundimiento regional deberá hacerse por observación directa de piezómetros y bancos de nivel colocados con suficiente anticipación al inicio de la obra, a diferentes profundidades y hasta los estratos profundos, alejados de cargas, estructuras y excavaciones que alteren el proceso de consolidación natural del subsuelo. En caso de bancos de nivel

profundos, se deberá garantizar que los efectos de la fricción negativa que actúa sobre ellos no afectarán las observaciones (NTCDCC, 2.5).

8.4. Observaciones del comportamiento de la cimentación

En las edificaciones con peso unitario mayor de 40 kPa (4 ton/m²) o que requieran excavación de más de 2.5 m de profundidad será obligatorio realizar nivelaciones después de la construcción, cada mes durante los primeros meses y cada seis meses durante un periodo mínimo de cinco años para verificar el comportamiento previsto de las cimentaciones y sus alrededores.

Posteriormente a este periodo, será obligatorio realizar las mediciones por lo menos cada cinco años o cada vez que se detecte algún cambio en el comportamiento de la cimentación, en particular a raíz de un sismo (NTCDCC, 8).

8.5. Cargas vivas transitorias

Durante el proceso de la edificación deben considerarse las cargas vivas transitorias que puedan producirse; éstas incluirán el peso de los materiales almacenados temporalmente, el de los vehículos y equipo, el de colado de plantas superiores apoyadas en la planta que se analiza y el del personal necesario: este último peso no debe ser menor a 1.5 kN/m² (150 kg/m²). Se considerará, además, una concentración de 1.5 kN (150 kg) en el lugar más desfavorable (RCDF, art. 163).

8.6. Fuego y explosiones

Las estructuras deberán protegerse contra el fuego para evitar pérdidas de resistencia ocasionadas por las altas temperaturas. El tipo y las propiedades de la protección utilizada dependerán de las características de la estructura, de su uso y del contenido de material combustible.

En casos especiales se tomarán las precauciones contra los efectos de explosiones, buscando restringirlos a zonas que no pongan en peligro la estabilidad de la estructura (NTCDCEM, 7.5).

8.7. Corrosión

Se tomarán las precauciones especiales cuando las estructuras estén expuestas a humedades y humos u otros agentes altamente corrosivos (NTCDCEM, 7.4).

Los elementos estructurales que se encuentren en ambiente corrosivo o sujetos a la acción de agentes físicos, químicos o biológicos que puedan hacer disminuir su resistencia,

deben ser de material resistente a dichos efectos, o recubiertos con material o sustancias protectoras, y tendrán un mantenimiento preventivo que asegure su funcionamiento dentro de las condiciones previstas en el proyecto (RCDF, art. 205).

8.8. Pruebas de carga

Será necesario comprobar la seguridad de una estructura por medio de pruebas de carga cuando la Delegación, previa opinión de la Secretaría de Obras y Servicios, lo determine conveniente en razón de duda en la calidad y resistencia de los materiales o en los procedimientos constructivos (RCDF, art. 185).

8.9. Fachadas

Las placas de materiales en fachadas se fijarán mediante el sistema que proporcione el anclaje necesario, y se tomarán las medidas que permitan los movimientos estructurales previsibles, así como para evitar el paso de humedad a través del recubrimiento (RCDF, art. 219).

En fachadas tanto interiores como exteriores, la colocación de los vidrios en sus marcos o la liga de éstos a la estructura, serán tales que las deformaciones de ésta no afecten a los vidrios (NTCDS, 1.9). Los vidrios y cristales deben colocarse tomando en cuenta los posibles movimientos de la edificación y contracciones ocasionadas por cambios de temperatura. Los asientos y selladores empleados en la colocación de piezas mayores de 1.5 m² deberán absorber tales deformaciones y conservar su elasticidad, debiendo observarse las holguras necesarias para absorber movimientos sísmicos (RCDF, art. 220).

El espacio entre edificaciones colindantes y entre cuerpos de un mismo edificio debe quedar libre de todo material. Si se usan tapajuntas, éstas deben permitir los desplazamientos relativos tanto en su plano como perpendicularmente a él (NTCDS, 1.10).

8.10. Nuevos procedimientos de construcción

Podrán utilizarse los nuevos procedimientos de construcción que el desarrollo de la técnica introduzca, previa autorización de la Secretaría de Obras y Servicios, para lo cual el Director Responsable de Obra debe presentar una justificación de idoneidad, detallando el procedimiento propuesto y anexando, en su caso, los datos de los estudios y los resultados de las pruebas experimentales efectuadas (RCDF, art. 203).

8.11. Agua

El agua es un recurso finito y vulnerable, esencial para sostener la vida, el

desarrollo y el ambiente. Es un bien social, cultural ambiental y económico (LAgDF, art. 6).



Foto 7. Fachada de vidrio. Agencia automotriz. Ubicación: Av. Universidad esquina Rodríguez Saro. Período de construcción marzo a septiembre de 1994.

Corresponde al Sistema de Aguas el ejercicio de las siguientes facultades (LAgDF, art. 16):

- a. Promover la sustitución del agua potable por agua tratada, y
- b. Vigilar que la tecnología que emplean las empresas constructoras de viviendas y conjuntos habitacionales, sea la adecuada para el ahorro de agua.

Los usuarios de los servicios hidráulicos deberán sujetarse a las siguientes disposiciones (LAgDF, art. 35):

- a. Mantener en buen estado las instalaciones hidráulicas a fin de evitar el desperdicio;
- b. Utilizar agua residual tratada, producida en las plantas de tratamiento, libre de compuestos tóxicos y orgánicos, en las obras en construcción mayores de 2 500 metros cuadrados, así como en terracerías y compactación de suelos (RCDF, art. 89), y

- c. Evitar derramar inútilmente el agua potable (RLAmDF, art. 53).

La autoridad competente sancionará, conforme a lo previsto en la Ley de Aguas del Distrito Federal y las disposiciones legales aplicables, por lo siguiente (LAgDF, art. 110):

- a. Negarse el usuario a reparar alguna fuga que se localice dentro de su propiedad, y
- b. Desperdiciar ostensiblemente el agua, o no cumplir con los requisitos, las normas y condiciones de uso de agua.

8.12. Explosivos

Las actividades relacionadas con explosivos se sujetarán a las disposiciones que dicte la Secretaría de la Defensa Nacional (LFAFE, art. 40).

Los permisos específicos que se requieran, serán otorgados por la Secretaría de la Defensa con conocimiento de la Secretaría de Gobernación (LFAFE, art. 37).

Los permisos no eximen al interesado de cubrir requisitos que señalen otras disposiciones legales, según la naturaleza de sus actividades (LFAFE, art. 38). Los permisos únicamente facultan las actividades u operaciones señaladas en ellos (RLFAFE, art. 8).

La Secretaría de la Defensa Nacional podrá negar, suspender o cancelar los permisos cuando las actividades amparadas con los permisos entrañen peligro para la seguridad de las personas o instalaciones (LFAFE, art. 43).

El manejo, transporte y almacenamiento de materiales explosivos se realizará de acuerdo con la Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos y su Reglamento (RLFAFE, art. 75).

El almacenamiento deberá sujetarse a los requisitos que señale la Secretaría de la Defensa Nacional (LFAFE, art. 67). Asimismo, esta dependencia, cuando lo estime necesario, inspeccionará las condiciones de seguridad de almacenes (LFAFE, art. 72).

El transporte se sujetará a las medidas de seguridad y medios de traslado que en los propios permisos se señalen (RLFAFE, art. 67).

El control y vigilancia de las actividades que se realicen con explosivos están a cargo de la Secretaría de la Defensa Nacional (LFAFE, art. 37).

Tercera parte: Procedimiento constructivo

9. Instalaciones en edificaciones

Las instalaciones eléctricas, hidráulicas, sanitarias, contra incendio, de gas, vapor, combustible, líquidos, aire acondicionado, telefónicas, de comunicaciones y todas aquellas que se coloquen en las edificaciones, serán las que indique el proyecto, y garantizarán la eficiencia de las mismas, así como la seguridad de las edificaciones, trabajadores y usuarios (RCDF, art. 214).

En las instalaciones se emplearán únicamente tuberías, válvulas, conexiones, materiales y productos que satisfagan las normas y demás disposiciones aplicables (RCDF, art. 215).

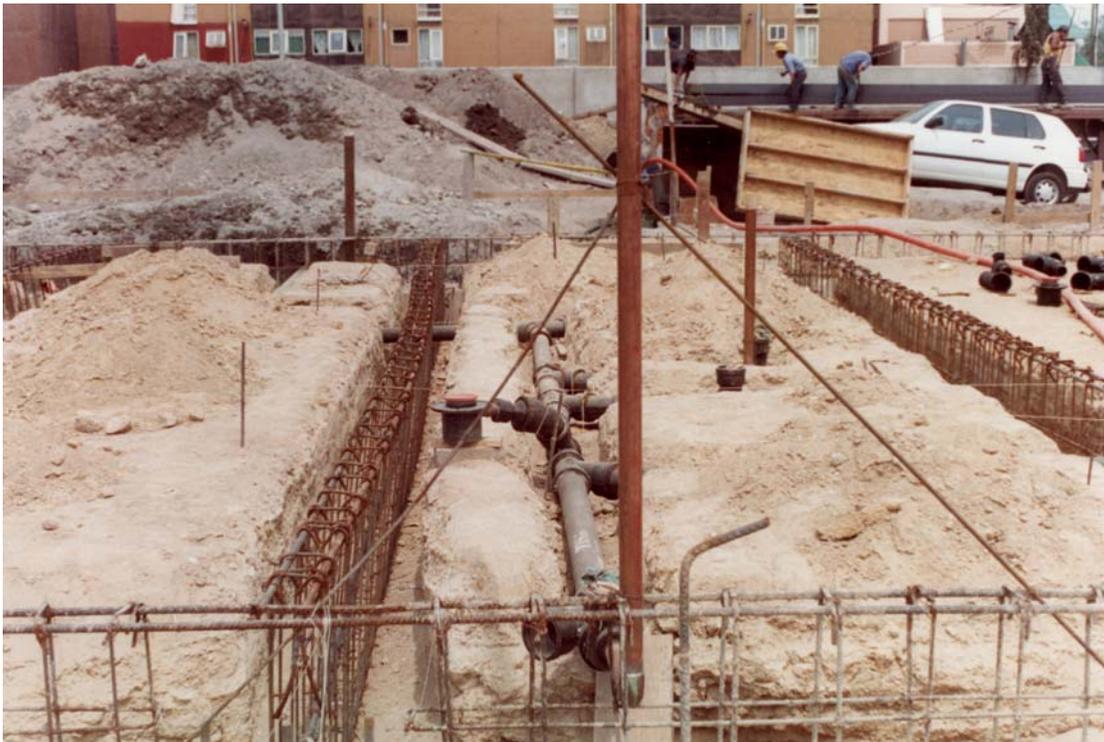


Foto 8. Instalación sanitaria, construcción de restaurante. Ubicación: Lomas Estrella, Del. Iztapalapa. Período de febrero a septiembre de 1994.

Las instalaciones hidráulicas y sanitarias, los muebles y accesorios de baño, las

válvulas, tuberías y conexiones deben ajustarse a lo que disponga la Ley de Aguas del Distrito Federal y, en su caso, las Normas Oficiales Mexicanas y Normas Mexicanas aplicables (RCDF, art. 125).

El Director Responsable de Obra programará la colocación de las tuberías de instalaciones en los ductos destinados a tal fin en el proyecto, los pasos complementarios y las preparaciones necesarias para no romper los pisos, muros, plafones y elementos estructurales.

En los casos que se requiera ranurar muros y elementos estructurales para la colocación de tuberías, se trazarán previamente las trayectorias de dichas tuberías, y su ejecución será aprobada por el Director Responsable de Obra y el Corresponsable en Seguridad Estructural y el Corresponsable en Instalaciones, en su caso. Las ranuras en elementos de concreto no deben afectar los recubrimientos mínimos del acero de refuerzo (RCDF, art. 216).

Cualquier perforación o alteración de un elemento estructural para alojar ductos o instalaciones deberá ser aprobado por el Director Responsable de Obra o por el Corresponsable en Seguridad Estructural, en su caso (RCDF, art. 145).

Los tramos verticales de las tuberías de instalaciones se colocarán empotrados en los muros o elementos estructurales o sujetos a éstos mediante abrazaderas (RCDF, art. 216).

Las tuberías alojadas en terreno natural se sujetarán a las disposiciones indicadas en las normas (RCDF, art. 216). El tubo rígido de PVC puede usarse enterrado a una profundidad no menor de 0.50 m y que se proteja con un recubrimiento de concreto de 5 centímetros de espesor como mínimo (NTIE, 306.15).

Los tramos de tuberías de las instalaciones hidráulicas, sanitarias, contra incendio, de gas, vapor, combustibles líquidos, aire comprimido, oxígeno y otros, deben unirse y sellarse herméticamente, de manera que se impida la fuga del fluido que conduzcan (RCDF, art. 217).

Las tuberías para las instalaciones se probarán según el uso y tipo de la instalación, de acuerdo con lo indicado en las normas y demás disposiciones aplicables (RCDF, art. 218).

Las instalaciones, particularmente las de gas, agua y drenaje que crucen juntas constructivas estarán provistas de conexiones flexibles o de tramos flexibles (RCDF, art. 145).



Foto 9. Trampa de grasas e instalación hidráulica y sanitaria. Adaptación de local para restaurante. Plaza Satélite. Período de marzo a junio de 1997.

Los conductores de cables eléctricos deben cumplir con:

Soportes (NTIE, 312.5):

Los conductores deben estar sujetos rígidamente sobre soportes de material aislante, incombustible y no absorbente. Los conductores no deben en contacto con otros objetos que no sean sus soportes aislantes o tubos protectores.

Separación mínima entre conductores (NTIE, 312.6):

Los conductores deben separarse en la forma siguiente:

- a. Para tensiones no mayores de 300 V (Volt.) entre

	<p>conductores, deben separarse entre si por lo menos 6 centímetros y 1.5 centímetros de la superficie sobre la cual se instalen, en lugares secos;</p> <p>b. Para tensiones mayores de 300 V y hasta 600 V entre conductores deben separarse entre si por lo menos 7.5 centímetros y 2.5 centímetros de la superficie sobre la cual se instalen, y</p> <p>c. En lugares húmedos o mojados la separación entre los conductores y la superficie sobre la cual se instalen debe ser por lo menos de 2.5 centímetros, aun cuando la tensión sea de 300 V o menos.</p>
Amarres en los aisladores (NTIE, 312.7):	Los conductores deben sujetarse firmemente a los aisladores. Si se usan alambres para efectuar los amarres, éstos deben tener un aislamiento semejante y compatible químicamente al de los conductores que sujeten.
Paso a través de paredes o pisos (NTIE, 312.8):	Cuando los conductores pasen a través de paredes, pisos o cualquier otro tipo de división, deben usarse tubos o boquillas de material aislante incombustible y no absorbente en los orificios por donde pasen. Un solo conductor debe pasar a través de cada tubo o boquilla.
Separación a partes metálicas y a otros conductores (NTIE, 312.9):	Los conductores de una instalación visible deben separarse cuando menos 5 centímetros de tuberías metálicas, ductos metálicos u otros materiales conductores, así como de conductores visibles de otros circuitos, a menos que se coloquen entre ellos separadores aislantes.
Separación a tubos y tanques de agua (NTIE, 312.10):	Los conductores de una instalación visible que se instalen en locales donde existan tuberías o tanques de agua, deben colocarse, en lo posible, alejados de dichos tubos o tanques. Se recomienda que los conductores se instalen de

	preferencia por encima de las tuberías de agua, para evitar goteos sobre los conductores.
Protección contra daño mecánico (NTIE, 312.11):	<p>Cuando los conductores instalados sobre paredes o techos estén expuestos a daño mecánico, deben protegerse en los tramos en que exista este riesgo. Los conductores instalados a menos de 2.10 metros sobre el nivel del piso deben considerarse como expuestos a daño mecánico.</p> <p>Dicha protección puede estar constituida por tubo mecánico rígido o flexible, o bien por ductos u otros elementos especialmente diseñados para el caso de que se trate.</p>
Paso por lugares expuestos a humedad o a vapores (NTIE, 312.2):	<p>Los conductores que entren o salgan de lugares expuestos a humedad o a vapores deben formar gazas de goteo y después pasar a través de tubos aislantes no combustibles y no absorbentes, colocados con inclinación adecuada para que el goteo se produzca en dichas gazas y no pase la humedad al exterior del local.</p>



Foto 10. Instalación eléctrica e inyección de aire. Adaptación de local para restaurante. Plaza Satélite. Período de marzo a junio de 1997.

10. Excavación y cimentaciones

En la ejecución de las excavaciones y la construcción de cimentaciones se cumplirá con las disposiciones relativas a las precauciones para que no resulten afectados las edificaciones, predios vecinos y los servicios públicos (RCDF, art. 208).

10.1. Reconocimiento del sitio (NTCDCC, 2.2)

El Distrito Federal se divide en tres zonas con las siguientes características generales:

- a. Zona I. Lomas, formadas por rocas o suelos generalmente firmes que fueron depositados fuera del ambiente lacustre, pero en los que pueden existir, superficialmente o intercalados, depósitos arenosos en estado suelto o cohesivos relativamente blandos. En esta zona, es frecuente la presencia de oquedades en rocas, de cavernas y túneles excavados en suelos para explotar minas de arena y de rellenos no controlados.
- b. Zona II. Transición, en la que los depósitos profundos se encuentran a 20 m de profundidad, o menos, y que están constituidos predominantemente por estratos arenosos y limo arenoso intercalados con capas de arcilla lacustre; el espesor de éstas es variable entre decenas de centímetros y pocos metros; y
- c. Zona III. Lacustre, integrada por potentes depósitos de arcillas altamente compresibles, separadas por capas arenosas con contenido diverso de limo o arcilla. Estas capas arenosas son generalmente medianamente compactas o muy compactas y de espesor variable de centímetros o varios metros. Los depósitos lacustres suelen estar cubiertos superficialmente por suelos aluviales, materiales desecados y rellenos artificiales; el espesor de este conjunto puede ser superior a 50 m.

10.2. Procedimiento constructivo

El estudio de mecánica de suelos, deberá definir el procedimiento constructivo de las cimentaciones, excavaciones y muros de contención que asegure el cumplimiento de las hipótesis de diseño y garantice la integridad de los elementos de cimentación y la seguridad durante y después de la construcción. Dicho procedimiento deberá ser tal que se eviten

daños a las estructuras e instalaciones vecinas y a los servicios públicos por vibraciones o desplazamiento vertical y horizontal del suelo.

Cualquier cambio significativo que se pretenda introducir en el procedimiento de construcción especificado en el estudio geotécnico deberá analizarse con base en la información contenida en dicho estudio o en un estudio complementario si éste resulta necesario (NTCDCC, 7.7).

Deben investigarse el tipo y las condiciones de cimentación de las edificaciones colindantes en materia de estabilidad, hundimientos, emersiones, agrietamiento del suelo y desplomes, y tomarse en cuenta en el diseño y construcción de la cimentación en proyecto (RCDF, art. 172).

En caso de la existencia de rellenos sueltos, galerías, grietas, cavernas u otras oquedades, en el subsuelo del sitio de la obra o en su vecindad, éstas se considerarán en el cálculo de capacidad de carga. En su caso, deberán mejorarse las condiciones de estabilidad adoptándose una o varias de las siguientes medidas (NTCDCC, 3.3.1):

- a. Tratamiento por medio de rellenos compactados, inyecciones...;
- b. Demolición o refuerzo de bóvedas, y/o
- c. Desplante bajo el piso de las cavidades.

10.3. Excavaciones

En el diseño de las excavaciones se considerarán los estados límite de falla y de servicio (RCDF, art. 174 y NTCDCC, 5):

- a. De falla: colapso de los taludes o de las paredes de la excavación o del sistema de ademado de las mismas, falla de los cimientos de las construcciones adyacentes y falla del fondo de la excavación por corte o por subpresión en estratos subyacentes, y colapso del techo de cavernas o galerías, y
- b. De servicio: movimientos verticales y horizontales inmediatos y diferidos por descarga en el área de excavación y en los alrededores. Los valores esperados de tales movimientos deberán ser suficientemente reducidos para no causar daños a las construcciones adyacentes ni a los servicios públicos. Además, la recuperación por recarga no deberá ocasionar movimientos totales o diferenciales intolerables para las estructuras que se desplanten en el sitio.

10.3.1. Secuencia de excavaciones

El procedimiento de excavación debe asegurar que no se rebasen los estados límite de servicio, movimientos verticales y horizontales inmediatos y diferidos, por descarga en el área de excavación y en la zona circundante.

De ser necesario, la excavación se realizará por etapas, según un programa, señalando las precauciones que deben tomarse para que no resulten afectadas las construcciones de los predios vecinos o los servicios públicos; estas precauciones se consignarán debidamente en los planos.

Al efectuar las excavaciones por etapas, para limitar las expansiones del fondo a valores compatibles con el comportamiento de la propia estructura o de edificios e instalaciones colindantes, se adoptará una secuencia simétrica. Se restringirá la excavación a zanjas de pequeñas dimensiones en planta en las que se construirá y lastrará la cimentación antes de excavar otras áreas (NTCDCC, 7.2.4).

Cuando las separaciones con las colindancias lo permitan, las excavaciones podrán delimitarse con taludes perimetrales cuya pendiente se evaluará a partir de un análisis de estabilidad.



Foto 11. Refuerzo de cimentación de edificación colindante. Ubicación: Av. Universidad esquina Rodríguez Saro. Período de construcción marzo a septiembre de 1994.

Si por el contrario, existen restricciones de espacio y no son aceptables taludes verticales debido a las características de subsuelo, se recurrirá a un sistema de soporte constituido por ademes, tablaestacas o muros colados en el lugar apuntalados o retenidos con anclas instaladas en suelos firmes. En todos los casos deberá lograrse un control adecuado del flujo de agua en el subsuelo y seguirse una secuela de excavación que minimice los movimientos de las construcciones vecinas y servicios públicos (NTCDCC,

7.2.1).

Si en el proceso de excavación se encuentran restos fósiles o arqueológicos, se debe suspender de inmediato la excavación en ese lugar y notificar a la Delegación para que lo haga del conocimiento de las dependencias de la Administración Pública Federal y/o Local competente.

Cuando se interrumpa una excavación, se ejecutarán las obras necesarias para evitar que se presenten movimientos que puedan dañar a las edificaciones y predios colindantes o a las instalaciones de la vía pública y que ocurran fallas en los taludes o fondo de la excavación por intemperismo prolongado, descomposición del terreno o por cualquier otra causa (RCDF, art. 209).

El uso de explosivos en excavaciones queda condicionado a la autorización y cumplimiento de los ordenamientos que señale la Secretaría de la Defensa Nacional y las restricciones y elementos de protección que ordene la Delegación (RCDF, art. 210).

10.3.2. Control de flujo de agua

Cuando la construcción de la cimentación lo requiera, se controlará el flujo de agua en el subsuelo del predio mediante bombeo, tomando precauciones para limitar los efectos indeseables del mismo en el propio predio y en los colindantes.

Se escogerá el sistema de bombeo más adecuado de acuerdo con el tipo de suelo. El gasto y el abatimiento provocado por el bombeo se calcularán mediante la teoría del flujo de agua transitorio en el suelo. El diseño del sistema de bombeo incluirá la selección del número, ubicación, diámetro y rasurado de los además y composición granulométrica del filtro. Asimismo, se especificará la capacidad mínima de las bombas y la posición del nivel dinámica en los pozos en las diversas etapas.

Cualquiera que sea el tipo de instalación de bombeo que se elija, su capacidad garantizará la extracción de un gasto por lo menos 1.5 veces superior al estimado. Además, deberá asegurarse el funcionamiento continuo de todo el sistema.

En caso de materiales compresibles, se tomará en cuenta la sobrecarga inducida por las fuerzas de filtración y se calcularán los asentamientos correspondientes. Si los asentamientos calculados resultan excesivos, se recurrirá a procedimientos alternos que minimicen el abatimiento piezométrico. Deberá considerarse la conveniencia de reinyectar el agua bombeada en la periferia de la excavación y de usar pantallas impermeables que la

aíslen.

En suelos de muy baja permeabilidad, como las arcillas lacustres de las zonas II y III, el nivel piezométrico tiende a abatirse espontáneamente al tiempo que se realiza la excavación, por lo que no es necesario realizar bombeo previo, salvo para evitar presiones excesivas en estratos permeables intercalados.

En este caso, más que abatir el nivel freático, el bombeo tendrá como objetivo:

- a. Dar a las fuerzas de filtración una dirección favorable a la estabilidad de la excavación;
- b. Preservar el estado de esfuerzos del suelo, e
- c. Interceptar las filtraciones provenientes de lentes permeables.

En todos los casos será necesario un sistema de bombeo superficial que desaloje el agua de uno o varios cárcamos en los que se recolectan los escurrimientos de agua. El agua bombeada arrojada al sistema de drenaje público deberá estar libre de sedimentos y contaminantes (NTCDCC, 7.2.2).

10.3.3. Tablaestacas y muros colados en el lugar

Para reducir los problemas de filtraciones de agua hacia la excavación y los daños a construcciones vecinas, se podrá usar tablaestacas hincadas en la periferia de la excavación o muros colados *in situ* o prefabricados.

Las tablaestacas o muros deberán prolongarse hasta una profundidad suficiente para interceptar el flujo de agua debido a los principales estratos permeables que puedan dificultar la realización de la excavación.

El cálculo de los empujes sobre los puntales que sostengan estos elementos se hará por los métodos indicados en las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Cimentaciones.

En caso de usarse para soportar las paredes de la excavación elementos estructurales como tablaestacas o muros colados en el lugar, se revisará la estabilidad de estos elementos por deslizamiento general de una masa de suelo, que incluirá el elemento por falla de fondo y por falla estructural de los troqueles o de los elementos que éstos soportan.

El sistema de apuntalamiento podrá también ser constituido por anclas horizontales instaladas en suelos firmes o muros perpendiculares colados en el lugar o prefabricados (NTCDCC, 7.2.3).



Foto 12. Excavación y construcción de cimentación de agencia automotriz. Ubicación: Av. Universidad esquina Rodríguez Saro. Período de construcción marzo a septiembre de 1994.

10.4. Cimentación

Toda edificación se soportará por medio de una cimentación que cumpla con los requisitos relativos al diseño y construcción que se establecen en las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Cimentaciones (RCDF, art. 169).

Si la cimentación es de concreto, se cumplirá con lo establecido en el las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto. Si la cimentación es de mampostería de piedras naturales en lo señalado en las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería (NTCDMam, 9.4).

10.4.1. Cimentaciones someras

El desplante de la cimentación se hará a la profundidad señalada en el estudio de mecánica de suelos. Sin embargo, deberá tenerse en cuenta cualquier discrepancia entre las características del suelo encontrado a esta profundidad y las consideraciones en el proyecto, para que, de ser necesario, se hagan los ajustes necesarios.

Se tomarán en cuenta las medidas necesarias para evitar que en la superficie de apoyo

de la cimentación se presente alteración del suelo durante la construcción por saturación o remoldeo. Las superficies de desplante estarán libres de cuerpos extraños o sueltos (NTCDDC, 7.1.1).

Las edificaciones no podrán desplantarse sobre tierra vegetal, suelos o rellenos sueltos o desechos. En ningún caso será aceptable cimentar sobre rellenos naturales o artificiales que no hayan sido colocados en condiciones controlados o estabilizados.

Sólo será aceptable cimentar sobre terreno natural firme o rellenos artificiales que no incluyan materiales degradables y hayan sido adecuadamente compactados. Será aceptable cimentar sobre terraplenes de suelo no orgánicos compactados, siempre que éstos hayan sido contruidos por capas de espesor no mayor de 30 centímetros, con control de contenidos de agua y del peso volumétrico seco en las condiciones marcadas por el estudio de mecánica de suelos (NTCDCC, 10).

En el caso de elementos de cimentación de concreto reforzado se aplicarán procedimientos de construcción que garanticen el recubrimiento requerido para proteger el acero de refuerzo. Se tomarán las medidas necesarias para evitar que el propio suelo o cualquier líquido o gas contenido en él puedan atacar al concreto o al acero.

Durante el colado se evitará que el concreto se mezcle o contamine con partículas de suelo o con agua freática, que puedan afectar sus características de resistencia o durabilidad (NTCDCC, 7.1.1).

10.4.2. Mampostería de piedras naturales

Es la construcción de cimientos y muros de retención de mampostería del tipo conocido como de tercera, o sea, formado por piedras naturales sin labrar unidas por mortero (NTCDCEMam, 8.1).

Piedra

Las piedras que se empleen en elementos estructurales, deberán satisfacer los requisitos siguientes (NTCDCEMam, 8.2.1):

- a. La resistencia a compresión en dirección normal a los planos de formación sea de 15 MPa (150 kg/cm²);
- b. Su resistencia mínima a compresión en dirección paralela a los planos de formación sea de 10 MPa (100 kg/cm²);
- c. La absorción máxima sea de 4 por ciento, y

- d. Su resistencia al intemperismo, medida como la máxima pérdida de peso después de cinco ciclos en solución saturada de sulfato de sodio, sea de 10 por ciento.

Las propiedades anteriores se determinarán con los procedimientos indicados en el Capítulo CXVII de las Especificaciones Generales de Construcción de la Secretaría de Obras Públicas (1971).

Las piedras no necesitarán ser labradas, pero se evitará, en lo posible, el empleo de piedras de formas redondas y de cantos rodados. Por lo menos 70 por ciento del volumen del elemento estará constituido por piedras con un peso mínimo de 300 N (30 kg).

Las piedras que se emplearán deberán estar limpias y sin rajaduras. No se emplearán piedras que presenten forma de laja. Las piedras se mojarán antes de usarlas (NTCDCEMam, 9.3.1).

Mortero

El mortero se elaborará con la cantidad de agua necesaria para obtener una pasta manejable, de acuerdo con las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería (NTCDCEMam, 9.3.2).



Foto 13. Construcción de muro de mampostería. Ubicación: Huixquilucan, Edo. de México. Período de mayo a diciembre de 1996.

Procedimiento constructivo

La mampostería se desplantará sobre una plantilla de mortero o concreto que permita obtener una superficie plana. En las primeras hiladas se colocarán las piedras de mayores dimensiones y las mejores caras de las piedras se aprovecharán para los paramentos. Cuando las piedras sean de origen sedimentario se colocarán de manera que los lechos de estratificación queden normales a la dirección de las compresiones. Las piedras deberán

humedecerse antes de colocarlas y se acomodarán de manera de llenar lo mejor posible el hueco formado por las otras piedras. Los vacíos se rellenarán completamente con piedra chica y mortero. Deberán usarse piedras a tizón, que ocuparán por lo menos una quinta parte del área del paramento y estarán distribuidas en forma regular. No deberán existir planos definidos de falla transversales al elemento (NTCDCEMam, 9.3.3).

10.4.3. Muros de contención

Los muros de contención son construidos para dar estabilidad al terreno en desniveles, y se clasifican en (NTCDCC, 6):

- a. Muros de gravedad (de mampostería, de piezas naturales o artificiales, o de concreto simple), cuya estabilidad se debe a su peso propio, y
- b. Muros de concreto reforzado empotrados en su base, con o sin anclas o contrafuertes, y que utilizan la acción de voladizo para retener la masa de suelo.



Foto 14. Armado de muro de concreto. Ubicación: Huixquilucan, Edo. de México. Período de mayo a diciembre de 1996.

Los muros incluirán un sistema de drenaje adecuado (NTCDCEMam, 8.5) que impida el desarrollo de empujes superiores a los de diseño por efecto de presión de agua. Para ello, los muros de contención deberán siempre dotarse de un filtro colocado atrás del muro con lloraderos y/o tubos perforados. Este dispositivo deberá diseñarse para evitar el arrastre de materiales provenientes del relleno y para garantizar una conducción eficiente del agua infiltrada, sin generación de presiones de agua significativas (NTCDCC, 6).

10.4.4. Tipos de relleno

Los rellenos no incluirán materiales degradables ni compresibles y deberán compactarse de modo que sus cambios volumétricos de peso propio, por saturación y por acciones externas a que estarán sometidos, no causen daños intolerables a los pavimentos ni a las instalaciones estructurales alojados en ellos o colocados sobre los mismos (NTCDCC, 6.1.2).

Compactación del relleno

Para especificar y controlar en el campo la compactación por capas de los materiales cohesivos empleados en rellenos, se recurrirá a la prueba Proctor estándar, debiéndose vigilar el espesor y el contenido de agua de las capas colocadas (NTCDCC, 6.1.3). En caso de materiales compactados con equipo muy pesado, se recurrirá a la prueba Proctor modificado o a otra prueba equivalente (NTCDCC, 2.4).



Foto 15. Compactación de relleno. Ubicación: Lomas Estrella, Del. Iztapalapa. Período de febrero a septiembre de 1994.

En el caso de materiales no cohesivos, la especificación y control de compactación de materiales se basará en el concepto de compacidad relativa (NTCDCC, 2.4). Estos rellenos se compactarán con procedimientos que eviten el desarrollo de empujes superiores a los considerados en el diseño (NTCDCC, 6.1.3).

10.4.5. Cimentación con pilotes o pilas

La colocación de pilotes y pilas se ajustará al proyecto correspondiente, verificando que la profundidad de desplante, el número y el espaciamiento de estos elementos

correspondan a lo señalado en los planos estructurales.

Cada pilote, sus tramos y juntas entre éstos, en su caso, deberán diseñarse y realizarse de modo tal que resistan las fuerzas de compresión y tensión, y los momentos flexionantes que resulten del análisis.

Los procedimientos para la instalación de pilotes y pilas deberán garantizar la integridad de estos elementos y que no se ocasione daños a las estructuras e instalaciones vecinas por vibraciones o desplazamiento vertical y horizontal del suelo (NTCDCC, 7.1.2).

Pilas o pilotes colados en el lugar

Para este tipo de cimentación profunda, el estudio de mecánica de suelos deberá definir si la perforación previa será estable en forma natural o si, por el contrario, se requerirá estabilizarla con lodo común o bentonítico o con ademe.

En cualquier tipo de pila, será necesario construir un brocal antes de iniciar la perforación, a fin de preservar la seguridad del personal y la calidad de la pila por construir.

Respecto a la localización de las pilas se aceptará una tolerancia del 10 por ciento de su diámetro. La tolerancia en la verticalidad de una pila será de 2 por ciento de su longitud hasta 25 m de profundidad y de 3 por ciento para mayor profundidad.

Cuando se usen pilas con ampliación de base (campana), la perforación de la misma se hará verticalmente en los primeros 20 cm para después formar con la horizontal un ángulo no menor de 60 grados; el peralte de la campana será por lo menos de 50 cm.

No deben construirse campanas bajo agua o lodos, ya que los sistemas empleados para esta operación no garantizan la colocación de concreto sano en la zona donde se desarrollará la capacidad de carga.

Otros aspectos a los que deberá prestarse atención son el método y equipos para la eliminación de azolves, la duración del colado, así como el recubrimiento y la separación mínima del acero de refuerzo en relación con el tamaño del agregado.

Antes del colado, se procederá a la inspección directa o indirecta del fondo de la perforación para verificar que las características del estrato de apoyo son satisfactorias y que todos los azolves han sido removidos.

El colado se realizará por procedimientos que eviten la segregación del concreto y la contaminación del mismo con el lodo estabilizador de la perforación o con derrumbes de las paredes de la excavación.

Se llevará a cabo un registro de la localización de los pilotes o pilas, las dimensiones relevantes de las perforaciones, las fechas de perforación y de colado, y los espesores de los estratos y las características del material de apoyo.

Cuando la construcción de una cimentación requiera del uso de lodo bentonítico, el constructor no podrá verterlo en el drenaje urbano, por lo que deberá destinar un área para recolectar dicho lodo después de usarlo y transportarlo a algún tiradero ex profeso.

Para desplantar la cimentación sobre el concreto sano de la pila, se deberá dejar en la parte superior de lecho bajo de la cimentación una longitud extra de concreto, equivalente al 90 por ciento del diámetro de la misma; este concreto que acarrea las impurezas durante el proceso del colado, podrá ser removido con equipo neumático hasta 20 centímetros arriba de la cota de desplante de la cimentación; estos últimos centímetros se deberán quitar en forma manual procurando que las herramientas de ataque no produzcan fisuras en el concreto que recibirá la cimentación.

En el caso de pilas coladas en seco, la longitud adicional podrá ser del 50 por ciento del diámetro de la misma, evitando romper el concreto de esta parte en estado fresco con el propósito de que el “sangrado” del concreto se efectúe en dicha zona. Esta parte se demolerá siguiendo los lineamientos indicados en el punto anterior.

No deberán construirse pilas de menos de 80 centímetros hasta 30 m de profundidad, ni menos de 100 centímetros hasta profundidades mayores (NTCDCC, 7.1.2.1).

Pilotes hincados a percusión

Se preferirá la manufactura en fábrica de tramos de pilotes a fin de controlar mejor sus características mecánicas y geométricas y de curado.

En pilotes de concreto reforzado, se prestará especial atención a los traslapes en el acero de refuerzo longitudinal.

Cada pilote deberá tener marcas que indiquen los puntos de izaje, para poder levantarlos de las mesas de colado, transportarlos e izarlos.

El estudio de mecánica de suelos deberá definir si se requiere perforación previa, con o sin estación de suelo, para facilitar la hinca o para minimizar el desplazamiento de los suelos blandos. Se indicará en tal caso el diámetro de la perforación y su profundidad, y si es necesaria la estabilización con lodo común o bentonítico.

En pilotes de fricción el diámetro de la perforación previa para facilitar la hinca o para

minimizar el desplazamiento de los suelos blandos no deberá ser mayor que el 75 por ciento del diámetro o lado del pilote. Si con tal diámetro máximo de la perforación no se logra hacer pasar el pilote a través de capas duras intercaladas, exclusivamente éstas deberán rimarse con herramientas especiales a un diámetro igual o ligeramente mayor que el del pilote.

Antes de proceder al hincado, se verificará la verticalidad de los tramos de pilotes, en su caso, la de las perforaciones previas. La desviación del pilote no deberá ser mayor de 3/100 de su longitud para pilotes con capacidad de carga por punta ni de 6/100 en otros casos.

Los métodos usados para hincar los pilotes deberán ser tales que no mermen la capacidad estructural de éstos.

El equipo de hincado se especificará en términos de su energía en relación con la masa del martillo golpeador en relación con el peso del pilote, tomando muy en cuenta la experiencia local. Además se especificarán el tipo y el espesor de los materiales de amortiguamiento de la cabeza y del seguidor. El equipo de hincado podrá también definirse a partir de un análisis dinámico basado en la ecuación de onda.

La posición final de la cabeza de los pilotes no deberá diferir respecto a la de proyecto en más de 20 cm ni de la cuarta parte del ancho del elemento estructural que se apoye en ella.

Al hincar cada pilote se llevará un registro de su ubicación, su longitud y dimensiones transversales, la fecha de su colocación, el nivel del terreno antes de las hincas, y el nivel de la cabeza inmediatamente después de la hinca. Además se incluirá el tipo de material empleado para la protección de la cabeza del pilote, el peso del martinete y su altura de caída, la energía de hincado por golpe, el número de golpes por metro de penetración a través de los estratos superiores al de apoyo y el número de golpes por cada 10 cm de penetración en el estrato de apoyo, así como, el número de golpes y la penetración en la última fracción de decímetro penetrada.

En caso de pilotes hincados a través de un manto compresible hasta un estrato resistente, se verificará para cada pilote mediante nivelaciones si se ha presentado emersión por la hinca de los pilotes y, en caso afirmativo, los pilotes afectados se volverán a hincar hasta su elevación especificada.

Si un pilote de punta se rompe o daña estructuralmente durante su hincado, o si por excesiva resistencia a la penetración, queda a una profundidad menor a la especificada y en ella no se pueda garantizar la capacidad de carga requerida, se extraerá la parte superior del mismo, de modo que la distancia entre el nivel de desplante de la subestructura y el nivel superior del pilote abandonado sea por lo menos de 3 m. En tal caso, se revisará el diseño de la subestructura y se instalarán pilotes sustitutos.

Si un pilote de fricción se rechaza por daños estructurales durante el hincado, se deberá extraer totalmente y rellenar el hueco formado con otro pilote de mayor diámetro o bien con un material cuya resistencia y compresibilidad sea del mismo orden de magnitud que las del suelo que se reemplaza; en este caso, también deberán revisarse el diseño de la subestructura y el comportamiento del sistema de cimentación (NTCDCC, 67.1.2.2).

Prueba de carga de pilotes

Las estimaciones de la capacidad de carga de pilotes de fricción o de punta basadas en pruebas de campo o en cálculos analíticos se verificarán mediante pruebas de carga cuando exista incertidumbre excesiva sobre las propiedades de los suelos involucrados y la edificación sea de los grupos A o B1 (NTCDCC, 3.7).

En caso de realizarse pruebas de carga, se llevará registro por lo menos de los datos siguientes (NTCDCC, 7.1.2.3):

- a. Condiciones del subsuelo en el lugar de la prueba;
- b. Descripción del pilote o pila y datos obtenidos durante su instalación;
- c. Descripción del sistema de carga y del método de prueba;
- d. Tabla de cargas y deformaciones durante las etapas de carga y descarga del pilote o pila;
- e. Representación gráfica de la curva asentamiento-tiempo para cada incremento de carga, y
- f. Observaciones e incidentes durante la instalación del pilote o pila y la prueba.

Los pilotes ensayados se llevarán a la falla o hasta 1.5 veces la capacidad de carga calculada. En las zonas II y III, la prueba se realizará al menos dos meses después de la hinca, con el objeto de permitir la disipación del exceso de presión de poro que se induce al instalar los pilotes y la recuperación de la resistencia del suelo en su estado natural por efectos tixotrópicos.

En pruebas de pilotes de punta, deberán aislarse la punta del fuste para medir en forma separada la fricción o adherencia lateral, o bien instrumentarse la punta para medir la carga en la punta. Podrán hacerse pruebas de campo en pilotes de sección menor que la del prototipo y extrapolar el resultado (NTCDCC, 3.7).

Protección de pilotes

Los pilotes de acero deberán protegerse contra la corrosión al menos en el tramo comprendido entre la cabeza y la máxima profundidad a la que, se estime, puede descender el nivel freático (NTCDCC, 4).

Se prestará especial atención a la protección de pilotes en la parte Oriente de la zona III del Distrito Federal donde el subsuelo presenta una alta salinidad (NTCDCC, 7.1.1).

10.4.6. Recimentaciones

Los trabajos de recimentación o renivelación deberán realizarse por etapas de tal forma que, en cualquier instante de la construcción y posteriormente a ella, no se ponga en peligro la seguridad ni se causen daños en la propia construcción, a las adyacentes o en los servicios públicos (NTCDCC, 11).



Foto 16. Refuerzo de cimentación, edificio dañado por el sismo de septiembre de 1985. Ubicación: Av. Guerrero esquina Puente de Alvarado. Período de reparación mayo de 1986 a febrero de 1987.

11. Estructuras de concreto

11.1. Acero de refuerzo

El acero de refuerzo debe protegerse durante su transporte, manejo y almacenamiento (NTCDCEC, 14.2.1).

11.1.1. Anclaje

La fuerza de tensión o compresión que actúa en el acero de refuerzo en toda la sección debe desarrollarse a cada lado de la sección considerada por medio de adherencia en una longitud suficiente de barra o algún dispositivo mecánico (NTCDCEC, 5.1.1).

Longitud de desarrollo

Barras rectas

La longitud de desarrollo, L_d , en la cual se considera que una barra a tensión se ancla de modo que desarrolle su esfuerzo de fluencia, se obtendrá multiplicando la longitud básica, L_{db} , por el factor o los factores indicados en la tabla siguiente.

Factores que modifican la longitud básica de desarrollo:

Barras de diámetro igual a 19.1 mm (número 6) o menor:	0.8
Barras horizontales o inclinadas colocadas de manera que bajo ellas se cuelen más de 300 mm de concreto:	1.3
En concreto ligero:	1.3
Barras con f_y mayor de 412 MPa (4 200 Kg/cm ²):	$2 - \frac{412}{f_y}; (2 - \frac{4200}{f_y})$
Barras torcidas en frío de diámetro igual o mayor que 19.1 mm (número 6):	1.2
Acero de flexión en exceso (excepto en zonas de articulaciones plásticas y marcos dúctiles).	$\frac{A_{s,requerida}}{A_{s,proporcionada}}$
Barras lisas:	2.0
Barras cubiertas con resina epóxica, o con lodo bentonítico:	

Recubrimiento libre de concreto menor que $3d_b$ (d_b diámetro nominal de la barra, en mm), o separación libre entre barras menor que $6d_b$: 1.5

Otras condiciones: 1.2

Todos los otros casos: 1.0

Estos factores son aplicables a barras de diámetro no mayor de 38.1 mm (número 12).

En ningún caso la longitud de desarrollo, L_d , será menor de 300 mm.

La longitud de desarrollo, L_d , de cada barra que forme parte de un paquete de tres barras será igual a la que requeriría si estuviera aislada, multiplicada por 1.2. Cuando el paquete es de dos barras no se modifica la longitud de desarrollo, L_d (NTCDCEC, 5.1.2.1).

Longitud de desarrollo de una barra a compresión será cuando menos el 60 por ciento de la que se requeriría a tensión. En ningún caso será menor de 200 mm (NTCDCEC, 5.1.3).

Cálculo de la longitud básica (NTCDCEC, 5.1.2)

$$L_{db} = \frac{1.15a_s f_y}{(c + K_{tr})\sqrt{f'_c}} \geq 0.36 \frac{d_b f_y}{\sqrt{f'_c}}$$

$$\left(L_{db} = \frac{a_s f_y}{3(c + K_{tr})\sqrt{f'_c}} \geq 0.11 \frac{d_b f_y}{\sqrt{f'_c}} \right)$$

Donde:

a_s Área transversal de la barra.

c Separación o recubrimiento; úsese el menor de los valores siguientes:

- 1) Distancia del centro de la barra a la superficie de concreto más próxima;
- 2) La mitad de la separación entre centros de barras.

K_{tr} Índice de refuerzo transversal; igual a $\frac{A_{tr} f_{yv}}{10sn}$, si se usan MPa y mm, ($\frac{A_{tr} f_{yv}}{100sn}$, kg/cm² y cm);

A_{tr} Área total de las secciones rectas de todo el refuerzo transversal comprendido en la separación s , y que cruza el plano potencial de agrietamiento entre las barras que se anclan;

f_{yv} Esfuerzo especificado de fluencia de refuerzo transversal;

s Máxima separación centro a centro del refuerzo transversal, en una distancia igual a

L_d , y

n Número de barras longitudinales en el plano potencial de agrietamiento.

Por sencillez en el diseño, se permite suponer $K_{tr} = 0$, aunque haya refuerzo transversal.

Barras con dobleces

Las barras a tensión que terminan con dobleces de 90 ó 180 grados, seguidos de tramos rectos de longitud no menor de $12 d_b$ para dobleces a 90 grados, ni menor que $4 d_b$ para dobleces a 180 grados (NTCDCEC, 5.1.2.2).

El radio interior de un doblez no será menor que $\frac{f_y}{19} \sqrt{f'c}$ veces el diámetro de la barra doblada ($\frac{f_y}{60} \sqrt{f'c}$, si se usan Kg/cm^2), a menos que dicha barra quede doblada alrededor de otra de diámetro no menor que el de ella, o se confine adecuadamente el concreto (NTCDCEC, 5.5).

Todos los dobleces se harán en frío, excepto cuando el Corresponsable en Seguridad Estructural, o el Director Responsable de Obra, cuando no se requiera Corresponsable, permita calentamiento, pero no se admitirá que la temperatura del acero se eleve a más de la que corresponde a un color rojo café, aproximadamente 803 K [530° C], si no está tratada en frío, ni a más de 673 K (400° C) en caso contrario. No se permitirá que el enfriamiento sea rápido (NTCDCEC, 14.2.1).

Estribos

Los estribos deben rematar con una esquina con dobleces de 135 grados, seguidos de tramos rectos de no menor de $6 d_b$ de largo, ni menor de 80 mm. En cada esquina del estribo debe quedar por lo menos una barra longitudinal (NTCDCEC, 5.1.7).

11.1.2 Unión de barras

Uniones de barras sujetas a tensión

En lo posible deben evitarse las uniones en secciones de máximo esfuerzo de tensión. Se procurará, asimismo, que en una cierta sección cuando más se unan barras alternadas (NTCDCEC, 5.6.1.1).

La longitud de un traslape no será menor que 1.33 veces la longitud de desarrollo, L_d , ni menor que $(0.1f_y - 6)$ veces el diámetro nominal de la barra, f_y en MPa o $[0.01f_y - 6] d_b$, si se usan kg/cm^2 (NTCDCEC, 5.6.1.3).

Las barras de refuerzo pueden unirse mediante traslapes o estableciendo continuidad por medio de soldadura o dispositivos mecánicos (NTCDCEC, 5.6). Las especificaciones y detalles dimensionales de las uniones deben mostrarse en los planos. Si se usan uniones soldadas o mecánicas deberá comprobarse experimentalmente su eficacia (NTCDCEC, 5.6.1.3).

Uniones de barras sujetas a compresión

Si la unión se hace por traslape, la longitud traslapada no será menor que la longitud de desarrollo para barras a compresión ni $(0.1f_y-10)$ veces el diámetro nominal de la barra, f_y en MPa, o $[0.01f_y-10] d_b$, si se usan kg/cm^2 (NTCDCEC, 5.6.3).

11.1.3. Recubrimiento necesario de acero de refuerzo

El recubrimiento y el detallado del acero serán tales que el concreto pueda ser colocado y compactado adecuadamente (NTCDCEC, 4.9.2).

El recubrimiento libre del acero de refuerzo será el mayor de los valores siguientes, a menos que se requieran recubrimientos mayores por resistencia al fuego (NTCDCEC, 4.9.1):

- a. El recubrimiento libre de toda barra de refuerzo no será menor que su diámetro, ni menor que: En columnas y trabes, 20 mm, en losas, 15 mm, y en cascarones, 10 mm. Si las barras forman paquetes, el recubrimiento libre, además, no será menor que 1.5 veces el diámetro de la barra más gruesa del paquete, o (NTCDCEC, 4.9.2)
- b. Cuando el concreto es colado sobre o contra el terreno y compactado, y no se conozcan las condiciones de agresividad del terreno, el recubrimiento para la superficie en contacto con el terreno será 75 mm o 50 mm si se emplea plantilla o membrana entre el terreno y el concreto por colar (NTCDCEC, 4.9.3).

11.1.4. Refuerzo por cambios volumétricos

El refuerzo por cambios volumétricos mínimo será igual a 0.002 en elementos estructurales protegidos de la intemperie, y 0.003 en los expuestos a ella, o estén en contacto con el terreno. La separación del refuerzo por cambios volumétricos no excederá de 500 mm ni de $3.5x_1$. Donde x_1 es la dimensión menor de la sección.

Debe aumentarse la cantidad de acero a no menos de 1.5 veces la prescrita en caso de contracción pronunciada, de manera que se evite agrietamiento excesivo. También, cuando sea necesario, particularmente, el buen aspecto de la superficie del concreto (NTCDCEC,

5.7).

11.1.5. Colocación de acero de refuerzo

Inmediatamente antes de su colocación se revisará que el acero no haya sufrido algún daño, en especial, después de un largo periodo de almacenamiento. Si se juzga necesario, se realizarán ensayos mecánicos en el acero dudoso.

El acero debe sujetarse en su sitio con amarres, silletas y separadores, de resistencia, rigidez y en número suficiente para impedir movimientos durante el colado (NTCDCEC, 14.2.1).

Las barras longitudinales pueden agruparse formando paquetes con un máximo de dos barras cada uno en columnas y de tres en vigas. Los paquetes de barras deben amarrarse firmemente con alambre (NTCDCEC, 5.4).

Antes de colar debe comprobarse que todo el acero se ha colocado en su sitio de acuerdo con los planos estructurales y que se encuentra correctamente sujeto.

Al efectuar el colado el acero debe estar exento de grasas, aceites, pintura, polvos, tierra, oxidación excesiva y cualquier sustancia que reduzca su adherencia con el concreto. A excepción del uso de recubrimientos epóxicos y lodos bentoníticos (NTCDCEC, 14.2.1).

11.1.6. Tolerancias en acero de refuerzo (NTCDCEC, 14.6)

- a. La localización de dobleces y cortes de barras longitudinales no debe diferir en más de $10 \text{ mm} + 0.01L$ de la señalada en el proyecto, siendo L el claro, excepto en extremos discontinuos donde la tolerancia será de 10 mm.
- b. La posición del acero de refuerzo de losas, zapatas, muros, cascarones, arcos, vigas será tal que no reduzca el peralte efectivo, d, en más de $3 \text{ mm} + 0.03d$ ni reduzca el recubrimiento en más de 5 mm. En columnas rige la misma tolerancia, pero referida a la mínima dimensión de la sección transversal en vez del peralte efectivo. La separación entre barras no diferirá de la de proyecto más de 10 mm más diez por ciento de dicha separación, pero en todo caso respetando el número de barras y su diámetro, y de tal manera que permita pasar el agregado grueso.
- c. Las dimensiones del refuerzo transversal de vigas y columnas, medidas según el eje de dicho refuerzo, no excederá a las de proyecto en más de $10 \text{ mm} + 0.05x$, siendo x la dimensión en que se considera la tolerancia, ni serán menores que las del proyecto en más de $3 \text{ mm} + 0.03x$.

- d. La separación del refuerzo transversal de vigas y columnas no diferirá de la de proyecto más de $10 \text{ mm} + 10$ por ciento de dicha separación, respetando el número de elementos de refuerzo y su diámetro.

No se permite soldar estribos, grapas, accesorios u otros elementos similares al refuerzo longitudinal requerido por diseño (NTCDCEC, 7.1.6).

No deben doblarse barras parcialmente ahogadas en concreto, a menos que se tomen las medidas para evitar que se dañe el concreto vecino (NTCDCEC, 14.2.1).

11.1.7. Extensiones futuras

Todo el acero de refuerzo, así como las placas y, en general, todas las preparaciones metálicas que queden expuestas a la intemperie con el fin de realizar extensiones a la construcción en el futuro, deberán protegerse contra corrosión y contra ataques de agentes externos (NTCDCEC, 14.2.3).

11.2. Cimbra

Las obras provisionales, como tapiales, obra falsa y cimbras, deben proyectarse para cumplir los requisitos de seguridad estructural (RCDF, art. 183).

Toda cimbra se construirá de manera que resista las acciones a que puede estar sujeta durante la construcción, incluyendo las fuerzas causadas por la colocación, compactación y vibrado del concreto. Debe ser lo suficientemente rígida para evitar movimientos y deformaciones excesivas; y suficientemente estaca para evitar el escurrimiento del mortero. En su geometría se incluirán las contra flechas prescritas en el proyecto (NTCDCEC, 14.1.1).

11.2.1. Tolerancias para cimbras

Las tolerancias que a continuación se señalan rigen con respecto a los planos constructivos del proyecto ajustado:

- a. Las dimensiones de la sección transversal de un miembro no excederán de las del proyecto en más de $10 \text{ mm} + 0.05x$, siendo x la dimensión en la dirección que se considera la tolerancia, ni serán menores que las del proyecto en más de $3 \text{ mm} + 0.03x$.
- b. La tolerancia en desplomo de una columna será de 5 mm más dos por ciento de la dimensión de la sección transversal de la columna paralela a la desviación.
- c. El eje centroidal de una columna no deberá distar de la recta que une los centroides

- de las secciones extremas, más de 5 mm más uno por ciento de la dimensión de la columna paralela a la desviación.
- d. La posición de los ejes de vigas con respecto a los de las columnas donde se apoyan no deberán diferir de las de proyecto en más de 10 mm más dos por ciento de la dimensión de la columna paralela a la desviación, no más de 10 mm más dos por ciento de ancho de la viga.
 - e. El eje centroidal de una viga no deberá distar de la recta que une los centroides de las secciones extremas, más de 10 mm más dos por ciento de la dimensión de la viga paralela a la desviación.
 - f. En ningún punto la distancia medida verticalmente entre losas de pisos consecutivos, diferirá de la de proyecto más de 30 mm, ni la inclinación de una losa respecto a la de proyecto más de uno por ciento.
 - g. La desviación angular de una línea de cualquier sección transversal de un miembro respecto a la dirección que dicha línea tendría según el proyecto, no excederá de cuatro por ciento.
 - h. Si un miembro estructural no es claramente clasificable como columna o viga, se aplicarán las tolerancias relativas a columnas, con las adaptaciones que procedan si el miembro en cuestión puede verse sometido a compresión axial apreciable, las correspondientes trabes en caso contrario. En cascarones rigen las tolerancias relativas a losas, con las adaptaciones que procedan.

De no satisfacerse cualquiera de las tolerancias especificadas, el Corresponsable en Seguridad Estructural o el Director Responsable de Obra, cuando no se requiera Corresponsable, estudiará las consecuencias que de ahí deriven y tomará las medidas pertinentes para garantizar la estabilidad y correcto funcionamiento de la estructura (NTCDCEC, 14.6).

Inmediatamente antes del colado deben limpiarse los moldes cuidadosamente. Si es necesario se dejarán registros en la cimbra para facilitar la limpieza. La cimbra de madera o de algún material absorbente deberá estar húmeda durante un periodo mínimo de dos horas antes del colado. Se recomienda cubrir los moldes con algún lubricante para protegerlos y facilitar el descimbrado (NTCDCEC, 14.1.1).

11.2.2. Descimbrado

Todos los elementos estructurales deben permanecer cimbrados el tiempo necesario para que el concreto alcance la resistencia suficiente para soportar su propio peso y otras cargas que actúen durante la construcción, así como para evitar que las deflexiones sobrepasen los valores fijados (NTCDCEC, 14.1.2).



Foto 17. Cimbra muro. Ubicación: Av. Universidad esquina Rodríguez Saro. Período de construcción marzo a septiembre de 1994.

11.3. Concreto

11.3.1. Elaboración del concreto

El concreto podrá ser dosificado en una planta central y transportado a la obra en camiones revolventoras, o dosificado y mezclado en una planta central y transportado a la obra en camiones agitadores, o bien podrá ser elaborado directamente en la obra.

La dosificación establecida para el concreto no deberá alterarse, en especial el contenido de agua (NTCDCEC, 14.3.2).

Todo concreto estructural debe mezclarse por medios mecánicos. El de clase 1 debe proporcionarse por peso; el de clase 2 puede proporcionarse por volumen (NTCDCEC, 1.5.1.2).

El concreto clase 1, premezclado o hecho en obra, deberá ser elaborado en una planta de de dosificación y mezclado de acuerdo con los requisitos de elaboración establecidos en la norma NMX-C-403.

El concreto clase 2, si es premezclado, deberá satisfacer los requisitos de elaboración de la norma NMX-C-155. Si es hecho en obra, podrá ser dosificado en peso o en volumen, pero deberá ser mezclado en una revolvedora mecánica, ya que no se permitirá la mezcla manual de concreto estructural (NTCDCEC, 14.3.2).

El tamaño máximo de los agregados no deberá ser mayor que:

- a. Un quinto de la menor distancia horizontal entre caras de los moldes;
- b. Un tercio del espesor de losas, ni
- c. Tres cuartos de la separación horizontal libre mínima entre barras, paquetes de barras.

Estos requisitos pueden omitirse cuando las condiciones del concreto fresco y los procedimientos de compactación que se apliquen permitan colocar el concreto sin que queden huecos (NTCDCEC, 5.3).

11.3.2. Transporte

Los métodos que se empleen para transportar el concreto serán tales que eviten la segregación o pérdida de sus ingredientes (NTCDCEC, 14.3.5).

11.3.3. Colocación y compactación

Antes de efectuar un colado deben limpiarse los elementos de transporte y el lugar donde se va a depositar el concreto (NTCDCEC, 14.3.5).

El lugar en el que se colocará el concreto deberá cumplir con lo siguiente (NTCDCEC, 14.3.6):

- a. Estar libre de material suelto como partículas de roca, polvo, clavos, tornillos, tuercas, basura;
- b. Los moldes que recibirán el concreto deben estar firmemente sujetos;
- c. Las superficies de mampostería que vaya en contacto con el concreto deberán humedecerse previamente al colado;
- d. El acero de refuerzo deberá estar completamente limpio y adecuadamente colocado y sujeto, y
- e. No deberá existir agua en el lugar del colado, a menos que se hayan tomado las medidas necesarias para colar concreto en agua.

Antes de iniciar un colado las superficies de contacto se limpiarán y saturarán con agua. Se tomará especial cuidado en todas las juntas de columnas y muros en lo que respecta a su

limpieza y a la remoción de material suelto o poco compacto (NTCDCEC, 14.3.10). De ninguna manera se permitirá la colocación de concreto contaminado con materia orgánica (NTCDCEC, 14.3.6).

Los procedimientos de colocación y compactación serán tales que aseguren una densidad uniforme del concreto y eviten la formación de huecos. El concreto se vaciará en la zona del molde donde vaya a quedar en definitiva y se compactará con picado, vibrado o apisonado. No se permitirá trasladar el concreto mediante el vibrador (NTCDCEC, 14.3.6).



Foto 18. Muro de concreto. Ubicación: Huixquilucan, Edo. de México. Período de mayo a diciembre de 1996.

El espesor de zapatas, losas, muros y cascarones no excederá al de proyecto en más de $5 \text{ mm} + 0.05t$, t es el espesor de proyecto, ni será menor que éste más $3 \text{ mm} + 0.03t$ (NTCDCEC, 6.6.3).

11.3.4. Temperatura

Cuando la temperatura ambiental durante el colado o poco después sea inferior a 278 K (5° C) se tomarán las precauciones especiales tendientes a contrarrestar el descenso en resistencia y el retardo en endurecimiento, y se verificará que estas características no hayan sido desfavorablemente afectadas (NTCDCEC, 14.3.7).

11.3.5. Curado

El concreto debe mantenerse en un ambiente húmedo por lo menos durante siete días en el caso de cemento ordinario y tres días si se empleó cemento de alta resistencia inicial. Estos lapsos se aumentarán si la resistencia desciende a menos de 278 K (5° C).

Para acelerar la adquisición de resistencia y reducir el tiempo de curado, puede usarse el curado con vapor a alta presión, vapor a presión atmosférica, calor y humedad, o algún otro procedimiento que sea aceptado.

El proceso de curado que se aplique debe producir concreto cuya durabilidad sea por lo menos equivalente a la obtenida con curado en ambiente húmedo (NTCDCEC, 14.3.9).

11.3.6. Juntas de colado

Las juntas de colado se ejecutarán en los lugares y con la forma que indiquen los planos estructurales (NTCDCEC, 14.3.10).

11.3.7. Inclusiones en el concreto

Debe evitarse la inclusión de elementos no estructurales en el concreto, en particular tubos de alimentación o desagüe dentro de la columna (NTCDCEC, 5.8).

No se permitirá la inclusión de tuberías y ductos de aluminio en elementos de concreto, a menos que se tengan cubiertas o protecciones especiales para evitar la reacción electrolítica entre el aluminio y el acero de refuerzo (NTCDCEC, 14.3.11).

Las dimensiones y ubicación de los elementos no estructurales que lleguen a quedar dentro del concreto, así como los procedimientos de ejecución usados en la inclusión, serán tales que no afecten indebidamente las condiciones de resistencia y deformabilidad, ni que impidan que el concreto penetre, sin segregarse, en todos los intersticios (NTCDCEC, 5.8).

Tuberías y ductos incluidos en el concreto

Con excepciones, se permitirá la inclusión de tuberías y ductos en los elementos de concreto, siempre y cuando se prevean en el diseño estructural, sean de material no perjudicial para el concreto y sean aprobados por el Corresponsable en Seguridad Estructural, o el Director Responsable de Obra cuando no se requiera Corresponsable.

Las tuberías y los ductos deberán diseñarse para resistir los efectos del concreto, la presión y la temperatura a la que estarán expuestos al quedar incluidos en el concreto.

No se permitirá la inclusión de tuberías y ductos longitudinales en columnas y en elementos de refuerzo en los extremos de muros.

Excepto cuando se haya establecido en los planos o haya sido aprobado por el Corresponsable en Seguridad Estructural, o el Director Responsable de Obra cuando no se requiera Corresponsable, las tuberías y los ductos incluidos en losas, muros y trabes de concreto deberán cumplir con lo siguiente:

- a. El diámetro exterior no será mayor que $1/3$ del espesor de la losa o del ancho del muro y de la trabe;
- b. Estarán colocados con una separación, medida de centro a centro, mayor que tres veces el diámetro de los ductos, y
- c. No deberán afectar significativamente la resistencia de los elementos de concreto.

En losas, las tuberías y los ductos deberán quedar incluidos entre el acero de refuerzo inferior y superior, a menos que sean para captar agua o materiales exteriores.

El recubrimiento mínimo para tuberías y ductos no será menor que 40 mm para elementos expuestos a la intemperie o en contacto con el terreno, ni menos que 20 mm para elementos no expuestos a la intemperie y que no estén en contacto con el terreno.

Las tuberías y ductos deberán construirse y colocarse de tal manera que no se requiera cortar, doblar, ni mover de su posición original el acero de refuerzo.

Las tuberías no deberán contener líquidos, gas, vapor ni agua a altas temperaturas, hasta que el concreto haya alcanzado completamente la resistencia de diseño (NTCDCEC, 14.3.11).

11.3.8. Concreto simple

El uso del concreto simple con fines estructurales se limitará a (NTCDCEC, 13.1):

- a. Miembros que estén apoyados sobre el suelo en forma continua, o soportados por otros miembros estructurales capaces de proporcionar apoyo vertical continuo;
- b. Miembros para los cuales la acción de arco origina compresión bajo todas las condiciones de carga, o
- c. Muros y pedestal. No se permite el uso de concreto simple en columnas con fines estructurales.

Se proporcionarán juntas de construcción o de aislamiento para dividir los miembros estructurales de concreto simple en elementos a flexión discontinuos. El tamaño de cada elemento limitará el incremento excesivo en los esfuerzos internos generados por las restricciones al movimiento originado por la deformación diferida, la contracción por secado, y los efectos de temperatura (NTCDCEC, 13.2).

En la determinación del número y localización de las juntas de contracción o aislamiento se le dará atención a (NTCDCEC, 13.2):

- a. Influencia de las condiciones climáticas;

- b. Selección y proporcionamiento de materiales;
- c. Mezclado, colocación y curado del concreto;
- d. Grado de restricción al movimiento;
- e. Esfuerzos debidos a las cargas que actúan sobre el elemento, y
- f. Técnicas de construcción.

El espesor del firme no será menor de 60 mm, si el claro es mayor de 6 m o más. En ningún caso será menor que 30 mm (NTCDCEC, 6.6.3).



Foto 19. Reparación de edificio afectado por el sismo de septiembre de 1985. Ubicación: Av. Guerrero esquina Puente de Alvarado. Período de reparación mayo de 1986 a febrero de 1987.

11.3.9. Morteros aplicados neumáticamente

El mortero aplicado neumáticamente cumplirá con los requisitos de compacidad, resistencia y demás propiedades que especifiquen el proyecto. Se aplicará perpendicularmente a la superficie en cuestión, la cual deberá estar limpia y húmeda (NTCDCEC, 14.3.8).

11.3.10. Concreto presforzado

El acero de presfuerzo cumplirá con las normas NMX-B-292 o NMX-B-293 (NTCDCEC, 1.5.2).

Elementos de acero para presfuerzo (NTCDCEC, 9.1.1):

- Alambre: Refuerzo de acero de presfuerzo y que, por lo general, se suministra en forma de rollo.
- Barra: Refuerzo de acero que puede ser de presfuerzo, que cumple con las normas NMX-B-293 o NMX-B-292 y que comúnmente se suministra en tramos rectos.
- Torón: Grupo de alambres torcidos en forma de hélice alrededor de un alambre recto longitudinal.
- Cable: Elemento formado por varios alambres o torones.
- Tendón: Elemento utilizado para transmitir presfuerzo, que puede estar formado por alambres, barras o torones individuales o torones o por grupos de estos.

El acero de presfuerzo debe protegerse durante su transporte, manejo y almacenamiento.

Los tendones de presfuerzo que presenten algún doblez concentrado no se deben tratar de enderezar, sino que se rechazarán.

La cimbra para miembros de concreto presforzado deberá diseñarse y construirse de tal manera que permita el movimiento del elemento sin provocar daño durante la transferencia de la fuerza de presfuerzo.

Los elementos de concreto presforzado deberán permanecer cimbrados hasta que la fuerza de presfuerzo haya sido aplicada y sea tal que, por lo menos, permita soportar el peso propio del elemento y las cargas adicionales que se tengan inmediatamente después del descimbrado (NTCDCEC, 14.1.2).

Lechada para los tendones de presfuerzo

La lechada deberá estar constituida por cemento y agua, o por cemento, arena y agua (NTCDCEC, 9.6.10). Las características de la lechada se determinarán de acuerdo con la norma NMX-C-061 (NTCDCEC, 14.4.1).

La lechada para inyección debe ser de cemento portland y agua, o de cemento portland, arena y agua. Para controlar la manejabilidad, reducir el sangrado y la contracción

pueden usarse aditivos que no sean dañinos a la lechada, al acero, ni al concreto. No debe utilizarse cloruro de calcio.

El contenido de agua será el mínimo para que la lechada pueda bombearse adecuadamente, pero no será mayor de 0.50 en relación con el cemento, en peso.

El proporcionamiento de la lechada debe basarse en lo señalado en alguno de los incisos siguientes:

- a. Resultado de ensayos sobre lechada fresca y lechada endurecida realizados antes de iniciar las operaciones de inyección, o
- b. Experiencia previa documentada, con materiales y equipos semejantes y en condiciones de campo comparables.

La lechada debe mezclarse con equipo capaz de suministrar mezclado y agitación mecánicos continuos que den lugar a una distribución uniforme de los materiales, asimismo, debe cribarse y bombearse de modo que llene completamente los ductos de los tendones.

Durante el mezclado y el bombeo, la temperatura de la lechada no debe exceder de 303 K (30° C). La temperatura del elemento presforzado, cuando se inyecte la lechada, debe ser mayor de 275 K (2° C), y debe mantenerse por este valor hasta que la resistencia de cubos de 50 mm, fabricados con la lechada y curados en la obra, llegue a 5.5 MPa (55 kg/cm²) (NTCDCEC, 14.4.1).

Tendones de presfuerzo

Las operaciones con soplete y las de soldadura en la proximidad del acero de presfuerzo deben realizarse de modo que éste no quede sujeto a temperaturas excesivas, chispas de soldadura, o corrientes eléctricas a tierra (NTCDCEC, 14.4.2).

Aplicación y medición de la fuerza de presfuerzo

Las fuerzas de presfuerzo se determinará con un dinamómetro o una celda de carga, o midiendo la presión en el aceite del gato con un manómetro y, además, midiendo el alargamiento del tendón. Debe determinarse y corregirse las causas de toda discrepancia mayor de 5 por ciento entre la fuerza determinada a partir del alargamiento del tendón y la obtenida con el otro procedimiento. Para determinar a que alargamiento corresponde una cierta fuerza de presfuerzo se usarán las curvas fuerza-alargamiento de los tendones empleados.

Cuando la fuerza de pretensado se transfiera al concreto cortando los tendones con soplete, la localización de los cortes y el orden en que se efectúen debe definirse de antemano con el criterio de evitar esfuerzos temporales indeseables. Los tramos largos de torones expuestos se cortarán cerca del elemento presforzado para reducir al mínimo el impacto sobre el concreto.

La pérdida total de presfuerzo debido a tendones rotos no repuestos no debe exceder de 2 por ciento del presfuerzo total (NTCDCEC, 14.4.3).

11.3.11. Estructuras prefabricadas

Los medios de sujeción o rigidización temporales, el equipo de izado, los apoyos provisionales, etc., deben de diseñarse para las fuerzas que puedan presentarse durante el montaje, incluyendo los efectos del sismo y viento, así como las deformaciones que se prevea ocurrirán durante estas operaciones.

Debe verificarse que los dispositivos y procedimientos constructivos empleados garanticen que los miembros prefabricados se mantengan correctamente en su posición, mientras adquieran resistencia las conexiones coladas en el lugar.

Se revisará la estabilidad de la construcción ante efectos del viento durante el proceso de erección. Puede necesitarse por este concepto apuntalamientos y contravientos provisionales (NTCDCEC, 14.5).

Conexiones

Cuando se utilicen colados en sitio para garantizar la continuidad de una conexión, donde quiera que ésta se encuentre, deberán realizarse por la parte superior de ella obligando al uso de cimbras en caras laterales (costados) e inferiores (fondo) de conexiones.

Todas las superficies de los elementos prefabricados que formen parte de una conexión deberán tener un acabado rugoso, de 5 mm de amplitud aproximadamente, estas superficies se limpiarán y se saturarán con agua 24 horas antes de colar la conexión. En el colado de la conexión se incluirá un aditivo estabilizador de volumen (NTCDCEC, 10.3).

12. Estructuras metálicas

Antes de iniciar la obra se elaborarán planos de anclas, de fabricación y de montaje.

En los planos de anclas se indicarán todos los elementos que deben quedar ahogados en la cimentación o en la estructura de concreto en la que se apoye la estructura metálica, y que son necesarios para transmitir las acciones que cada una de ellas ejerce sobre la obra.



Foto 20. Anclas para recibir estructura. Ubicación: Av. Universidad esquina Rodríguez Saro. Período de construcción marzo a septiembre de 1994.

En los planos de fabricación (planos de taller o de detalle) se proporcionará toda la información necesaria para la habilitación de la estructura en el taller. Los planos de fabricación se prepararán antes de iniciar la fabricación de la estructura.

En los planos de montaje se indicará la posición de los diversos elementos que

componen la estructura y se señalarán las juntas de campo entre ellos, con indicaciones precisas para su elaboración.

Tanto en los planos de fabricación y como en los de montaje deben indicarse las soldaduras por medio de símbolos que representen claramente, sin ambigüedades, su posición, dimensiones, características, preparación en el metal base. Cuando sea necesario, estos símbolos se complementarán con notas en el plano. En todos los casos deben indicarse, con toda claridad, los remaches, tornillos o soldaduras que se colocarán en el taller y aquellos que deben instalarse en la obra (NTCDCEM, 11.1).

Cuando no se especifique ninguna contraflecha en los dibujos de detalle de vigas o armaduras, éstas se fabricarán y montarán de manera que las pequeñas contraflechas debidas a laminado o armado en el taller queden hacia arriba en la estructura montada.

Cuando haya requisitos relativos a las contraflechas de los elementos estructurales, estos requisitos deberán indicarse en los documentos referentes a la construcción (NTCDCEM, 7.1).

12.1. Fabricación

Todo el material que se vaya a utilizar en estructuras debe enderezarse previamente, excepto en los casos en que por las condiciones del proyecto tenga forma curva. El enderezado se hará de preferencia en frío, por medios mecánicos, pero puede aplicarse también calor, en zonas locales. La temperatura en las zonas calentadas, medida a través de procedimientos adecuados, no debe sobrepasar 923 K (650° C).

Los procedimientos anteriores pueden utilizarse también para dar contraflecha a los elementos estructurales que lo requieran (NTCDCEM, 11.2.1).

Los cortes pueden hacerse con cizalla, sierra o soplete, estos últimos se harán de preferencia a máquina. Los cortes con soplete requieren un acabado correcto, libre de rebabas. Se admiten muescas o depresiones ocasionales de no más de 5 mm de profundidad, pero todas las que tengan profundidades mayores deben eliminarse con esmeril o repararse con soldadura.

Los cortes en ángulo deben hacerse con el mayor radio posible, nunca menor de 25 mm, para proporcionar una transición continua y suave. Si se requiere un contorno específico, se indicará en los planos de taller.

Los extremos de piezas que transmiten compresión por contacto directo tienen que

prepararse por medio de cortes muy cuidadosos, cepillados u otros medios que proporcionen un acabado semejante.

Las preparaciones de los bordes de piezas en los que se vaya a depositar soldadura pueden efectuarse con soplete (NTCDCEM, 11.2.2).

Conexiones

Las conexiones deben ser capaces de transmitir los elementos mecánicos calculados en los miembros que ligen, satisfaciendo, al mismo tiempo, las condiciones de restricción y continuidad supuestas en el análisis (NTCDCEM, 5.1).

Soldadura

Las recomendaciones que se dan aquí se complementan con las de la última versión de “Structural Welding Code-Steel”, AWS D1.1 de la Sociedad Americana de la Soldadura (American Welding Society).

El tipo de soldadura aplicable en la construcción metálica es el de arco eléctrico con electrodo metálico, aplicado manual, semiautomático o automático (NTCDCEM, 5.2.1).

Los procesos aprobados son soldadura manual con electrodo recubierto, la soldadura automática de arco sumergido, la protegida con gases y la soldadura con electrodo con corazón fundente. Pueden utilizarse otros procedimientos si se califican adecuadamente para los casos en que se vayan a usar.

Se usará el electrodo o la combinación de electrodo y fundente, adecuados al material base que se esté soldando, teniendo especial cuidado en aceros con altos contenidos de carbón u otros elementos aleados, y de acuerdo con la posición en que se deposite la soldadura. La resistencia del material depositado con electrodo será compatible con la del metal base.

Se seguirán las instrucciones del fabricante respecto a los parámetros que controlan el proceso de soldadura, como son voltaje, amperaje, polaridad y tipo de corriente (NTCDCEM, 5.2.2).

Para que una soldadura sea compatible con el metal base, tanto el esfuerzo de fluencia mínimo como el esfuerzo mínimo de ruptura en tensión del metal de aportación depositado, sin mezclar con el metal base, deben ser iguales o ligeramente mayores que los correspondientes del metal base (NTCDCEM, 5.2.2.1).

Las superficies en que se vaya a depositar la soldadura estarán libres de costras,

escoria, óxidos, grasas, pintura o cualquier otro material extraño, debiendo quedar tersas, uniformes y libres de rebabas, y no presentar desgarraduras, grietas u otros defectos que puedan disminuir la eficiencia de las junta soldada; se permite que haya costras de laminado que resistan un cepillado vigoroso con cepillo de alambre, un recubrimiento anticorrosivo delgado o un compuesto para evitar la salpicadura de soldadura. Siempre que sea posible, la preparación de bordes por medio de soplete oxiacetilénico se efectuará con sopletes guiados mecánicamente (NTCDCEM, 11.2.3.1).

Deben biselarse los extremos de las placas entre las que va a colocarse la soldadura para permitir el acceso del electrodo, y utilizarse placa de respaldo o, de no ser así, debe quitarse con un cincel o con otro medio adecuado la capa inicial de la raíz de la soldadura, hasta descubrir material sano y antes de colocar la soldadura por el segundo lado, para lograr fusión completa en toda la sección transversal. En placas delgadas a tope el bisel puede no ser necesario.

Cuando se use placa de respaldo de material base, debe quedar fundida con la primera capa de metal de aportación. Excepto en los casos en que se indique lo contrario en los planos de fabricación o montaje, no es necesario quitar la placa de respaldo, pero puede hacerse si se desea, tomando las precauciones necesarias para no dañar ni el metal base ni el depositado.

Los extremos de las soldaduras de penetración completa deben terminarse de manera que asegure su sanidad; para ello se usarán, siempre que sea posible, placas de extensión, las que se quitarán después de terminar la soldadura, dejando los extremos de ésta lisos y alineados con las partes unidas.

En soldaduras depositadas en varios pasos debe quitarse la escoria de cada uno de ellos antes de colocar el siguiente (NTCDCEM, 11.3.3).

Antes de depositar la soldadura, el metal base debe precalentarse a una temperatura suficiente para evitar la formación de grietas. Esta temperatura debe conservarse durante el proceso de colocación de la soldadura, en una distancia cuando menos igual al espesor de la parte soldada más gruesa, pero no menor de 75 mm, en todas las direcciones, alrededor del punto en el que se está depositando el metal de aportación.

Se exceptúan los puntos de soldadura colocados durante el armado de la estructura que se volverán a fundir y quedarán incorporados en soldaduras continuas realizadas por el

proceso de arco sumergido.

Cuando el metal base esté a una temperatura inferior a 273 K (0° C) debe precalentarse a 293 K (20° C) como mínimo, o a la temperatura de precalentamiento, si ésta es mayor, antes de efectuar cualquier soldadura, aun puntos para armado (NTCDCEM, 11.2.3.4).



Foto 21. Armadura. Ubicación: Av. Insurgentes casi esquina Félix Cuevas. Período de junio a noviembre de 1998.

Las piezas entre las que se ha de colocar soldaduras de filete deben ponerse en contacto; cuando esto no sea posible, su separación no excederá de 5 mm. Si la separación es de 1.5 mm, o mayor, el tamaño de la soldadura de filete se aumentará en una cantidad igual a la separación. La separación entre las superficies en contacto de juntas traslapadas, así como entre las placas de juntas a tope y la placa de respaldo, no excederá de 1.5 mm.

Las partes que se vayan a soldar a tope deben alinearse cuidadosamente, corrigiendo faltas en el alineamiento mayores que 1/10 del grueso de la parte más delgada, y también las mayores de 3 mm.

Siempre que sea posible, las piezas de soldar se colocarán de manera que la soldadura se deposite en posición plana.

Las partes por soldar se mantendrán en su posición hasta terminar el proceso de soldadura, mediante el empleo de pernos, prensas, cuñas, tirantes, puntales u otros

dispositivos adecuados, o por medio de puntos provisionales de soldadura. En todos los casos se tendrán en cuenta las deformaciones producidas por la soldadura durante su colocación.

Los puntos provisionales de soldadura deben cumplir los mismos requisitos de las soldaduras finales; si se incorporan en éstas, se harán con los mismos electrodos que ellas, y se limpiarán cuidadosamente; en caso contrario, se removerán con un esmeril hasta emparejar la superficie original del material base.

Al armar y unir partes de una estructura o de miembros compuestos se seguirán procedimientos y secuencias en la colocación de las soldaduras que eliminen distorsiones innecesarias y minimicen los esfuerzos de contracción. Cuando no sea posible evitar esfuerzos residuales altos al cerrar soldaduras en conjuntos rígidos, el cierre se hará en elementos que trabajen a compresión (NTCDCEM, 11.2.3.2).



Foto 22. Estructura metálica. Ubicación: Lomas Estrella, Del. Iztapalapa. Período de febrero a septiembre de 1994.

Estructuras remachadas o atornilladas

El uso de los tornillos de alta resistencia se hará de acuerdo con la última versión de las Especificaciones para Uniones Estructurales con tornillos ASTM A 325 o A 490 del Instituto Mexicano de la Construcción en Acero, A.C., o de “Load and Resistente Factor

Desing Specification For Structural Joints Using ASTM A 325 OR A 490 Bolts”, del Consejo de Investigaciones sobre Conexiones Estructurales (RCSC) (NTCDCEM, 11.2.4).

Los tornillos deben satisfacer los requisitos de alguna de las especificaciones H-124 (ASTM A 325) o H-123 (ASTM A 490) (NTCDCEM, 5.3.1).

El número mínimo de remaches o tornillos en una conexión es dos (NTCDCEM, 5.1.1).

Dependiendo del tipo de conexión, puede, o no, requerirse que los tornillos se instalen apretándolos hasta que haya en ellos una tensión especificada mínima. El apriete puede hacerse por alguno de los métodos siguientes: vuelta de la tuerca, con un indicador directo de tensión, una llave calibrada, o con un tornillo de diseño especial (NTCDCEM, 5.3.1).

Cuando se emplea el método de la vuelta de la tuerca no requieren roldadas endurecidas, excepto cuando se usen tornillos A 490 para conectar material que tenga un límite de fluencia especificado menor que 275 MPa (2 800 kg/cm²); en ese caso se colocarán roldadas endurecidas bajo la tuerca y la cabeza del tornillo (NTCDCEM, 11.2.4.1).

En conexiones con tornillos de alta resistencia, las roldadas de placas o las de soleras continuas serán de acero de grado estructural, de menos de 8 mm de grueso (NTCDCEM, 5.3.4).

Todas las partes de miembros que estén en proceso de colocación de remaches o tornillos se mantendrán en contacto entre sí rígidamente, por medio de tornillos provisionales.

Las superficies de contacto en conexiones por fricción estarán libres de aceite, pintura u otros recubrimientos, excepto en los casos en que se cuente con información sobre el comportamiento de conexiones entre partes con superficies de características especiales.

Durante la colocación de las partes que se unirán entre sí no debe distorsionarse el metal ni agrandarse los agujeros. Una concordancia pobre entre agujeros es motivo de rechazo.

Las superficies de partes unidas con tornillos de alta resistencia que estén en contacto con la cabeza del tornillo o con la tuerca tendrán una pendiente no mayor que 1:20 con respecto a un plano normal al eje del tornillo. Si la pendiente es mayor se utilizarán roldadas endurecidas para compensar la falta de paralelismo.

Las partes unidas con tornillos de alta resistencia deberán ajustarse perfectamente, sin que haya ningún material comprensible entre ellas. Todas las superficies de las juntas, incluyendo las adyacentes a las roldadas, estarán libres de costras de laminado, exceptuando las que resistan un cepillado riguroso hecho con cepillo de alambre, así como de basura, escoria o cualquier otro defecto que impida que las partes se asienten perfectamente.

Los remaches deben colocarse por medio de remachadoras de compresión u operadas manualmente, neumáticas, hidráulicas u eléctricas. Una vez colocados, deben llenar totalmente el agujero y quedar apretados, con sus cabezas en contacto completo con la superficie (NTCDCEM, 11.2.4.1).

Los remaches se colocan en caliente; sus cabezas terminadas deben tener una forma aproximadamente semiesférica, entera, bien acabada y concéntrica con los agujeros, de tamaño uniforme para un mismo diámetro. Antes de colocarlos se calientan uniformemente a una temperatura no mayor de 1273 K (1000° C), la que debe mantenerse a no menos de 813 K (540° C) durante la colocación.

Antes de colocar los remaches o tornillos se revisarán la posición, alineamiento y diámetro de los agujeros, y posteriormente se comprobará que sus cabezas estén formadas correctamente y se revisarán por medios acústicos y, en el caso de tornillos, se verificará que las tuercas estén correctamente apretadas y que se hayan colocado las roldadas, cuando se haya especificado su uso. La rosca del tornillo debe sobresalir de la tuerca no menos de 3 mm (NTCDCEM, 11.2.4.2).

Los tipos de agujeros reconocidos son estándar, los sobredimensionados, los alargados cortos y los alargados largos.

Los agujeros serán estándar, excepto en los casos en que el diseñador apruebe, en conexiones atornilladas, el uso de agujeros de algún otro tipo.

Los agujeros pueden punzonarse en material de grueso no mayor que diámetro nominal de los remaches o tornillos más 3 mm (1/8 pulg.), pero deben taladrarse o punzonarse a un diámetro menor, y después rimarse, cuando el material es más grueso.

El dado para todos los agujeros subpunzonados, y el taladro para los subtaladros, deben ser cuando menos 1.5 mm (1/16 pulg.) menor que el diámetro nominal del remache o tornillo (NTCDCEM, 11.2.3.2).

12.1.2. Alineado y plomeado

No se colocarán remaches, pernos ni soldadura permanente, hasta que la parte de la estructura que quede rigidizada por ellos, esté alineada y plomeada (NTCDCEM, 11.3.5).

12.1.3. Pintura

Antes del montaje, todos los elementos se protegerán adecuadamente, con pintura u otros productos que retracen el proceso de corrosión, excepto cuando en los dibujos de fabricación o montaje se indique que algunas partes de la estructura no deben pintarse.

Los elementos de acero estructural se protegerán contra la corrosión, para evitar que ésta ocasione disminución de resistencia o perjudique su comportamiento en condiciones de servicio (NTCDCEM, 7.4).

Después de inspeccionadas o aprobadas, y antes de salir del taller, todas las piezas que deben pintarse se limpiarán cepillándolas vigorosamente, a mano, con cepillo de alambre, o con chorro de arena, para eliminar escamas de laminado, óxido, escoria de soldadura, basura y, en general, toda materia extraña. Los depósitos de aceite y grasa se quitarán por medio de solventes.

Las piezas que no requieran pintura de taller se deben limpiar también, siguiendo procedimientos análogos a los indicados en el párrafo anterior.

A menos que se especifique otra cosa, las piezas de acero que van a quedar cubiertas por acabados interiores del edificio no necesitan pintarse, y las que van a quedar ahogadas en concreto no deben pintarse. Todo el material restante recibirá en el taller una mano de pintura anticorrosivo, aplicado con cuidado y uniformemente sobre superficies secas y limpias, por medio de brocha, pistola de aire, rodillo o por inmersión.

El objeto de la pintura de taller es proteger el acero durante un periodo de tiempo corto, y puede servir como base para la pintura final, que se efectuará en obra.

Todas las superficies que se encuentren a no más de 50 mm de distancia de las zonas en que se depositarán soldaduras de taller o de campo deben estar libres de material que dificulten la obtención de soldaduras sanas o que produzcan humos perjudiciales.

Cuando un elemento estructural esté expuesto a los agentes atmosféricos, todas las partes que lo componen deben ser accesibles de manera que puedan limpiarse y pintarse (NTCDCEM, 11.2.7).

En zonas de la estructura expuestas a la intemperie, que no puedan pintarse por el

interior, el ajuste de las juntas que no estén selladas por soldadura en toda su longitud será tal que, una vez pintadas, no pueda introducirse el agua (NTCDCEM, 11.2.3.2).

12.1.4. Base de columnas

Se tomarán las medidas necesarias para lograr una transmisión correcta de las fuerzas y momentos que soporta una columna a los elementos sobre los que se apoya, mediante el empleo de placas de base perfectamente asentadas sobre ellos y de anclas diseñadas para resistir todas las tensiones y fuerzas cortantes que puedan presentarse, tanto durante el montaje como en la estructura terminada (NTCDCEM, 4.4).

Las bases de columnas y las placas de base cumplirán los requisitos siguientes (NTCDCEM, 11.2.6):

- a. No es necesario cepillar las superficies inferiores de las placas de base cuando se inyecte bajo ellas un mortero de resistencia adecuada que asegure un contacto completo con la cimentación, y
- b. No es necesario cepillar las superficies superiores de las placas de base ni las inferiores de las columnas cuando la unión entre ambas se haga por medio de soldaduras de penetración completa.

12.2. Montaje

El montaje debe efectuarse con equipo apropiado, que ofrezca la mayor seguridad posible. Durante la carga, transporte y descarga del material, se adoptarán las precauciones necesarias para no producir deformaciones ni esfuerzos excesivos. Si a pesar de ello algunas de las piezas se maltratan o deforman, deben ser enderezadas o repuestas, según el caso, antes de montarlas, permitiéndose las mismas tolerancias que en el trabajo de taller (NTCDCEM, 11.3).

12.2.1. Anclajes

Antes de iniciar el montaje de la estructura se revisará la posición de las anclas, que habrán sido colocadas previamente, y en caso que haya discrepancias, en planta y elevación, con respecto a las posiciones mostradas en planos, se tomarán las providencias necesarias para corregirlas o compensarlas (NTCDCEM, 11.3.2).

Durante el montaje, los diversos elementos que constituyen la estructura deben sostenerse individualmente, o ligarse entre sí por medio de tornillos o soldaduras provisionales, que proporcionen la resistencia requerida bajo la acción de cargas muertas y

esfuerzos de montaje, viento o sismo. Asimismo, deben tenerse en cuenta los efectos de cargas producidas por materiales, equipo de montaje, etc. Cuando sea necesario, se colocarán en la estructura el contraventeo provisional requerido para resistir los efectos mencionados (NTCDCEM, 11.3.3).

Ajustes de juntas de compresión en columnas

Se aceptarán faltas de contacto por apoyo directo, independientemente del tipo de unión empleado (soldadura de penetración parcial, remaches o tornillos), siempre que la separación no exceda de 1.5 mm.



Foto 23. Montaje estructura metálica. Ubicación: Av. Universidad esquina Rodríguez Saro. Período de construcción marzo a septiembre de 1994.

Si la separación es mayor de 1.5 mm, pero menor de 6 mm, y una investigación ingenieril muestra que no hay suficiente área de contacto, el espacio entre las dos partes debe llenarse con láminas de acero de grueso constante. Las láminas de relleno pueden ser de acero dulce, cualquiera que sea el tipo del material principal (NTCDCEM, 11.3.6).

Las piezas terminadas en taller deben estar libres de torceduras y dobleces locales, y sus juntas deben quedar acabadas correctamente.

En miembros que trabajarán en compresión en la estructura terminada no se permiten desviaciones, con respecto a la línea recta que une sus extremos, mayores de un milésimo de la distancia entre puntos que estarán soportados lateralmente en la estructura terminada.

Las distancias máximas, con respecto a la longitud teórica, que se permite en miembros que tengan sus dos extremos cepillados para trabajar por contacto directo son de un milímetro. En piezas no cepilladas, la longitud no mayor de 10 metros, se permite una discrepancia de 1.5 mm, la que aumenta a 3 mm, cuando la longitud de la pieza es mayor que la indicada (NTCDCEM, 11.2.5).

12.2.2. Tolerancias (NTCDCEM, 11.3.4)

Se considera que cada una de las piezas que componen una estructura está correctamente plomeada, nivelada y alineada, si la tangente del ángulo que forma la recta que une los extremos de la pieza con el eje de proyecto no excede de 1/500. En vigas teóricamente horizontales es suficiente revisar que las proyecciones verticales y horizontales de su eje satisfacen la condición anterior.

Deben cumplirse, además las condiciones siguientes:

- a. El desplazamiento del eje de columnas adyacentes a cubos de elevadores, medido con respecto al eje teórico, no es mayor de 25 mm en ningún punto de los primeros 20 pisos. Arriba de este nivel, el desplazamiento puede aumentar 1 mm para cada piso adicional, hasta un máximo de 50 mm;
- b. El desplazamiento del eje de columnas exteriores, medido con respecto al eje teórico, no es mayor de 25 mm hacia fuera del edificio, ni de 50 mm hacia adentro, en ningún punto de los primeros 20 pisos. Arriba de este nivel, los límites anteriores pueden aumentarse en 1.5 mm por cada piso adicional, pero no debe excederse, en total, de 50 mm hacia fuera ni de 75 mm hacia adentro, y
- c. Los desplazamientos hacia el exterior se tendrán en cuenta al determinar las separaciones entre edificios colindantes.

12.3. Construcciones compuestas

Los miembros estructurales formados por perfiles de acero que trabajan en conjunto con elementos de concreto reforzado, o con recubrimientos o rellenos de este material. Son columnas compuestas, las formadas con perfiles de acero, laminados o hechos con secciones o placas remachadas, atornilladas o soldadas, o por tubos o miembros de sección transversal hueca de acero, ahogados en concreto reforzado o rellenos de este material, y vigas o trabe, armaduras o largueros de alma abierta (“joist”) de acero ahogados en concreto reforzado que soportan una losa, interconectados de manera que los dos materiales

trabajen en conjunto.

Se incluyen vigas compuestas libremente apoyadas o continuas, ligadas con la losa de concreto por medio de conectores de cortante, o ahogadas en concreto (NTCDCEM, 3.6).

12.3.1. Losa con lámina de acero acanalada

Elemento estructural formado por una losa de concreto colada sobre lámina de acero acanalada, con nervaduras de altura nominal no mayor de 76 mm y ancho medio de 50 mm o más, conectada a vigas, armaduras o largueros de alma abierta.



Foto 24. Construcción compuesta (losacero). Ubicación: Av. Universidad esquina Rodríguez Saro. Período de construcción marzo a septiembre de 1994.

La losa de concreto se unirá a la viga de acero por medio de conectores de cortante de barras de acero con cabeza, de diámetro no mayor de 19 mm, se soldarán a la viga directamente o a través de la lámina y, una vez instalados, sobresaldrán no menos de 38 mm del borde superior de la lámina. El espesor de la losa de concreto, por encima de la lámina, será, como mínimo, de 50 mm.

Los conectores se pueden soldar a través de un máximo de dos láminas en contacto. En caso contrario se utilizarán los procedimientos y se tomarán las precauciones indicadas por el fabricante de los conectores, o las láminas se perforarán previamente.

La separación de los conectores de cortante colocados a lo largo de la viga no debe ser

mayor de 900 mm (NTCDCEM, 3.6.2.4).

Refuerzo transversal de losa sobre lámina acanalada

Cuando las nervaduras son paralelas al eje de la viga, el área de refuerzo transversal no será menor que 0.002 veces el área de concreto sobre la lámina; se colocará uniformemente distribuido. Cuando las nervaduras son perpendiculares al eje de la viga, el área de refuerzo transversal no será menor que 0.001 veces el área de concreto sobre la lámina; se colocará uniformemente distribuido (NTCDCEM, 3.6.7.2).

Resistencia durante la construcción

Cuando no se emplea apuntalamiento provisional durante la construcción, la sección de acero debe tener la resistencia necesaria para soportar, por sí sola, todas las cargas aplicadas antes de que el concreto adquiera el 75 por ciento de su resistencia especificada, f'_c (NTCDCEM, 3.6.2.4).



Foto 25. Construcción de condominio horizontal. Ubicación: Tecamachalco, Edo. de México. Período septiembre 2004 a marzo 2006.

13. Estructuras de mampostería

13.1. Planos de construcción

Los planos de construcción deben de señalar, al menos (NTCDCEMam, 9.1):

- a. El tipo, las dimensiones exteriores e interiores (si aplica) y tolerancias, resistencia a la compresión de diseño, absorción, así como el peso volumétrico máximo y mínimo de la pieza. Si es aplicable, el nombre y marca de la pieza;
- b. El tipo de cementante a utilizar;
- c. Características y tamaño de los agregados;
- d. Proporcionamiento y resistencia a compresión del mortero para pegar piezas. El proporcionamiento deberá expresarse en volumen y así deberá indicar en los planos. Si aplica, se incluirá la retención, fluidez y el consumo de mortero;
- e. Procedimiento de mezclado y remezclado del mortero;
- f. Si, aplica, resistencia a la compresión y revenimiento del mortero y concretos de relleno. El proporcionamiento deberá expresarse en volumen. Si se usan aditivos, como superfluidificantes, se deberá señalar el tipo y su proporcionamiento.
- g. Tipo, diámetro y grado de las barras de acero de refuerzo;
- h. Resistencia a compresión y a compresión diagonal de diseño de mampostería;
- i. Si aplica, o si se analizó la estructura ante cargas laterales mediante métodos estáticos o dinámicos, el módulo de elasticidad y de cortante de diseño de la mampostería;
- j. Los detalles del refuerzo mediante figuras y/o notas, que incluyan colocación, anclaje, traslapes, dobleces;
- k. Detalles de intersección entre muros y anclaje de elementos de fachadas;
- l. Tolerancias de construcción, y
- m. Si aplica, el tipo y la frecuencia de muestreo de mortero y mampostería.

13.2. Materiales

Piezas

En muros construidos con un mismo tipo de pieza se deberá cumplir con los siguientes requisitos (NTCDCEMam, 9.2.1.2):

- a. Condición de la pieza. Las piezas empleadas deberán estar limpias y sin rajaduras;
- b. Humedecimiento de las piezas. Todas las piezas de barro deberán saturarse al menos 2 horas antes de su colocación. Las piezas a base de cemento deberán estar secas al colocarse. Se aceptará un rociado leve de las superficies sobre las que se colocará el mortero, y
- c. Orientación de las piezas. Las piezas huecas se deberán colocar de modo que sus celdas y perforaciones sean ortogonales a la cara de apoyo.

Morteros

Deberán cumplir con lo siguiente (NTCDCEMam, 9.2.1.2):

- a. Mezclado del mortero. Se acepta el mezclado en seco de los sólidos hasta alcanzar un color homogéneo de la mezcla, la cual sólo se podrá usar en un lapso de 24 horas. Los materiales se mezclarán en un recipiente no absorbente, prefiriéndose un mezclado mecánico. El tiempo de mezclado, una vez que el agua se agrega, no debe ser menor de 4 minutos, ni del necesario para alcanzar 120 revoluciones. La consistencia del mortero se ajustará tratando de que alcance la mínima fluidez compatible con una fácil colocación;
- b. Remezclado. Si el mortero empieza a endurecerse, podrá remezclarse hasta que vuelva a tomar la consistencia deseada agregándole un poco de agua si es necesario. Sólo se aceptará un remezclado;
- c. Los morteros a base de cemento portland ordinario deberán usarse dentro de un lapso de 2.5 horas a partir del mezclado inicial, y
- d. Revenimientos de morteros y concretos de relleno. Se deberán proporcionar de modo que alcancen el revenimiento señalado en los planos de construcción.

Juntas de mortero

El mortero en las juntas cubrirá totalmente las caras horizontales y verticales de la pieza. Su espesor será el mínimo que permita una capa uniforme de mortero y la alineación de las piezas. Si se usan piezas de fabricación mecanizada, el espesor de las juntas horizontales no excederá de 12 mm si se coloca refuerzo horizontal en las juntas, ni de 10 mm sin refuerzo horizontal. Si se usan piezas de fabricación artesanal, el espesor de las

juntas no excederá de 15 mm. El espesor mínimo será de 6 mm (NTCDCEMam, 9.2.2.1).

Concreto

El concreto para el colado de elementos de refuerzo, interiores o exteriores al muro, tendrán la cantidad de agua que asegure una consistencia líquida sin segregación de los materiales constituyentes. Se aceptará el uso de aditivos que mejoren la trabajabilidad. El tamaño máximo del agregado será de 10 mm (NTCDCEMam, 9.2.1.3).

Concreto y mortero de relleno

Los huecos deberán estar libres de materiales extraños y de mortero de las juntas. En castillos y huecos interiores se colocará el concreto o mortero de relleno de manera que se obtenga un llenado completo de los huecos. Se admite la compactación del concreto y mortero de relleno sin hacer vibrar excesivamente el refuerzo. El colado de elementos interiores verticales se efectuará en tramos no mayores de:

- a. 500 mm, si el área de la celda es de hasta 8000 mm^2 , y
- b. 1.5 m, si el área de la celda es mayor que 8000 mm^2 .

Si por razones constructivas se interrumpe la construcción del muro en ese día, el concreto o mortero de relleno deberá alcanzar la mitad de la altura de la pieza de la última hilada.

No es necesario llenar totalmente las perforaciones de las piezas multiperforadas. En muros con piezas huecas y multiperforadas sólo se rellenarán las celdas de las primeras.

No se permite doblar el refuerzo una vez iniciada la colocación del mortero o concreto (NTCDCEMam, 9.2.2.3).

Acero de refuerzo

El acero de refuerzo se colocará de manera que se asegure que se mantenga fijo durante el colado. El recubrimiento, separación y traslapes mínimos así como el refuerzo horizontal serán los que se especifican en los planos de construcción. No se admitirá traslapes de barras de refuerzo colocadas en juntas horizontales, ni traslapes de mallas de alambre soldado en una sección vertical del muro, ni de refuerzo vertical en muros de mampostería reforzada interiormente en la altura calculada de la articulación plástica por flexión (NTCDCEMam, 9.2.2.4).

Detallado del acero de refuerzo

Los planos de construcción deberán tener figuras o notas con los detalles de refuerzo,

toda barra de refuerzo deberá estar rodeada en toda su longitud por mortero, concreto o mortero de relleno, con excepción de las barras de refuerzo que estén ancladas (NTCDCEMam, 3.3.1).

Recubrimiento en castillos exteriores y dalas

En muros confinados con castillos exteriores, las barras de refuerzo longitudinal de castillos y dalas deberán tener un recubrimiento mínimo de concreto de 20 mm (NTCDCEMam, 3.3.4.1).

Si la cara del muro está expuesta a tierra, el recubrimiento será de 35 mm para barras no mayores de N° 5 (15.9 mm de diámetro) o de 50 mm para barras más gruesas (NTCDCEMam, 3.3.4.2).

Recubrimiento de refuerzo horizontal

La distancia libre mínima entre una barra de refuerzo horizontal o malla de alambre soldada y el exterior del muro será lo menor de 10 mm o una vez el diámetro de la barra (NTCDCEMam, 3.3.4.3).

Doblez en acero de refuerzo

Barras rectas

Las barras a tensión podrán terminar con un dobléz a 90 ó 180 grados. El tramo recto después del dobléz no será menor que $12d_b$ para dobleces a 90 grados, ni menor que $4d_b$ para dobleces de 180 grados, donde d_b es el diámetro de la barra (NTCDCEMam, 3.3.5.1).

Estribos

Los estribos deberán ser cerrados, de una pieza, y deben rematar en una esquina con dobleces de 135 grados, seguidos de tramos rectos de no menos de $6d_b$ de largo ni de 35 mm (NTCDCEMam, 3.3.5.2).

Grapas

Las grapas deberán rematarse con dobleces a 180 grados, seguidos de tramos rectos de no menos de $6d_b$ de largo ni de 35 mm (NTCDCEMam, 3.3.5.3).

Anclaje

La fuerza de tensión o compresión que actúa en el acero de refuerzo en toda sección debe desarrollarse a cada lado de la sección considerada por medio de la adherencia en una longitud suficiente de barra (NTCDCEMam, 3.3.6.1).

Supervisión

Deberá haber una supervisión continua en la obra que asegure que el refuerzo esté colocado de acuerdo con lo indicado en planos y que las celdas en que se aloje el refuerzo sean coladas completamente (NTCDCEMam, 6.1.9).

13.3. Tuberías y ductos

Se deberán instalar sin dañar la mampostería. En mampostería de piezas macizas o huecas con relleno total se admite ranurar el muro para alojar tuberías y ductos, siempre que:

- a. La profundidad de la ranura no exceda de la cuarta parte del espesor de la mampostería del muro ($t/4$);
- b. El recorrido sea vertical, y
- c. El recorrido no sea mayor que la mitad de la altura libre del muro ($H/2$).

En muros de piezas huecas no se podrán alojar tubos o ductos en celdas de refuerzo. Las celdas con tubos y ductos deberán ser rellenadas con concreto o mortero de relleno.

No se permitirá colocar tuberías y ductos en castillos que tengan función estructural, sean exteriores o interiores o en celdas reforzadas verticalmente (NTCDCEMam, 9.2.2.5).

13.4. Construcción de muros

Antes de la construcción de muros de mampostería se deberá verificar que la cimentación se haya construido con las tolerancias señaladas en los planos de cimentación.

Se revisará que el refuerzo longitudinal de castillos, o el vertical de muros, estén anclados y en la posición señalada en los planos estructurales (NTCDCEMam, 10.1.1).

En la construcción de muros se cumplirán las siguientes condiciones (NTCDCEMam, 9.2.2.6):

- a. Las dimensiones de la sección transversal de un muro que cumpla alguna función estructural o que sea de fachada, no será menor de 100 mm;
- b. Todos los muros que se toque o crucen deberán anclarse entre sí, salvo que se tomen precauciones que garanticen su estabilidad y buen funcionamiento;
- c. Las superficies de las juntas de construcción deberán estar limpias y rugosas. Se deberán humedecer en caso de usar piezas de arcilla;
- d. Los muros de fachada que reciban recubrimientos de materiales pétreos naturales o artificiales deberán llevar elementos suficientes de liga y anclaje para soportar dichos recubrimientos;

- e. Durante la construcción de todo muro se tomarán las precauciones necesarias para garantizar su estabilidad en el proceso de obra, tomando en cuenta posibles empujes horizontales, incluso viento y sismo, y
- f. En muros reforzados con malla de alambre soldado y recubrimiento de mortero, la superficie deberá estar saturada y libre de materiales que afecten la adherencia del mortero.

La unión vertical de la mampostería con los castillos exteriores deberá detallarse para transmitir las fuerzas de corte. Se aceptará que la mampostería se deje dentada o bien, que se coloquen conectores metálicos o refuerzo horizontal. El colado de castillo se hará una vez construido el muro o la parte de él que corresponda (NTCDCEMam, 9.2.2.2).

Durante la construcción, en especial se revisará que (NTCDCEMam, 10.1.2):

- a. Las piezas sean del tipo y tengan la calidad especificada en los planos de construcción;
- b. Las piezas de barro estén sumergidas en agua al menos 2 horas antes de su colocación;
- c. Las piezas de concreto estén secas y que se rocíen con agua justo antes de su colocación;
- d. Las piezas estén libres de polvo, grasa, aceite o cualquier otra sustancia o elemento que reduzca la adherencia o dificulte su colocación;
- e. Las barras de refuerzo sean del tipo, diámetro y grado indicado en los planos de construcción;
- f. El aparejo sea cuatropeado;
- g. Los bordes verticales de muros confinados exteriormente estén dentados o que cuenten con conectores o refuerzo horizontal;
- h. El refuerzo longitudinal de castillos o el interior del muro estén libres de polvo, grasa o cualquier otra sustancia que afecte la adherencia, y que su posición de diseño esté asegurada durante el colado;
- i. No se traslape más del 50 por ciento del acero longitudinal de castillos, dadas o refuerzo vertical en una misma sección;
- j. El refuerzo horizontal sea continuo en el muro, sin traslapes, y anclado en los extremos con ganchos a 90 grados colocados en el plano del muro;

- k. El mortero no se fabrique en contacto con el suelo o sin control de dosificación;
- l. El relleno de los huecos verticales en piezas huecas de hasta cuatro celdas se realice a la altura especificada en los planos;
- m. Las juntas verticales y horizontales estén totalmente rellenas de mortero;
- n. Si se usan tabiques multiperforados, que el mortero penetre en las perforaciones la distancia indicada en los planos, pero no menos de 10 mm;
- o. El espesor de las juntas no excederá el valor indicado en los planos de construcción;
- p. El desplomo de muros no excederá $0.004H$ ni 15 mm;
- q. En castillos interiores, el concreto o mortero de relleno haya penetrado completamente, sin dejar huecos;
- r. En muros hechos con tabique multiperforado y piezas huecas (estas últimas para alojar instalaciones o castillos interiores), la pieza hueca esté llena con concreto o mortero de relleno;
- s. En muros reforzados con malla soldada de alambre, los conectores de anclaje estén firmemente instalados en la mampostería y concreto, con la separación señalada en los planos de construcción;
- t. Los muros transversales de carga que lleguen a tope estén conectado con el muro ortogonal;
- u. Las aberturas de muro, si así lo señalan los planos, estén reforzadas o confinadas en sus bordes, y
- v. Los pretilos cuenten con castillos y dalas o refuerzo interior.

13.5. Tolerancias (NTCDCEMam, 9.2.2.7)

- a. En ningún punto el eje de un muro que tenga función estructural distara más de 20 mm del indicado en planos, y
- b. El desplomo de un muro no será mayor que 0.004 veces su altura ni mayor que 15 mm.

14. Estructuras de madera

14.1. Ejecución de obras

La madera que se use como elemento estructural, deberá estar exenta de infestación activa de agentes biológicos como hongos e insectos. Se permitirá cierto grado de ataque por insectos, siempre que éstos hayan desaparecido al momento de usar la madera en la construcción. No se admitirá madera con pudrición en ningún estado de avance.

Se podrá usar madera de coníferas de clase A o B o madera latifoliadas de calidad estructural (NTCDCEMad, 7.1).

Contenido de humedad

Antes de la construcción, la madera deberá secarse a un contenido de humedad apropiado y tan parecido como sea práctico al contenido de humedad en equilibrio promedio de la región en la cual estará la estructura.

Si el contenido de humedad excede el límite para la madera seca (18 por ciento), el material solamente podrá usarse si el riesgo de pudrición en el tiempo que dure el secado es eliminado.

La madera deberá ser almacenada y protegida apropiadamente contra cambios en su contenido de humedad y daño mecánico, de tal manera que siempre satisfaga los requerimientos de la clase estructural especificada (NTCDCEMad, 7.3).

14.2. Elementos de unión

Las uniones serán con clavos, pernos, pijas y placas dentadas o perforadas (NTCDCEMad, 6.1.1).

Clavos

Los espaciamientos entre clavos serán tales que se evite que la madera forme grietas entre dos clavos próximos, entre sí, o de cualquiera de los clavos a los bordes o extremos de la unión. Las uniones clavadas deberán tener como mínimo dos clavos.

La longitud de penetración en el miembro principal deberá ser igual a por lo menos la mitad de la longitud del clavo (NTCDCEMad, 6.2.2).

Pernos y pijas

Las uniones con pernos y pijas deberán realizarse de manera que exista contacto efectivo entre las piezas unidas (NTCDCEMad, 6.3.1.1).

Los agujeros deberán localizarse con precisión. Cuando se utilicen piezas metálicas de unión, los agujeros deberán localizarse de manera que queden correctamente alineados con los agujeros correspondientes en las piezas de madera. Los agujeros para alojar los pernos deberán taladrarse de manera que su diámetro no exceda al del perno en más de 2 mm, ni sea menor que el diámetro del perno más 1 mm (NTCDCEMad, 6.3.2.1).

El taladro guía para la caña deberá tener el mismo diámetro que la caña y su profundidad deberá ser igual a la zona del tramo liso de ésta. En la determinación de la longitud de penetración de una pija en un miembro deberá deducirse del tramo roscado la porción correspondiente a la punta (NTCDCEMad, 6.3.4.3).

El tramo roscado deberá insertarse en su taladro guía haciendo girar a la pija con una llave (NTCDCEMad, 6.3.4.2).

Uniones con placa dentada o perforadas (NTCDCEMad, 6.4.1)

Se entiende por uniones con placas dentadas o perforadas, uniones a base de placas de pequeño calibre en las que la transferencia de carga se efectúe por medio de dientes formados en las placas o por medio de clavos.

Las placas deberán ser de lámina galvanizada con las propiedades mínimas indicadas en la norma NMX-B-009 “Láminas de acero al carbón galvanizadas por el proceso de inmersión en caliente para uso general”.

Las uniones deberán detallarse de manera que las placas en los lados opuestos de cada unión sean idénticas y estén colocadas en igual posición.

Cuando se trate de placas clavadas deberá entenderse el término “clavo” en lugar de “diente”.

Para que sean aplicables las reglas de dimensionamiento de las siguientes secciones deberán satisfacerse las siguientes condiciones:

- a. Que la placa no se deforme durante su instalación;
- b. Que los dientes sean perpendiculares a la superficie de la madera;
- c. Que la madera bajo las placas no tenga defectos ni uniones de “cola de pescado”, y
- d. Que el grosor mínimo de los miembros unidos sea el doble de la penetración de los

dientes.

14.3. Transporte y montaje

El ensamble de estructuras deberá llevarse a cabo en tal forma que no se produzca esfuerzos excesivos en la madera no considerados en el diseño.

Deberá evitarse sobrecargar o someter a acciones no consideradas en el diseño a los miembros estructurales, durante almacenamiento, transporte y montaje, y esta operación se hará de acuerdo con las recomendaciones del proyectista.

Los miembros torcidos o rajados más allá de los límites tolerados por las reglas de clasificación deberán ser remplazados. También los que no ajusten correctamente en las juntas deberán ser remplazados. Los miembros dañados o aplastados localmente no deberán ser usados en la construcción (NTCDCEMad, 7.7).

14.4. Protección a la madera

Se cuidará que la madera esté debidamente protegida contra cambios de humedad, insectos, hongos y fuego durante toda la vida útil de la estructura. Podrá protegerse ya sea por medio de tratamientos químicos, recubrimientos apropiados o prácticas de diseño adecuado.

Los preservados solubles en agua o en aceite utilizados en la preservación de la madera destinada a la construcción deberán cumplir con las especificaciones de la norma NMX-C-178-ONNCCE “Preservadores para madera-Clasificación y requisitos”.

Cuando se usen tratamientos a presión deberá cumplirse con la clasificación y requisitos de penetración y retención de acuerdo con el uso y riesgo esperado en servicio indicado en la norma NMX-C-332 “Madera Preservada a Presión-Clasificación y Requisitos”.

Para disminuir el riesgo de ataque por termitas se deberá tomar en cuenta las indicaciones para prevenir el ataque por termitas subterráneas de madera seca en construcciones con madera de la norma NMX-C-222 “Prevención de Ataque por Termitas” (NTCDCEMad, 7.4).

Medidas de protección contra el fuego

Determinación de la resistencia al fuego de los elementos constructivos

La determinación de la resistencia al fuego de los muros y cubiertas se deberá hacerse de acuerdo con lo especificado en la norma NMX-C-307 “Resistencia al fuego.

Determinación” (NTCDCEMad, 8.1.2).

Diseño de elementos estructurales aislados

En elementos aislados deberá proporcionarse una resistencia mínima de 30 minutos al fuego, de acuerdo con lo especificado en la norma NMX-C-307 “Resistencia al fuego”, pudiendo emplearse métodos de tratamiento, recubrimientos o considerando la reducción de la sección de las piezas (NTCDCEMad, 8.2.1).

14.5. Tolerancias

Las tolerancias en las dimensiones, de la sección transversal de un miembro, deberán cumplir con los requisitos prescritos en la norma NMX-C-224-ONNCCE “Dimensiones de madera aserrada para su uso en la construcción”. Cuando se utilicen miembros de dimensiones distintas a las especificadas en la norma, las dimensiones de la sección transversal no serán menores que las del proyecto en más de 3 por ciento (NTCDCEMad, 7.6).



Foto 26. Cimbra para construir cisterna. Ubicación: Lomas Estrella, Del. Iztapalapa. Período de febrero a septiembre de 1994.

15. Demoliciones

Cuando se trate de demoliciones, se deberá cumplir con lo establecido en la Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal y las normas ambientales aplicables (RCDF, art. 58).

El procedimiento de demolición será propuesto por el Director Responsable de Obra y autorizado por la Delegación (RCDF, art. 241), y presentar un programa en el que se indicará el orden, volumen estimado de material producto de la demolición y fechas aproximadas en que se demolerán los elementos de la edificación (RCDF, art. 236).

Previo al inicio de la demolición y durante su ejecución, se deben prever todas las medidas de seguridad que determine en cada caso la Delegación (RCDF, art. 239).

El horario de trabajo en el proceso de las obras de demolición quedará comprendido entre las 8:00 y las 18:00 horas. En caso de que sea necesario ampliar o modificar este horario, previo consentimiento de los vecinos, se deberá solicitar a la Delegación su aprobación (RCDF, art. 242).

El frente de las construcciones e inmuebles en demolición deberán mantenerse en completa limpieza, quedando prohibido almacenar escombros y materiales en la vía pública (LRSDF, art. 26).

En caso de prever el uso de explosivos, el programa señalará con toda precisión el o los días y la hora o las horas en que se realizarán las explosiones, que estarán sujetas a la aprobación de la Delegación.

En los casos autorizados de demolición con explosivos, la Delegación debe avisar a los vecinos la fecha y hora exacta de las explosiones, cuando menos con 24 horas de anticipación (RCDF, art. 236).

El uso de explosivos para demoliciones queda condicionado a que la Secretaría de la Defensa Nacional otorgue el permiso correspondiente (RCDF, art. 239).

Los materiales, desechos y escombros provenientes de una demolición deben ser retirados en su totalidad en un plazo no mayor de 30 días hábiles contados a partir del término de la demolición y bajo las condiciones que establezcan las autoridades

correspondientes en materia de vialidad, transporte y sitio de disposición final (RCDF, art. 243).



Foto 27. Apuntalamiento de losas. Edificio afectado por el sismo de septiembre de 1985. Ubicación: Av. Guerrero esquina Puente de Alvarado. Período de reparación mayo de 1986 a febrero de 1987.

Conclusiones

Las edificaciones e instalaciones en el Distrito Federal deben garantizar las condiciones de habitabilidad, accesibilidad, funcionamiento, higiene, acondicionamiento ambiental, eficiencia energética, comunicación, seguridad en emergencias, seguridad estructural, integración al contexto e imagen urbana. Por lo anterior, durante el proceso de obra se debe cumplir con lo especificado en el proyecto ejecutivo autorizado y los requerimientos establecidos en la normatividad correspondiente.

La normatividad que debe observarse durante el proceso de obra es amplia y diversa; marca los lineamientos para obtener obras con la calidad, seguridad y funcionalidad especificadas en el proyecto ejecutivo autorizado, así como para reducir la alteración del entorno a la obra.

Este documento integra las disposiciones que deben observarse en el proceso de obra, y a partir de su estudio se concluye:

1. La Administración Pública del Distrito Federal tiene la facultad de verificar que se cumpla con las disposiciones jurídicas en materia de construcción y se auxilia del Director Responsable de Obra y los Corresponsables, con el fin de que los responsables de las obras en ejecución: cumplan con el proyecto ejecutivo autorizado y observen la normatividad complementaria.
2. Se debe evitar alterar el medio ambiente y la vía pública durante la ejecución de las obras. Para esto, deben observarse las disposiciones legales en la materia, que nos marcan los lineamientos para evitar modificaciones al entorno de la obra.
3. Programar las acciones a seguir en la seguridad e higiene en la obra, tanto al interior como al exterior, para evitar accidentes y enfermedades de trabajo. Por ello, es importante tomar las medidas de seguridad que indican las disposiciones correspondientes.
4. Programar y realizar el control de calidad de los materiales que se utilizarán en la construcción, con el objetivo de lograr una obra con la calidad especificada en el

proyecto ejecutivo autorizado. Las normas nos proporcionan el criterio para la aceptación o rechazo de los materiales empleados.

5. Durante la obra, el método de construcción debe garantizar que se cumpla con lo especificado en el proyecto ejecutivo. Las disposiciones contenidas en las normas técnicas, para cada uno de los sistemas estructurales, indican los procedimientos para obtener obras seguras y funcionales.

Por lo arriba señalado, el constructor debe adquirir conciencia de respetar la normatividad. Por las infracciones o irregularidades que se presenten en la obra debe responder ante la autoridad, con el costo económico, legal y profesional que esto implica.

La normatividad es dinámica, por tanto, el constructor debe mantenerse en constante actualización de las leyes, reglamentos y normas que intervienen en la construcción.

Para participar en las reformas a la legislación, el constructor debe conocer, asimilar y observar la normatividad durante el proceso de obra; relacionar ello con sus conocimientos técnicos, experiencia profesional, los métodos, procedimientos y avance de la tecnología en construcción; y a partir del análisis de los puntos anteriores tendrá los elementos para presentar a la instancia correspondiente las observaciones y sugerencias de reformas a la legislación en construcción con el fin de actualizarla.

La investigación permitió generar un **esquema de integración de la normatividad**, en este caso particular, durante el proceso de obra.

Una edificación o instalación tiene tres fases: proyecto, ejecución y ocupación o uso. A partir del esquema establecido en la investigación, se puede integrar a futuro la normatividad que debe cumplir el proyecto en sus diferentes especialidades: arquitectónico, estructural e instalaciones. Asimismo, integrar la normatividad durante la ocupación o uso en materia de mantenimiento preventivo y correctivo.

Referencias

I. Legislación consultada:

Administración Pública del Distrito Federal, Jefatura de Gobierno, “*Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Cimentaciones*”, Gaceta Oficial del Distrito Federal, T. II, México, D.F., 6 de octubre 2004

-----, “*Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto*”, Gaceta Oficial del Distrito Federal, T. I, México, D.F., 6 de octubre 2004

-----, “*Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Madera*”, Gaceta Oficial del Distrito Federal, T. I, México, D.F., 6 de octubre 2004

-----, “*Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería*”, Gaceta Oficial del Distrito Federal, T. I, México, D.F., 6 de octubre 2004

-----, “*Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Metálicas*”, Gaceta Oficial del Distrito Federal, T. I, México, D.F., 6 de octubre 2004

-----, “*Normas Técnicas Complementarias para el Proyecto Arquitectónico*”, Gaceta Oficial del Distrito Federal, T. II, México, D.F., 6 de octubre 2004

-----, “*Normas Técnicas Complementarias Sobre Criterios y Acciones para el Diseño Estructural de las Edificaciones*”, Gaceta Oficial del Distrito Federal, T. II, México, D.F., 6 de octubre 2004

-----, “*Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo*”, Gaceta Oficial del Distrito Federal, T. II, México, D.F., 6 de octubre 2004

-----, “*Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal*”, Gaceta Oficial del Distrito Federal, México, D.F., 29 de enero 2004

-----, “*Reglamento de la Ley de Desarrollo Urbano del Distrito Federal*”, Gaceta Oficial del Distrito Federal, México, D.F., 29 de enero 2004

-----, “*Reglamento de Verificación Administrativa para el Distrito Federal*”, Gaceta Oficial del Distrito Federal, México, D.F., 16 de febrero de 2004

Asamblea Legislativa del Distrito Federal, I Legislatura, “*Ley Ambiental del Distrito*

Federal”, 2ª ed., México, D.F., Ed. ISEF, 2005 (Agenda Ecológica)

-----, “*Ley de Obras Públicas del Distrito Federal*”, Gaceta Oficial del Distrito Federal, México, D.F., 29 de diciembre de 1998

-----, “*Ley Orgánica de la Administración Pública del Distrito Federal*”, Gaceta Oficial del Distrito Federal, México, D.F., 29 de diciembre de 1998

Asamblea Legislativa del Distrito Federal, II Legislatura, “*Ley de Aguas del Distrito Federal*”, Gaceta Oficial del Distrito Federal, México, D.F., 27 de mayo de 2003

-----, “*Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal*”, Gaceta Oficial del Distrito Federal, México, D.F., 22 de abril de 2003

Asamblea Legislativa del Distrito Federal, III Legislatura, “*Decreto por el que se Reforman y Adicionan Diversas Disposiciones de la Ley de Desarrollo Urbano del Distrito Federal y Diversos Ordenamientos Relativos al Paisaje Urbano del Distrito Federal*”, Gaceta Oficial del Distrito Federal, México, D.F., 29 de enero de 2004

-----, “*Decreto por el que se Reforman y Adicionan Disposiciones del Nuevo Código Penal para el Distrito Federal y Diversos Ordenamientos Relativos al Paisaje Urbano del Distrito Federal*”, Gaceta Oficial del Distrito Federal, México, D.F., 29 de enero de 2004

Asamblea de Representantes del Distrito Federal, “*Ley de Procedimiento Administrativo del Distrito Federal*”, Gaceta Oficial del Distrito Federal, México, D.F., 21 de diciembre de 1995

México, Poder Ejecutivo, “*Reglamento de la Ley de la Ley Ambiental del Distrito Federal*”, Diario Oficial de la Federación, México, D.F., 3 de septiembre de 1997

-----, “*Reglamento de la Ley de Obras Públicas y Servicios relacionados con las mismas*”, Diario Oficial de la Federación, México, D.F., 20 de agosto de 2001

-----, “*Reglamento de la Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos*”, México, D.F., Ed. Anaya, 2006, 51-79 p. (col. Leyes y Códigos)

-----, “*Reglamento de Instalaciones Eléctricas y Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas*”, 8ª ed., México, D.F., Ed. Ediciones Andrade, 1993

México, Poder Legislativo, “*Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos*”, México, D.F., Ed. Porrúa, 2005, X-192 pp. (Col. Leyes y Códigos de México)

México, Poder Legislativo, “*Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos*”, México, D.F., Ed. Anaya, 2006, 7-47 p. (col. Leyes y Códigos)

-----, “*Ley Federal sobre Metrología y Normalización*”, Diario Oficial de la Federación, México, D.F., 19 de mayo de 1999

-----, “*Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las mismas*”, Diario Oficial de la Federación, México, D.F., 4 de enero de 2000

México, Secretaría del Trabajo y Previsión Social, “*Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo*”, Diario Oficial de la Federación, México, D.F., 21 de enero 1997

II. Publicaciones electrónicas:

Normatividad del Distrito Federal, noviembre 2006.

<www.df.gob.mx/leyes/normatividad.html>

Normatividad federal, noviembre 2006.

<www.ordenjuridico.gob.mx/>

III. Obras consultadas:

De Pina, Rafael, “*Diccionario de Derecho*”, México, D.F., Ed. Porrúa, 1979, 428 pp.

Moto Salazar, Efraín, “*Elementos de Derecho*”, 45ª ed., México, D.F., Ed. Porrúa, 2000, XXXVII-452 pp.

Palomar de Miguel, Juan, “*Diccionario para Juristas*”, t. I y t. II, México, D.F., Ed. Porrúa, 2000

Glosario

- Acta:** Documento escrito en que se hace constar la relación de lo acontecido durante la celebración de una visita (De Pina, p. 44).
- Aguas residuales:** Son las provenientes de actividades que, por el uso de que han sido objeto, contienen materia orgánica y otras sustancias químicas que alteren su calidad original (LAmDF, art. 5).
- Ángulo diedro:** Abertura o inclinación de dos planos que se cortan.
- Artículo:** Partes de una ley, código, decreto o reglamento en que aparecen contenidas sus diferentes disposiciones (De Pina, 1979).
- Bitácora:** El instrumento técnico de control de los trabajos, el cual servirá como medio de comunicación convencional entre las partes y estará vigente durante el desarrollo de los trabajos, y en el que deberán referirse los asuntos que se desarrollen durante la ejecución de las obras (RLOPSR, art. 1).
- Coníferas:** También llamadas gimnospermas. Árboles de hoja perenne en forma de aguja con semilla alojada en conos. Su madera está constituida esencialmente por un tipo de células denominadas traqueadas.
- Contenido de humedad:** Peso de agua en la madera expresada como un porcentaje del peso de la madera anhidra.
- Corresponsable:** Es la persona física auxiliar de la Administración Pública, con autorización y registro de la Secretaría, que cuenta con los conocimientos técnicos adecuados para responder en forma conjunta con el Director Responsable de Obra o autónoma, en las obras que otorgue su responsiva, en todos los aspectos técnicos relacionados al ámbito de su intervención profesional, relativos a la seguridad estructural, el diseño urbano y

arquitectónico y las instalaciones, que deberá cumplir con lo establecido en la Ley, el Reglamento y demás disposiciones aplicables (LDUDF, art. 7).

Director Responsable de Obra: Es la persona física auxiliar de la administración pública (sic), autorizada y registrada por la Secretaría, que se hace responsable de la observancia de la Ley, del Reglamento y demás disposiciones aplicables, en el acto en que otorga su responsiva relativa al ámbito de su intervención profesional (LDUDF, art. 7).

Disposición legal: Mandato, orden o precepto emanado de una autoridad competente (De Pina, p. 230).

Edificación Grupo A: Edificaciones cuya falla estructural podría constituir un peligro significativo por contener sustancias tóxicas o explosivas, así como edificaciones cuyo funcionamiento es esencial a raíz de una emergencia urbana, como: hospitales, escuelas, terminales de transporte, estaciones de bomberos, centrales eléctricas y de telecomunicaciones, estadios, depósitos de sustancias inflamables o tóxicas, museos y edificios que alojen archivos y registros públicos de particular importancia, y otras edificaciones a juicio de la Secretaría de Obras y Servicios (RCDF, art. 139).

Edificación Subgrupo B1: Edificaciones de más de 30 m de altura o con más de 6 000 m² de área total construida, ubicadas en las zonas I y II y construcciones de más de 15 m de altura o más de 3 000 m² de área total construida, en zona III; en ambos casos las áreas se refieren a un solo cuerpo de edificio que cuente con medios propios de desalojo: acceso y escaleras, incluyendo las áreas de anexos, como pueden ser los propios cuerpos de escaleras. El área de un cuerpo que no cuente con medios propios de desalojo se adicionará a la de aquel otro a través del cual se desaloje (RCDF, art. 139).

Impacto Urbano: Es la influencia o alteración causada por alguna obra pública o

privada, que por su funcionamiento, forma o magnitud rebase las capacidades de la infraestructura o de los servicios públicos del área o zona donde se pretenda ubicar; afecte negativamente el espacio, imagen o paisaje urbano, y/o la estructura socioeconómica; al generar fenómenos de especulación inmobiliaria o de bienes y servicios; signifique un riesgo para la salud, la vida o los bienes de la comunidad; o que signifique su desplazamiento o expulsión paulatina, o para el patrimonio cultural, histórico, arqueológico o artístico de la Ciudad (LDUFD, art. 7).

Impacto Urbano-ambiental:

Es la influencia o alteración causado por alguna obra pública o privada, que por su funcionamiento, forma o magnitud rebase las capacidades de la infraestructura o de los servicios públicos del área o zona donde se pretenda ubicar; afecte negativamente el espacio urbano o el medio ambiente, la imagen o el paisaje urbano, o la estructura socioeconómica, o signifique un riesgo para la salud, el ambiente, la vida o los bienes de la comunidad (LDUFD, art. 7).

Interpretación:

Explicar o declarar el sentido de una cosa, y principalmente el de textos faltos de claridad. En la interpretación de conjunto se toma en cuenta todo el texto de la ley para ver el artículo o parte de él, no aislada sino correctamente encuadrado en el conjunto legal del que forma parte.

Laboratorio acreditado:

Laboratorio acreditado por la entidad de acreditación reconocida en los términos de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización (NTCDCEC, 14.3).

Latifoliadas:

También llamadas angiospermas. Árboles de hoja ancha que producen semillas dentro de frutos. Su madera está constituida por células denominadas vasos, fibras y parénquima.

Licencia de construcción especial:

Documento que expide la Delegación antes de construir, ampliar, modificar, reparar, demoler o desmantelar una obra o

instalación (RCDF, art. 55).

Manifestación de construcción:

Es la declaración, bajo protesta de decir verdad, del propietario o poseedor del inmueble o predio y, en su caso, del Director Responsable de Obra, en la que se manifiesta su responsabilidad de observar los requisitos legales, previo a construir, ampliar, reparar o modificar una obra y asume la obligación de cumplir técnica y jurídicamente con las disposiciones legales, haciéndose sabedores de las penas en que incurrir los falsos declarantes. Dicha manifestación surtirá efectos a partir de su registro ante la autoridad competente, previo cumplimiento de los requisitos establecidos en la normatividad aplicable al suelo urbano (LDUDF art. 7).

Medidas de seguridad:

Acciones encaminadas a evitar los daños que puedan causar las instalaciones, construcciones y obras, tanto públicas como privadas LDUDF, art. 7).

Medio ambiente:

Conjunto de elementos naturales y artificiales o inducidos por el hombre que hacen posible la existencia y desarrollo de los seres humanos y demás organismos vivos que interactúen en un espacio y tiempo determinado (LamDF, art. 5).

Norma mexicana:

La que elabore un organismo nacional de normalización [...] que prevé para un uso común y repetido reglas, especificaciones, atributos, métodos de prueba, directrices, características o prescripciones aplicables a un producto, proceso, instalación, sistema, actividad, servicio o método de producción u operación (LFMN, art. 3).

Norma oficial mexicana:

La regulación técnica de observancia obligatoria expedida por las dependencias competentes que establece reglas, especificaciones, atributos, directrices, características o prescripciones aplicables a un producto, proceso, instalación, sistema, actividad, servicio o método de producción u operación y las que se refieren a su cumplimiento o aplicación (LFMN,

	art. 3).
ONNCCE:	Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C.
Ordenamiento:	Cuerpo legal relativo a alguna de las ramas del derecho positivo (De Pina, p. 357).
Perito en Desarrollo Urbano:	Es la persona registrada ante la autoridad competente, con preparación profesional y técnica especializada en temas del ordenamiento territorial [...] responsable de suscribir el estudio de impacto urbano o urbano-ambiental, la transferencia de potencial de desarrollo y los polígonos de actuación (LDUDEF, art. 7).
Piezómetro:	Instrumento que se usa para medir la compresibilidad de los líquidos.
Pilotes de fricción:	Pilotes que transmiten cargas al suelo principalmente a lo largo de su superficie lateral (NTCDCC, 3.5).
Proceso de obra:	Realización física de la obra de acuerdo a los planos y especificaciones, elaborados en el diseño.
Programa de seguridad e higiene:	Documento en el que se describen las actividades, métodos, técnicas y condiciones de seguridad e higiene que deberán observarse en los centros de trabajo para la prevención de accidentes y enfermedades de trabajo, mismo que contará, en su caso, con manuales de procedimientos específicos (RFSHMAT, art. 2).
Propietario:	Titular del derecho de propiedad (De Pina, 1979) de la obra en ejecución.
Proyecto ejecutivo de obra:	El conjunto de planos, memorias descriptivas y de cálculo, catálogo de conceptos, normas y especificaciones que contiene la información y definen los aspectos para la construcción de una obra (LOPDF, art. 2).
Residuos sólidos:	Todos aquellos residuos en estado sólido que provengan de actividades que no posean las características que los hagan

peligrosos (LAmDF, art. 5).

Sanción:

En términos muy generales podemos señalar esta clasificación de las sanciones: civiles, administrativas y penales (Moto Salazar, 2000).

Seguridad e higiene en el trabajo:

Son los procedimientos, técnicas y elementos que se aplican en los centros de trabajo, para el reconocimiento, evaluación y control de los agentes nocivos que intervienen en los procesos y actividades de trabajo, con el objeto de establecer medidas y acciones para la prevención de accidentes o enfermedades de trabajo, a fin de conservar la vida, salud e integridad física de los trabajadores, así como evitar cualquier posible deterioro al propio centro de trabajo (RFSHMAT, art. 2).

Tixotropía:

Término que se emplea para describir un aumento de la resistencia con el tiempo sin variar la composición.

Tabla de conversión de unidades fundamentales

Magnitud	Sistema Internacional		Factor de conversión	Sistema Métrico Decimal	
Fuerza	N	Newton	0.102	kgf	Kilogramo fuerza
Longitud	m	metro	1.00	m	metro
Tiempo	s	segundo	1.00	s	segundo
Temperatura	K	Kelvin	$^{\circ}\text{C} + 273.16$	$^{\circ}\text{C}$	Centígrados

Tabla de conversión de unidades derivadas

Magnitud	Sistema Internacional		Factor de conversión	Sistema Métrico Decimal	
Fuerza	kN	Kilo newton	102.00	kg	Kilogramo fuerza
Longitud	mm	Milímetro	0.001	m	Metro
Longitud	cm	Centímetro	0.01	m	Metro
Momento	N-mm		10.20	kg-cm	
Esfuerzo	Pa	Pascal	1.02×10^{-5}	kg/cm^2	
Esfuerzo	MPa	Mega pascal	10.20	kg/cm^2	
Esfuerzo	Bar		1.0197	kg/cm^2	

Magnitud	Sistema Métrico Decimal		Factor de conversión	Sistema Internacional	
Fuerza	kg	Kilogramo fuerza	0.0098	kN	Kilo newton
Longitud	m	Metro	1000.00	mm	Milímetro
Longitud	m	Metro	100.00	cm	Centímetro
Momento	kg-cm		0.09803	N-mm	
Esfuerzo	kg/cm^2		98039.216	Pa	Pascal
Esfuerzo	kg/cm^2		0.09803	MPa	Mega pascal
Esfuerzo	kg/cm^2		0.9807	Bar	