



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

ANÁLISIS E IMPACTO DE LOS CAMBIOS A LAS  
NORMAS TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS DE LOS  
REGLAMENTOS DE CONSTRUCCIONES PARA EL  
DISTRITO FEDERAL DE LOS AÑOS 1993 Y 2004, EN EL  
DISEÑO DE ELEMENTOS DE CONCRETO.

**T E S I S**

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**INGENIERO CIVIL**

PRESENTA:

**FERNANDO RAMÍREZ BRAVO**

DIRECTOR DE TESIS:

M.I. MARÍA SARA VALENTINA SÁNCHEZ SALINAS



MÉXICO, D.F.

2006

## **AGRADECIMIENTOS**

La vida y lo que soy es gracias a mi familia *Ramírez Bravo* quién medio los valores, la fuerza y el apoyo necesario para seguir adelante, es a quién le dedico esta tesis con mí esfuerzo y con amor.

### ***A mis padres:***

Guillermo Ramírez Campeón de los Guantes de Oro y Ma. de la Luz Bravo. Quienes con su fortaleza, unión, apoyo y amor son muestra de formar una buena cimentación en la vida.

### ***A mis hermanos y hermanas:***

Ing. Ismael Guillermo Ramírez, CP. Abundio Ramírez, M.I. Graciano Ramírez, Técnico en Dibujo Industrial Renato Rene Ramírez, Alfredo Ramírez, M.I. Ma. Marcelina Ramírez, Luz Irene Ramírez, Aux. Contador. Ma. de Jesús Ramírez.

Doy gracias por tener una familia numerosa que esta presente en los momentos buenos, malos y de felicidad quienes me han dado su apoyo. Son muestra de superación y avance.

### ***A mi hija:***

Adriana Ramírez quien con su motivación, alegría y llena de energía me da la pauta de seguir adelante.

### ***A mi amigo***

Pasante de Ing. José Luis Chávez Ubaldo. Doy gracias por haber conocido a un gran amigo y compañero, quien me a dado su amistad, apoyo y me a abierto las puertas para formar parte de su familia sin condición alguna.

### ***A mi amistad:***

De forma muy especial a la Dra. en Ing. Sara Ríos Dordelly le doy las gracias por la participación y el apoyo que me a brindado dentro y fuera de la Universidad.

Doy gracias a la **Universidad Nacional Autónoma de México** y a mis profesores quienes me dieron el conocimiento necesario para mi formación profesional y con ello me llevo la satisfacción de haber estado en la mejor Universidad y de haber cumplido con uno de los objetivos en la vida.

## ***REFLEXIONES***

*Los caminos son largos o cortos, lo mas importante es estar bien con uno mismo.*

*La perseverancia y constancia son los mejores aliados para tus propósitos.*

*El vencido es aquel que dejó de vivir.*

*Todo es fácil o complicado depende del punto de vista que lo veas.*

*La vida es un ejemplo de la existencia y de lo que se puede realizar.*

*Yo parto de la existencia, de que todo existe solo hay que buscarlo y darle forma.*

*Fernando Ramírez Bravo.*

# ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>Capítulo I</b>	
<b>ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LOS REGLAMENTOS DE CONSTRUCCIÓN</b>	2
<b>I.1. DEFINICIÓN DE REGLAMENTO</b>	3
I.1.1 Concepto de Ley	3
I.1.2 Concepto de Reglamento	3
<b>I.2. BOSQUEJO HISTÓRICO</b>	
I.2.1 En la época de los aztecas	6
I.2.2 En México durante la edad media	7
I.2.3 Pasando a la época contemporánea	7
I.2.4 Construcción en la época actual	10
I.2.5 El primer Reglamento formal para el Distrito Federal	12
<b>I.3. ANÁLISIS DE LOS REGLAMENTOS ANTERIOR Y POTERIOR AL SISMO DE 1985. MODIFICACIONES MÁS RELEVANTES DEL APARTADO DE SEGURIDAD ESTRUCTURAL</b>	19
I.3.1 Mención del Título IV de requisitos de seguridad y servicio para las estructuras del Reglamento de 1976	19
I.3.2 Modificaciones del Reglamento en 1985	23
I.3.3 Modificación del Título VI de la seguridad estructural de las construcciones del Reglamento de 1987	25
I.3.4 Comentarios y conclusiones	35

## **Capítulo II**

### **COMPARACIÓN DEL APARTADO DE SEGURIDAD ESTRUCTURAL ENTRE EL REGLAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL DEL AÑO 1993 Y DEL ACTUAL 2004**

<b>II.1. MODIFICACIONES ESTRUCTURALES DEL TÍTULO SEXTO CONCERNIENTES A LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE LOS CITADOS REGLAMENTOS</b>	<b>37</b>
II.1.1 Generalidades	38
II.1.2 Características generales de las edificaciones	40
II.1.3 Criterios de diseño estructural	41
II.1.4 Cargas vivas y cargas muertas	45
II.1.5 Comentarios y conclusiones	50

## **Capítulo III**

### **COMPARACIÓN DE LAS NORMAS TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS DEL 2004, CON RESPECTO A LAS DEL AÑO 1993, EN LO REFERENTE A LOS ELEMENTOS DE CONCRETO**

<b>III.1. DISEÑO DE TRABES</b>	<b>54</b>
III.1.1 Trabes	55
III.1.2 Proceso de diseño de trabes	57
III.1.3 Diseño por flexión	58
III.1.4 Diseño por cortante	61
III.1.5 Revisión por deflexión	62
III.1.6 Diseño por torsión	62
III.1.7 Comentarios y conclusiones	64
III.1.8 Análisis de casos con el procedimiento y metodología en el diseño de trabes	66

<b>III.2. DISEÑO DE LOSAS</b>	<b>83</b>
III.2.1 Losas	84
III.2.2 Proceso de diseño de losas	86
III.2.3 Diseño por flexión	89
III.2.4 Revisión por cortante	90
III.2.5 Deflexión	90
III.2.6 Comentarios y conclusiones	91
III.2.7 Análisis de casos con el procedimiento y metodología en el diseño de losas	93
<b>III.3. DISEÑO DE COLUMNAS</b>	<b>148</b>
III.3.1 Columnas	149
III.3.2 Proceso de diseño de columnas	150
III.3.3 Diseño a flexo-compresión	152
III 3.4 Comentarios y conclusiones	156
III.3.5 Análisis de casos con el procedimiento y metodología en el diseño de columnas	157
<b>IV. COMENTARIOS Y CONCLUSIONES GENERALES</b>	<b>168</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>170</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>177</b>

# INTRODUCCIÓN

Para la realización de esta tesis, se da inicio con los conceptos de Ley y de Reglamento, seguido con los Antecedentes Históricos de los Reglamentos de Construcciones para el Distrito Federal.

La tesis pretende resaltar mediante el análisis comparativo, los cambios que se han generado en los Reglamentos de Construcciones del Distrito Federal y en las Normas Técnicas Complementarias del año 2004, en Estructuras de Concreto tomando las formas más comunes como son: traveses, losas y columnas, no se intenta abarcar toda la gama de formas estructurales.

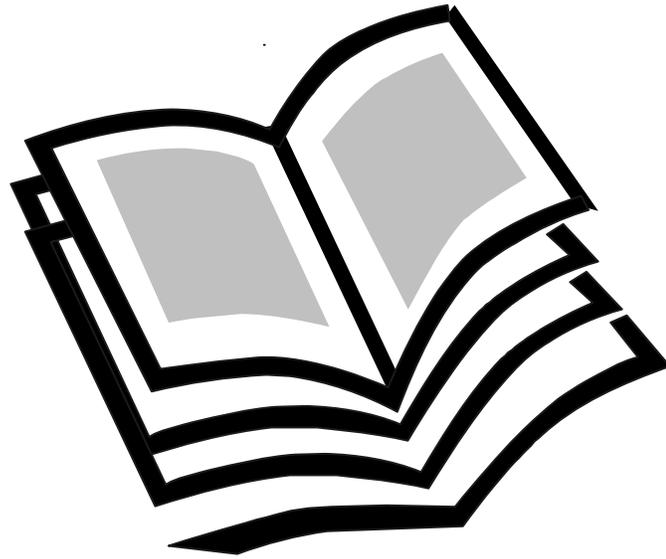
En este proceso se realiza el análisis comparativo entre los Reglamentos de Construcciones del Distrito Federal de los años 1993 y 2004, para resaltar las modificaciones del apartado del Título Sexto concernientes a la seguridad estructural de las construcciones, en las características generales de las edificaciones, criterios de diseño estructural, cargas vivas y cargas muertas. El impacto será referente a las cantidades de acero y concreto, obtenidos del resultado del análisis comparativo de diseño.

La intención además de hacer el análisis comparativo por medio del diseño de los elementos estructurales “trabe, losa y columna” es dar a conocer el procedimiento, paso a paso aplicando cada punto del Reglamento de Construcciones y de la Normas Técnicas Complementarias de Estructuras de Concreto.

Además de que el procedimiento y la metodología que se está utilizando, está encaminada para el empleo de hojas de cálculo. Este material podría ser de apoyo para los estudiantes en su formación profesional a nivel superior ó para el profesorado como un material didáctico de apoyo en estructuras de concreto

# CAPITULO I

## ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LOS REGLAMENTOS DE CONSTRUCCIONES



### I.1 DEFINICIÓN DE REGLAMENTO

### I.2 BOSQUEJO HISTÓRICO

### I.3 ANÁLISIS DE LOS REGLAMENTOS ANTERIOR Y POSTERIOR AL SISMO DE 1985. MODIFICACIONES MÁS RELEVANTES DEL APARTADO DE SEGURIDAD ESTRUCTUTRAL

## **I.1 DEFINICIÓN DE REGLAMENTO**

Desde el punto de vista jurídico existen dos conceptos a diferenciar, concepto de Ley y concepto de Reglamento.

### **I.1.1 CONCEPTO DE LEY**

Ley es todo acto estatal creador de normas jurídicas generales sea cual fuere su forma o el órgano que la hubiera dictado y que regula la condición de los particulares. La Ley es creada por el Poder Legislativo. (1)

### **I.1.2 CONCEPTO DE REGLAMENTO**

El Reglamento se puede considerar como el conjunto ordenado de reglas y conceptos que por autoridad competente se da para la ejecución de una ley o para el régimen interior de una corporación o dependencia. El Reglamento es el producto del Poder Ejecutivo.

Del concepto anterior podemos desprender en términos generales, la existencia de tres tipos de Reglamentos, uno de ellos es aquel que surge como reglamento de particulares, el reglamento de autoridad y el reglamento administrativo.

Reglamento de Particulares, es el conjunto ordenado de normas que sirven para determinar el régimen interno de determinadas corporaciones y se deriva del acuerdo de voluntades de las partes que intervienen en su creación. Además no surge de una autoridad estatal competente. (1)

Reglamento de Autoridad, es aquel que emana precisamente de una autoridad que goce de competencia para establecer normas que el ciudadano en determinado momento, está obligado a obedecer. (1)

El Reglamento Administrativo es una disposición legislativa expedida por el Poder Ejecutivo, en uso de la facultad que la Constitución le otorga, para proveer en la esfera administrativa la exacta observancia de las que expide el Poder Legislativo. Además es aquel que trata de un acto del estado que tiene fuerza obligatoria y general, el cual es emitido en forma de Ley.

Considerando que el Reglamento de Construcciones es un reglamento administrativo y es emitido por un órgano administrativo legalmente investido de competencia para hacerlo (Presidente de la república en el ámbito federal, gobernador del estado en las entidades Federativas), creadoras de normas jurídicas generales que desarrollan los principios de la ley emanada del congreso, a efecto de facilitar su ejecución y observancia en la esfera administrativa. (1)

El Reglamento del Distrito Federal, contempla un capítulo de sanciones que son aplicables a las personas que no cumplan con los ordenamientos establecidos en el mismo, sanciones que son aplicables de manera económica con la finalidad de que el infractor cumpla con los requisitos que tuvo que haber cumplido antes de hacerse acreedor a las sanciones correspondientes.

Por otra parte, el Reglamento es una colección ordenada de reglas, que por autoridad competente se da para la ejecución de una Ley o para el régimen de una corporación, una dependencia o un servicio.

Las diversas definiciones de lo que es un reglamento hacen que éste se convierta en una disposición de la Ley que puede ser una disposición de tipo complementaria o suplementaria y con un ordenamiento por lo general más expuesto a variaciones con el transcurso del tiempo.

El Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal es el documento legal que tiene como función proteger a la sociedad, contra el colapso o mal funcionamiento estructural de las obras de construcción, de acuerdo con el reglamento el grado de protección que puede lograrse no es el absoluto, sin embargo debe ser óptimo en el sentido que sea congruente con las consecuencias de las posibles fallas y con el costo de incrementar la seguridad.

El Reglamento generalmente es elaborado por comités formados por grupos de especialistas en la materia, en base al estado de conocimiento en el momento de su elaboración y revisados por personas e instituciones interesadas, como los representantes de los constructores, de los productores de materiales de construcción, de las asociaciones de profesionales, de los centros de investigación y de las autoridades competentes.

El Reglamento da la responsabilidad al constructor de fijar los niveles de seguridad adecuados para los distintos tipos de estructuras o construcción, estos niveles de seguridad se basa principalmente en la experiencia del comportamiento de la estructura diseñadas con diferentes procedimientos y factores de seguridad.

Las consideraciones probabilísticas desempeñan un papel muy importante en la formulación de niveles de seguridad para diferentes casos. Estos casos se toman como patrón para determinar a partir de la evaluación de los niveles de incertidumbre en ellos involucrados.

## I.2 BOSQUEJO HISTÓRICO

La base fundamental con la que se construyó la Ciudad de México, fue la de una estructura religiosa, basado en los cuatro puntos cardinales que estuvieron definidos de la siguiente manera:

Al Norte	Tezcatlipoca.
Al Sur	Huitzilopochtli.
Al Poniente	Quetzalcoatl.
Al Oriente	Tlahuizcalpantcutli.

Quienes eran los cuatro Dioses creadores de las construcciones de la antigua Tenochtitlan. Se puede decir que fueron los que reglamentaban la construcción de templos y hogares de la tribu, mediante la agrupación de todos los seres según los puntos cardinales. (1)

### I.2.1 EN LA ÉPOCA DE LOS AZTECAS

Al instalarse los Aztecas en el Valle de México, previo acuerdo concertado con los reyes de Texcoco, Coyoacán y Atzacozalco, ocuparon el área inmueble del lago Texcoco, podían además tener acceso a tierra firme por caminos bien definidos hacia canteras y bosques como fuente de materiales para la construcción. (2)

Después de un lapso en que las edificaciones eran ligeras y adaptadas al ambiente lacustre fueron los aztecas, creando zonas libres de inundación mediante rellenos artificiales, principalmente constituidos por fragmentos de rocas, gravas y arenas. Además tuvieron que recurrir al uso de enramadas entre capas del relleno, con el objeto de evitar su penetración y la falla local del terreno de este modo fueron construyendo una extensa plataforma que cubrió toda el área ocupada por la antigua capital de los Aztecas, Tenochtitlan.

La urbe Azteca se extendía hacia el poniente ocupando los terrenos de la colonia Tlatelolco, donde quedó emplazada la hoy denominada Plaza de las Tres Culturas (Azteca, Hispánica y moderna). (2)

Las construcciones de sus templos y edificios asombran por sus grandes dimensiones, además la declinación corresponde a la latitud del lugar, con fines seguramente de observación astronómica tal vez era una de las reglamentaciones a construir. Y tenemos por ejemplo la pirámide del sol, la pirámide de la luna y el templo de Quetzalcóatl, estas construcciones son notables, extraordinarias y precisas en sus medidas, a pesar de la forma en que fueron construidas. (2)

## **I.2.2 EN MÉXICO DURANTE LA EDAD MEDIA**

Fueron varios los estilos arquitectónicos y el de mayor aceptación fue un estilo de tendencia románica, no está por demás insistir en que todo proyecto de construcción se basó en una prevención de elementos de servicio en los lugares adecuados, es decir que esto nos conduce a la reglamentación de espacios que deben destinarse a un servicio preestablecido.

De aquí parte la idea de reglamentar la construcción de las edificaciones iniciadas hace varios decenios, para asegurar cubos de aire y posibilidades de luz solar, después se dispusieron relaciones de altura y dimensiones mínimas, que resultaron casi únicas para los patios de los edificios. (4)

## **I.2.3 PASANDO A LA ÉPOCA CONTEMPORÁNEA**

Los constructores españoles del siglo XVI importaron técnicas diferentes y extendieron las edificaciones fuera de la zona ocupada por Tenochtitlan, conformándose así y a través de tres siglos se dio un nuevo centro urbano, del que es parte representativa lo que se ha dado en llamar la Traza de la Ciudad.

El arte de hacer concreto puzzolánico se perdió durante la Edad Media y fue resucitada hasta los siglos dieciocho y diecinueve. En Inglaterra se descubrió en 1796 un depósito de piedra natural de cemento que fue vendida como “cemento romano “. Se descubrieron otros depósitos de cemento natural tanto en Europa como en América, fueron explotados durante varias décadas. (3)

En 1884 Joseph Áspin, un albañil inglés, después de largos experimentos obtuvo una patente para un cemento que le llamó Cemento Pórtland.

Este extraordinario producto fue aceptado poco a poco por la industria de la construcción y fue introducida a los Estados Unidos en 1886. Los primeros constructores utilizaron el cemento para realizar sus estructuras. (4)

El concreto moderno está formado con cemento que se produce industrialmente. Apareció a principios del siglo XIX cuando se creó el proceso para construir cemento Pórtland. Sin embargo, debido a su escasa resistencia a la tensión, el concreto se utilizó principalmente para la construcción de estructuras burdas, tales como cimentaciones, pilas para puentes y muros gruesos.

La arquitectura fue clásica en Europa y en América, a principios del siglo XIX. Más tarde respondiendo a las nuevas necesidades, se modificó paulatinamente, adoptando estilo y tendencias variadas. Se realizó un cambio profundo en la estructura y arquitectura dejando atrás a la piedra como material básico, para sustituirla por el cemento armado, que revistió al hierro o al acero. (3)

En México fueron tomadas poco a poco éstas idea ya que éstas nuevas formas de arquitectura y construcción han permitido una mayor ligereza, favorable a las grandes edificaciones, como son, residencias, templos, fábricas, edificios públicos.

Las edificaciones de la época de la colonia (Palacio de Cortés, hoy Palacio Nacional, la Catedral, iglesias y conventos, los acueductos), cimentaban sus muros de mampostería sobre estacones y las viviendas menores sobre zapatas fabricadas con materiales pétreos y mortero de cal. (2)

La gran variedad de tipo de construcción que han influido durante el transcurso del tiempo, ha hecho que en nuestros tiempos se haya tenido la necesidad de que los grandes conocedores de la arquitectura, unan sus criterios y formen una sola ideología.

Tomando en consideración lo anterior, se ha venido hablando de las construcciones de tipo ligero que son más comunes en nuestros tiempos.

Thaddeus Hyatt un americano, fue la primera persona en analizar correctamente los esfuerzos en una viga de concreto reforzado y en 1877 publicó un libro acentuando el uso del concreto reforzado, además dio énfasis en la resistencia del concreto al fuego. (4)

La mayor parte del trabajo inicial del desarrollo de la Teoría del Diseño del Concreto Reforzado se llevó a cabo en Francia y en Alemania.

Francois Hennebique también lo hizo en Europa y la primera vez que usó concreto reforzado con barras de hierro, para construir pisos a prueba de fuego y fue en 1879, además concibió la idea de doblar hacia arriba el hierro de refuerzo para resistir las tensiones desarrolladas en el concreto en la zona de los soportes, él patentó este procedimiento en 1892. la compañía constructora de Hennebique, gradualmente hizo cada vez más trabajos de concreto reforzado. En 1892 Hennebique cerró su compañía de construcción y creó una compañía de consultoría en ingeniería.

La construcción se hacía por contratistas con licencia y entrenamiento dado por la organización Hennebique, y ésta misma hacía hincapié que el concreto reforzado no era un material barato de sustitución, e insistía igualmente, en la necesidad de supervisión constante con objeto de lograr una buena mano de obra. Además fue el primero en sustituir el acero por hierro dulce como refuerzo.

Pero en 1901 Hennebique sufrió un fuerte revés cuando un edificio de cinco pisos del Hotel Zum Golden en Báren, de Basilea, se cayó durante su construcción, con pérdida de vidas, y atribuyó las fallas al mal diseño de la organización Hennebique de París y a una mano de obra deficiente por parte del contratista local. Criticó particularmente el uso de arena y grava sucias, incluyendo algunas tomadas directamente del lugar de la construcción y el no haber probado antes la calidad del cemento, así como la resistencia a la compresión del concreto.

Este colapso hizo que Suiza en 1903 adoptara el Primer Reglamento de Construcción del Concreto Reforzado, y otros países hicieron lo mismo al poco tiempo. En los Estados Unidos se formó un comité organizado por la American Society of civil Enginners, formuló su primer código en 1908. (3)

Hasta 1919, el Concreto Reforzado fue ampliamente dominado por los diferentes sistemas de Patentes.

A finales del siglo XIX, varios constructores experimentaron con la técnica de colar varillas de hierro o acero en estructuras de concreto delgadas para mejorar su capacidad de resistir fuerzas de tensión. Éste fue el comienzo de lo que ahora se le conoce como Concreto Reforzado.

Muchas de las formas básicas de construcción producidas por estos primeros constructores han llegado a formar parte de la experiencia de estructura para edificios.

Además el concreto se produce en grandes volúmenes para las diversas formas de construcción. Como son en la red de carreteras, sistemas hidráulicos, grandes puentes, túneles, además de los marcos, los muros y otros sistemas de estructuras para la edificación, también para pavimentos, para aceras, área de estacionamientos, calles y losas de cimentación en edificios, por ello es necesario comprender esta situación cuando se analiza la economía y la operación de estructuras de concreto reforzado como también del concreto. (2)

## **I.2.4 CONSTRUCCIÓN EN LA ÉPOCA ACTUAL**

En el primer tercio del pasado siglo, la zona urbana de la ciudad se extendía horizontalmente, dando como resultado a construcciones muy uniformes. Desde 1940 y en la parte céntrica de la Ciudad, se inicia el desarrollo vertical de inmuebles, teniéndose un control de las edificaciones, mediante la autorización de construir determinadas construcciones, capaz de mantener en condiciones satisfactorias y seguras para las necesidades de la sociedad.

El control de la edificación mediante la creación de leyes y reglamentos es aplicable a la vivienda, industria, comercio y otros, con el objeto de mantener distribuida a la población de tal manera que las instalaciones y redes de servicios urbanos no resulten deficientes por exceso de población al contravenir lo autorizado por las autoridades del Departamento del Distrito Federal. (4)

Considerando que la creciente complejidad de la vida social genera las necesidades de renovar constantemente las leyes, reglamentos y normas a efecto de probar un desarrollo paralelo en que no se vean rebasados ambos procesos, que en el proceso de actualización de los ordenamientos leyes, reglamentos y normas vigentes, es necesaria la ejecución de acciones tendientes a la reordenación de las disposiciones reglamentarias para otorgar mayor agilidad a las irregularidades en la construcción y edificación de predios en nuestra ciudad.

En Estados Unidos existen varias organizaciones que tienen relación con el concreto. Si bien estas organizaciones son patrocinadas, en gran parte por la industria, representa las principales fuentes de reglamentos y estándares de diseño, al igual que de información sobre productos y la construcción de mampostería reforzada. Las siguientes son algunas de las principales organizaciones de la industria como son:

American Concrete Institute (ACI)  
Portland Association (PCA)  
Concrete Reinforcing Steel Institute (CRSI)  
Prestressed Concrete Institute (PCI)  
National Concrete Masonry Association (NCMA)  
Masonry Institute of America (MIA). (5)

Las normas en la práctica del diseño estructural y de la construcción general se definieron, lentamente, después de compartir experiencias e investigación y las nuevas teorías y los diseños innovadores o la técnica de construcción se ensayan y al final se aceptan o se rechazan.

Los Reglamentos de diseño estructural que existen, son particulares de algún material como son: de concreto, acero, madera, mampostería y otros son de alcance más general y tienden a establecer criterios unificados, es más notorio en los países europeos donde existen códigos multinacionales para los países de la comunidad económica europea, para los países socialistas. Estas reglas son muy avanzadas y tienen en general bases probabilísticas. Además cada país tiene su reglamento particular basados en la práctica y experiencia local, aunque es notorio la tendencia a que la reglamentación de los diversos países europeos sea similar.

Las normas alemanas constituyen un cuerpo cada vez más impresionante de reglas y criterios que abarcan en detalle los aspectos más diversos y especializados de diseño.

Las normas canadienses constituyen un intento sobresaliente de dar una base racional y uniforme a los criterios de diseño y en los EEUU por otro lado, la reglamentación está muy dispersa y es poco uniforme, debido a que es elaborada por grupos distintos según el material, según el tipo de estructura y según la región donde se aplican.

Sin embargo, muchos de los códigos o recomendaciones específicas elaboradas por diversas instituciones de este País representan documentos más avanzados y de mayor divulgación al nivel internacional, de esta manera que son ampliamente usados en otros países, especialmente para el proyecto de grandes obras industriales y de infraestructura en las que interviene especialistas de todo el mundo.

Las normas más conocidas son:

- Código ACI para Estructuras de Concreto.
- El AISC para Estructuras de Acero.
- El AASHTO para Diseño Estructural de Puentes.
- El UBC para proyecto de edificación en general. (4)

## **I.2.5 EL PRIMER REGLAMENTO FORMAL PARA EL DISTRITO FEDERAL**

En México tiene su propio Reglamento y por medio de la Dirección General de Obras Públicas ha venido palpando la dificultad cada vez mayor para la aplicación del Reglamento de Construcción que hace varios años regía, que fue elaborado y **Publicado el 20 de Enero de 1920.** (6)

Las disposiciones que contenía eran verdaderamente inadecuadas para estos tiempos en que el crecimiento de la ciudad ha aumentado tanto en superficie como en población, y las modificaciones y las condiciones de vida han variado considerablemente.

Es por lo anterior por lo que la Dirección General de Obras Públicas ha venido trabajando en la formación de un Reglamento que sustituyera al anterior. Por otra parte, el Reglamento anterior regía solamente a la ciudad de México, y con la nueva organización política del Distrito Federal, la Dirección General de Obras Públicas debe tener jurisdicción sobre la ciudad de México.

Así que después de 22 años se hace presente el nuevo Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, **Publicado en el Diario Oficial de la Federación el día 23 de Julio de 1942,** siendo Presidente de México Manuel Ávila Camacho. (6)

El presente Reglamento en su elaboración se han tomado en cuenta los reglamentos similares de grandes ciudades, principalmente de nuestros continentes.

Sus artículos han sido coordinados entre sí y con las demás leyes y reglamentos que rigen en el Distrito Federal, de una manera especial se han mantenido y reforzado las disposiciones en vigor sobre salubridad e higiene.

El Reglamento contiene setenta y cinco capítulos, que se han agrupado en tres grandes divisiones, las que corresponden a otros tantos grupos de asuntos de los más importantes entre los que la Dirección General de Obras Públicas tiene que tratar, estos son:

Los que corresponden a Vía Pública, a Servicios Públicos y a Construcciones. Una cuarta división se ha dedicado a las disposiciones Administrativas.

El Reglamento se ha procurado hacer tan completo como las circunstancias lo han permitido, el desarrollo de la sección relativa a la construcción, se ha hecho la subdivisión de esta materia en:

- Especificaciones
- Instalaciones
- Ejecución de las construcciones
- Clasificación de los edificios por su uso
- La vigilancia del uso
- Conservación de los predios
- Construcciones.

Cada una de esas divisiones se subdividen en capítulos, en conjunto se ha formado un manual de la Construcción, aunque sea sencillo, se espera que preste buenos servicios. El Reglamento anterior carecía de disposiciones análogas. (6)

Se instituye una Comisión del Reglamento, es ella a la que corresponderá insistir en las reglas que aquí se dan y proponer las modificaciones que se estimen pertinentes.

Las disposiciones de este Reglamento tienden todas a proporcionar a los habitantes de la ciudad de México seguridad, salubridad, belleza y comodidad. Este Reglamento sienta las Normas para obtener estos resultados, pero no es suficiente todavía y habrá que seguir adaptándolo y modificándolo.

El Departamento del Distrito Federal, al formular y proponer en vigor este Reglamento, ha perseguido el fin de crear y conservar una ciudad que sea digna de ser la capital de la República Mexicana.

Las siguientes modificaciones del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal se publicaron 24 años después, **el día 9 de Febrero de 1966, Publicado en el Diario Oficial de la Federación**, en el periodo de Gustavo Díaz Ordaz. Este Reglamento se refiere únicamente a las construcciones urbanas "edificios".  
(7)

Existe en la actualidad un documento que tiene un alcance mucho mayor, es el manual de Diseño de Obras Civiles de la Comisión Federal de Electricidad que abarca el Diseño de Obras Industriales y de chimeneas, tanques, torres y cimentaciones. Además especifican acciones de diseño para distintas regiones de la República Mexicana.

Las Normas de Diseño en la práctica influyen en varias actividades con respecto al Diseño y la Construcción de Estructuras de Concreto. Las principales áreas a considerar son las siguientes:

- Métodos y criterios de diseño.
- Procesos de construcción.
- Pruebas y certificaciones que se requieren.
- Requisitos del Reglamento para diseñar en cuanto a resistencia al fuego.
- Requisitos generales del Reglamento que afectan la planificación, ordenación y la realización de los detalles de las edificaciones.

Dado el desarrollo urbano, seguridad, estabilidad, así como las limitaciones y modalidades que se impongan al uso del terreno o a las edificaciones, surgieron las necesidades de contar con un Reglamento y Normas.

Diez años más tarde, El Gobierno del Distrito Federal se ve con la necesidad de crear el nuevo Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal con sus respectivas modificaciones y ampliaciones.

El Reglamento de Construcciones del Distrito Federal de fecha 19 de Noviembre 1976, **Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 14 de Diciembre 1976**, demostró en su aplicación práctica ser un instrumento eficaz para los fines conducentes. (7)

En México, la Reglamentación más actualizada y la que sirve de modelo para los otros estados, es el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal.

En base con el **Reglamento de 1976** y la experiencia, además de las fallas observadas después de los fuertes sismos de 1985 en la ciudad de México, es conveniente reducir el nivel de riesgo para los habitantes por lo cual se introducen elementos que refuercen la estabilidad de las edificaciones para garantizar un grado óptimo de seguridad en su utilización.

Con la colaboración de instituciones, de la Universidad Nacional Autónoma de México y con la participación de los profesionistas y especialistas relacionado con la construcción, se iniciaron estudios para revisar y adecuar el Reglamento de Construcción anterior (1976) y de esta manera conocer los puntos de vista y recomendaciones de los especialistas en estructuras en instalaciones y en diseño arquitectónico. (8)

Menos de dos años después de los sismos, se **Publicó en el Diario Oficial de la Federación el 3 de Julio de 1987 el nuevo Reglamento de Construcciones** para el DF, y las Normas Técnica Complementarias se publicaron en Noviembre y Diciembre de 1987, su puesta en práctica fue hasta finales de 1988. (9)

Se realizaron pequeñas modificaciones derivadas de la experiencia o de investigaciones recientes hasta variaciones importantes de enfoque de los problemas, en las Normas Técnica Complementarias del Reglamento del Distrito Federal se cambiaron factores de reducción de resistencia y disposiciones importantes de esbeltez en columnas y á losas planas.

Además de que este Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal constituye un documento que regula y complementa otras leyes y disposiciones como la Ley de Vivienda, la Ley de Estacionamientos, la Ley de Condominios, los Planes Parciales Delegacionales, la Ley de Monumentos Históricos, el Reglamento de Anuncios y Artísticos, la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección del Ambiente.

El cuerpo del Reglamento está dividido en 13 Títulos y 306 artículos que se complementan con las Normas Técnicas Complementarias

Las Normas se componen de:

- Normas Técnicas Complementarias Concreto Reforzado.
- Normas Técnicas Complementarias Acero.
- Normas Técnicas Complementarias Cimentaciones.
- Normas Técnicas Complementarias Mampostería.
- Normas Técnicas Complementarias Madera.
- Normas Técnicas Complementarias Sismo.
- Normas Técnicas Complementarias Viento. (9)

La asamblea de representantes del Distrito Federal, en ejercicio de la facultad que le confiere el artículo 73 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos expide el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, **Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 2 de Agosto de 1993.** (13)

Ha servido para actualizar algunos artículos que sólo en la práctica profesional constante y la aplicación de las Normas Técnicas Complementarias para el Diseño y Construcción se han podido llevar a cabo. El Reglamento de 1993 simplifica sus términos y establece un cuerpo más flexible, sobre todo porque muchas condiciones de diseño se establecen en las Normas Técnicas Complementarias, esto implica que contiene una mayor información, más flexible que permite en el futuro incorporar alternativas y condiciones para mantener siempre operativo y actualizado el Reglamento.

Es importante señalar que muchos municipios, ciudades, lo retomaron como propio. En 1997 se le adecuaron algunos artículos, se derogaron otros, pero solo regiría hasta el 16 de Febrero del 2004, cuando entró en operación el nuevo Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal.

En el período de Presidente Vicente Fox Quezada y siendo Andrés Manuel López Obrador, jefe de Gobierno del Distrito Federal, se actualiza el Reglamento **Publicado en la Gaceta del Distrito Federal el 29 de Enero de 2004.** con fundamento en el artículo 122 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. (14)

Al revisar el Reglamento y sus Normas Técnicas Complementarias se trató de incorporar los avances más recientes de los conocimientos de los materiales y de los procesos de construcción y producción ya que se mejoran constantemente, además de revisar los requisitos de seguridad, resistencia para la construcción y de simplificar y facilitar su aplicación mediante criterios optativos, dando como resultado y que se refleja en las últimas Normas de Práctica, presentadas como Reglamentos de Construcción y Normas Técnicas Complementarias para el Distrito Federal 2004.

Además con la idea de dejar en el Reglamento las recomendaciones de carácter normativo general y de incorporar en las normas los conceptos más directamente empleados en el proceso técnico del diseño estructural y la revisión de la seguridad, se traslada a las normas un número importante de especificaciones de este tipo que hasta antes de la presente revisión se encuentran en la versión vigente del Reglamento, siendo estos los cambios más relevantes entre los Reglamentos que se comparan en la presente tesis.

Así que diez años de experiencia y conocimiento se incorporan más de 300 reuniones de trabajo que en los últimos años se realizaron, todas de carácter técnico y multidisciplinario, aunadas a muchas más al interior de los colegiados, lo que dio lugar al nuevo Reglamento.

Tanto el Reglamento, como las Normas Técnicas Complementarias, son el resultado del trabajo de diversos comités establecidos por el Comité Técnico Asesor de Seguridad Estructural del gobierno del Distrito Federal.

El Reglamento de Construcciones del Distrito Federal vigente consta de un cuerpo Principal, que en su Título VI se refiere a aspectos específicos del diseño Estructural. Para abarcar los diversos materiales estructurales fueron emitidas las Normas Técnicas Complementarias “NTC” de fácil actualización desde el punto de vista legal. Dichas NTC entraron en vigor el día 6 de Octubre de 2004 en la Gaceta Oficial del Distrito Federal.

Estas Normas se dividen en:

- Normas Técnicas Complementarias Sobre Criterios y Acciones para el Diseño Estructural de las Edificaciones.
- Normas Técnicas Complementarias Concreto Reforzado.
- Normas Técnicas Complementarias Acero.
- Normas Técnicas Complementarias Cimentaciones.
- Normas Técnicas Complementarias Mampostería.
- Normas Técnicas Complementarias Madera.
- Normas Técnicas Complementarias Sismo.
- Normas Técnicas Complementarias Viento.
- Normas Técnicas Complementarias Prevención de Incendios. (16)

El Reglamento de Construcciones del Distrito Federal tiene equivalencia con Reglamentos de otros países, lo que nos permite ser competentes en la Construcción.

## **I.3 ANÁLISIS DE LOS REGLAMENTOS ANTERIOR Y POSTERIOR AL SISMO DE 1985. MODIFICACIONES MÁS RELEVANTES DEL APARTADO DE SEGURIDAD ESTRUCTURAL**

### **I.3.1 MENCIÓN DEL TÍTULO CUARTO DE REQUISITOS DE SEGURIDAD Y SERVICIO PARA LAS ESTRUCTURAS DEL REGLAMENTO DE 1976**

Este Título IV contiene diferentes apartados los cuales se mencionan a continuación. Posteriormente se realiza un análisis comparativo de los apartados de este Título, con los del Título VI del Reglamento de 1987. (7)

#### **GENERALIDADES**

*RCDF-76 Art. 201.-* Contiene los requisitos de seguridad y servicio que debe cumplir la estructura, las cuales se aplicarán a las construcciones, modificaciones, ampliaciones, reparaciones y demoliciones de las obras.

*RCDF-76 Art. 202.-* El Departamento del Distrito Federal expedirá las Normas Técnicas Complementarias “NTC”, en las que se especifica la aplicación de los requisitos generales de seguridad y servicio.

*RCDF-76 Art. 203.-* Menciona que toda estructura deberá cumplir con los requisitos para la que fue proyectada.

#### **ESTADOS LÍMITE**

*RCDF-76 Art. 205.-* Estados límite son aquello para los cuales una estructura deja de cumplir su función para la que fue proyectada.

*RCDF-76 Art. 206.-* Estados límite de falla son aquellas para los cuales se presenta el agotamiento definitivo de la capacidad de carga de la estructura o bien cuando la estructura sufra daños irreversibles en cualquiera de sus miembros.

Estados límite de falla dúctil son aquellas para las cuales la capacidad de carga de la estructura se mantenga para deformaciones apreciables.

Estados límite de falla frágil son aquellas para las cuales la capacidad de carga de la estructura se disminuya bruscamente al alcanzarse el estado límite. Los estados límite de falla corresponden a flexión, cortante, torsión y carga axial.

Estados límite de servicio son cuando se afecta su correcto funcionamiento, pero no su capacidad para soportar cargas. Además esta relacionado con la rigidez de la estructura. Estados límite de servicio tendrán cuando la estructura llegue a estados deformaciones, agrietamientos, vibraciones.

*RCDF-76 Art.207.-* Estados límite de servicio deberá revisarse bajo el efecto de las combinaciones de acciones y que no excedan algunos de los límites fijados como deformaciones y se dan los límites:

- a.- Flecha vertical efectos a largo plazo igual a 0.5cm más el claro entre 240
- b.- Después de la colocación será igual a 0.3cm más el claro entre 480.
- c.- Deflexión entre dos niveles es de  $1/250$  de altura del entre piso
- d.- Estructuras que no tengan ligados elementos estructurales  $1/500$  de altura del entre piso.

## **ACCIONES**

*RCDF-76 Art.208.-* Criterios

*RCDF-76 Art.209.-* Clasificación de las acciones

*RCDF-76 Art.210.-* Acciones permanentes

*RCDF-76 Art.211.-* Acciones variables

*RCDF-76 Art.212.-* Acciones accidentales

## **RESISTENCIA**

*RCDF-76 Art.216.-* La magnitud de una acción o de una combinación de acciones que provocaría la aparición de los estados de límite de falla en la estructura.

*RCDF-76 Art. 217.-* Resistencia de diseño es la revisión de seguridad contra estado limite de falla, que determinará con procedimientos fijados en las NTC.

## PROCEDIMIENTO PARA LA EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD

*RCDF-76 Art.220.-* Factor de carga “Fc”

- I.  $F_c = 1.4$ , para combinaciones que incluyan acciones permanentes y variables.  
 $F_c = 1.5$ , cuando se trate de estructuras que soporten pisos con aglomeraciones de personas, escuelas.
- II.  $F_c = 1.1$ , para combinaciones de acciones que incluyan acciones permanente, variables y una accidental.
- III.  $F_c = 0.9$ , para acciones o fuerzas internas que sean favorable a la resistencia o estabilidad de la estructura.
- IV  $F_c = 1.0$ , para revisión de estados límite de servicio.

*RCDF-76 Art.221.-* Factores de resistencia “FR” por el cual deberá multiplicarse la resistencia nominal, serán fijado en las NTC.

### CARGA MUERTA

*RCDF-76 Art.223.-* Para evaluación de las cargas muertas se emplearán los pesos volumétricos de los materiales constructivos.

*RCDF-76 Art.224.-* La carga muerta adicional para pisos de concreto se considera: que el peso muerto calculado de losas de concreto de peso normal coladas en el lugar se incrementará en  $20 \text{ kg/m}^2$ , cuando sobre una losa colada en el lugar o precolada, se coloque una capa de mortero de peso normal, el peso calculado de esta capa se incrementará también en  $20 \text{ kg/m}^2$  de manera que el incremento total será de  $40 \text{ kg/m}^2$ .

### CARGA VIVA

*RCDF-76 Art.225.-* Se consideran carga vivas a las fuerzas gravitacionales que obran en una construcción y que no tienen carácter permanente.

*RCDF-76 Art. 226.-* Tipos de cargas vivas

- Carga viva máxima  $W_m$ . Se empleará para fuerzas gravitacionales y para el cálculo de asentamientos inmediatos en suelos.
- Carga instantánea  $W_a$ . Se usará para diseño sísmico y por viento.
- Carga madia  $W$ . Se usará para el cálculo de asentamientos diferidos en materiales poco permeables.

**RCDF-76 Art.227.-** Valores nominales. Son las cargas vivas unitarias nominales, no se considerarán menores que las de la tabla 1, donde “A” representa el área tributaria en metros cuadrados.

Tabla 1. Cargas vivas unitarias, (kg/m<sup>2</sup>) en el *RCDF- 1976*.

Destino de piso o cubierta	W	Wa	Wm
a.- Habitación (casa-habitación, departamentos, viviendas, dormitorios, cuartos de hotel, internados de escuelas, cuarteles, cárceles, correccionales, hospitales y similares)	70	90	$120+420A^{-(\frac{1}{2})}$
b.- Oficinas, despachos y laboratorios.	70	90	$120+420A^{-(\frac{1}{2})}$
c.- Comunicación para peatones (pasillos, escaleras, rampas, vestíbulos y pasajes de acceso libre al público).	40	150	$150+200A^{-(\frac{1}{2})}$
d.- Estadios y lugares de reunión sin asientos individuales.	40	350	450
e.- Otros lugares de reunión (bibliotecas, templos, cines, teatros, gimnasios, salones de baile, restaurantes, bibliotecas, aulas, salas de juego y similares).	40	250	300
f.- Comercios, fábricas y bodegas.	0.8Wm	0.9Wm	Wm
g.- Azoteas con pendiente no mayor de 5%.	15	70	100
h.- Azoteas con pendiente mayor de 5%; otras cubiertas, cualquier pendiente.	5	20	30
i.- Volados en vía pública (marquesinas, balcones, y similares).	15	70	300
j.- Garajes y estacionamientos (exclusivamente para automóviles).	40	100	150
k.- Andamios y cimbras para concreto.	15	70	100

### **I.3.2 MODIFICACIONES DEL REGLAMENTO EN 1985**

Inmediatamente después del sismo del día 19 y 20 de septiembre de 1985. Se realizaron las medidas de orden reglamentario y se determinó la necesidad de revisar y actualizar las normas en materia de diseño estructural, con el fin de proteger a sus habitantes contra los riesgos por casos de desastres.

El 30 de septiembre se publicó en el Diario Oficial un acuerdo por el que se dispone que el Departamento revise lo referente a normas de construcción y proponga. Además de que se crea la comisión evaluadora del sismo ocurrido el 19 de septiembre de 1985. Ese mismo día se resuelve que el Departamento del Distrito Federal proceda a realizar una exhaustiva inspección de los inmuebles con concentraciones humanas, dentro de sus límites territoriales.

El 4 de octubre en ese mismo año se publicó en el Diario Oficial otro acuerdo, por el que los inmuebles actualmente en construcción o aquellos que se encuentran en reparación para ponerlos en condiciones de uso, como consecuencias del sismo referido y lo que no haya sido dictaminada la necesidad de su demolición, se sujetaran a las disposiciones que el Departamento señale necesarias.

El 11 de octubre de 1985 se publicó en el Diario Oficial el acuerdo por el que se crea la Comisión de Reconstrucción del Distrito Federal y el Decreto por el que se expropián por causa de utilidad pública los inmuebles de propiedad particular que se señalan.

El 14 de octubre se publicó en el Diario Oficial se da el Decreto por el que se aprueba el Programa Emergente de Renovación Habitacional Popular del Distrito Federal

El 16 de octubre también se publicó en el Diario Oficial el Acuerdo por el que integra un Comité de Coordinación del Auxilio Internacional como órgano de apoyo a la Comisión de Reconstrucción.

El 18 de octubre se publicó en el Diario Oficial el Decreto en el que se establecen las Normas de Emergencia en materia de construcción para el Distrito Federal. Donde realizaron inspecciones a edificios que fueron dañados en proceso de obra, también se llevaron acabo las Normas de Emergencia que se aplicaron a los trabajos de refuerzo y reparación de construcciones dañadas y a todas las obras que se iniciaron a partir de esa fecha, controlando así mismo los usos originales de las obras autorizadas, para adecuar los procesos de diseño y construcción para casos similares en un futuro.

Además dió origen a una serie de reuniones y seminarios con el fin de ir conformando un cuerpo de normas que brindara mayor seguridad a la ciudad de México.

De tal manera que a menos de dos años después de los sismos, se **publicó en el Diario Oficial de la Federación el 3 de Julio de 1987 el nuevo Reglamento de Construcciones** para el DF y las Normas Técnica Complementarias se publicaron en Noviembre y Diciembre de 1987, su puesta en práctica fue hasta finales de 1988.

### **I.3.3 MODIFICACIONES DEL TÍTULO SEXTO DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE LAS CONSTRUCCIONES DEL REGLAMENTO DE 1987**

A continuación se describen los artículos del Título VI del RCDF-1987 que si están contenidos en el *RCDF.76*, especificando en cada artículo una observación como se indica: *sin cambios*, ampliación de concepto más detallado, nuevo concepto. Pretendiendo con esto dar las modificaciones, originadas por los resultados del sismo de 1985. (7) y (9)

#### **DISPOSICIONES GENERALES**

*RCDF-76 Art.201* y *RCDF-87 Art.172.-* Este Título contiene los requisitos que deben cumplirse en el proyecto, ejecución y mantenimiento de una edificación para lograr un *nivel de seguridad* adecuada contra fallas estructurales, así como un comportamiento estructural aceptable en condiciones normales de operación.

*Las disposiciones de este Título se aplicarán tanto a las construcciones nuevas como a las modificaciones, ampliaciones, obras de refuerzo, reparaciones y demoliciones de las obras.* Observación: ampliación de concepto más detallado.

#### **GENERALIDADES**

*RCDF-87 Art.172.-* Los procedimientos de revisión de la seguridad estructural para construcciones como puentes, túneles, torres, chimeneas y estructuras no convencionales deben ser aprobados por el Departamento. Observación: nuevo concepto

*RCDF-76 Art.202* y *RCDF-87 Art.173.-* *El Departamento expedirá las Normas Técnicas Complementarias “NTC” para definir los requisitos generales de seguridad y servicios*, además los requisitos específicos de ciertos materiales, así como procedimientos de diseño para los efectos de las distintas acciones y de sus combinaciones, incluyendo tanto las acciones permanentes y las variables, en particular las cargas muertas y vivas, como las acciones accidentales, en particular los efectos de sismos y viento. Observación: ampliación de concepto más detallado

RCDF-87 **Art.174.-** Para los efectos de este título las construcciones se clasifican en los siguientes grupos:

- I. **Grupo A:** Construcciones cuya falla estructural podría causar la pérdida de un número de vidas o pérdidas económicas o culturales o que constituyan un peligro significativo por contener sustancias tóxicas o explosivas, así como construcciones cuyo funcionamiento es esencial a raíz de una emergencia urbana como son: hospitales, escuelas, estadios, templos, salas de espectáculos y hoteles que tengan salas de reunión que pueden alojar más de 200 personas, gasolineras, depósitos de sustancias inflamables o tóxicas, terminales de transporte, estaciones de bomberos, subestaciones eléctricas, y centrales eléctricas y de telecomunicaciones, museos, edificaciones que alojen archivos y registros públicos de importancia y otras edificaciones a juicio del Departamento del Distrito Federal.
  
- II. **Grupo B:** Construcciones comunes destinadas a vivienda, oficinas y locales comerciales, hoteles y construcciones comerciales e industriales no incluidas en el Grupo A.:
  - a) **B<sub>1</sub>.** Construcciones de más de 30m de altura o con más de 6000m<sup>2</sup> de área total construida, ubicadas en las zonas I y II, construcciones de más de 15m de altura o 3000m<sup>2</sup> de área total construida, ubicada en zona III.

Subgrupo B<sub>2</sub>.- Las demás de este grupo.

Observación: nuevo concepto.

RCDF-87 **Art.175.-** Para fines de esta disposición el Distrito Federal se considera dividido en las zonas I a III, dependiendo del tipo de suelo.

- 1. Zona I Lomas, formados por rocas o suelos generalmente firmes
  - 2. Zona II Transición, formados por estratos arenosos y limoarenosos, estos depósitos se encuentran a 20 m de profundidad o menos.
  - 3. Zona III Lacustre, integrada por depósitos de arcilla altamente compresible separados por capas arenosas.
- Observación: nuevo concepto.

## **CARACTERISTICAS GENERALES DE LAS EDIFICACIONES.**

RCDF-87 **Art. 176.-** El proyecto arquitectónico de una edificación deberá permitir una estructuración eficiente para resistir las acciones que puedan afectar la estructura, en especial atención a los efectos sísmicos. Observación: nuevo concepto.

RCDF-87 **Art. 177.-** Toda construcción deberá separarse de sus linderos con predios vecinos a una distancia no menor de 5 cm. Observación: nuevo concepto.

RCDF-87 **Art. 178.-** Los acabados y recubrimientos cuyo desprendimiento pueda ocasionar daños a los ocupantes de las construcciones deberán fijarse mediante procedimientos aprobados por el Director Responsables de Obra “DRO”. Observación: nuevo concepto.

RCDF-87 **Art. 179.-** Los elementos no estructurales que puedan restringir las deformaciones de la estructura, o que tengan un peso considerable, muros divisorios, de colindancia y de fachadas, escaleras y equipos pesados, tanques deberán ser aprobados por el D.R.O. Observación: nuevo concepto.

RCDF-87 **Art.180.-** Los anuncios adosados, colgantes y de azotea, de gran peso y dimensiones deberán ser objeto de diseño estructural además de ser aprobados por el D.R.O. Observación: nuevo concepto.

RCDF-87 **Art.181.-** Cualquier perforación o alteración en un elemento estructural para alojar ductos o instalaciones deberán ser aprobados por el D.R.O. Observación: nuevo concepto.

## CRITERIOS DE DISEÑO ESTRUCTURAL

**RCDF-76 Art.205** y **RCDF-87 Art.182.**- Toda estructura y cada una de sus partes deben diseñarse para cumplir con los requisitos básicos siguientes:

- I.- Tener seguridad adecuada contra la aparición de todo estado *límite de falla* posible ante las combinaciones de acciones más desfavorables que puedan *presentarse durante su vida útil*.
- II.- No rebasar ningún estado límite de servicio ante combinaciones de acciones que correspondan a condiciones normales de operación.  
Observación: ampliación de concepto más detallado.

**RCDF-76 Art.206** y **RCDF-87 Art.183.**- *Se considerará como estado límite de falla cualquier situación que corresponda al agotamiento de la capacidad de carga de la estructura o de cualquiera de sus componentes, incluyendo la cimentación, o al hecho que ocurran daños irreversibles que afecten significativamente su resistencia ante nuevas aplicaciones de carga.*

Observación: ampliación de concepto más detallado.

**RCDF-76 Art.207** y **RCDF-87 Art.184.**- *Se considerará como estado límite de servicio la ocurrencia de desplazamientos, agrietamientos, vibraciones o daños que afecten el correcto funcionamiento de la edificación, pero que no perjudiquen su capacidad para soportar cargas.* Observación: sin cambios.

**RCDF-76 Art.208** y **RCDF-87 Art.185.**- *En el diseño de toda estructura deben tomarse en cuenta los efectos de carga muerta, de las cargas vivas, del sismo y del viento, cuando éste último sea significativo.*

Cuando sean significativos deben tomarse en cuenta los efectos producidos por otras acciones, como los empujes de tierras y líquidos, los cambios de temperatura, las contracciones de los materiales, los hundimientos de los apoyos y las sollicitaciones originadas por el funcionamiento de la maquinaria y equipo que no estén tomados en cuenta en las cargas especificadas en las Normas correspondientes. Observación: ampliación de concepto.

**RCDF-76 Art.209** **RCDF-87 Art.186.-** *Se considerarán tres categorías de acciones, de acuerdo con la duración en que obran sobre las estructuras con su intensidad máxima:*

- a. Las acciones permanentes, son las que obran en forma continua.*
- b. Las acciones variables, son las que obran en la estructura con una intensidad variable con el tiempo.*
- c. Las acciones accidentales, son las que pueden alcanzar valores significativos solo en instantes de la vida útil.*

*Observación: sin observación.*

**RCDF-76 Art.210** y **RCDF-87 Art.187.-** Cuando deban considerarse en el diseño el efecto de acciones cuyas intensidades no estén especificadas en este Reglamento ni en sus Normas, estas intensidades deberán establecerse siguiendo los procedimientos aprobados por el Departamento del DF y con base en los criterios generales que se mencionan en las Normas, como son:

- a.- Las acciones permanentes*
- b.- Las acciones variables.*
  - 1.- La intensidad máxima.*
  - 2.- La intensidad instantánea.*
  - 3.- La intensidad media.*
  - 4.- La intensidad mínima.*
- c.- Las acciones accidentales.*

*Observación: ampliación de concepto más detallado.*

**RCDF-76 Art.215** y **RCDF-87 Art.188.-** *La seguridad de una estructura debe verificarse para el efecto combinado de todas las acciones que tengan una probabilidad no despreciable de ocurrir simultáneamente, considerándose dos categorías de combinaciones:*

- a.- Para las combinaciones que incluyan acciones permanentes y acciones variables.*
- b.- Para las combinaciones que incluyan acciones permanentes, variables y accidentales.*

*Observación: sin cambios.*

**RCDF-76 Art.214** y **RDCF-87 Art.189.-** *Las fuerzas internas y las deformaciones producidas por las acciones se determinarán mediante un análisis estructural realizado por un método reconocido que tome en cuenta las propiedades de los materiales ante los tipos de carga que estén considerando.*

*Observación: ampliación de concepto más detallado.*

*RCDF-76 Art.217 y RCDF-87 Art.191.- Los procedimientos para la determinación de la resistencia de diseño y de los factores de resistencia correspondientes de los materiales y sistemas constructivos más comunes se establecen en las NTC de este Reglamento DF. En los casos no comprendidos en las Normas mencionadas, la resistencia de diseño se terminará con procedimientos analíticos basados en evidencias teórica y experimental.,* Observación: sin cambios.

*RCDF-76 Art.218 y RCDF-87 Art.192. - La determinación de la resistencia debe llevarse a cabo por medio de los ensayos diseñados para simular, en modelos físicos de la estructura o de porciones de ella, el efecto de las combinaciones de acciones que deban considerarse de acuerdo con las Normas de este Reglamento.*

*La selección de las partes de la estructura que se ensayen y del sistema de carga que se aplique, debe hacerse de manera que se obtengan las condiciones más desfavorables que puedan presentarse en la práctica, tomando también en cuenta la interacción con otros elementos estructurales.*

*El tipo de ensaye, el número de especímenes y el criterio para la determinación de la resistencia de diseño se fijará con base en criterios probabilísticos y deben ser aprobados por el Departamento, la cual podrá exigir una comprobación de la resistencia de la estructura mediante una prueba de carga.* Observación: sin cambios.

*RCDF-76 Art.219 y RCDF-87 Art.193.- Se revisará que para las distintas combinaciones de acciones especificadas en este Reglamento y para cualquier estado límite de falla posible, la resistencia de diseño sea mayor o igual al efecto de las acciones que intervengan en la combinación de carga en estudio, multiplicado por los factores de carga correspondientes, según lo especificado en el Reglamento y NTC DF.* Observación: sin cambios.

*RCDF-76 Art.220 y RCDF-87 Art.194.- El factor de carga.* Observación: sin cambios.

*RCDF-76 Art.204 y RCDF-87 Art.195.- Se podrán emplear criterios de diseño estructural diferentes de los especificados en este capítulo y en las Normas si se justifican, a satisfacción del Departamento. Que los procedimientos empleados dan lugar a niveles de seguridad no menores que los que se obtengan empleando este ordenamiento.* Observación: ampliación de concepto más detallado.

## **CARGAS VIVAS Y CARGAS MUERTAS**

### **ACCIONES PERMANENTES**

#### **CARGA MUERTA**

**RCDF-76 Art.223** y **RCDF-87 Art.196.**- Se considerará como cargas muertas los pesos de todos los elementos constructivos, de los acabados y de todos los elementos que ocupan una posición permanente y tienen un peso que no cambia sustancialmente con el tiempo.

*Para la evaluación de cargas muertas se emplearán las dimensiones especificadas de los elementos constructivos y los pesos unitarios de los materiales. Para estos últimos se utilizarán valores mínimos probables cuando sean más desfavorables para la estabilidad de la estructura se debe considerar una carga muerta menor, como en el caso de volteo, flotación, lastre y succión producida por el viento. En otros casos se emplearán valores máximos probables.*

*Para evaluación de las cargas muertas se emplearán los pesos volumétricos de los materiales constructivos. Observación: ampliación de concepto más detallado.*

#### **PESO MUERTO DEL CONCRETO**

**RCDF-76 Art.224** y **RCDF-87 Art.197.**- *El peso muerto calculado de losas de concreto de peso normal coladas en el lugar se incrementará en 20 kg/m<sup>2</sup>, cuando sobre una losa colada en el lugar o precolada, se coloque una capa de mortero de peso normal, el peso calculado de esta capa se incrementará también en 20 kg/m<sup>2</sup> de manera que el incremento total será de 40 kg/m<sup>2</sup>.*

*Tratándose de losas y morteros que posean pesos volumétricos diferentes del normal, estos valores se modificarán en proporción a los pesos volumétricos.*

*Estos aumentos no se aplicarán cuando el efecto de la carga sea favorable a la estabilidad de la estructura. Observación: sin cambios.*

## **CARGAS VARIABLES**

### **CARGAS VIVAS**

**RCDF-76 Art.225** y **RCDF-87 Art.198.**- *Se considerará cargas vivas las fuerzas gravitacionales y que se producen por el uso y ocupación de las edificaciones y que no tienen carácter permanente.*

Las cargas especificadas no incluyen el peso de muros divisorios de mamposterías o de otros materiales, ni el de muebles, equipos u objetos de peso fuera de lo común, como cajas fuertes de gran tamaño, archivos importantes, libreros pesados o cortinajes en salas de espectáculos.

Cuando se prevean tales cargas deberán cuantificarse y tomarse en cuenta en el diseño en forma independiente de la carga viva especificada. Los valores adoptados deberán justificarse en la memoria de cálculo e indicarse en los planos estructurales. Observación: ampliación de concepto más detallado.

### **CARGAS VIVAS UNITARIAS (DISPOSICIONES GENERALES)**

**RCDF-76 Art.226** y **RCDF-87 Art.199.**- Para la aplicación de las cargas vivas unitarias se deberá tomar en consideración las siguientes disposiciones:

**a.-** *La carga viva máxima  $W_m$  se deberá emplear para diseño estructural por fuerzas gravitacionales y para calcular asentamientos inmediatos en suelos, así como para el diseño estructural de los cimientos ante cargas gravitacionales.*

**b.-** *La carga instantánea  $W_a$  se deberá usar para diseño sísmico y por viento y cuando se revisen distribuciones de carga más desfavorables que la uniformemente repartida sobre toda el área.*

**c.-** *La carga media  $W$  se deberá emplear en el cálculo de asentamientos diferidos y para el cálculo de flechas diferidas.*

**d.-** *Cuando el efecto de las cargas vivas sea favorable para la estabilidad de la estructura, como en el caso de problemas de flotación, volteo y de succión por viento, su intensidad se considerará nula sobre toda el área.*

**e.-** Las cargas uniformes de la tabla 2 del RCDF-1987 se considerarán distribuidas sobre el área de cada elemento. Observación: ampliación de concepto más detallado.

## **CARGAS VIVAS TRANSITORIAS**

**RCDF-87 Art. 200.-** Durante el proceso de la edificación deberá considerarse las cargas vivas transitorias que puedan producirse. Estas incluirán el peso de los materiales que se almacenan temporalmente, el de los vehículos y equipos, el de colado de plantas superiores que se apoyen en la planta que se analiza y el del personal necesario, no siendo este último peso menor de 150 kg/m<sup>2</sup>. Se considerará además, una concentración de 150 kg en el lugar más desfavorable. Observación: nuevo concepto.

*RCDF-76 Art.290 y RCDF-87 Art.201.- El propietario o poseedor del inmueble es responsable de los perjuicios que ocasione el cambio de uso de una edificación, cuando produzca cargas muertas o vivas mayores o con una distribución más desfavorable que las del diseño aprobado.*

También es responsable de los perjuicios que puedan ser ocasionados por modificaciones a la estructura y al proyecto arquitectónico que modifiquen la respuesta de la estructura ante acciones sísmicas. Observación: ampliación de concepto más detallado

**RCDF-87 Art.199.-** Para la aplicación de las cargas vivas unitarias se deberán tomar las cargas uniformes de la tabla 2 del RCDF-1987 se considerarán distribuidas sobre el área de cada elemento.

Tabla 2. Cargas vivas unitarias, (kg/m<sup>2</sup>) en el RCDF- 1987.

<b>Destino de piso o cubierta</b>	<b>W</b>	<b>Wa</b>	<b>Wm</b>
<b>a.-</b> Habitación (casa-habitación, departamentos, viviendas, dormitorios, cuartos de hotel, internados de escuelas, cuarteles, cárceles, correccionales, hospitales y similares)	70	90	170
<b>b.-</b> Oficinas, despachos y laboratorios.	100	180	250
<b>c.-</b> Comunicación para peatones (pasillos, escaleras, rampas, vestíbulos y pasajes de acceso libre al público).	40	150	350
<b>d.-</b> Estadios y lugares de reunión sin asientos individuales.	40	350	450
<b>e.-</b> Otros lugares de reunión (bibliotecas, templos, cines, teatros, gimnasios, salones de baile, restaurantes, bibliotecas, aulas, salas de juego y similares).	40	250	350
<b>f.-</b> Comercios, fábricas y bodegas.	0.8Wm	0.9Wm	Wm
<b>g.-</b> Azoteas con pendiente no mayor de 5%.	15	70	100
<b>h.-</b> Azoteas con pendiente mayor de 5%; otras cubiertas, cualquier pendiente.	5	20	40
<b>i.-</b> Volados en vía pública (marquesinas, balcones, y similares).	15	70	300
<b>j.-</b> Garajes y estacionamientos (exclusivamente para automóviles).	40	100	250

Observación: Cambios en la carga viva máxima Wm.

## **1.3.4 COMENTARIOS Y CONCLUSIÓN**

### **DE LAS MODIFICACIONES MÁS RELEVANTES DEL APARTADO DE SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE 1976 A 1987**

En el Reglamento de Construcciones del Distrito Federal publicado en el año de 1976, el objetivo principal del Título IV del Reglamento de requisitos de seguridad y servicio para las estructuras del diseño estructural es especificar los requisitos mínimos que deben reunir las construcciones, con la finalidad de que se tenga una seguridad adecuada contra el estado límite de falla y servicio. Se basa en un planteamiento general del problema de diseño que es aplicable a todo tipo de estructura, además de que sus principios y procedimientos generales están poco sujetos a verse superados por los avances en el conocimiento de las estructuras, el cual fue modificado:

- Debido principalmente a las fallas producidas por el fuerte sismo en el año de 1985.
- La falta de mantenimiento de viviendas.
- La acumulación de ampliaciones, modificaciones, el cambio de uso en los edificios.
- La falta de supervisión en la construcción de algunos edificios.
- La falta de una adecuada legislación urbana.
- La carencia de un plan operativo urbano.
- La constante extracción de los mantos acuíferos.
- La falla de los materiales de construcción.
- Las condiciones del suelo.

Se creó la Comisión de Reconstrucción del Distrito Federal dando como resultado las Normas de Emergencia en materia de construcción para el Distrito Federal.

Toda esta reconstrucción dio origen a una serie de reuniones y seminarios con el fin de ir conformando un cuerpo de normas, que brindaran mayor seguridad a la ciudad de México. Por las experiencias adquiridas en razón de los sismos de 1985.

Al revisar los Reglamentos *RCDF-1976* y *RCDF-1987* y comparar el apartado de Seguridad Estructural se llegó a la conclusión de que los cambios son de aumento del concepto, de agrupación y que las estructuras deberán ser aprobados por el Director Responsable de Obra “DRO”, además de que se generó dos nuevos apartados: generalidades y características generales de la edificación a raíz de la experiencia dada por el sismo de 1985.

El otro cambio importante es el de modificar algunos valores de cargas vivas unitarias de la tabla 1 del *RCDF-76* a raíz del sismo de 1985, generando la tabla 2 del *RCDF-87*.

# CAPITULO II

## COMPARACIÓN DEL APARTADO DE SEGURIDAD ESTRUCTURAL ENTRE EL REGLAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL DEL AÑO 1993 Y DEL ACTUAL 2004

Ciudad del Distrito Federal



### II.1 MODIFICACIONES ESTRUCTURALES DEL TÍTULO SEXTO CONCERNIENTE A LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE LOS CITADOS REGLAMENTOS

#### II.1.1 GENERALIDADES

#### II.1.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS EDIFICACIONES

#### II.1.3 CRITERIOS DE DISEÑO ESTRUCTURAL

#### II.1.4 CARGAS VIVAS Y CARGAS MUERTAS

#### II.1.5 COMENTARIOS Y CONCLUSIONES

## **II.1 MODIFICACIONES ESTRUCTURALES DEL TÍTULO SEXTO CONCERNIENTE A LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE LOS CITADOS REGLAMENTOS**

### **II.1.1 GENERALIDADES**

A continuación se describen los *artículos del RCDF-1993* y su equivalente en el RCDF-2004, especificando en cada artículo una observación como se indica: *sin cambios*, ampliación del concepto más detallado, nuevo concepto pretendiendo establecer sus similitudes y diferencias. (13) y (14)

*RCDF-93 Art.172* y *RCDF-2004 Art.137.- Los procedimientos de revisión de la seguridad estructural para construcciones como puentes, túneles, torres, chimeneas y estructuras no convencionales deben ser aprobados por la Secretaría de Obras y Servicio. Observación: sin cambios.*

*RCDF-93 Art.173* y *RCDF-2004 Art.138.- La Secretaría de Obras y Servicio expedirá las NTC para definir los requisitos específicos de ciertos materiales, así como procedimientos de diseño para los efectos de las distintas acciones y de sus combinaciones, incluyendo tanto las acciones permanentes y las variables, en particular las cargas muertas y vivas, como las acciones accidentales, en particular los efectos de sismos y viento. Observación: ampliación de concepto más detallado RCDF-04.*

*RCDF-93 Art.174* y *RCDF-2004 Art.139.- Para los efectos de este título las construcciones se clasifican en los siguientes grupos:*

- I.** *Grupo A: Edificaciones cuya falla estructural podrían constituir un peligro significativo por contener sustancias tóxicas o explosivas, así como edificaciones cuyo funcionamiento es esencial a raíz de una emergencia urbana como son: hospitales, escuelas, terminales de transportes, estaciones de bomberos, centrales eléctricas y de telecomunicaciones, estadios, depósitos de sustancias tóxicas, museos, y edificaciones que alojen archivos y registros públicos de importancia y registros públicos, y otras edificaciones a juicio de la Secretaría de Obras y Servicio.*

**II.** *Grupo B: Edificaciones comunes destinadas a vivienda, oficinas y locales comerciales, hoteles y construcciones comerciales e industriales no incluidas en el Grupo A.:*

a) *B1. Edificaciones de:*

- *Más de 30m. de altura o con más de 6000m<sup>2</sup> de área total construida, ubicadas en las zonas I y II.*

- *Más de 15m de altura o 3000m<sup>2</sup> de área total construida, ubicada en zona III.*

b) *Edificios que tengan locales de reunión que puedan alojar más de 200 personas, templos, salas de espectáculos, así como anuncios autosoportados, anuncios de azotea y estaciones repetidoras de comunicación celular e inalámbrica.*

c) *Subgrupo B<sub>2</sub>.- Las demás de este grupo.* Observación: ampliación de concepto más detallado RCDF-04.

**Nota :** *el Departamento del Distrito Federal en el RCDF-1993 se modificó por la Secretaria de Obras y Servicio en el actual RCDF-2004.*

## II.1.2 CARACTERISTICAS GENERALES DE LAS EDIFICACIONES.

*RCDF-93 Art.176 y RCDF-04 Art.140.- El proyecto de las edificaciones debe considerar una estructuración eficiente para resistir las acciones que puedan afectar la estructura, con especial atención a los efectos sísmicos. Observación: sin cambios.*

*RCDF-93 Art. 177 y RCDF-04 Art.141.- Toda edificación deberá separarse de sus linderos con predios vecinos la distancia que señala la Norma correspondiente. Observación: el contenido del artículo pasó a formar parte del cuerpo de las NTC-04.*

*RCDF-93 Art. 178 y RCDF-04 Art.142.- Los acabados y recubrimientos cuyo desprendimiento pueda ocasionar daños a los ocupantes de las edificaciones. Observación: sin cambios.*

*RCDF-93 Art. 179 y RCDF-04 Art.143.- Los elementos no estructurales que puedan restringir las deformaciones de la estructura, o que tengan un peso considerable, muros divisorios, de colindancia y de fachadas, escaleras y equipos pesado, tanques deberán ser aprobados por el Director Responsable de Obra (D.R.O). Observación: sin cambios.*

*RCDF-93 Art.180 y RCDF-04 Art.144.- Los anuncios adosados, colgantes y de azotea, autos soportado y de marquesina deberán ser objeto de diseño estructural y deben diseñarse sus apoyos y fijaciones a la estructura principal y revisarse su efecto en la estabilidad de dicha estructura. Observación: ampliación de concepto más detallado RCDF-04.*

*RCDF-93 Art. 181 y RCDF-04 Art.145.- Cualquier perforación o alteración en un elemento estructural para alojar ductos o instalaciones deberán ser aprobados por D.R.O. Observación: sin cambios.*

**Nota:** Director Responsable de Obra (D.R.O).

### II.1.3 CRITERIOS DE DISEÑO ESTRUCTURAL

**RCDF-2004 Art.146.-** Toda edificación debe contar con un sistema estructural que permite el flujo adecuado de las fuerzas que generen las distintas acciones de diseño, para que dichas fuerzas puedan ser transmitidas de manera continua y eficiente hasta la cimentación. Debe contar además con una cimentación que garantice la correcta transmisión de dichas fuerzas al subsuelo. Observación: nuevo concepto RCDF-04.

**RCDF-93 Art.182 y RCDF-04 Art.147.-***Toda estructura y cada una de sus partes deben diseñarse para cumplir con los requisitos básicos siguientes:*

- *I.- Tener seguridad adecuada contra la aparición de todo estado límite de falla posible ante las combinaciones de acciones más desfavorables que puedan presentarse durante su vida esperada.*
- *II.- No rebasar ningún estado límite de servicio ante combinaciones de acciones que corresponden a condiciones normales de operación. Observación: sin cambios.*

**RCDF-93 Art.183 y RCDF-04 Art.148.-** *Se considerará como estado límite de falla cualquier situación que corresponde al agotamiento de la capacidad de carga de la estructura o de cualquiera de sus componentes, incluyendo la cimentación, o al hecho que ocurran daños irreversibles que afecten significativamente su resistencia ante nuevas aplicaciones de carga. Observación: sin cambios.*

**RCDF-93 Art.184 y RCDF-04 Art.149.-** *Se considerará como estado límite de servicio la ocurrencia de desplazamientos, agrietamientos, vibraciones o daños que afecten el correcto funcionamiento de la edificación, pero que no perjudiquen su capacidad para soportar cargas. Observación: sin cambios.*

**RCDF-93 Art.185 y RCDF-04 Art.150.-** *En el diseño de toda estructura deben tomarse en cuenta los efectos de carga muerta, de las cargas vivas, del sismo y del viento, cuando éste último sea significativo.*

*Cuando sean significativos deben tomarse en cuenta los efectos producidos por otras acciones, como los empujes de tierras y líquidos, los cambios de temperatura, las contracciones de los materiales, los hundimientos de los apoyos*

*y las solicitudes originadas por el funcionamiento de la maquinaria y equipo que no estén tomados en cuenta en las cargas especificadas en las Normas correspondientes. Observación: sin cambios.*

**RCDF-93 Art.186** y **RCDF-04 Art.151.**- *Se considerara tres categorías de acciones, de acuerdo con la duración en que obren sobre las estructuras con su intensidad máxima, las cuales están en las Normas correspondientes. Observación: parte del contenido del artículo pasaron a formar parte del cuerpo de las NTC-04.*

**NTC-04 Ref. 2.1.** *Como son:*

- a.- Las acciones permanentes*
- b.- Las acciones variables.*
- c.- Las acciones accidentales.*

**RCDF-93 Art.187** y **RCDF-04 Art.152.**- *Cuando deban considerarse en el diseño el efecto de acciones cuyas intensidades no estén especificadas en este reglamento ni en sus Normas, estas intensidades deberán establecerse siguiendo los procedimientos por la Secretaria de Obras y Servicios y con base en los criterios generales que se mencionan en las Normas. Observación: parte del contenido del artículo pasaron a formar parte del cuerpo de las NTC-04.*

**NTC-04 Ref. 2.2.** *Como son:*

- a.- Las acciones permanentes*
- b.- Las acciones variables.*
  - 1.- La intensidad máxima.*
  - 2.- La intensidad instantánea.*
  - 3.- La intensidad media.*
  - 4.- La intensidad mínima.*
- c.- Las acciones accidentales.*

**RCDF-93 Art.188** y **RCDF-04 Art.153.**- *La seguridad de una estructura debe verificarse para el efecto combinado de todas las acciones que tengan una probabilidad no despreciable de ocurrir simultáneamente, considerándose dos categorías de combinaciones que se describen en las Normas. Observación: parte del contenido del artículo pasaron a formar parte del cuerpo de las NTC-04.*

**NTC-04 Ref. 2.3.** *Como son:*

- a.- Para las combinaciones que incluyan acciones permanentes y acciones variables.*
- b.- Para las combinaciones que incluyan acciones permanentes, variables y accidentales.*

**RCDF-93 Art.201 y RCDF-04 Art.154.-** *El propietario o poseedor del inmueble es responsable de los perjuicios que ocasione el cambio de uso de una edificación, cuando produzca cargas muertas o vivas mayores o con una distribución más desfavorable que las del diseño aprobado. También es responsable de los perjuicios que puedan ser ocasionados por modificaciones a la estructura y al proyecto arquitectónico que modifiquen la respuesta de la estructura ante acciones sísmicas. Observación: ampliación de concepto más detallado RCDF-04.*

**RDCF-93 Art.189 y RCDF-04 Art.155.-** *Las fuerzas internas y las deformaciones producidas por las acciones se determinarán mediante un análisis estructural realizado por un método reconocido que tome en cuenta las propiedades de los materiales ante los tipos de carga que estén considerando. Observación: sin cambios.*

**RCDF-93 Art.191 y RCDF-04 Art.156.-** *Los procedimientos para la determinación de la resistencia de diseño y de los factores de resistencia correspondientes de los materiales y sistemas constructivos más comunes se establecen en las Normas de este Reglamento. NTC-04 Ref. 1.7.*

*En los casos no comprendidos en las Normas mencionadas, la resistencia de diseño se determinará con procedimientos analíticos basados en evidencias teórica y experimental, o con procedimientos experimentales de este Reglamento. En ambos casos, el procedimiento para la determinación de la resistencia de diseño deberá ser aprobado por la Secretaría de Obras y Servicios. Cuando se siga un procedimiento no establecidos en las Normas, la Delegación previo dictamen de la Secretaria de Obras y Servicios podrá exigir una verificación directa de la resistencia por medio de una prueba de carga. Observación: parte del contenido del artículo pasaron a formar parte del cuerpo de las NTC-04.*

**RCDF-93 Art.192 y RCDF-04 Art.157.-** *La determinación de la resistencia debe llevarse a cabo por medio de ensayos diseñados para simular, en modelos físicos de la estructura o de porciones de ella, el efecto de las combinaciones de acciones que deban considerarse de acuerdo con las Normas de este Reglamento.*

*Cuando se trate de estructuras o elementos estructurales que se produzcan en forma industrializada, los ensayos se harán sobre muestras de la producción o*

*de prototipos. En otros casos, los ensayos podrán efectuarse sobre modelos de la estructura en cuestión.*

*La selección de las partes de la estructura que se ensayen y del sistema de carga que se aplique, debe hacerse de manera que se obtengan las condiciones más desfavorables que puedan presentarse en la práctica, pero tomando en cuenta la interacción con otros elementos estructurales.*

*Con base en los resultados de los ensayos, se deducirá una resistencia de diseño, tomando en cuenta las posibles diferencias entre las propiedades mecánicas y geométricas medidas en los especímenes ensayados y las que puedan esperarse en las estructuras reales.*

*El tipo de ensaye, el número de especímenes y el criterio para la determinación de la resistencia de diseño se fijará con base en criterios probabilísticos y deben ser aprobados por la Secretaría de Obras y Servicios, la cual podrá exigir una comprobación de la resistencia de la estructura mediante una prueba de carga de acuerdo con el Capítulo XII de este título. Observación: sin cambios.*

*RCDF-93 Art.193 y RCDF-04 Art.158.- Se revisará que para las distintas combinaciones de acciones especificadas de este Reglamento y para cualquier estado límite de falla posible, la resistencia de diseño sea mayor o igual al efecto de las acciones que intervengan en la combinación de carga en estudio, multiplicado por los factores de carga correspondientes, según lo especificado en las Normas. Observación: sin cambios.*

*RCDF-93 Art.194 El factor de carga. Ahora pasó a formar parte de las Normas Correspondientes NTC-04. Observación: parte del contenido del artículo pasaron a formar parte del cuerpo de las NTC-04.*

*RCDF-93 Art.195 y RCDF-04 Art.159.- Se podrá emplear criterios de diseño estructural diferentes de los especificados en este capítulo y en las Normas si se justifican, a satisfacción de la Secretaría de Obras y Servicios, que los procedimientos empleados dan lugar a niveles de seguridad no menores que los que se obtengan empleando los previstos en este Reglamento, tal justificación debe realizarse previamente a la declaración de la manifestación de construcción o a la solicitud de la licencia de construcciones especiales. Observación: sin cambios.*

### **III.1.4 CARGAS VIVAS Y CARGAS MUERTAS**

#### **ACCIONES PERMANENTES**

##### **CARGA MUERTA**

*RCDF-93 Art.196 y RCDF-04 Art160.- Se considerarán como cargas muertas los pesos de todos los elementos constructivos, de los acabados y de todos los elementos que ocupan una posición permanente y tienen un peso que no cambia sustancialmente con el tiempo.*

*Para la evaluación de cargas muertas se emplearán las dimensiones especificadas de los elementos constructivos y los pesos unitarios de los materiales. Para estos últimos se utilizarán valores mínimos probables cuando sean más desfavorables para la estabilidad de la estructura se debe considerar una carga muerta menor, como en el caso de volteo, flotación, lastre y succión producida por el viento. En otros casos se emplearán valores máximos probables. Observación: sin cambios.*

##### **PESO MUERTO DEL CONCRETO**

*RCDF-93 Art.197 y RCDF-04 Art160.- El peso muerto calculado de losas de concreto de peso normal coladas en el lugar se incrementará en 20 kg/m<sup>2</sup>. Cuando sobre una losa colada en el lugar o precolada, se coloque una capa de mortero de peso normal, el peso calculado de esta capa se incrementará también en 20 kg/m<sup>2</sup> de manera que el incremento total será de 40 kg/m<sup>2</sup>.*

*Tratándose de losas y morteros que posean pesos volumétricos diferentes del normal, estos valores se modificarán en proporción a los pesos volumétricos. Estos aumentos no se aplicarán cuando el efecto de la carga sea favorable a la estabilidad de la estructura. Observación: sin cambios.*

## **CARGAS VARIABLES**

### **CARGAS VIVAS**

*RCDF-93 Art.198 y RCDF-04 Art.161.- Definición: se considerará cargas vivas a las fuerzas que se producen por el uso y ocupación de las edificaciones y que no tienen carácter permanente. A menos que se justifique racionalmente otros valores, estas cargas se tomarán a las especificadas en las Normas.*

*Las cargas especificadas no incluyen el peso de muros divisorios de mamposterías o de otros materiales, ni el de muebles, equipos u objetos de peso fuera de lo común, como cajas fuertes de gran tamaño, archivos importantes, libreros pesados o cortinajes en salas de espectáculos.*

*Cuando se prevean tales cargas deberán cuantificarse y tomarse en cuenta en el diseño en forma independiente de la carga viva especificada. Los valores adoptados deberán justificarse en la memoria de cálculo e indicarse en los planos estructurales. Observación: sin cambios.*

### **CARGAS VIVAS UNITARIAS (DISPOSICIONES GENERALES)**

*RCDF-93 Art. 199 y RCDF-04 Art.162.- Para la aplicación de las cargas vivas unitarias se deberá tomar en consideración las siguientes disposiciones:*

a.- La carga viva máxima  $W_m$  se deberá emplear para diseño estructural por fuerzas gravitacionales y para calcular asentamientos inmediatos en suelos, así como para el diseño estructural de los cimientos ante cargas gravitacionales;

b.- La carga instantánea  $W_a$  se deberá usar para diseño sísmico y por viento y cuando se revisen distribuciones de carga más desfavorables que la uniformemente repartida sobre toda el área;

c.- La carga media  $W$  se deberá emplear en el cálculo de asentamientos diferidos y para el cálculo de flechas diferidas;

d.- Cuando el efecto de la carga vivas sea favorable para la estabilidad de la estructura, como en el caso de problemas de flotación, volteo y de succión por viento, su intensidad se considerara nula sobre toda el área.

e.- Las cargas uniformes de la tabla.1 del *RCDF-1993* y la tabla 6.1 de la *NTC-2004* se considerarán distribuidas sobre el área de cada elemento.

Observación: el contenido del artículo pasó a formar parte del cuerpo de las Normas Técnicas Complementarias sobre Criterios para el Diseño Estructural de las Edificaciones *NTC-04*.

Observación: cambios en la comparación de las tablas de cargas vivas

## **CARGAS VIVAS TRANSITORIAS**

*RCDF-93 Art. 200 y RCDF-04 Art.163.-Durante el proceso de la edificación deberá considerarse las cargas vivas transitorias que puedan producirse. Estas incluirán el peso de los materiales que se almacenan temporalmente, el de los vehículos y equipos, el de colado de plantas superiores que se apoyen en la planta que se analiza y el del personal necesario, no siendo este último peso menor de 150 kg/m<sup>2</sup>. Se considerará además, una concentración de 150 kg en el lugar más desfavorable.* Observación: este contenido pasó a formar parte del cuerpo de las *NTC*.

**RCDF-93 Art. 199.-** Para la aplicación de las cargas vivas unitarias se deberá tomar en consideración la siguiente tabla.

Tabla 3. Cargas vivas unitarias, (kg/m<sup>2</sup>) en el RCDF- 1993.

Destino de piso o cubierta	W	Wa	Wm
a.- Habitación (casa-habitación, departamentos, viviendas, dormitorios, cuartos de hotel, internados de escuelas, cuarteles, cárceles, correccionales, hospitales y similares)	70	90	170
b.- Oficinas, despachos y laboratorios.	100	180	250
c.- Comunicación para peatones (pasillos, escaleras, rampas, vestíbulos y pasajes de acceso libre al público).	40	150	350
d.- Estadios y lugares de reunión sin asientos individuales.	40	350	450
e.- Otros lugares de reunión (bibliotecas, templos, cines, teatros, gimnasios, salones de baile, restaurantes, bibliotecas, aulas, salas de juego y similares).	40	250	350
f.- Comercios, fábricas y bodegas.	0.8Wm	0.9Wm	Wm
g.- Azoteas con pendiente no mayor de 5%.	15	70	100
h.- Azoteas con pendiente mayor de 5%; otras cubiertas, cualquier pendiente.	5	20	40
i.- Volados en vía pública (marquesinas, balcones, y similares).	15	70	300
j.- Garajes y estacionamientos (exclusivamente para automóviles).	40	100	250

**RCDF-04 Art.162.-** *Para la aplicación de las cargas vivas unitarias se deberá tomar en consideración la siguiente tabla.*

Tabla 6.1. Cargas vivas unitarias, (kg/m<sup>2</sup>) en la NTC sobre Criterios y Acciones para el Diseño Estructural de las Edificaciones del 2004.

<b>Destino de piso o cubierta</b>	<b>W</b>	<b>Wa</b>	<b>Wm</b>
a.- Habitación (casa-habitación, departamentos, viviendas, dormitorios, cuartos de hotel, internados de escuelas, cuarteles, cárceles, correccionales, hospitales y similares).	70	90	170
b.- Oficinas, despachos y laboratorios.	100	180	250
c.- Aulas.	100	180	250
d.- Comunicación para peatones (pasillos, escaleras, rampas, vestíbulos y pasajes de acceso libre al público)	40	150	350
e.- Estadios y lugares de reunión sin asientos individuales.	40	350	450
f.- Otros lugares de reunión (bibliotecas, templos, cines, teatros, gimnasios, salones de baile, restaurantes, salas de juego y similares).	40	250	350
g.- Comercios, fabricas y bodegas.	0.8Wm	0.9Wm	Wm
h.- Azoteas con pendiente no mayor de 5%.	15	70	100
i.- Azoteas con pendiente mayor de 5%; otras cubiertas, cualquier pendiente..	5	20	40
j.- Volados en vía pública (marquesinas, balcones, y similares).	15	70	300
k.- Garajes y estacionamientos (exclusivamente para automóviles).	40	100	250

## **II.1.5 COMENTARIOS Y CONCLUSIONES**

### **Al Título Sexto de la Seguridad Estructural de las Construcciones**

Al revisar los Reglamentos *RCDF-1993* y *RCDF-2004* y comparar el apartado de Seguridad Estructural se llegó a la conclusión de que los cambios son de organización, ya que los artículos son: las condiciones de diseño, combinaciones de diseño, factores de carga, desplazamientos, acciones de diseño, acciones permanentes, acciones variables, acciones accidentales, vibraciones, que estaban en el *Reglamento 1993* pasaron a formar parte del cuerpo de las Normas Técnicas Complementarias sobre Criterios y Acciones para el Diseño Estructural 2004. además se le dio una interpretación más legible al formato ya que en el *RCDF-93* estaba más confuso dando lugar en ocasiones a malas interpretaciones.

### **Apartado de II.1.1 Generalidades**

Las modificaciones que fueron hechas en el *RCDF-2004* fueron administrativas. Además del cambio en el formato de organización tubo un cambio administrativo importante ya que, la Secretaría de Obras y Servicio actualmente es la encargada de expedir Normas Técnicas Complementarias de Construcción de Estructuras de Concreto, para definir los requisitos específicos de ciertos materiales, así como el procedimiento de diseño. En el *RCDF-93* el Departamento del Distrito Federal era el que tenía la autoridad de expedir las Normas Técnicas Complementarias.

### **Apartado de II.1.2 Características Generales de las Edificaciones**

En la comparación de este apartado, en el reglamento *RCDF-93* y *RCDF-2004*, no se realizaron modificaciones por lo que la estructuración y requisitos de sus artículos son semejantes.

### **Apartado de II.1.3 Criterios de Diseño Estructural**

Como se mencionó, Las modificaciones que se realizaron del RCDF-2004, son de organización ya que los artículos o puntos que antes están estaban contenidos en el *RCDF-93*, ahora forman parte del cuerpo de las Normas Técnicas Complementarias NTC-2004.

### **Apartado de II.1.4 Cargas Muertas y Cargas Vivas**

En este apartado el cambio que resulta en estos Reglamentos *RCDF-93* y *RCDF-2004*, es fundamentalmente que en *RCDF-2004* solo contiene definiciones de las acciones de cargas muertas y carga vivas. Los artículos que se anexaron a las Normas Técnicas Complementarias en los Criterios y Acciones para el Diseño Estructural de las Edificaciones son:

**Acciones permanentes** pasó a NTC-04 Ref. 5.

*RCDF-93 Art.196* Cargas muertas paso a NTC-04 **Ref. 5.1**

*RCDF-93 Art.197* Peso muerto del concreto paso a NTC-04 **Ref. 5.1.2.**

**Cargas variables** pasó a NTC-04 Ref. 6.

*RCDF-93 Art.198* Cargas vivas pasó a NTC-04 **Ref. 6.1.1.**

*RCDF-93 Art.199* Cargas vivas unitarias pasó a NTC-04 **Ref. 6.1.2.**

*RCDF-93 Art.199* Tabla cargas vivas unitarias pasó a NTC **Ref. Tabla 6.1**

En la Tabla 6.1 Cargas vivas unitarias de NTC-2004, se agregó y modificó un punto importante, que hay que tomar en cuenta en el diseño como son las cargas por aulas.

La determinación de las cargas muertas, peso muerto del concreto, de cargas vivas, cargas vivas unitarias, cargas vivas transitorias, se hará conforme a lo especificado en las Normas Técnicas Complementarias. Además de que este apartado se encuentra en el *RCDF-93* y *RCDF-2004*.

El otro cambio relevante es que en las NTC del 2004 se incorporan simultáneamente unidades del Sistema Internacional (SI) y unidades de Sistema Métrico Decimal. Así mismo se cambian algunas ecuaciones y especificaciones para hacerlas más congruentes con el procedimiento a emplear.

## **CAPITULO III**

**COMPARACIÓN DE LAS NORMAS  
TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS DEL 2004,  
CON RESPECTO A LAS DEL AÑO 1993, EN  
LO REFERENTE A LOS SIGUIENTES  
ELEMENTOS DE CONCRETO**

**III.1 DISEÑO DE TRABES**

**III.2 DISEÑO DE LOSAS**

**III.3 DISEÑO DE COLUMNAS**

## **PRINCIPIOS DEL DIMENSIONAMIENTO DE ELEMENTOS DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO.**

En el diseño de una estructura de concreto, el dimensionamiento de los diferentes elementos que la forman son de gran importancia. En el diseño el dimensionamiento de los elementos estructurales más usuales como son, trabes, losas y columnas, se define como la determinación de sus propiedades geométricas y de la cantidad de acero de refuerzo requerido. Además de cumplir con los requisitos dados por el RCDF y las Normas Técnicas Complementarias de Estructuras de Concreto, como son los requisitos de seguridad y en condiciones de servicio.

El procedimiento del dimensionamiento aplicado en esta tesis es de acuerdo al RCDF y NTC de Estructuras de Concreto. Además de que los elementos se dimensionan para que tengan una determinada resistencia requerida.

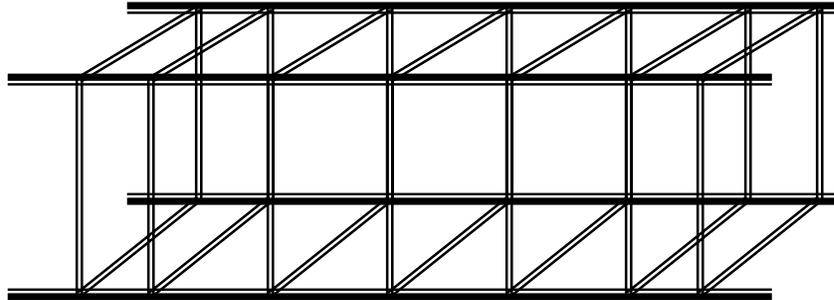
Una vez definidas las características geométricas de la sección, se revisan los estado límite de servicio y estado límite de falla, con la finalidad de saber, si están dentro de los límites tolerables dados por el RCDF y NTC.

Resuelto el problema se ven varias alternativas estructurales aceptables para así poder hacer una comparativa entre las Normas Técnicas Complementarias de los años 1993 y 2004.

En esta tesis se da a conocer el procedimiento y metodología de dimensionamiento de estructuras de concreto de los elementos trabes, losas y columnas de sección rectangular y no se intenta abarcar todas las formas estructurales de concreto reforzado, además de manera sencilla, se utiliza como apoyo una hoja de cálculo de Excel.

La intención principal es presentar la comparación de los RCDF-93 y RCDF 2004 y dar soluciones razonables que hagan comprender el proceso, para poder visualizar los cambios que hay de un Reglamento a otro. Además de que el procedimiento, se debe tomar como modelo y secuencia de cálculo de carácter general para que el día de mañana esto pueda plasmarse en programas de fácil manejo. Tomando las recomendaciones de los Reglamentos de Construcciones y sus Normas Técnica Complementarias de Estructuras de Concreto vigentes.

## III.1 DISEÑO DE TRABES



### III.1.1 TRABES

### III.1.2 PROCESO DE DISEÑO DE TRABES

### III.1.3 DISEÑO POR FLEXIÓN

### III.1.4 DISEÑO POR CORTANTE

### III.1.5 REVISIÓN POR DEFLEXIÓN

### III.1.6 DISEÑO POR TORSIÓN

### III.1.7 COMENTARIOS Y CONCLUSIONES

### III.1.8 ANÁLISIS DE CASOS CON EL PROCEDIMIENTO Y METODOLOGÍA EN EL DISEÑO DE TRABES

### III.1.1 TRABES

Trabe es un elemento horizontal utilizado estructuralmente para salvar claros y soportar cargas, además estos elementos siempre necesitan refuerzo de flexión y cortante.

El empleo de refuerzo en las trabes exige cierto cuidado para el problema del agrietamiento, deflexión y contracción también hay que tomar en consideración los aspectos de resistencia y ductilidad.

El agrietamiento del concreto puede controlarse por medio del uso de varillas más pequeñas en mayor número, bien distribuidas por toda el área de tensión.

El agrietamiento por cortante, debido a cargas mayores aplicadas a vigas de tamaño considerables, puede controlarse por:

- Estribos inclinados.
- El empleo de tamaños de varillas menores, disminuyendo el espaciamiento.
- El empleo de acero longitudinal paralelo en la parte superior.
- Usando acero de refuerzo, estribos en un número mayor.

Con el fin de establecer una liga adecuada entre el concreto y el acero, proteger el acero del fuego y para proteger el acero contra la oxidación, el refuerzo requiere un recubrimiento sustancial para asegurar que las varillas estén rodeadas por superficie de concreto.

El procedimiento para dimensionar de acuerdo con el concepto de estado límite de falla o factores de carga y resistencia, es el conocido generalmente como dimensionamiento plástico, por resistencia última. Al aplicarlo, se logra que el grado de seguridad de la estructura contra la falla quede en un nivel que se juzgue aceptable.

El método de diseño por estado límite de falla es muy utilizado en la actualidad y constituye la base para el perfeccionamiento de varios procesos efectuados en computadora. Y en este caso se utilizará como herramienta para el diseño de elementos individuales una hoja de cálculo elaborada par tal fin.

Con la revisión de los estados límite de servicio, se trata de lograr que el funcionamiento de la estructura en las condiciones de trabajo sea satisfactorio.

Se debe entender por:

**Límite de falla** a cualquier situación que corresponde al agotamiento de la capacidad de carga de la estructura o de cualquiera de sus componentes o al hecho de que ocurran daños irreversibles que afecten significativamente su resistencia ante una nueva aplicación de carga.

**Límite de servicio** a la ocurrencia de desplazamientos, agrietamientos, vibraciones o daños que afecten el correcto funcionamiento de la edificación, pero que no perjudiquen su capacidad para soportar cargas.

En esta tesis se realiza el diseño de trabes simplemente apoyadas de concreto reforzado, de acuerdo al Reglamento de Construcciones del Distrito Federal y sus Normas Técnicas Complementarias de Estructuras de Concreto para los años de 1993 y 2004, con la finalidad de tener una comparación de los cambios más relevantes. (13) y (14)

### III.1.2 PROCESO DE DISEÑO DE TRABES

Para el proceso comparativo entre los reglamentos de los años de 1993 y 2004 en lo que respecta a cortante, flexión, deflexión, se analizarán trabes simplemente apoyadas y en el caso de torsión se revisará una trabe doblemente empotrada.

En el diseño se supone las propiedades geométricas de una sección y se procede a analizarla para determinar si puede soportar en condiciones seguras las cargas externas requeridas.

Las cargas que actúan en la trabe son cargas de servicio ya sean cargas vivas o cargas muertas de gravedad, entendiéndose como cargas de servicio las cargas sin factorizar.

La flexión del elemento trabe es el resultado de la deformación causada por los esfuerzos debidos a la carga externa.

Los esfuerzos por deflexión resultan de los momentos flexionantes externos, controlan en la mayoría de los casos las dimensiones geométricas de una sección de concreto reforzado.

#### Recubrimiento

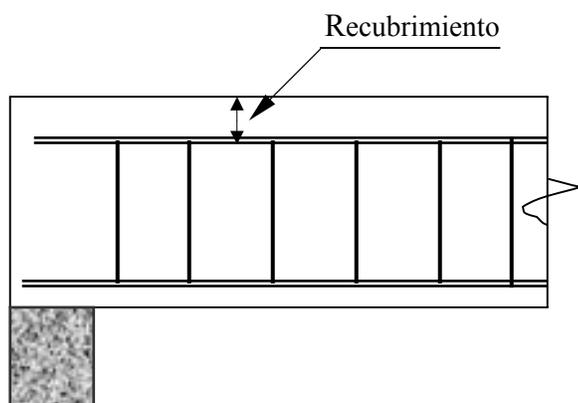
Es el envoltorio de concreto que sirve para proteger al acero ante la intemperie como es: fuego, lluvia, calor, frío, humedad.

Los valores que se establecen respectivamente en ambos reglamentos son:

**NTC-1993** 2.0 cm para Trabes

**NTC-2004** 2.5 cm para Trabes

Presentando un incremento de 0.5cm en el reglamento del 2004 respecto al de 1993.



### III.1.3 DISEÑO POR FLEXIÓN

El criterio que se utiliza en el diseño por flexión es el que se estipula tanto en las condiciones reglamentarias del año de 1993 y 2004, las cuales establecen que la resistencia a flexión de una sección de concreto reforzado debe tener una magnitud que exceda o cuando menos sea igual a la del momento último producido por las cargas.

$$MR \geq Mu$$

MR = Momento resistente de sección

Mu = Momento último de la trabe

Entendiéndose por momento resistente como la resistencia a la flexión al máximo momento flexionante, que es capaz de soportar una sección de concreto reforzado.

#### El área de acero mínima y máxima de la normatividad

Tanto en el RCDF-2004 como en el RCDF-1993 a través de sus Normas Técnica Complementarias, establecen que el comportamiento de las estructuras debe ser dúctil en zonas sísmicas y para garantizarlo establece una cantidad mínima y una cantidad máxima de acero equivalente al 75% de la cantidad balanceada obtenida según se estipula en cada reglamento. Entendiéndose por ductilidad la capacidad de disipar la energía antes de fallar.

#### Refuerzo mínimo

El objeto del refuerzo mínimo es evitar la falla súbita que se produciría al agrietarse la trabe de concreto reforzado, las secciones deberán tener una cantidad mínima de acero para también garantizar un comportamiento dúctil de la trabe. Los valores que se establecen respectivamente en ambos reglamentos son:

**NTC-1993**

$$p_{\text{mín}} = 0.7 * \frac{\sqrt{f_c}}{f_y}$$

**NTC-2004**

$$p_{\text{mín}} = 0.7 * \frac{\sqrt{f_c}}{f_y}$$

**Ejemplo :** Si  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$  y  $f'_c = 250$  tenemos:

$$p_{\text{mín}} = 0.7 * \frac{\sqrt{250}}{4200} = 0.00264$$

No presentando modificación alguna para este concepto.

### Refuerzo Máximo

Al limitar la cantidad de refuerzo de tensión, se logra que el elemento tenga comportamiento dúctil. Esta cualidad es particularmente deseable en elementos que deban resistir sismos, de allí que en ambos reglamentos el refuerzo de tensión se limita al 75 por ciento del que corresponde a la falla balanceada. Además el área de acero de tensión en secciones de concreto que no deban resistir fuerzas sísmicas será del 90 por ciento del que corresponde a la falla balanceada “pb” para el RCDF-2004.

Los valores que se establecen respectivamente en los reglamentos son:

**NTC-1993**

$$p_b = \frac{f'_c}{f_y} * \frac{4800}{f_y + 6000}$$

$$p_{\text{máx}} = 0.75 * p_b$$

$$p_{\text{máx}} = p_b$$

Si deban resistir fuerzas sísmicas  
No deban resistir fuerzas sísmicas

**NTC-2004**

$$p_b = \frac{f'_c}{f_y} * \frac{6000 * B_i}{f_y + 6000}$$

$$p_{\text{máx}} = 0.75 * p_b$$

$$p_{\text{máx}} = 0.90 * p_b$$

Si deban resistir fuerzas sísmicas  
No deban resistir fuerzas sísmicas

Donde:  **$B_i = 0.85$**

si  $f'_c \leq 280 \text{ kg/cm}^2$

$$B_i = 1.05 - \frac{f'_c}{1400} \geq 0.65$$

si  $f'_c > 280 \text{ kg/cm}^2$

**Ejemplo :** Si  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$  y  $f'_c = 250$  tenemos:

$$\begin{aligned} f^*c &= 0.8 * f'_c \\ &= 0.8 * 250 = 200 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f^*c &= 0.85 * f^*c \\ &= 0.85 * 200 = 170 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

**Condición** de NTC-2004,  $B_i = 0.85$  si  $f^*c \leq 280 \text{ kg/cm}^2$

**NTC-1993**

$$p_b = \frac{170}{4200} * \frac{4800}{4200 + 6000} = 0.0190$$

$$p_{max} = 0.75 * 0.190 = 0.0142 \quad \text{Si deban resistir fuerzas sísmicas}$$

$$p_{max} = p_b = 0.1900 \quad \text{No deban resistir fuerzas sísmicas}$$

**NTC-2004**

$$p_b = \frac{170}{4200} * \frac{6000 * 0.85}{4200 + 6000} = 0.0202$$

$$p_{max} = 0.75 * 0.0202 = 0.0151 \quad \text{Si deban resistir fuerzas sísmicas}$$

$$p_{max} = 0.90 * 0.0202 = 0.0181 \quad \text{No deban resistir fuerzas sísmicas}$$

Porcentaje balanceado se tiene que para la NTC-1993 es menor en un **6.32%** aprox. y que la NTC-2004 a generando un rango mayor de acero requerido.

Porcentaje máximo cuando si deban resistir fuerzas sísmicas para la NTC-1993 es menor en un **5.9%** aprox. y que la NTC-2004 generando también un rango más acero requerido.

Porcentaje máximo cuando no deban resistir fuerzas sísmicas para la NTC-1993 es mayor en un **4.5%** aprox. y que la NTC-2004 a generando un rango de menor cantidad de acero requerido.

### III.1.4 DISEÑO POR CORTANTE

El cortante es por sí mismo una fuerza directa por lo que es un factor de importancia, ya que puede producir fallas que ocurren repentinamente sin previo aviso, por lo que debe revisarse y en caso de que la sección de concreto no pueda resistir la fuerza cortante, debe suministrarle acero por cortante y/ o aumentarse dicha sección.

De manera comparativa al revisar las expresiones de las NTC-93 y NTC-2004 por cortante se aprecia que hubo ciertos cambios como se indican.

**NTC-1993** Si  $p < 0.01$   $V_{CR} = F_R * b * d * (0.2 + 30 * Pr) * \sqrt{f^*c}$   
 $p \geq 0.01$   $V_{CR} = 0.5 * F_R * b * d * \sqrt{f^*c}$   
 $Lim > V_u$   $V_{CR} = 2 * F_R * b * d * \sqrt{f^*c}$

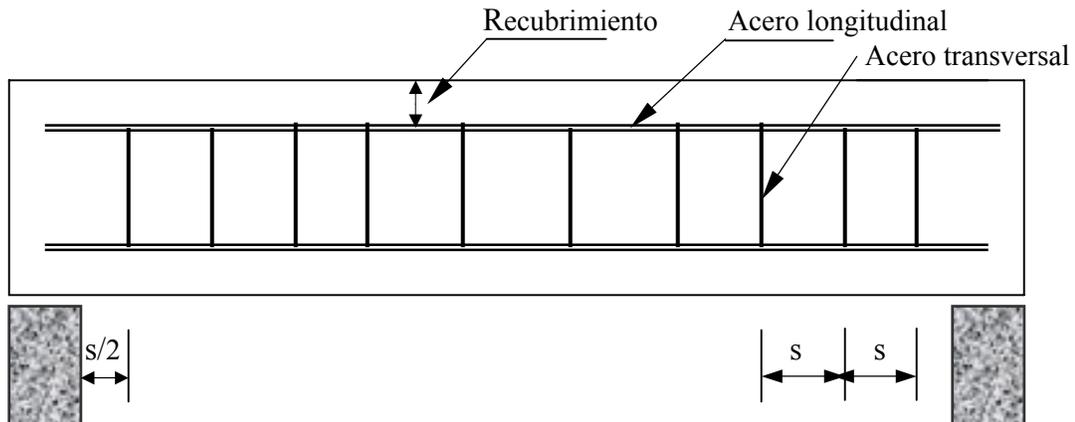
$$A_{s_v, \text{mín}} = \frac{3.5 * s * b}{f_y * F_R}$$

**NTC-1993**  $0.64 \text{ cm}^2$  Estribos # 2 ó 6 mm

**NTC-2004** Si  $p < 0.015$   $V_{CR} = F_R * b * d * (0.2 + 20 * Pr) * \sqrt{f^*c}$   
 $p \geq 0.015$   $V_{CR} = 0.5 * F_R * b * d * \sqrt{f^*c}$   
 $Lim > V_u$   $V_{CR} = 2.5 * F_R * b * d * \sqrt{f^*c}$

$$A_{s_v, \text{mín}} = \frac{0.30 * \sqrt{f^*c} * s * b}{f_y}$$

**NTC-2004**  $0.98 \text{ cm}^2$  Estribos # 2.5 ó 7.9 mm



### III.1.5 REVISIÓN POR DEFLEXIÓN

La deflexión excesiva puede limitar la durabilidad de un miembro estructural. Si la deflexión es visible a simple vista, ésta puede causar preocupación acerca de la seguridad de la estructura. Por lo que las trabes y las losas colgadas son causa de preocupación en la gente, con todo y que sean perfectamente seguras.

La deflexión en las trabes de concreto colado in situ, se controla principalmente mediante el uso de alturas mínimas recomendadas que se expresan como el peralte total de la trabe.

En el diseño de la trabe, la deflexión excesiva de la trabe puede causar la falla de los acabados o puede dañar otros miembros en contacto con él, por lo que es necesario contar con deformaciones permisibles.

Las expresiones para evaluar las deformaciones permisibles máximas por deflexión que marca el Reglamento de Construcciones para el RCDF-93 y RCDF- 2004 no presentaron cambios y son:

$$Y_p = 0.5 + \frac{L}{240}$$

Desplazamiento vertical, y que afecten a elementos no estructurales como muros de mampostería.

$$Y_p = 0.3 + \frac{L}{480}$$

Desplazamiento vertical, medido después de colocar los elementos no estructurales

### III.1.6 DISEÑO POR TORSIÓN

La torsión ocurre en construcciones monolíticas de concreto principalmente donde la carga actúa a una distancia perpendicular al eje longitudinal del miembro estructural. Por decir de los elementos estructurales sujetos a momentos torsionantes son una trabe de extremo en un tablero que sirve de apoyo a un volado (torsión que afecta directamente al equilibrio).

Algunas veces estos momentos torsionantes causan esfuerzos cortantes excesivos originando el desarrollo de importantes grietas más allá de los límites permisibles de servicio, a menos que se proporcione refuerzo especial por torsión.

En esta comparación por revisión por torsión entre ambas las normas NTC-1993 y NTC-2004 se presentaron cambios importantes en sus expresiones, estas son:

**Refuerzo transversal por torsión “As<sub>v</sub>”**

**NTC-1993**  $As_v = 0.64 \text{ cm}^2$  Estribos  $\geq$  N° 2 ó 6.3 mm

$$As_v = \frac{s * (Tu - TCR)}{FR * x_1 * y_1 * fy * \Omega}$$

**NTC-2004**  $As_v = 0.98 \text{ cm}^2$  Estribos  $\geq$  N° 2.5 ó 7.9 mm

$$As_v = 0.30 * \sqrt{f_c} * \frac{b * s}{fy_v}$$

**Refuerzo longitudinal por torsión “As<sub>t</sub>”**

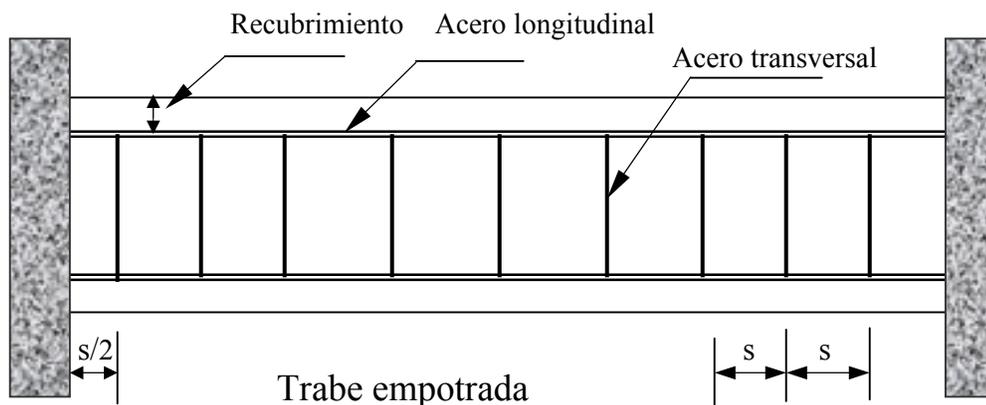
**NTC-1993**  $As_t = \frac{(2 * As_v)}{s} * (x_1 + y_1) * \frac{fy_v}{fy}$

**NTC-2004**  $As_t = \frac{At}{s} * ph * \frac{fy_v}{fy} * \cot^2(45^\circ)$

**Separación de estribos por torsión “s”**

**NTC-1993**  $s = b - (2 * r)$   $s = \frac{h - (2 * r)}{2}$

**NTC-2004**  $s = \frac{ph}{8}$   $s = h + b$



### III.1.7 COMENTARIOS Y CONCLUSIONES

Dada una carga de diseño se procede a diseñar de acuerdo al Reglamento de Construcciones y las Normas Técnicas Complementarias de Estructuras de Concreto para el Distrito Federal. Dada las dimensiones de la trabe como es el peralte total y la base, se obtiene el porcentaje de acero requerido, sin rebasar los estados de límite de falla y de límite de servicio.

En la Gráfica N° 1. Carga vs Porcentaje de acero requerido, que corresponde a una trabe simplemente apoyada, se puede observar que a medida que aumenta la carga, también aumenta el porcentaje de acero requerido, lo que es de esperar.

Al comparar los datos calculados para los reglamentos y las NTC-1993 y NTC-2004, se llegó a la conclusión de que el porcentaje requerido para la trabe simplemente apoyada es el mismo, en ambos reglamentos.

Otra modificación importante esta dada para el refuerzo máximo, porcentaje balanceado “pb”, de donde se obtiene que para la NTC-1993 es menor el porcentaje balanceado en un 6.3% aprox.

Lo anterior permite que para una sección dada, se tiene mayor rango de acero para que se presente la falla balanceada en la NTC-2004.

De los cambios en las ecuaciones entre los reglamentos de NTC-93 y NTC-2004 por cortante.

Se llega a la conclusión de que la cantidad de acero transversal por cantidad de separación ( $A_v / s$ ) es mayor en la NTC-2004, tal como se ilustra en la gráfica N° 2 ( $A_v / s$ ) vs Carga.

En lo que corresponde a la comparación por torsión entre las normas NTC-1993 y NTC-2004, presentaron cambios importantes en el procedimiento y en sus expresiones para evaluar el refuerzo transversal “ $A_{s_v}$ ”, el refuerzo longitudinal “ $A_{s_t}$ ” y la separación de estribos “ $s$ ”.

De acuerdo con los datos generados del análisis comparativos se generaron dos graficas para poder observar la diferencia.

De la grafica N° 1. Momento por torsión vs Acero transversal, se observa que:

Aún que existen modificaciones generadas en las ecuaciones para calcular el refuerzo transversal por torsión en las NTC-1993 y NTC-2004, los resultados obtenidos difieren muy poco y dando una trayectoria casi paralela.

En la grafica N° 2. Momento torsionante vs Acero de refuerzo longitudinal, se observa que debido a la modificación de la ecuación de refuerzo longitudinal en la NTC-2004 con respecto a las de la NTC-1993, si se esperan cambios significativos en el cálculo del acero de refuerzo longitudinal. Por lo que esta a generado un impacto de mayor cantidad de acero longitudinal por torsión en la NTC-2004 con respecto a la NTC-1993.

En los resultados y en la gráfica obtenida se observa que la NTC-93 y la NTC-2004 si difieren en su trayectoria además que la NTC-2004 sus porcentajes de acero son mayores para el mismo momento por torsión.

### III.1.8 ANÁLISIS DE CASOS CON EL PROCEDIMIENTO Y METODOLOGÍA EN EL DISEÑO DE TRABES

Se realizaron varios casos con el procedimiento y metodología para el diseño de trabes por computadora aplicando el Reglamento del Distrito Federal y la Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto Publicado en el Diario Oficial de Federación en agosto de 1993 y enero de 2004. (13) y (14)

Diseño de trabe simplemente apoyada 1993  
Diseño de trabe simplemente apoyada 2004

Diseño de trabe doblemente empotrada 1993  
Diseño de trabe doblemente empotrada 2004

**PROCEDIMIENTO Y METODOLOGIA PARA EL DISEÑO DE LA TRAVE POR COMPUTADORA  
Aplicando el RCDF Y NTC Publicado en el Diario Oficial de la Federación Agosto 1993  
para Estructuras de Concreto**

**DISEÑO DE UNA TRAVE SIMPLEMENTE APOYADA**

Para concreto clase I  $250 \leq f'c$  kg/cm<sup>2</sup>

**Datos**

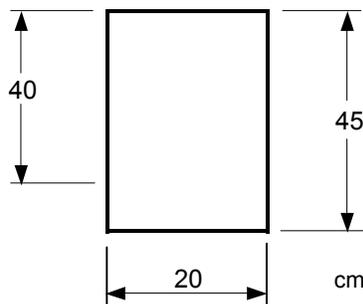
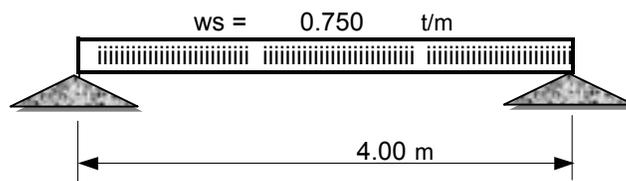
Base  
Peralte total  
Peralte efectivo  
Longitud  
Resistencia del concreto  
Esfuerzo de fluencia  
Carga viva + carga muerta " cv+cm "

**Datos**

b = 20 cm  
h = 45 cm  
d = 40 cm  
L = 400 cm  
f'c = 250 kg/cm<sup>2</sup>  
fy = 4200 kg/cm<sup>2</sup>  
ws = 0.750 t/m

**Datos dado por el RCDF-93 y NTC-96**

Factor de carga	Fc =	1.40	RCDF Art 194
Factor de resistencia " FR "			NTC ref 1.6
Flexión	FRF =	0.90	
Cortante	FRV =	0.80	
Deflexión	FRDF =	0.80	
Recubrimiento	r =	2 cm	NTC ref 3.4



## DISEÑO DE LA TRAVE

Peso volumétrico del concreto		2.4 t/m <sup>3</sup>		wvol
Peso propio de la trabe	wpopo=	0.216 t/m	RCDF Art. 196	wpopo = b * h * l * wvol
Carga total para diseño	WT =	0.966 t/m	RCDF Art. 188	WT = ws + wpopo
	f'c =	200.00 kg/cm <sup>2</sup>	NTC ref 1.4.1.b	f'c = 0.8 * f'c
	f''c =	170.00 kg/cm <sup>2</sup>	NTC ref 2.1.2 b	f''c = 0.85 * f'c

Cálculo del momento de diseño "Mu"

M =	1.932 t-m		M = (WT * l <sup>2</sup> ) / 8	
Mu =	2.705 t-m	NTC ref 1.2	Mu = Fc * ( WT * l <sup>2</sup> ) / 8	RCDF Art. 194

Cálculo del porcentaje de acero de diseño "pr"

pb =	0.0190 %	NTC ref 2.1.2.b	pb = (f'c / fy) * (4800 / (fy+6000))
pr =	0.0023 %		pr = (f'c / fy) * [1 - √(1 - [(2*Mu) / (FR*b*d <sup>2</sup> * f'c)])]
pmín =	0.0026 %	NTC ref 2.1.2.a	pmín = (0.7 * √f'c) / fy

Condición: pmín ≤ pr < pb

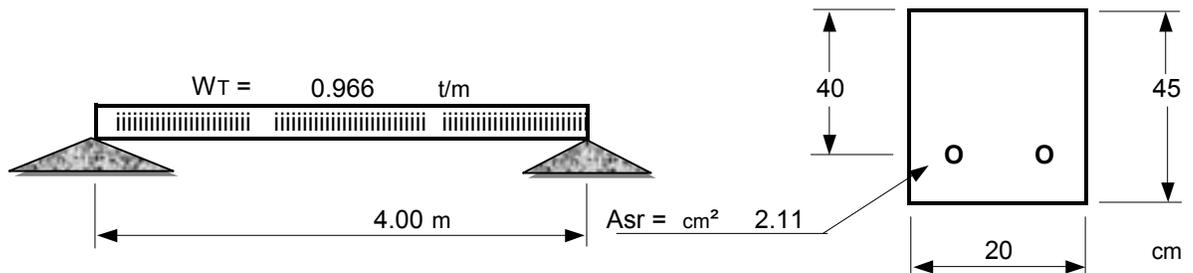
\* No se cumple la condición

Nota: no se cumple la condición por lo tanto se toma para diseño pmín

NTC pr mín	pr =	0.0026 %	NTC ref. 2.2.1	pr min = 1.33 * pr
------------	------	----------	----------------	--------------------

Cálculo del acero requerido "Asr"

As mín ≤ Asr	Asr =	2.11 cm <sup>2</sup>	Asr = pr * b * d
--------------	-------	----------------------	------------------



## DISEÑO POR CORTANTE

### Condiciones

$h \leq 70$ cm	$h =$	45 cm	NTC ref 2.1.5.a
$h/b \leq 6$	$h/b =$	2.25	NTC ref 2.1.5.a
$l/h \geq 5$	$l/h =$	8.89	
	FRV =	0.80	NTC ref 1.6

### Condiciones

si $p < 0.01$	$pr =$	0.0026 %	$Pr = (f'c / fy) * [1 - \sqrt{1 - [(2 * Mu) / (FR * b * d^2 * f'c)]}]$
---------------	--------	----------	--

### Cálculo del cortante "V"

	$V =$	1.932 ton	$V = (WT * L) / 2$
	$Vu =$	2.705 ton	$Vu = Fc * (WT * L) / 2$
si $p < 0.01$	VCRr =	2.526 ton	NTC ref 2.1.5.a $VCRr = FR * b * d * (0.2 + 30 * Pr) * \sqrt{f'c}$

Nota: limitación siempre debe cumplir la relación " Limit > Vu "

NTC ref 2.1.5.b

Si cumple	Limit v =	18.102 ton	$Limit = 2 * FR * b * d * \sqrt{f'c}$
-----------	-----------	------------	---------------------------------------

$VSR =$	0.179 ton	NTC ref 2.5.2.3 $VSR = Vu - VCR$
Fza V =	13.576 ton	Fuerza V = $Fza V = 1.5 * FR * b * d * \sqrt{f'c}$

### Separación

$Vu > VCR$	$s =$	214.20 cm	ref 2.1.5 ec2.21 $s = (FR * Av * fy * d * (\text{sen}90 + \text{cos}90)) / VSR$
------------	-------	-----------	---

Separación mínima	$s =$	20.00 cm	NTC ref 2.1.5 b $s \leq d/2$ si $Vu < VCR$
$Vu < VCR \leq Fza V$	$s =$	20.00 cm	NTC ref 2.1.5 b $s = 0.5 * d$ si $VCR < Vu, Vu \leq \text{Formulv}$
$Vu > Fza V$	$s =$	10.00 cm	NTC ref 2.1.5 b $s = 0.25 * d$ si $Fza V < Vu < \text{Limit V}$

### Acero requerido por tensión diagonal

Condición : si  $Vu < VCR$  se cumple, debe suministrarse refuerzo mínimo por tensión diagonal de acuerdo a la NTC

ASV mín =	0.64 cm <sup>2</sup>	NTC ref 2.1.5 b	Estribos N° 2	E# 2 ó 6mm
-----------	----------------------	-----------------	---------------	------------

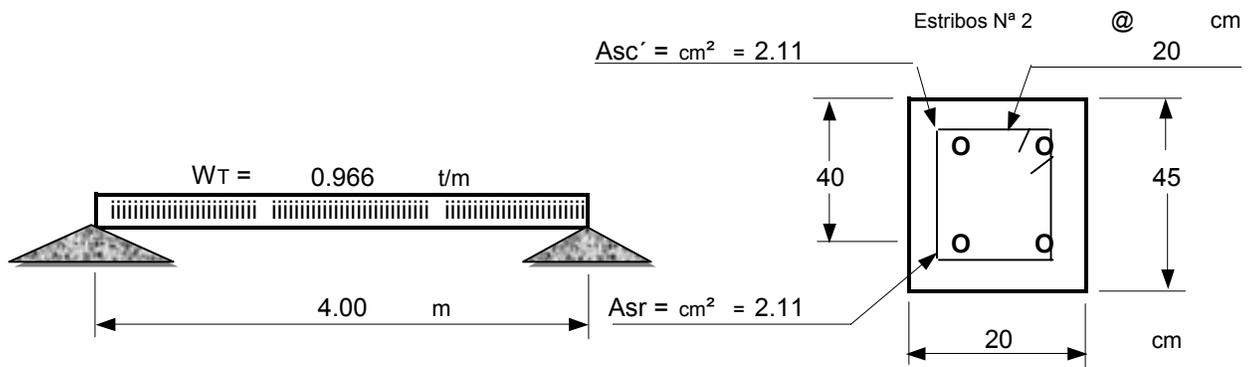
### Area mínima requerida por tensión diagonal "Asv min"

ASV mín =	0.417 cm <sup>2</sup>	NTC Ec 2.21	$Asv \text{ mín} = (3.5 * s * b) / (FR * fy)$
Asv mín / s =	0.0013		$[Av / s] = (Vu - VCR) / (FR * fy * d)$

Area de acero mínimo requerido po NTC de Estructuras de Concerto

Asc' =	2.11 cm <sup>2</sup>		
Asv =	0.64 cm <sup>2</sup>	NTC ref 2.1.5 b	Estribos N° 2 E# 2 ó 6 mm

Separación	$s =$	20 cm	NTC ref 2.1.5 b $s = d/2$
------------	-------	-------	---------------------------



## DISEÑO POR FLEXIÓN

Se da la condición:  $MR_{\min} \leq MR_r < MR_{\max}$ , así que se cumple la compactibilidad de esfuerzo por lo tanto hay ductilidad en la trabe

## REVISIÓN POR DEFLEXIÓN

Tipo de concreto clase I  $250 \leq f'c$  kg/cm<sup>2</sup>

Condición  $f'c \leq 250$

$f'c = 250$  kg/cm<sup>2</sup>

$E_s = 2000000$  kg/cm<sup>2</sup>

$E_c = 221359.44$  kg/cm<sup>2</sup>

$n = 9.04$

I puro concreto  $I = 151875.00$  cm<sup>4</sup>

NTC ref 1.4.2 dato

NTC ref 1.4.1.d  $E_c = 14000 \cdot \sqrt{f'c}$

$n = E_s / E_c$

$I = (b \cdot h^3) / 12$

NTC p' mín%  $P'_{\min} = 0.00264$  %

As' de compresión  $Asc' = 2.11$  cm<sup>2</sup>

Asr de tensión  $Asr = 2.11$  cm<sup>2</sup>

NTC ref 2.1.2.a  $p'_{\min} = (0.7 \cdot \sqrt{f'c}) / f_y$

NTC ref 2.1.2.a  $Asc' = p'_{\min} \cdot b \cdot d$  mínimo

NTC ref 2.1.2  $Asr = pr \cdot b \cdot d$

Ecuación de 2 Grado

Raiz c1 = -9.73 cm

Raiz c2 = 7.83 cm

Ec 2º grado c1

Ec 2º grado c2

$lag^2 = 23161.12$  cm<sup>4</sup>

NTC Ec 2.36

NTC Ec 2.36  $lag = (b \cdot c^3 / 3) + (n \cdot Asc' \cdot (d-c)^2) + (n-1 \cdot As' \cdot (c-4)^2)$   
 $I = [I_1 + 2 \cdot I_3 + I_2] / 4$   $lag = (2 \cdot I_3) / 2$  donde  $I_1, I_2 = 0$

Di lag (cm+cv)  $Di_{lag} = 0.63$  cm

$Fdf = 1.77$

NTC EC 2.37  $Di_{IAG} = (5/384) \cdot [(WT \cdot 10) \cdot L^4] / (Ec \cdot lag)$

$Fd = 2 / (1 + 50 \cdot p')$  donde  $p' = 0.00264$

Dd [cm+cv] \* Fd  $Dd_{lag} = 1.11$  cm

$Dtotal = 1.74$  cm

$Dd_{lag} = Fd \cdot ((5/384) \cdot [(WT \cdot 10) \cdot L^4] / (Ec \cdot lag))$

$Dtotal = Di_{lag} + Dd_{lag}$

Deformación permisible por el RCDF-93 y NTC "Df máx"

$Df_{\max} = 2.17$  cm

$Df_{\max} = 1.97$  cm

RCDF Art 184  $Y_p = 0.5 + (L / 240)$

RCDF Art 184  $Y_p = 0.3 + (L / 480)$

Elem No Estruct

Condición  $Dtotal < Dmáx$  permisible

\* Por lo tanto se acepta la sección

## ARMADO DE LA TRABE

Base  $b = 20.00$  cm

Peralte total  $h = 45.00$  cm

Peralte efectivo  $d = 40.00$  cm

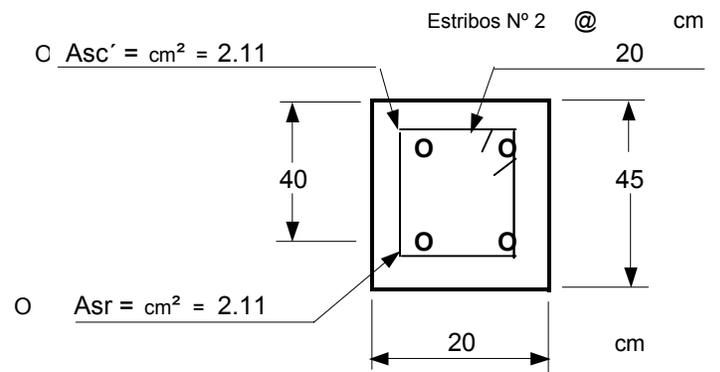
Longitud  $L = 400.00$  cm

As compresión  $Asc' = 2.11$  cm<sup>2</sup>

As tensión  $Asr = 2.11$  cm<sup>2</sup>

Estribos N° 2  $Asv = 0.64$  cm<sup>2</sup>

Separación Estribos  $s = 20.00$  cm



**PROCEDIMIENTO Y METODOLOGIA PARA EL DISEÑO DE LA TRABE POR COMPUTADORA**  
***El RCDF publicado en el Diario Oficial de la Federación 29 /Enero/2004.***  
***Normas Técnicas Complementarias para Estructuras de Concreto 6/Octubre/2004.***

**DISEÑO DE UNA TRABE SIMPLEMENTE APOYADA**

Para concreto clase I  $250 \leq f'c$  kg/cm<sup>2</sup>

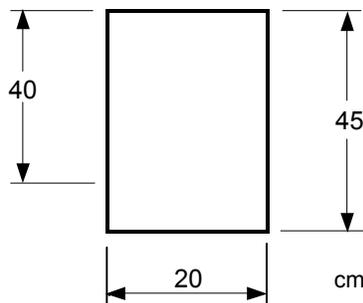
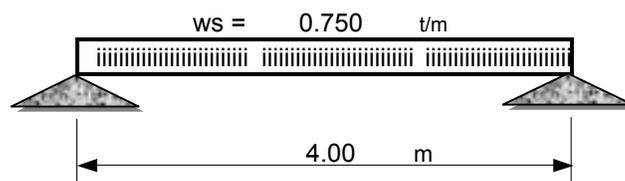
**DATOS**

**Datos**

Base	b =	20 cm
Peralte total	h =	45 cm
Peralte efectivo	d =	40 cm
Longitud	L =	400 cm
Resistencia del concreto	f'c =	250 kg/cm <sup>2</sup>
Esfuerzo de fluencia	fy =	4200 kg/cm <sup>2</sup>
Carga viva + carga muerta "cv+cm"	ws =	0.750 t/m

**Datos dado por el RCDF-93 y NTC-96**

Factor de carga	FC =	1.40	RCDF-NTC ref. 3.4
Factor de resistencia "FR"			NTC ref. 1.7
Flexión	FRF =	0.90	
Cortante	FRV =	0.80	
Deflexión	FRDF =	0.80	
Recubrimiento	r =	2.5 cm	NTC ref. 4.9.3



## DISEÑO DE LA TRABE

Peso Volumétrico del Concreto		2.4 t/m <sup>3</sup>		wvol	
Peso propio de la trabe	wpopo=	0.216 t/m	RCDF Art 160	wpopo = b * h * l * wvol	
Carga total para diseño	WT =	0.966 t/m	NTC ref 2.3.a	WT = ws + wpopo	
	f*c =	200.00 kg/cm <sup>2</sup>	NTC ref. 1.5.1.2	f*c = 0.8 * f'c	
	f''c =	170.00 kg/cm <sup>2</sup>	NTC ref. 2.1.e	f''c = 0.85 * f*c	
Condición i	Bi =	0.85	NTC ref. 2.1.e	si f*c ≤ 280 kg/cm <sup>2</sup>	se cumple
Condición ii	Bii =	0.91	si f*c > 280	Bii = 1.05 - (f*c/1400) ≥ 0.65	

Cálculo del momento de diseño "Mu"

M =	1.932 t·m		M = (WT * l <sup>2</sup> ) / 8	
Mu =	2.705 t·m	NTC ref. 3.3	Mu = Fc* (WT * l <sup>2</sup> ) / 8	NTC ref. 1.3.1

Cálculo del porcentaje de acero de diseño "pr"

p <sub>b</sub> máx =	0.0182 %	NTC ref. 2.2.2	p <sub>b</sub> = (f''c / fy) * ((60000 * Bi) / (fy+60000))
pr =	0.0023 %	NTC p <sub>min</sub>	p <sub>b</sub> máx = 0.90 * p <sub>b</sub>
p <sub>m</sub> ín =	0.0026 %	NTC ref. 2.2.1	pr = (f''c / fy) * [1 - √(1 - [(2*Mu) / (FR*b*d <sup>2</sup> * f''c)])]
			p <sub>m</sub> ín = (0.7 * √f''c) / fy

Condición: p<sub>m</sub>ín ≤ pr < p<sub>b</sub>máx

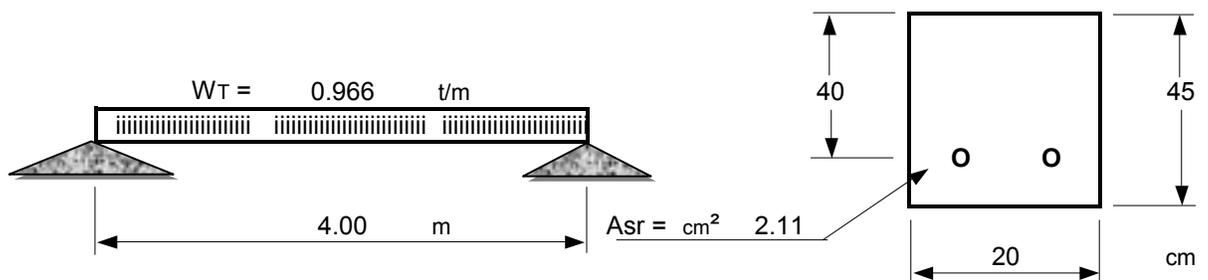
\* No se cumple la condición

Nota: no se cumple la condición por lo tanto se toma para diseño p<sub>m</sub>ín

NTC p <sub>m</sub> ín	pr mín =	0.0031 %	NTC ref. 2.2.1	pr mín = 1.33 * pr
-----------------------	----------	----------	----------------	--------------------

Cálculo del acero requerido "Asr "

Asmín ≤ Asr	Asr =	2.11 cm <sup>2</sup>	Asr = pr * b * d
-------------	-------	----------------------	------------------



# DISEÑO POR CORTANTE

Condición del cortante crítico "VCR"		NTC ref 2.5.1
$h \leq 70$ cm	$h =$ 45 cm	
$L/h \geq 5$	$L/h =$ 8.9	NTC ref 2.5.1.1
$L/h \geq 4$	$l / h =$ 8.9	NTC ref 2.5.1.1
	$FRV =$ 0.80	
Condición		
$i p < 0.015$	$pr =$ 0.0026 %	NTC pmin $pr = (f'c / fy) * [1 - \sqrt{(1 - [(2 * Mu) / (FR * b * d^2 * f'c)])}]$

Cálculo del cortante "V"		
	$V =$ 1.932 ton	$V = (WT * L) / 2$
Si $Vu < VCR$	$Vu =$ 2.705 ton	$Vu = Fc * (WT * L) / 2$
$i p < 0.015$	$VCRr =$ 2.287 ton	NTC 2.5.1.1 $VCRr = FR * b * d * (0.2 + 20 * Pr) * \sqrt{f'c}$
	$VSR =$ 0.418 ton	NTC ref 2.5.2.3 $VSR = Vu - VCR$
	$Fza V =$ 13.58 ton	Fuerza V = $Fza V = 1.5 * FR * b * d * \sqrt{f'c}$

Nota: limitación siempre deberá cumplir la relación "Limit V > Vu"  
 Si cumple Limit V = 22.627 ton Limit V =  $2.5 * FR * b * d * \sqrt{f'c}$  NTC ref 2.5.2.4

Separación		
$Vu > VCR$	$si =$ 141 cm	ref 2.5.2.3 ec 2.2: $s = FR * Av * fy * d * (\text{sen}90 + \text{cos}90) / VSR$
Separación mínima	$s =$ 20 cm	NTC ref 2.5.2.2 $s \leq d/2$ si $Vu < VCR$
	$s =$ 6 cm	NTC ref 2.52.3a $s \geq 6$ cm
$Vu > VCR \geq Fza V$	$s =$ 20 cm	NTC ref 2.52.3b $s = 0.5 * d$ si $Vu > VCR \geq Fza V$
$Vu > Fza V$	$s =$ 10 cm	$s = 0.25 * d$ si $Fza V < Vu < \text{Limit V}$

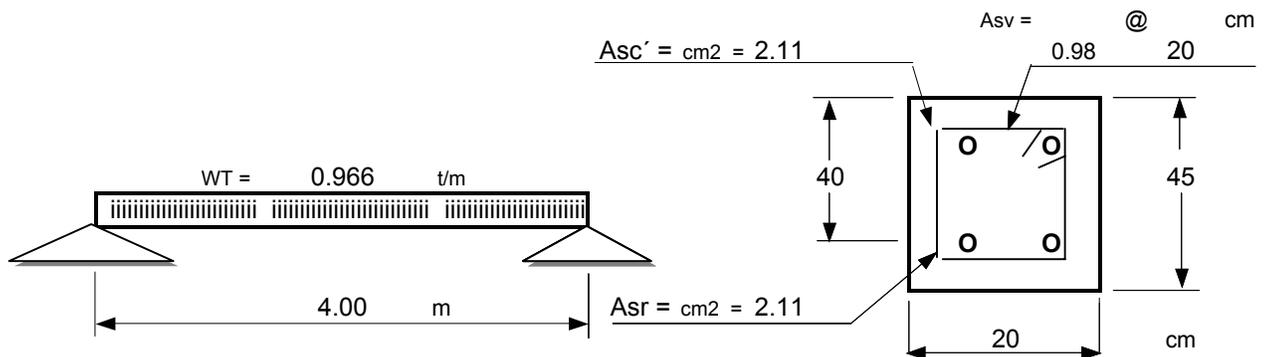
### Acero requerido por tensión diagonal

Condición : si  $Vu < VCR$  se cumple debe suministrarse refuerzo mínimo por tensión diagonal de acuerdo a la NTC

	$Asv_{\text{mín}} =$ 0.98 cm <sup>2</sup>	NTC ref 2.5.2.2 Estribos $\geq 7.9$ mm (N° 2.5)
Area mínima requerida por tensión diagonal "Asvmin"		NTC ref 2.5.2.1 No se usara Estribos $\leq 4200$ kg/cm <sup>2</sup>
si $Vu < VCR$	$Asv_{\text{mín}} =$ 0.404 cm <sup>2</sup>	NTC ref 2.5.2.2 $Av_{\text{mín}} = 0.30 * \sqrt{f'c} * (b * s / fy)$
	$Asv_{\text{mín}} / s =$ 0.0031	NTC ref 2.5.2.1 No se usara Estribos $\leq 4200$ kg/cm <sup>2</sup> $[ Av / s ] = ( Vu - VCR ) / ( FR * fy * d )$

### Area mínima requerido por NTC de Estructuras de Concreto

	$Asc' =$ 2.11 cm <sup>2</sup>	NTC ref. 2.2.1 $Asc'_{\text{mín}} = p'_{\text{mín}} * b * d$
	$Asv =$ 0.98 cm	NTC ref 2.5.2.2 Estribos $\geq 7.9$ mm (N° 2.5)
Separación mínima	$s =$ 20 cm	NTC ref 2.5.2.2 $s \leq d/2$



# DISEÑO POR FLEXIÓN

Se da la condición:  $M_{R\min} \leq MR_r < MR_{b\max}$ , así que se cumple la compactibilidad de esfuerzos por lo tanto hay ductilidad en la trabe.

# REVISIÓN POR DEFLEXIÓN

Tipo de concreto clase I  $250 \leq f'c$  kg/cm<sup>2</sup>

Condición  $f'c \leq 250$

$f'c = 250$  kg/cm<sup>2</sup>  
 $E_s = 2000000$  kg/cm<sup>2</sup>  
 $E_c = 221359.44$  kg/cm<sup>2</sup>  
 $n = 9.04$   
 $I = 151875.00$  cm<sup>4</sup>

NTC ref. 1.5.2 dato  
 NTC ref. 1.5.1.4  $E_c = 14000 * \sqrt{f'c}$   
 $n = E_s / E_c$   
 $I = (b * h^3) / 12$

NTC  $p'_{\min}$   
 $As'_{\text{de compresión}}$   
 $As_r$  de tensión

$p'_{\min} = 0.0026$  %  
 $Asc' = 2.11$  cm<sup>2</sup>  
 $Asr = 2.11$  cm<sup>2</sup>

NTC ref. 2.2.1  $p'_{\min} = (0.7 * \sqrt{f'c}) / f_y$   
 NTC ref. 2.2.1  $Asc' = p'_{\min} * b * d$   
 NTC ref. 2.2.1  $Asr = pr * b * d$

Ecuación de 2 Grado

Raiz  $c_1 = -9.73$  cm  
 Raiz  $c_2 = 7.83$  cm

$E_c$  2º grado  $c_1$   
 $E_c$  2º grado  $c_2$

$I_{ag} = 23161.12$  cm<sup>4</sup>

NTC ref. 3.2.1.1  $I = [I_1 + I_2 + I_3] / 4$

$I_{ag} = (b * c^3 / 3) + n * As * (d - c)^2 + (n - 1) * As * (c - 4)^2$   
 $I_{ag} = [2 * I_3] / 2$  donde  $I_1, I_2 = 0$

$D_i$  cm+cv

$D_i$  lag = 0.63 cm  
 $F_d = 1.77$

NTC ref 3.2.1.2  $D_i$  lag =  $(5/384) * [(WT * 10) * L^4] / (E_c * I_{ag})$   
 $F_d = 2 / (1 + 50 * p')$  donde  $p' = 0.00264$

$D_d$  [cm+cv] \*  $F_d$

$D_d$  lag = 1.11 cm

$D_d$  lag =  $F_d * ((5/384) * [(WT * 10) * L^4] / (E_c * I_{ag}))$

$D_{total} = 1.74$  cm

$D_{total} = D_i$  lag +  $D_d$  lag

Deformación permisible por el RCDF - 2004 y NTC

RCDF Art 184  
 RCDF Art 184

$D_{f\max} = 2.17$  cm  
 $D_{f\max} = 1.97$  cm

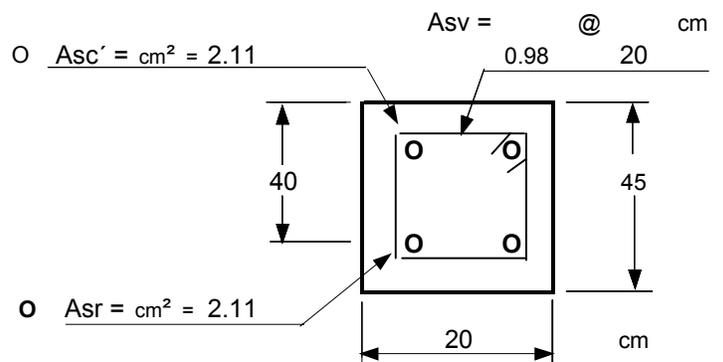
RCDF ref 4.1.a  $Y_p = 0.5 + (L / 240)$   
 RCDF ref 4.1.a  $Y_p = 0.3 + (L / 480)$

Elem No Estruct

Condición  $D_{total} < D_{\max}$  permisible para que sea Adecuada

## ARMADO DE LA TRABE

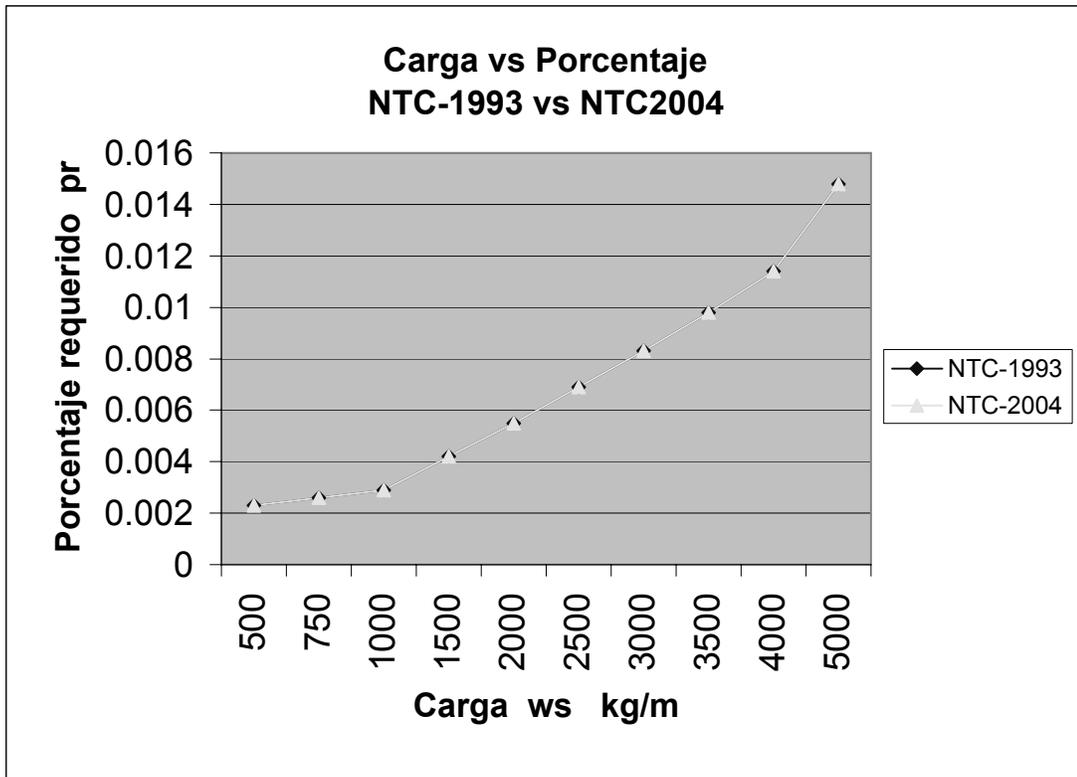
Base  $b = 20$  cm  
 Peralte total  $h = 45$  cm  
 Peralte efectivo  $d = 40$  cm  
 Longitud  $L = 400$  cm  
 $As_{\text{compresión}} = Asc' = 2.11$  cm<sup>2</sup>  
 $As_{\text{tensión}} = Asr = 2.11$  cm<sup>2</sup>  
 Estribos N° 2.5  $Asv = 0.98$  cm<sup>2</sup>  
 Separación estribos  $s = 20$  cm



## GRÁFICA DE TRABE SIMPLEMENTE APOYADA

**Gráfica N° 1 Carga vs Porcentaje Requerido**

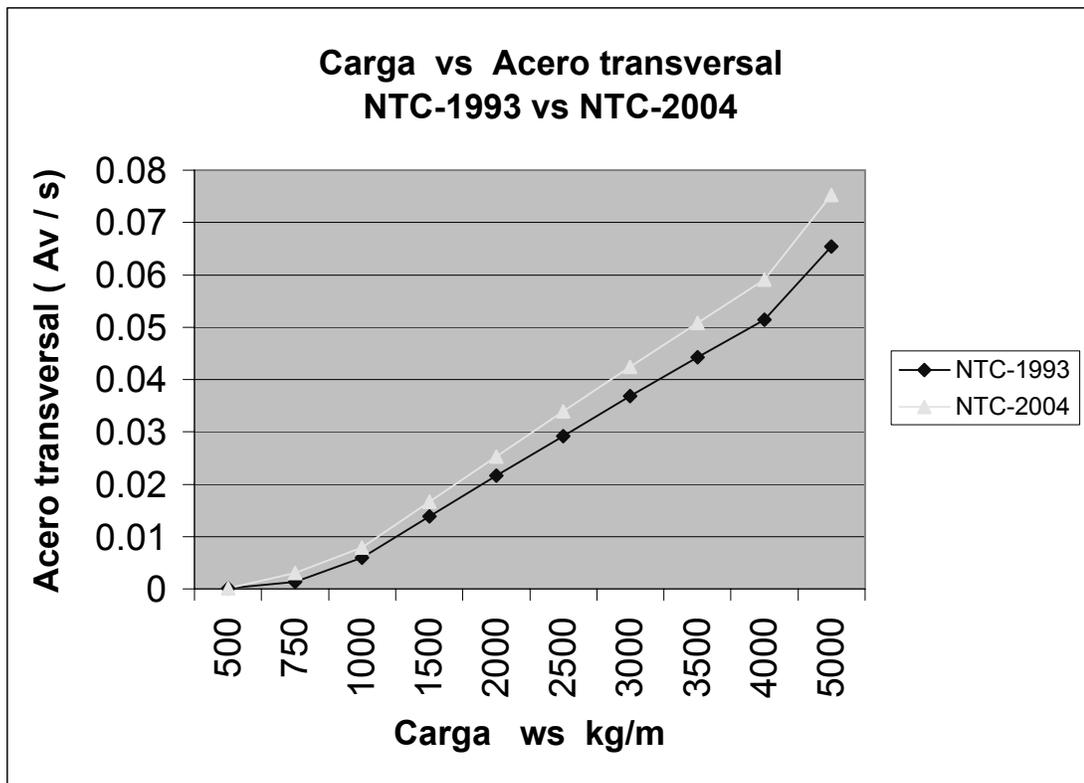
ws kg/m <sup>2</sup>	pr %	pr %
	NTC-1993	NTC-2004
500	0.0023	0.0023
<b>750</b>	<b>0.0026</b>	<b>0.0026</b>
1000	0.0029	0.0029
1500	0.0042	0.0042
2000	0.0055	0.0055
2500	0.0069	0.0069
3000	0.0083	0.0083
3500	0.0098	0.0098
4000	0.0114	0.0114
5000	0.0148	0.0148



## GRÁFICA DE TRABE SIMPLEMENTE APOYADA

Gráfica N° 2 Carga vs Acero transversal "Av / s"

ws kg/m <sup>2</sup>	Av / s	Av / s
	NTC-1993	NTC-2004
500	0.0001	0.0001
<b>750</b>	<b>0.0013</b>	<b>0.0031</b>
1000	0.0060	0.0079
1500	0.0138	0.0166
2000	0.0216	0.0253
2500	0.0292	0.0339
3000	0.0368	0.0424
3500	0.0442	0.0508
4000	0.0514	0.0591
5000	0.0654	0.0753



**PROCEDIMIENTO Y METODOLOGIA PARA EL DISEÑO DE LA TRAVE POR COMPUTADORA  
Aplicando el RCDF Y NTC Publicado en el Diario Oficial de la Federación Agosto 1993  
para Estructuras de Concreto**

**DISEÑO POR TORSIÓN EN UNA TRAVE DOBLEMENTE EMPOTRADA**

Para concreto clase I  $250 \leq f'c \text{ kg/cm}^2$

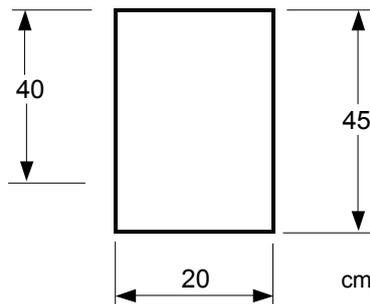
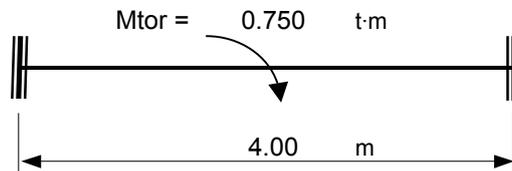
**DATOS**

**Datos**

Base	b =	20 cm
Peralte total	h =	45 cm
Peralte efectivo	d =	40 cm
Longitud	L =	400 cm
Resistencia del concreto	f'c =	250 kg/cm <sup>2</sup>
Esfuerzo de fluencia	fy =	4200 kg/cm <sup>2</sup>
Carga viva + carga muerta "cv+cm"	ws =	0.500 t/m
Momento por torsión	Mtor =	0.750 t·m

**Datos dado por el RCDF-93 y NTC-96**

Factor de Carga	FC =	1.40	RCDF Art 194
Factor de Resistencia "FR"			NTC ref 1.6
Flexión	FRF =	0.90	
Cortante	FRV =	0.80	
Torsión	FRT =	0.80	
Recubrimiento	r =	2 cm	NTC ref 3.4
Peso volumétrico del concreto	wvol =	2.4 t/m <sup>3</sup>	wvol
Peso propio de la trave	wpopo =	0.216 t/m	RCDF Art. 196 wpopo = b * h * l * wvol
Carga total para diseño	WT =	0.716 t/m	RCDF Art. 188 WT = ws + wpopo
	f*c =	200.00 kg/cm <sup>2</sup>	NTC ref 1.4.1.b f*c = 0.8 * f'c
	f''c =	170.00 kg/cm <sup>2</sup>	NTC ref 2.1.2 b f''c = 0.85 * f*c



# DISEÑO POR TORSIÓN

Recubrimiento	r =	2 cm	NTC Ref 3.4
	FRT =	0.80	NTC ref 1.6
	Mtor =	0.750 t.m	
1ª Condición	$T_{CR} < T_u$	NTC 93	VERDADERO NTC ref 2.1.6 a
Mtor diseño	$M_{tu} = T_u =$	1.050 t.m	NTC ref 1.2 $T_u = F_c * M_{tor}$
	TOR =	1.222 t.m	NTC ref 2.1.6 a $TOR = 0.6 * FR * x^2 * y * \sqrt{f^*c}$
Mtor crítico	T <sub>CR</sub> =	0.305 t.m	NTC ref 2.1.6 a $T_{CR} = 0.25 * TOR$
2ª Condición	" Ecuación = $E_c \geq 1.0$ "		FALSO NTC ref 2.1.6 a ec. 2.30
	V =	1.432 ton	$V = (W * L) / 2$
	V <sub>u</sub> =	2.005 ton	NTC ref 1.2 $V_u = F_c * (W * L) / 2$
	V <sub>CR</sub> =	4.525 ton	NTC ref 2.1.5 a $V_{CR} = 0.5 * FR * b * d * \sqrt{f^*c}$
NTC 93	E <sub>c</sub> =	0.93	NTC ref 2.1.6 a $E_c = (T_u^2 / TOR^2) + (V_u^2 / V_{CR}^2)$
3ª Condición a cumplir			VERDADERO NTC ref 2.1.6 b ec. 2.35
Limitación	$T_u \leq$ Fórmula	$M_{li} = M_{li}$	
	1.050	$M_{li} =$ 1.518 t.m	$1.25 * T_{CR} * \sqrt{(16 - (V_u / (0.5 * FR * b * d * \sqrt{f^*c}))^2)}$

Nota: se debe de cumplir la 3ª condición de lo contrario hay que cambiar la sección de la trabe

### Separación de los estribos

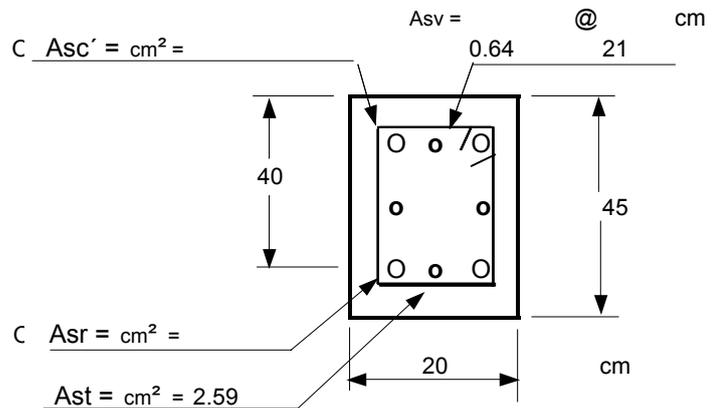
			NTC ref 2.1.6.b.I
	s1 =	16 cm	$s1 = b - (2 * r)$
	s2 =	20.5 cm	$s2 = (h - (2 * r)) / 2$
	s =	30 cm	
$\phi < 1.5$ Condición	$\phi =$	1.485	VERDADERO NTC ref 2.1.6.b.I $\phi = 0.67 + 0.33 * (y1/X1)$
			$x1 = b - (2 * r)$ $y1 = h - (2 * r)$

### Cantidad de acero de refuerzo

Cantidad de acero requerido por refuerzo transversal para torsión			NTC ref. 2.1.6.b.I ec. 2.33
	Asv =	0.47 cm <sup>2</sup>	$Asv = [(s * (T_u - T_{CR})) / (FR * x1 * y1 * fy * \phi)]$
Estribos N° 2	Asv =	0.64 cm <sup>2</sup>	RCDF NTC Ref 2.1.5 b Estribos $\geq 6.3mm$ (N° 2)
Cantidad de acero requerido por refuerzo longitudinal para torsión			NTC ref. 2.1.6.b.II ec. 2.34
Condición	Refuerzo longitudinal siempre sera $\geq$ Ast		
	Ast =	2.59 cm <sup>2</sup>	$Ast = ((2 * Asv) / s) * (x1 + y1) * (fyv / fy)$

### ARMADO DE LA TRABE

Base	b =	20 cm
Peralte total	h =	45 cm
Peralte efectivo	d =	40 cm
Longitud	L =	400 cm
p' min compresión	p' min =	%
Acero compresión	Asc' =	cm <sup>2</sup>
Separación estribos	s =	20.5 cm
Refuerzo por torsión		
Estribos	Asv =	0.64 cm <sup>2</sup>
Longitud inales	Ast =	2.59 cm <sup>2</sup>



**PROCEDIMIENTO Y METODOLOGIA PARA EL DISEÑO DE LA TRAVE POR COMPUTADORA**  
**Aplicando el RCDF publicado en el Diaro Oficial de la Federación 29 /Enero/2004**  
**Normas Técnicas Complementarias para Estructuras de Cocreto 6/Octubre/2004**

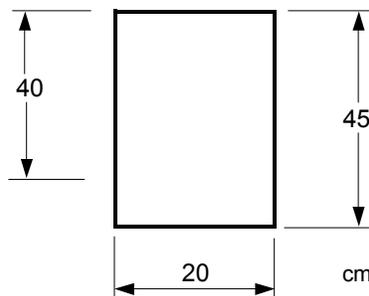
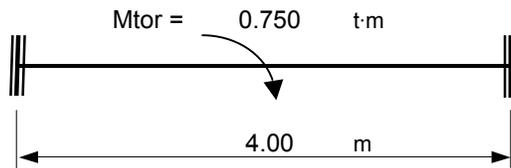
**DISEÑO POR TORSIÓN EN UNA TRAVE DOBLEMENTE EMPOTRADA**

Para concreto clase I  $250 \leq f'c$  kg/cm<sup>2</sup>

Datos		Datos	
Base	b =	20	cm
Peralte total	h =	45	cm
Peralte efectivo	d =	40	cm
Longitud	L =	400	cm
Resistencia del concreto	f'c =	250	kg/cm <sup>2</sup>
Esfuerzo de fluencia	fy =	4200	kg/cm <sup>2</sup>
Carga viva + carga muerta "cv+cm"	ws =	0.500	t/m
Momento por torsión	Mtor =	0.750	t·m

**Datos dado por el RCDF-93 y NTC-96**

Factor de carga	FC =	1.40	RCDF-NTC ref. 3.4
Factor de resistencia "FR"			NTC ref 1.7
Flexión	FRF =	0.90	
Cortante	FRV =	0.80	
Torsión	FRT =	0.80	
Recubrimiento	r =	2.5 cm	NTC ref 4.9.3
Peso Volumétrico del Concreto	wvol =	2.4 t/m <sup>3</sup>	wvol
Peso propio de la trave	wpopo =	0.216 t/m	RCDF Art. 160 wpopo = b * h * l * wvol
Carga total para diseño	WT =	0.716 t/m	NTC ref 2.3.a WT = ws + wpopo
	f*c =	200.00 kg/cm <sup>2</sup>	NTC ref 1.5.1.2 f*c = 0.8 * f'c
	f''c =	170.00 kg/cm <sup>2</sup>	NTC ref.2.1.e f''c = 0.85 * f*c



# DISEÑO POR TORSIÓN

Recubrimiento	r =	2.5 cm	NTC ref. 4.9.3	
	FRT =	0.80	NTC ref. 1.7	
	Mtor =	0.750 t-m		
	p' mín =	0.0026 %	NTC ref. 2.2.1	p' mín = (0.7 * √f'c) / fy
	Asc' =	2.11 cm <sup>2</sup>	NTC ref. 2.2.1	Asmín = pmín * b * d
	pcp =	130 cm	NTC ref. 2.6	pcp = 2 * b + 2 * h
	Ag =	900 cm <sup>2</sup>	NTC ref. 2.6	Ag = b * h
Nota: si se cumple la 1ª condición puede despreciarse los efectos de torsión				
1ª Condición	Tu < Tform	NTC 94	VERDADERO	
Mtor diseño	Mtu = Tu =	1.050 t-m	NTC ref. 3.3	Tu = Fc * Mtor
	Tform =	19.033 t-m	NTC ref. 2.6.1	Tu < 0.27 * FRT * √f'c * (Ag <sup>2</sup> / pcp)
V último diseño	Vu =	2.005 ton	NTC ref. 3.3	Vu = Fc * (W*L) / 2
	VCRr =	2.288 ton	NTC ref.2.5.1.1	VCRr = FR * b * d * (0.2 + 20 * pr) * √f'c
	VCRb =	4.525 ton		VCRb = 0.5 * FR * b * d * √f'c
	x1 =	15 cm		x1 = b - 2 * r
	y1 =	40 cm		y1 = h - 2 * r
	ph =	110 cm	NTC ref 2.6.3	ph = (2 * x1) + (2 * y1)
	Aoh =	600 cm <sup>2</sup>	NTC ref 2.6.3	Aoh = x1 * y1
2ª Condición	Formula 1 ≤ Formula 2	VERDADERO		
	Fórmula 1 =	2.69	NTC ref 2.6.3 a	Formula1 = √[(Vu/(b*d)) <sup>2</sup> + ((Tu*ph)/(1.7*Aoh) <sup>2</sup> ]
	Fórmula 2 =	24.916	NTC ref 2.6.3 a	Formula2 = FRT * [(VCR / (b * d)) + (2 * √f'c)]
Separación de refuerzo por torsión	s1 =	14 cm	NTC ref 2.6.3.5	s = ph / 8
	s2 =	30 cm	NTC ref 2.6.3.5	NTC ref 2.6.3.5
	s2 =	65.00 cm	NTC ref 2.6.3.3	s = h + b
Separación dada	s1 =	20 cm		s = b

## Cantidad de acero de refuerzo

Cantidad de acero requerido por refuerzo transversal para torsión

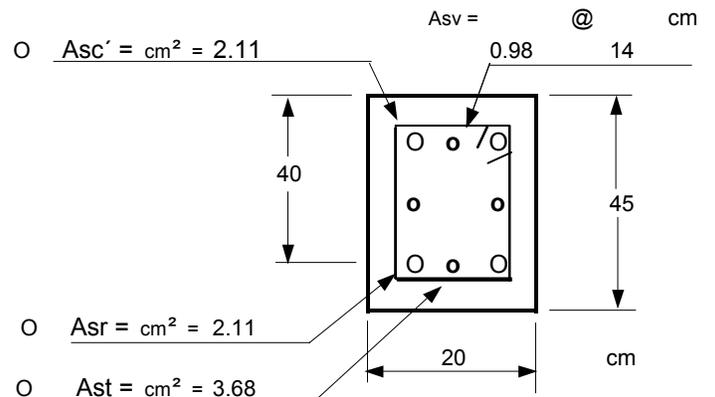
Asv =	0.98 cm <sup>2</sup>	NTC ref 2.5.2.2	Estribos ≥ 7.9mm (Nº 2.5)
Asv mín =	0.40 cm <sup>2</sup>	ref 2.6.3.4.a	Av mín = 0.30 * √f'c * (b * s / fyv)
Asv mín ≥	0.33 cm <sup>2</sup>	ref 2.6.3.4.a	Asv mín ≥ (3.5 * b * s) / fyv
At =	0.12 cm <sup>2</sup>	ref. 2.6.3.2.a	At = (Tu * s) / (FR * 2 * Ao * fyv * cot(45°))
(At / s) =	0.01 cm	ref 2.6.3.4.	(At / s) (AT / s) ≥ (1.75 * b) / fyv

Cantidad de acero requerido por refuerzo longitudinal para torsión

Condición	Refuerzo Longitudinal siempre sera:	Ast ≥ Ast min	
	Ast min =	1.27 cm <sup>2</sup>	NTC ref 2.6.3.3
	(1.75 * b) / fyv =	0.01 cm <sup>2</sup>	ref 2.6.3.4.b
	Ast =	3.68 cm <sup>2</sup>	ref. 2.6.3.2.b
separación longitud	st =	30 cm	NTC ref 2.6.3.5
			st ≤ 30 cm en el perimetro del estribo

## ARMADO DE LA TRABE

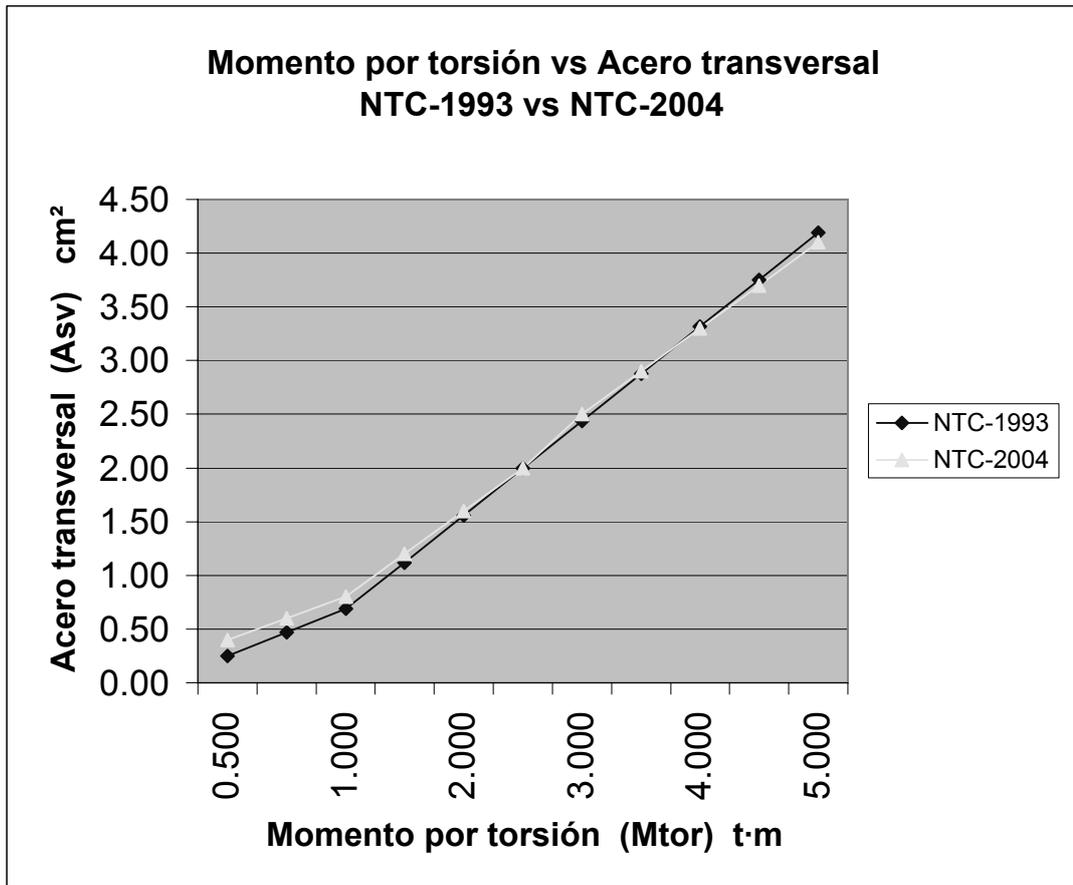
Base	b =	20 cm
Peralte total	h =	45 cm
Peralte efectivo	d =	40 cm
Longitud	L =	400 cm
P' mín compresión	p' mín =	0.0026 %
Acero compresión	Asc' =	2.11 cm <sup>2</sup>
Separación estribos	s =	14 cm
Refuerzo por torsión		
Estribos	Asv =	0.98 cm <sup>2</sup>
Longitudinales	Ast min =	3.7 cm <sup>2</sup>



## GRÁFICA DE LA TRAVE DOBLEMENTE EMPOTRADA

Gráfica N° 1. Momento por torsión vs Acero transversal

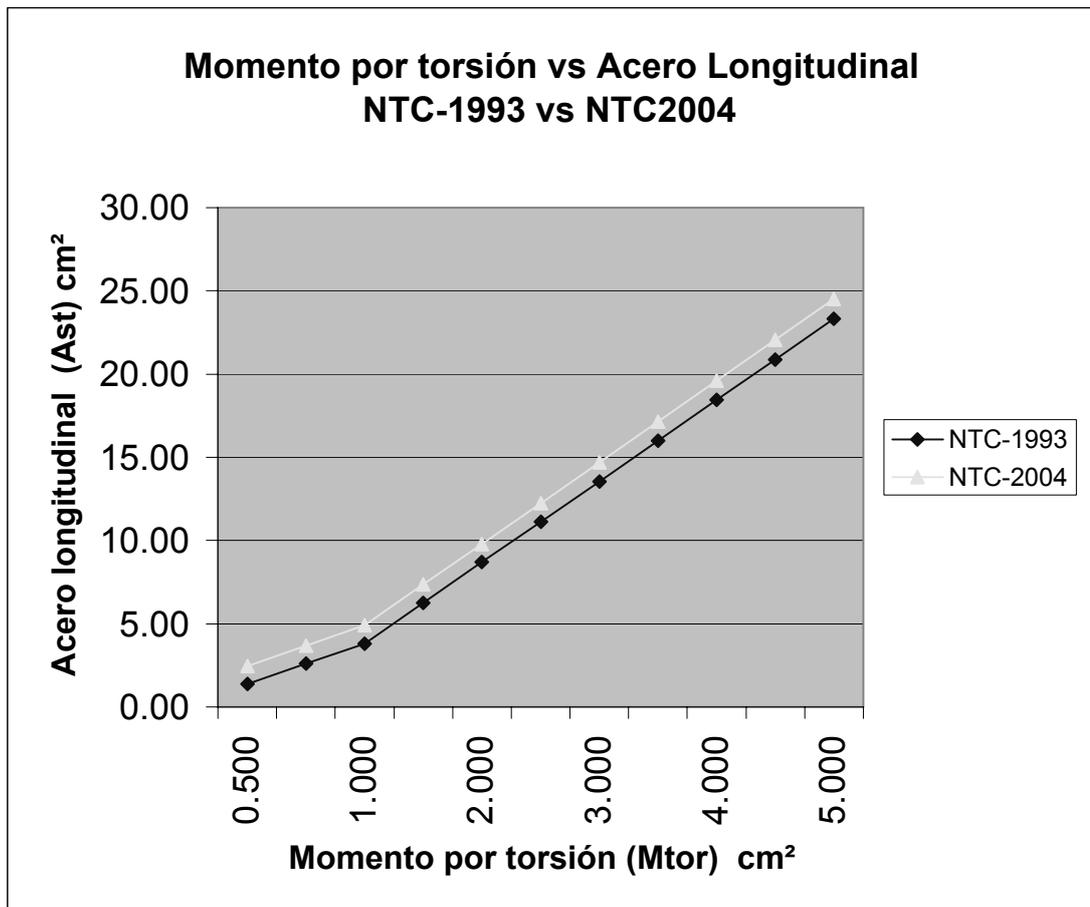
Mtor t·m	Asv cm <sup>2</sup>	Asv cm <sup>2</sup>
	NTC-1993	NTC-2004
0.500	0.25	0.40
<b>0.750</b>	<b>0.47</b>	<b>0.60</b>
1.000	0.69	0.80
1.500	1.12	1.20
2.000	1.56	1.60
2.500	2.00	2.00
3.000	2.44	2.50
3.500	2.88	2.90
4.000	3.32	3.30
4.500	3.75	3.70
5.000	4.19	4.10



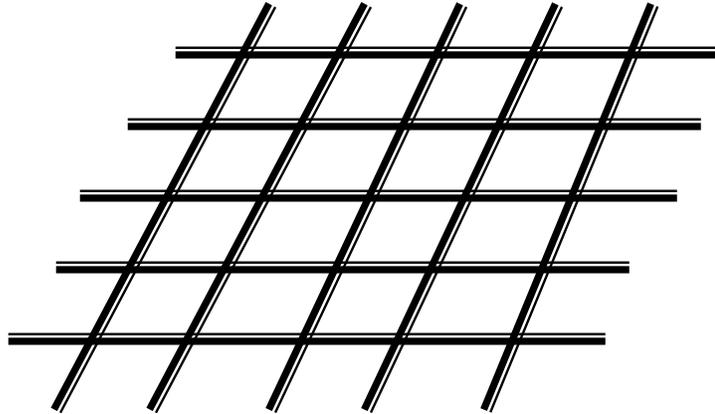
## GRÁFICA DE LA TRAVE DOBLEMENTE EMPOTRADA

**Gráfica N° 2. Momento torsionante vs Acero de refuerzo longitudinal**

Mtor t·m	Ast cm <sup>2</sup>	Ast cm <sup>2</sup>
	NTC-1993	NTC-2004
0.500	1.37	2.45
<b>0.750</b>	<b>2.59</b>	<b>3.68</b>
1.000	3.81	4.90
1.500	6.25	7.35
2.000	8.69	9.80
2.500	11.12	12.25
3.000	13.56	14.71
3.500	16.00	17.16
4.000	18.44	19.61
4.500	20.87	22.06
5.000	23.31	24.51



## III.2 DISEÑO DE LOSAS



III.2.1 LOSAS

III.2.2 PROCESO DE DISEÑO DE LOSAS

III.2.3 DISEÑO POR FLEXIÓN

III.2.4 REVISIÓN POR CORTANTE

III.2.5 REVISIÓN POR DEFLEXIÓN

III.2.6 COMENTARIOS Y CONCLUSIONES

III.2.7 ANÁLISIS DE CASOS CON EL PROCEDIMIENTO  
Y METODOLOGÍA EN EL DISEÑO DE LOSAS

### III.2.1 LOSAS

Existen muchos sistemas diferentes de estructuras de concreto reforzado que se usan para lograr superficies horizontales planas, tales como losas macizas (en una o dos direcciones) y losas planas, aligeradas o no. Los sistemas mencionados se utilizan, con mayor frecuencia, para obtener estructuras de piso o techo que requieren por lo regular, una forma completamente plana y en general son colados en in situ.

Cada sistema tiene sus ventajas y limitaciones propias y un tipo de uso lógico, según los claros a cubrir, la disposición general de los apoyos, la magnitud de las cargas, los costos de diseño y construcción, por ejemplo, la planta de un edificio y el uso que tendrá determinan las condiciones de carga y la disposición de los apoyos.

En el análisis comparativo entre los reglamentos de 1993 y 2004, en esta tesis únicamente se consideraran losas de concreto macizas reforzados en dos direcciones, con apoyos monolíticos y no monolíticamente colados con sus apoyos.

Por lo general para este sistema de losas de concreto reforzado se diseñan para cargas muertas y vivas uniformemente distribuidas, cuya magnitud depende de la utilidad a la que estará destinado el sistema.

En ambos reglamentos se establecen criterios generales para cargas muertas, vivas y accidentales, en el RCDF-1993 en el Art.196 al 198 y en el RCDF-2004 Art. 160 al 161.

En general existen dos tipos básicos de losas macizas de concreto reforzado, monolíticas o no monolíticamente colados con sus apoyos, estas son:

a.- Las losas armadas en una dirección son losas coladas en in situ apoyadas sobre traveses o muros en dos de sus lados opuestos de cada panel y se flexionan por lo tanto en una sola dirección, además deben reforzarse, en el sentido perpendicular a la dirección de la flexión por efectos de temperatura y/o efectos de contracción producido por la humedad.

b.- Losas armadas en dos direcciones son losas apoyadas en muros o en traveses en los cuatro lados de cada panel por lo que estos sistemas tienen dos direcciones principales de flexión, en consecuencia deben reforzarse en ambas direcciones con barras de acero de refuerzo perpendiculares entre sí.

En el análisis, el dimensionamiento de la losa de concreto reforzado se realiza de acuerdo con los criterios relativos a los estados límite de falla y de servicio, establecidos en el Título Sexto del Reglamento de Construcciones y en las Normas Técnicas Complementarias de Construcción de Estructuras de Concreto.

### III.2.2 PROCESO DE DISEÑO DE LOSAS

El procedimiento general de diseño consiste en calcular el peralte total necesario por deflexión de la losa y el diseño por flexión que es determinar el área de acero requerido para una carga de diseño, por último se da la revisión por cortante.

Para el cálculo de los momentos flexionantes se utiliza los coeficientes de la Tabla 4.1 para la NTC-1993 y la Tabla 6.1 para la NTC-2004, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- a.- Los tableros son aproximadamente rectangulares.
- b.- La distribución de las cargas es aproximadamente uniforme en cada tablero.
- c.- La relación entre carga viva y muerta, no debe ser mayor de 2.5 para losas monolíticas, ni mayor de 1.5 para losas no monolíticas.

Cuando se aplica la Tabla 4.1 para la NTC-1993 o la Tabla 6.1 para la NTC-2004, se podrá omitir el cálculo de deflexiones, si se cumple las siguientes condiciones.

Para la **NTC- 1993**. se tiene:

Para concreto clase 1 si el peralte efectivo no es menor que el **perímetro del tablero entre 270**

Para concreto clase 2 si el peralte efectivo no es menor que el **perímetro del tablero entre 180**

Además si no se cumple que:

$$f_s \leq 2000 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{y} \quad W \leq 380 \text{ kg/m}^2$$

El peralte efectivo se debe multiplicar por el factor de corrección

$$k = 0.034 * (f_s * WT)^{1/4} \quad f_s = 0.6 * f_y$$

Para la **NTC-2004**, se tiene:

Para concreto clase 1 si el peralte efectivo no es menor que el **perímetro del tablero entre 250**

Para concreto clase 2 si el peralte efectivo no es menor que el **perímetro del tablero entre 170**

Además si no se cumple que:

$$f_s \leq 2520 \text{ kg/cm}^2$$

$$W \leq 380 \text{ kg/m}^2$$

El peralte efectivo se obtiene multiplicando por el factor de corrección

$$k = 0.032 * (f_s * WT)^{1/4}$$

$$f_s = 0.6 * f_y$$

La comparativa entre losas apoyadas perimetralmente y utilizando las NTC-1993 y NTC-2004 se realizó considerando los siguientes tipos de tableros.

- a.- losa de un tablero aislado
- b.- losa de un tablero de interior
- c.- losa de un tablero de esquina.

El diseño se inicia dada una carga distribuida de servicio (sin factorizar) determinando el peralte mínimo para el que no es necesario calcular las deflexiones y el cual se utiliza como peralte tentativo, para la revisión por cortante y cálculo de acero por flexión.

Para los tableros a, b, c se calcula el perímetro y se revisó si se cumplen las condiciones de:

NTC-1993

$$f_s \leq 2000 \text{ kg/cm}^2$$

$$W \leq 380 \text{ kg/m}^2$$

$$f_s = 0.6 * f_y$$

NTC-2004

$$f_s \leq 2520 \text{ kg/cm}^2$$

$$W \leq 380 \text{ kg/m}^2$$

$$f_s = 0.6 * f_y$$

En caso de no cumplirse alguna de las dos condiciones, por lo que el peralte efectivo se corrigió multiplicándolo por el factor corrección  $k$ .

<p><b>NTC-1993</b></p> $d_{\text{mín}} = \frac{\text{perímetro}}{270}$ $k = 0.034 * (f_s * WT)^{1/4}$	<p><b>NTC-2004</b></p> $d_{\text{mín}} = \frac{\text{perímetro}}{250}$ $k = 0.032 * (f_s * WT)^{1/4}$
---	---

Para estimar el peralte total  $h$  se sumó el peralte efectivo  $d$  más el recubrimiento  $r$ .

<p><b>NTC-1993</b></p> $h = d + r$ $d = k * d_{\text{mín}}$ <p>ref. 3.4</p> <p><b><math>r = 1.5 \text{ cm}</math></b></p>	<p><b>NTC-2004</b></p> $h = d + r$ $d = k * d_{\text{mín}}$ <p>ref. 4.9.3</p> <p><b><math>r = 0.75 * (2.5) \text{ cm}</math></b></p> <p><math>r = 1.875 = \text{Aprox. } 2 \text{ cm}</math></p>
---	--

Como secuencia del cálculo se determina la carga de diseño, multiplicado la carga de servicio por el factor de carga que marca las NTC-1993 y NTC-2004 cuyo factor de carga es  $FC = 1.4$ . Para la utilización de la tabla 4.1 NTC-1993 ó 6.1 NTC-2004. Se define la relación entre claros  $a_1/a_2$  y el factor de  $10^{-4} W_u * a_1^2$  que es común en el cálculo de momentos. Para los casos de losa monolítica y no monolíticamente coladas con sus apoyos.

### III.2.3 DISEÑO POR FLEXIÓN

Consiste en calcular área de acero necesaria y la separación necesaria del refuerzo considerado para la losa perimetralmente apoyada ya sea monolítica o no monolíticamente.

**La cantidad del refuerzo mínimo “ $p_{mín}$ ”** se especifica como un porcentaje  $p$  de la cantidad de acero requerida mínima por la NTC de Estructuras de Concreto.

Dado por la **NTC-1993** y **NTC-2004**

$$p_{mín} = 0.7 * \sqrt{f'c} / f_y$$

**Por ejemplo:** Si  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$  y  $f'c = 250$  tenemos:

$$p_{mín} = 0.7 * \sqrt{250} / 4200$$

$$p_{mín} = 0.00264$$

**La cantidad del refuerzo máximo** se especifica como un porcentaje de  $p_b$  de la cantidad de acero requerida para que la estructura no sea dúctil dado por la NTC de estructuras de concreto.

#### NTC-1993

$$p_b = (f'c / f_y) * \frac{4800}{f_y + 6000}$$

#### NTC-2004

$$p_b = (f'c / f_y) * \frac{6000 * B_i}{f_y + 6000}$$

Donde :  $f^*c, f'c$  son los esfuerzo nominales de compresión del concreto.

donde :  $B_i = 0.85$  si  $f^*c \leq 280 \text{ kg/cm}^2$

$$f^*c = 0.8 * f'c$$

$$f'c = 0.85 * f^*c$$

$$B_{ii} = 1.05 - \frac{f^*c}{1400} \geq 0.65$$
 si  $f^*c > 280 \text{ kg/cm}^2$

ref. 2.1.2.b NTC-93.

$$p_{máx} = p_b \quad \text{por gravedad}$$

$$p_{máx} = 0.75 * p_b \quad \text{por sismo}$$

ref. 2.2.2 NTC-04.

$$p_{máx} = 0.90 * p_b \quad \text{por gravedad}$$

$$p_{máx} = 0.75 * p_b \quad \text{por sismo}$$

### III.2.4 REVISIÓN POR CORTANTE

La fuerza cortante no es un factor importante en la gran mayoría de las losas de piso o techo, sin embargo en losas de cimentación suele ser dominante por lo que debe revisarse y en caso de que la sección de concreto no pueda resistir la fuerza cortante, debe aumentarse dicha sección. El peralte definido por flecha se debe revisar por cortante, se supondrá que la sección crítica se encuentra a un peralte efectivo del paño del apoyo.

#### NTC-1993

$$V = \frac{(a_1/2 - d) * W_u}{[1 + (a_1/a_2)^6]}$$

#### NTC-2004

$$V = (a_1/2 - d) * [0.95 - 0.5 * (a_1/a_2)] * W_u$$

Para la **NTC-1993** y **NTC-2004**

$$V_c = 0.5 * F_R * b * d * \sqrt{f_c}$$

### III.2.5 REVISIÓN POR DEFLEXIÓN

La deflexión en losas de concreto reforzado colado in situ, se controla principalmente mediante el uso de espesores mínimos recomendados que se expresan como peralte total de la losa, es decir que al proporcionar el peralte necesario se podrá evitar las deflexiones excesivas. Si el peralte llegara a ser demasiado grande es un indicativo de que el tablero que se diseña es demasiado grande.

## III.2.6 COMENTARIOS Y CONCLUSIONES

Las siguientes conclusiones son dadas para una losa de tipo monolítica y no monolítica con sus apoyos para los casos siguientes: aislado, interior y de esquina.

Como ya se mencionó el procedimiento general de diseño consiste en, calcular el peralte total de la losa y determinar el área de acero requerido, para una carga de diseño.

De los resultados obtenidos se generaron las gráficas para la losa de tipo monolítico y no monolítico para el análisis comparativo como son:

En la **Gráfica N° 1 Carga vs Peralte Total**, se puede apreciar que a medida que aumenta la carga también aumenta el peralte total de la losa.

Al comparar las gráficas calculadas para las NTC-1993 y NTC-2004, se llegó a la conclusión de que el peralte total es mayor en la NTC-2004 en un 13% aprox. para la losa monolítica y para la no monolítica en un 12% aprox., debido a las modificaciones de la ecuación del peralte mínimo, del factor de corrección y del recubrimiento en pequeña proporción. Además originando también como resultado mayor peso de la losa.

En la **Gráfica N° 2 Carga vs Porcentaje de acero requerido**, se puede observar que a medida que aumenta la carga, también aumenta el porcentaje de acero requerido, lo que es de esperar.

Comparando los resultados calculados y dada las gráficas entre las NTC-93 y NTC-04, se concluye que el porcentaje de acero requerido es mayor en las NTC-1993 en un 13% aprox. para la losa monolítica y para la no monolítica en un 12.5% aprox., debido a los cambios que se dan en las NTC-2004, principalmente a que se obtiene mayor peralte de la losa, lo que da como resultado menor porcentaje de acero requerido para la carga dada.

Otra modificación importante esta dada para el refuerzo máximo, principalmente en el porcentaje balanceado  $P_b$ , en donde se obtiene que para la NTC-1993 es menor el porcentaje balanceado en un 6.5% aprox.

En la última **Gráfica N° 3 Carga vs Cortante**, se observa que a medida que aumenta la carga también aumenta el cortante sin llegar a ser mayor que el cortante crítico dado por la NTC-93, esto es solo válido para losas de entrepiso, donde predomina la flexión.

Al comparar las gráficas calculadas para las NTC-1993 y NTC-2004, se llegó a la conclusión de que el cortante último es menor en la NTC-2004 en un 7% aprox. para la losa monolítica y para la no monolítica en un 8% aprox., debido a la modificación de la NTC-2004.

### **III.2.7 ANÁLISIS DE CASOS CON EL PROCEDIMIENTO Y METODOLOGÍA EN EL DISEÑO DE LOSAS**

Se realizaron varios casos con el procedimiento y metodología para el diseño de la losa perimetralmente apoyadas por computadora aplicando el Reglamento del Distrito Federal y las Normas Técnicas Complementarias, Publicado en el Diario Oficial de Federación en Agosto de 1993 y Enero de 2004 para estructuras de concreto, son:

Diseño de losa aislada monolíticamente con sus apoyos, 1993 y 2004  
Diseño de losa interior monolíticamente con sus apoyos, 1993 y 2004  
Diseño de losa de esquina monolíticamente con sus apoyos, 1993 y 2004

Diseño de losa aislada no monolíticamente con sus apoyos, 1993 y 2004  
Diseño de losa interior no monolíticamente con sus apoyos, 1993 y 2004  
Diseño de losa de esquina no monolíticamente con sus apoyos, 1993 y 2004

**PROCEDIMIENTO Y METODOLOGIA PARA EL DISEÑO DE LA LOSA POR COMPUTADORA  
Aplicando el RCDF Y NTC Publicado en el Diario Oficial de la Federación Agosto 1993  
para Estructuras de Concreto**

**DISEÑO DE LOSA AISLADA**

**Para Concreto Clase I  $250 \leq f'c$  kg/cm<sup>2</sup>**  
**Tipo de Losa Monolítica**

**DATOS**

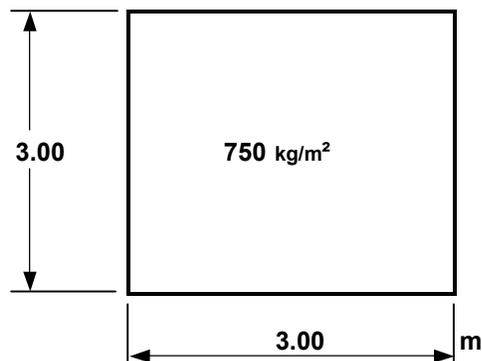
**Datos**

Carga viva + carga muerta "cv+cm "	<b>ws =</b>	<b>750 kg/m<sup>2</sup></b>
Claro corto	a1 =	300 cm
Claro largo	a2 =	300 cm
Resistencia del concreto	f'c =	250 kg/cm <sup>2</sup>
Esfuerzo de fluencia	fy =	4200 kg/cm <sup>2</sup>

**Datos dado por el RCDF y NTC del año 1993**

Factor de carga " Fc "	1.40	RCDF Art. 194
<b>Factor de resistencia " FR "</b>		NTC ref 1.6
Flexión FRF =	0.90	
Cortante FRV =	0.80	
Recubrimiento r =	<b>1.50</b> cm	NTC ref 3.4
<b>Tipo de Losa Monolítica MNL =</b>	<b>1.25</b> Lados discontinuos	NTC ref. 4.3.3. e

**Caso Aislado**



## DISEÑO DE LOSA AISLADA

Peso volumétrico del concreto		2.4 t/m <sup>3</sup>		wvol
Resist nominal	f <sup>'</sup> c =	200.00 kg/cm <sup>2</sup>	NTC ref. 1.4.1. b	f <sup>'</sup> c = 0.8 * f <sup>'</sup> c
Resist sección	f <sup>'</sup> c =	170.00 kg/cm <sup>2</sup>	NTC ref. 2.1.2. b	f <sup>'</sup> c = 0.85 * f <sup>'</sup> c

### Cálculo del peralte total

#### Condiciones que debe cumplir

i.- fs ≤ 2000 kg/cm <sup>2</sup>			NTC ref. 4.3.3. e	
ii.- w ≤ 380 kg/m <sup>2</sup>			NTC ref. 4.3.3. e	

<b>No cumple</b>	fs =	2520.00 kg/cm <sup>2</sup>	NTC ref. 4.3.3. e	fs = 0.6 * fy
<b>No cumple</b>	ws =	750.00 kg/m <sup>2</sup>	RCDF Art.188	ws = cm + cv
Tipo monolítica	<b>MNL =</b>	<b>1.25</b>	NTC ref. 4.3.3. e	MNL = 1.25
Cálculo del perímetro	Perím =	1500.00 cm	NTC ref. 4.3.3. e	Perím = MNL *(2 * a1) + MNL*(2*a2)
<b>Peralte mínimo</b>	<b>dmín =</b>	<b>5.56 cm</b>	NTC ref. 4.3.3. e	<b>dmín = Perím / 270</b>
Factor de corrección	<b>k =</b>	<b>1.26</b>	NTC ref. 4.3.3. e	<b>k = 0.034 * (fs * W )^(1/4)</b>
Peralte mín corregido	dmin =	7.00 cm	NTC ref. 4.3.3. e	dmin =k *( Perím / 270)
Peralte teórico	<b>h =</b>	<b>8.50 cm</b>		h = dmínc + r
Peralte total práctico	<b>h =</b>	<b>10.00 cm</b>		
Peso propio de la Losa	wpopo =	204.09 kg/m <sup>2</sup>	RCDF Art.196	wpopo = h * wvol
Carga total para diseño	WT =	954.09 kg/m <sup>2</sup>	RCDF Art.188	WT = ws + wvol
Carga última diseño	<b>Wu =</b>	<b>1335.72 kg/m<sup>2</sup></b>	NTC ref. 1.2	Wu = Fc * WT

#### Cálculo del porcentaje " pr " de acero de diseño

Porcentaje balanceado	pb =	0.0190 %	NTC ref. 2.1.2 b	<b>pb = (f<sup>'</sup>c / fy) * (4800 / (fy+6000))</b>
Porcentaje mínimo	pmín =	0.0026 %	NTC ref. 2.1.2 a	pmín = (0.7 * √ f <sup>'</sup> c) / fy

#### Condición pmín ≤ pr < pb

#### Cálculo del acero requerido " Asr "

Acero balanceado	Asb =	13.34 cm <sup>2</sup>	NTC ref. 2.1.2 b	Asb = pb * b * d
Acero mínimo	Asmín =	1.85 cm <sup>2</sup>	NTC ref. 2.1.2 a	Asmín = pmín * b * d

**CÁLCULO DE LOSA AISLADA**

RCDF Y NTC 1993

**Tipo de Losa Monóticamente en sus apoyos "MNL"**

**Datos**

Carga de servicio	<b>ws =</b>	<b>750 kg/m<sup>2</sup></b>
Esf de fluencia	<b>fy =</b>	<b>4200 kg/cm<sup>2</sup></b>
Resistencia	<b>f'c =</b>	<b>250 kg/cm<sup>2</sup></b>
Resisten nominal	<b>f*c =</b>	<b>200 kg/cm<sup>2</sup></b>
Resisten sección	<b>f "c =</b>	<b>170 kg/cm<sup>2</sup></b>
Ancho unitario	<b>b =</b>	<b>100 cm</b>
Recubrimiento	<b>r =</b>	<b>1.5 cm</b>
Peralte efectivo	<b>d =</b>	<b>7.0 cm</b>
Peralte requerido	<b>h =</b>	<b>8.5 cm</b>
Claro corto	<b>a1 =</b>	<b>3.0 m</b>
Claro largo	<b>a2 =</b>	<b>3.0 m</b>
w peso propio	<b>wpopo =</b>	<b>204.0 kg/m<sup>2</sup></b>
Carga total	<b>WT =</b>	<b>954.0 kg/m<sup>2</sup></b>
Carga última	<b>Wu =</b>	<b>1335.6 kg/m<sup>2</sup></b>
Factor de carga	<b>Fc =</b>	<b>1.4</b>
Factor resistencia	<b>FR =</b>	<b>0.9</b>
Factor al cortante	<b>FV =</b>	<b>0.8</b>
Porcentaje mínimo	<b>pmín =</b>	<b>0.0026</b>
Porcentaje balanc	<b>pb =</b>	<b>0.0190</b>

**Formulas**

WT = ws + wpopo  
 Wu = Fc\* WT  
 K = Se obtiene de Tablas 4.1  
 Mu = Wu\*a1<sup>2</sup> \* K\*10-4  
 (FR \* b \* d<sup>2</sup> \* f "c)

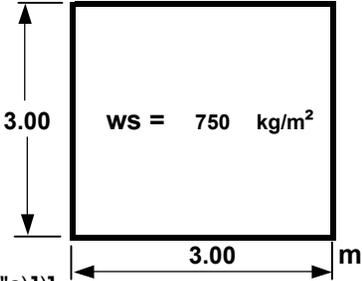
**Condición: pmín ≤ pr < pb**

**pb = (f" c / fy) \* (4800 / ( fy + 6000))**  
**pr = (f" c / fy)\*[1 - √(1- [(2\*Mu) / (FR\*b\*d<sup>2</sup> \* f" c)])]**  
**pmín =(0.7 \* (√f" c) / fy**

**Acero Teórico**

Asmín = pmín \* b \* d  
 As = p \* b \* d  
 s =(100\* ascom) / Ascom

**Caso Aislado**



Datos

Datos  
 Tablas

NUMERO DE TABLERO	MOMENTO	CLARO	a1 m	a2 m	m = a1/a2	K Tabla 4.1	Wu kg/m <sup>2</sup>	Mu kg.m	FRbd <sup>2</sup> (f" c)	pr	pmín NTC	pr NTC	As cm2	a/com 5/16"	A/com cm <sup>2</sup>	No. Vari	S (cm)
		LARGO	3.00	3.00	1	330.0	1335.6	396.67	749700.00	0.0022	0.0026	<b>0.0026</b>	<b>1.84</b>	0.49	1.96	6.00	16.67
<b>Cuatro lados discontinuos</b>	<b>Positivo</b>	CORTO	3.00	3.00	1	500.0	1335.6	601.02	749700.00	0.0034	0.0026	<b>0.0034</b>	<b>2.37</b>	0.49	2.45	6.00	16.67
		LARGO	3.00	3.00	1	500.0	1335.6	601.02	749700.00	0.0034	0.0026	<b>0.0034</b>	<b>2.37</b>	0.49	2.45	6.00	16.67

**REVISIÓN POR CORTANTE**

Condición V < Vc

V = **954.95 kg**  
 Vc = **3959.80 kg**

**V = (((a1/2) - d) \*Wu) / (1+ (a1/a2)^6)**  
**Vc = 0.5 \* FR \* b \*d \*√(f\*c)**

**RESULTADOS**

**Altura de losa** h = **10.0 cm**  
**As comercial** Ascom cm<sup>2</sup> **1.96 cm<sup>2</sup>**  
**Separación** Cálculado s = **16.67 cm**  
 NTC ref.4.3.3.d s = **17.5 cm**

**PROCEDIMIENTO Y METODOLOGIA PARA EL DISEÑO DE LA LOSA POR COMPUTADORA  
Aplicando el RCDF Y NTC Publicado en el Diario Oficial de la Federación 6 de Octubre 2004  
para Estructuras de Concreto**

**DISEÑO DE LOSA AISLADA**

Para Concreto Clase I  $250 \leq f'c$  kg/cm<sup>2</sup>

**Tipo de Losa Monolítica**

**DATOS**

Carga viva + carga muerta " cv+cm "  
Claro corto  
Claro largo  
Resistencia del concreto  
Esfuerzo de fluencia

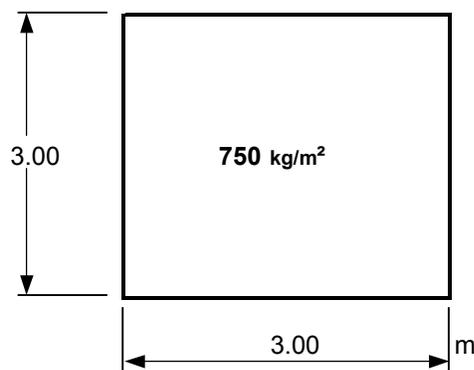
**DATOS**

**ws = 750 kg/m<sup>2</sup>**  
a1 = 300 cm  
a2 = 300 cm  
f'c = 250 kg/cm<sup>2</sup>  
fy = 4200 kg/cm<sup>2</sup>

**Datos dado por el RCDF y NTC del año 2004**

Factor de carga " Fc "	1.40	RCDF-NTC ref 3.4
Factor de resistencia " FR "		NTC ref 1.7
Flexión	FRF = 0.90	
Cortante	FRV = 0.80	
Recubrimiento	r = 2 cm	NTC ref 4.9.3
Tipo de Losa Monolítica	MNL = 1.25 Lados discontinuos	NTC ref. 6.3.3.5

**Caso Aislado**



## DISEÑO DE LOSA AISLADA

Peso volumétrico del concreto		2.4 t/m <sup>3</sup>		wvol
Resist nominal	f <sup>'</sup> c =	200.00 kg/cm <sup>2</sup>	NTC ref. 1.5.1.2	f <sup>'</sup> c = 0.8 * f <sup>'</sup> c
Resist sección	f <sup>'</sup> c =	170.00 kg/cm <sup>2</sup>	NTC ref. 2.1.e	f <sup>'</sup> c = 0.85 * f <sup>'</sup> c

### Cálculo del Peralte Total

#### Condiciones que debe cumplir

i.- fs ≤ 2520 kg/cm <sup>2</sup>			NTC ref. 6.3.3.5	
ii.- w ≤ 380 kg/m <sup>2</sup>			NTC ref. 6.3.3.5	

No cumple	fs =	2520.00 kg/cm <sup>2</sup>	NTC ref. 6.3.3.5	fs = 0.6 * fy
No cumple	ws =	750.00 kg/m <sup>2</sup>	NTC ref. 2.3.a	ws = cm + cv

<b>Tipo monolítica</b>	<b>MNL =</b>	<b>1.25</b>	NTC ref. 6.3.3.5	<b>MNL = 1.25</b>	
Cálculo de perímetro	Perím =	1500.00 cm	NTC ref. 6.3.3.5	Perím = MNL * (2 * a1) + MNL * (2 * a2)	
Peralte mínimo	dmín =	6.00 cm	NTC ref. 6.3.3.5	<b>dmín = Perím / 250</b>	
Factor corrección	k =	1.26	NTC ref. 6.3.3.5	<b>k = 0.032 * (fs * W)<sup>(1/4)</sup></b>	
Peralte mín coregido	dmín c =	7.56 cm	NTC ref. 6.3.3.5	dmín = k * (Perím / 250)	
<b>Peralte teórico</b>	<b>h =</b>	<b>9.56 cm</b>		h = dmínc + r	
Peralte total práctico	h =	10.00 cm			
Peso propio de la losa	wpopo =	230 kg/m	NTC ref. 5.1	wpopo = h * wvol	RCDF Art. 160
Carga total para diseño	WT =	979.53 kg/m <sup>2</sup>	NTC ref. 2.3.a	WT = ws + wvol	RCDF Art. 153
<b>Carga última diseño</b>	<b>Wu =</b>	<b>1371.35 kg/m<sup>2</sup></b>	NTC ref. 1.3.1	Wu = Fc * WT	

Condición i	<b>Bi =</b>	<b>0.85</b>	NTC ref. 2.1 e	<b>Bi = f<sup>'</sup>c ≤ 280 kg/cm<sup>2</sup></b>	se cumple
Condición ii	Bii =	0.07	NTC ref. 2.1 e	Bii = 1.05 - (f <sup>'</sup> c/1400) ≥ 0.65	si f <sup>'</sup> c > 280

#### Cálculo del porcentaje " p " de acero de diseño

Porcentaje balanceado	pb =	0.0202	NTC ref. 2.2.2	<b>pb = (f<sup>'</sup>c / fy) * (( 6000 * Bi ) / ( fy+6000 ))</b>
<b>Porcentaje máximo</b>	<b>pmáx =</b>	<b>0.0182 %</b>	NTC ref. 2.2.2	<b>pmáx = 0.90 * pb</b>
Porcentaje mínimo	pmín =	0.0026 %	NTC ref. 2.2.1	pmín = (0.7 * √f <sup>'</sup> c) / fy

Condición: pmín ≤ pr < pmáx < pb

#### Cálculo del acero requerido " As "

Acero máximo	Asmáx =	13.78 cm <sup>2</sup>	NTC ref. 2.2.2	Asmáx = pmáx * b * d
Acero mínimo	Asmín =	1.99 cm <sup>2</sup>	NTC ref. 2.2.1	Asmín = pmín * b * d

**CÁLCULO DE LOSA AISLADA**

RCDF Y NTC 2004

**Tipo de Losa Monolíticamente con sus apoyos "MNL"**

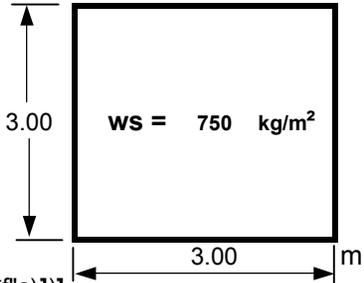
	<b>Datos</b>	
Carga de servicio	<b>ws =</b>	<b>750 kg/m<sup>2</sup></b>
Esf de fluencia	<b>fy =</b>	<b>4200 kg/cm<sup>2</sup></b>
Resistencia	<b>f'c =</b>	<b>250 kg/cm<sup>2</sup></b>
Resisten nominal	<b>f*c =</b>	<b>200 kg/cm<sup>2</sup></b>
Resisten sección	<b>f "c =</b>	<b>170 kg/cm<sup>2</sup></b>
Ancho unitario	<b>b =</b>	<b>100 cm</b>
Recubrimiento	<b>r =</b>	<b>2.0 cm</b>
Peralte efectivo	<b>d =</b>	<b>7.56 cm</b>
Peralte requerido	<b>h =</b>	<b>9.56 cm</b>
Claro corto	<b>a1 =</b>	<b>3 m</b>
Claro largo	<b>a2 =</b>	<b>3 m</b>
w peso propio	<b>wpopo =</b>	<b>229.44 kg/m<sup>2</sup></b>
Carga total	<b>WT =</b>	<b>979.44 kg/m<sup>2</sup></b>
Carga última	<b>Wu =</b>	<b>1371.22 kg/m<sup>2</sup></b>
Factor de carga	<b>Fc =</b>	<b>1.4</b>
Factor resistencia	<b>FR =</b>	<b>0.9</b>
Factor al cortante	<b>FV =</b>	<b>0.8</b>
Porcentaje mínimo	<b>pmín =</b>	<b>0.0026</b>
Porcentaje máximo	<b>pmáx =</b>	<b>0.0182</b>

**Formulas**  
 WT = ws + wpopo  
 Wu = Fc \* WT  
**K = Se obtiene de Tablas 6.1**  
 Mu = Wu \* a1<sup>2</sup> \* K\*10<sup>-4</sup>  
 (FR \* b \* d<sup>2</sup> \* f'c)

**Condición: pmín ≤ pr < pmáx < pb**  
 pb = (f'c / fy) \* ((6000 \* Bi) / (fy+6000))  
**pmáx = 0.90 \* pb**  
 pr = (f'c / fy) \* [1 - √(1 - [(2\*Mu) / (FR\*b\*d<sup>2</sup> \* f'c)])]  
 pmin =(0.7 \* √f'c) / fy

**Acero Teórico**  
 Asmín = pmín \* b \* d  
 As = p \* b \* d  
 s =(100\* ascom) / Ascom

**Caso Aislado**



Datos

Datos Tablas

NUMERO DE TABLERO	MOMENTO	CLARO	a1 m	a2 m	m = a1/a2	K Tabla 6.1	Wu kg/m <sup>2</sup>	Mu kg.m	FRbd <sup>2</sup> (f'c)	pr	pmin NTC	pr NTC	As cm <sup>2</sup>	a/com 5/16"	A/com cm <sup>2</sup>	No. Vari	S (cm)
		LARGO	3.00	3.00	1	<b>330.0</b>	1371.2	407.25	874450.08	<b>0.0019</b>	0.0026	<b>0.0026</b>	<b>1.99</b>	0.49	1.96	6.00	16.67
	<b>Positivo</b>	CORTO	3.00	3.00	1	<b>500.0</b>	1371.2	617.05	874450.08	<b>0.0030</b>	0.0026	<b>0.0030</b>	<b>2.24</b>	0.49	2.45	6.00	16.67
		LARGO	3.00	3.00	1	<b>500.0</b>	1371.2	617.05	874450.08	<b>0.0030</b>	0.0026	<b>0.0030</b>	<b>2.24</b>	0.49	2.45	6.00	16.67

**REVISIÓN POR CORTANTE**

Condición V < Vc

V = 878.92 kg  
 Vc = 4276.58 kg

NTC ref. 6.3.3.6 ec.6.8  
**V = ((a1/2) - d) \* (0.95 - ((0.5\*a1)/a2)) \* Wu**  
 Vc = 0.5 \* FR \* b \* d \* √f'c

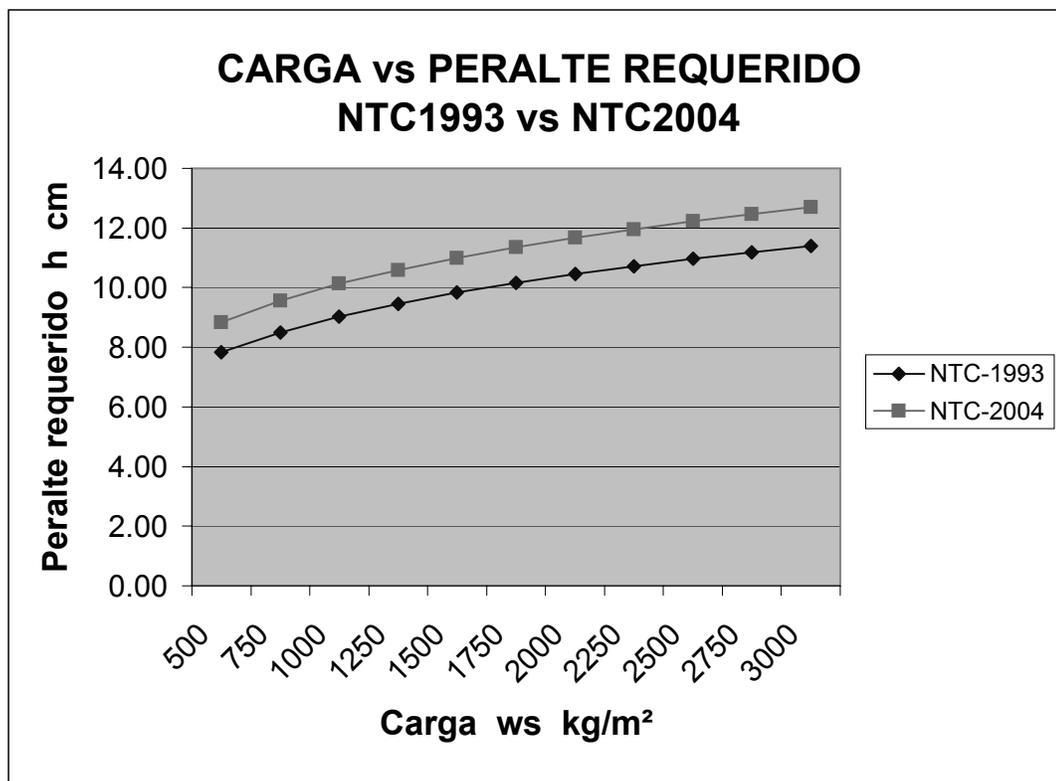
**RESULTADOS**

**Peralte total** h = **10.0 cm**  
**As comercial** Ascom cm<sup>2</sup> **1.96 cm<sup>2</sup>**  
**Separación** Cálculado s = **16.67 cm**  
**Separación** NTC ref.6.3.3.4 s = **18.9 cm**

## GRÁFICA DE LOSA AISLADA

**Gráfica N° 1 Carga vs Peralte Total**

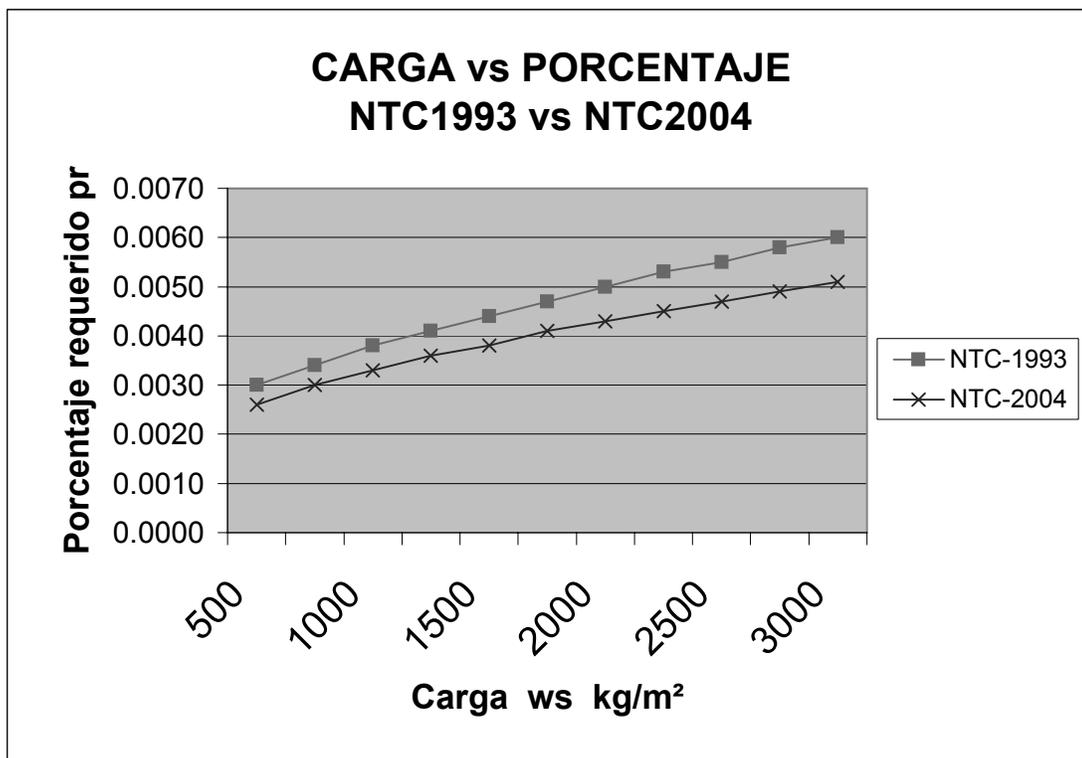
w kg/m <sup>2</sup>	h cm	h cm
	NTC-1993	NTC-2004
500	7.83	8.83
<b>750</b>	<b>8.50</b>	<b>9.56</b>
1000	9.03	10.13
1250	9.46	10.59
1500	9.83	11.00
1750	10.16	11.35
2000	10.45	11.67
2250	10.72	11.95
2500	10.96	12.22
2750	11.19	12.47
3000	11.40	12.70



**GRÁFICA DE LOSA AISLADA**

**Gráfica N° 2 Carga vs Porcentaje Requerido**

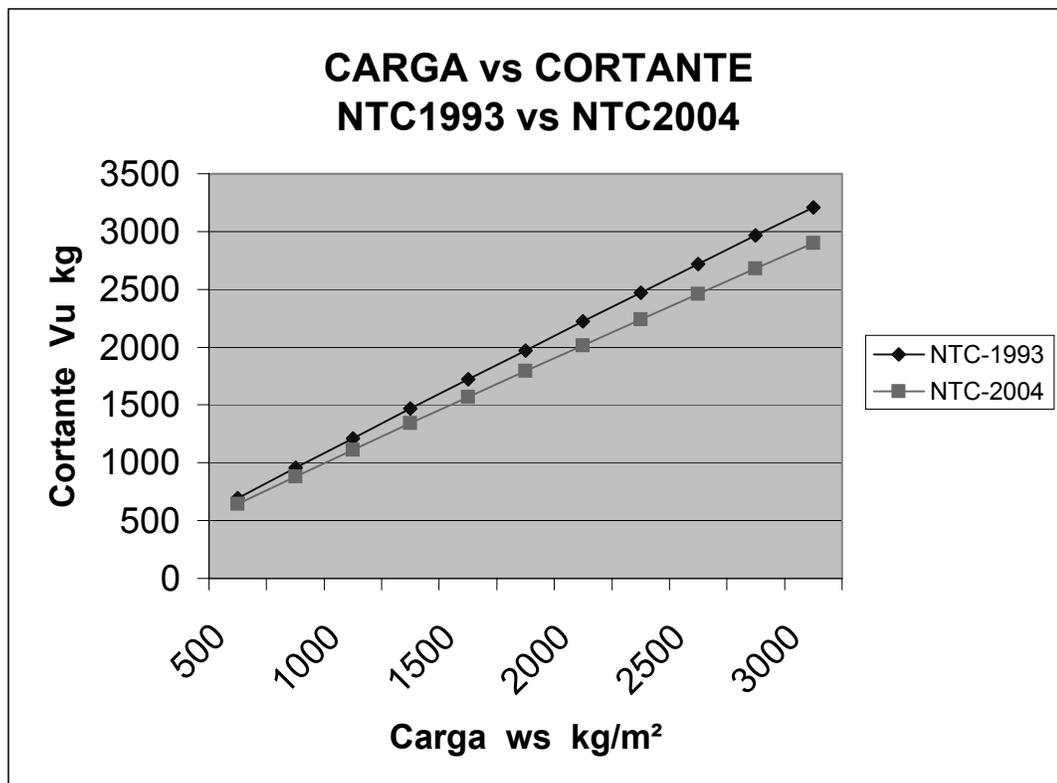
w kg/m <sup>2</sup>	pr cm <sup>2</sup> Corto-Largo	
	NTC-1993	NTC-2004
500	0.0030	0.0026
<b>750</b>	<b>0.0034</b>	<b>0.0030</b>
1000	0.0038	0.0033
1250	0.0041	0.0036
1500	0.0044	0.0038
1750	0.0047	0.0041
2000	0.0050	0.0043
2250	0.0053	0.0045
2500	0.0055	0.0047
2750	0.0058	0.0049
3000	0.0060	0.0051



### GRÁFICA DE LOSA AISLADA

**Gráfica N° 3 Carga vs Cortante Ultimo**

w kg/m <sup>2</sup>	Vu kg	Vu kg
	NTC-1993	NTC-2004
500	691.83	642.13
<b>750</b>	<b>954.95</b>	<b>878.92</b>
1000	1213.42	1111.08
1250	1468.59	1340.03
1500	1721.49	1566.96
1750	1972.67	1792.04
2000	2222.33	2015.77
2250	2470.82	2238.26
2500	2718.22	2459.80
2750	2964.74	2680.44
3000	3210.42	2900.26



**PROCEDIMIENTO Y METODOLOGIA PARA EL DISEÑO DE LA LOSA POR COMPUTADORA  
Aplicando el RCDF Y NTC Publicado en el Diario Oficial de la Federación Agosto 1993  
para Estructuras de Concreto**

**DISEÑO DE LOSA INTERIOR**

**Para Concreto Clase I  $250 \leq f'c$  kg/cm<sup>2</sup>**  
**Tipo de Losa Monolítica**

**DATOS**

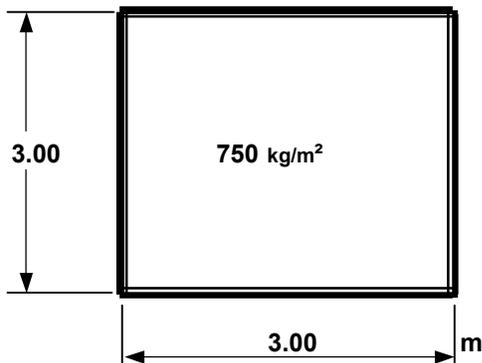
**Datos**

Carga viva + carga muerta " cv+cm "	<b>ws =</b>	<b>750 kg/m<sup>2</sup></b>
Claro corto	a1 =	300 cm
Claro largo	a2 =	300 cm
Resistencia del concreto	f'c =	250 kg/cm <sup>2</sup>
Esfuerzo de fluencia	fy =	4200 kg/cm <sup>2</sup>

**Datos dado por el RCDF y NTC del año 1993**

Factor de carga " Fc "	1.40	RCDF Art. 194
<b>Factor de resistencia " Fr "</b>		NTC ref 1.6
Flexión	FRF = 0.90	
Cortante	FRV = 0.80	
Recubrimiento	r = 1.50 cm	NTC ref 3.4
Tipo de Losa Monolítica	MNL = 1.25 lados discontinuos	NTC ref. 4.3.3. e

**Caso de Interior**



## DISEÑO DE LOSA INTERIOR

Peso volumétrico del concreto		2.4 t/m <sup>3</sup>		wvol
Resistencia nominal	f'c =	200.00 kg/cm <sup>2</sup>	NTC ref. 1.4.1 b	f'c = 0.8 * f'c
Resistencia sección	f'c =	170.00 kg/cm <sup>2</sup>	NTC ref. 2.1.2. b	f'c = 0.85 * f'c

### Cálculo del Peralte Total

#### Condiciones que debe cumplir

i.- fs ≤ 2000 kg/cm <sup>2</sup>			NTC ref. 4.3.3. e	
ii.- w ≤ 380 kg/m <sup>2</sup>			NTC ref. 4.3.3. e	

<b>No cumple</b>	fs =	2520.00 kg/cm <sup>2</sup>	NTC ref. 4.3.3. e	fs = 0.6 * fy
<b>No cumple</b>	ws =	750.00 kg/m <sup>2</sup>	RCDF Art.188	ws = cm + cv
Tipo monolítica	<b>MNL =</b>	<b>1.25</b>	NTC ref. 4.3.3. e	MNL = 1.25
Cálculo perímetro	Perim =	1200.00 cm	NTC ref. 4.3.3. e	Perim = (a1+a1) + (a2+a2)
<b>Peralte mínimo</b>	<b>dmin =</b>	<b>4.44 cm</b>	NTC ref. 4.3.3. e	<b>dmin = Perim / 270</b>
<b>Factor corrección</b>	<b>k =</b>	<b>1.26</b>	NTC ref. 4.3.3. e	<b>k = 0.034 * ( fs * W )^(1/4)</b>
Peralte mín corregido	dmin c =	5.60 cm	NTC ref. 4.3.3. e	dmin = k * ( Perim / 270)
Peralte teórico	<b>h =</b>	<b>7.10 cm</b>		h = dminc + r
Peralte total práctico	<b>h =</b>	<b>10.00 cm</b>		
Peso propio de la losa	wpopo =	170.47 kg/m	RCDF Art.196	wpopo = h * wvol
Carga total para diseño	WT =	920.47 kg/m <sup>2</sup>	RCDF Art.188	WT = ws + wvol
Carga última diseño	<b>Wu =</b>	<b>1288.66 kg/m<sup>2</sup></b>	NTC ref. 1.2	Wu = Fc * WT

#### Cálculo del porcentaje " p " de acero de diseño

Porcentaje balanceado	pb =	0.0190 %	NTC ref. 2.1.2 b	<b>pb = ( f "c / fy ) * (4800 / (fy+6000))</b>
Porcentaje mínimo	pmín =	0.0026 %	NTC ref. 2.1.2 a	pmín = (0.7 * √f'c) / fy

**Condición: pmín ≤ pr < pb**

#### Cálculo del acero requerido " As "

Acero balanceado	<b>Asb =</b>	<b>10.67 cm<sup>2</sup></b>	NTC ref. 2.1.2 b	Asb = pb * b * d
Acero mínimo	Asmín =	1.48 cm <sup>2</sup>	NTC ref. 2.1.2 a	Asmín = pmín * b * d

## CALCULO DE LOSA INTERIOR

### Tipo de Losa Monolíticamente en sus apoyos "MNL"

#### Datos

Carga de servicio	<b>ws =</b>	750 kg/m <sup>2</sup>
Esf de fluencia	<b>fy =</b>	4200 kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia	<b>f'c =</b>	250 kg/cm <sup>2</sup>
Resistenc nominal	<b>f*c =</b>	200 kg/cm <sup>2</sup>
Resisten sección	<b>f "c =</b>	170 kg/cm <sup>2</sup>
Ancho unitario	<b>b =</b>	100 cm
Recubrimiento	<b>r =</b>	1.5 cm
Peralte efectivo	<b>d =</b>	5.6 cm
Peralte requerido	<b>h =</b>	7.1 cm
Claro corto	<b>a1 =</b>	3 m
Claro largo	<b>a2 =</b>	3 m
w peso propio	<b>wpopo =</b>	170.4 kg/m <sup>2</sup>
Carga total	<b>WT =</b>	920.4 kg/m <sup>2</sup>
Carga última	<b>Wu =</b>	1288.6 kg/m <sup>2</sup>
Factor de carga	<b>Fc =</b>	1.4
Factor resistencia	<b>FR =</b>	0.9
Factor al cortante	<b>FV =</b>	0.8
Porcentaje mínimo	<b>pmín =</b>	0.0026
Porcentaje balanc	<b>pb =</b>	0.0190
	<b>Asmín =</b>	1.48 cm <sup>2</sup>
	<b>Asmax =</b>	10.67 cm <sup>2</sup>

#### Formulas

WT = ws+ wpopo  
Wu = Fc\* WT  
K = Se obtiene de Tablas  
Mu = Wu \* a1<sup>2</sup> \* K \*10-4  
(FR \* b \* d<sup>2</sup> \* f'c )

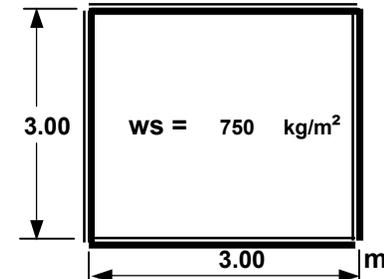
#### Condición: Pmín ≤ Pr < Pb

**pb = (f'c / fy) \* (4800 / (fy+6000))**  
**pr = (f'c / fy) \* [1 - √(1 - [(2\*Mu) / (FR\*b\*d<sup>2</sup> f "c)])]**  
**pmín = (0.7\*(√f'c)) / fy**

#### Acero Teórico

Asmín = pmín \* b \* d  
As = p \* b \* d  
s = (100\* ascom) / Ascom

#### Caso de Interior



Datos

Datos Datos  
Tablas Tablas

NUMERO DE TABLERO	MOMENTO	CLARO	a1 m	a2 m	m = a1/a2	K Tabla 4.1	Wu kg/m <sup>2</sup>	Mu kg.m	FRbd <sup>2</sup> (f'c)	pr	pmin NTC	pr NTC	As cm <sup>2</sup>	a/com 5/16"	A/com cm2	No. Vari	S (cm)
INTERIOR Todos los bordes continuos	Neg en Bordes interiores	CORTO	3.00	3.00	1	288.0	1288.6	333.99	479808.0	0.0029	0.0026	<b>0.0029</b>	1.64	0.49	2.45	6.00	16.67
		LARGO	3.00	3.00	1	288.0	1288.6	333.99	479808.0	0.0029	0.0026	<b>0.0029</b>	1.64	0.49	2.45	6.00	16.67
	Positivo	CORTO	3.00	3.00	1	126.0	1288.6	146.12	479808.0	0.0013	0.0026	<b>0.0026</b>	1.48	0.49	2.45	6.00	16.67
		LARGO	3.00	3.00	1	126.0	1288.6	146.12	479808.0	0.0013	0.0026	<b>0.0026</b>	1.48	0.49	2.45	6.00	16.67

### REVISIÓN POR CORTANTE

Condición: V < Vc

V = 930.34 kg  
Vc = 3167.84 kg

**V = (((a1/2) - d) \* Wu) / (1 + (a1/a2)^6)**  
Vc = 0.5 \* FR \* b \* d \* √f'c

### RESULTADOS

Altura de losa h = 10.0 cm  
As comercial Ascom cm2 2.45 cm<sup>2</sup>  
Separación Cálculado s = 16.67 cm  
NTC ref.4.3.3.d s = 14 cm

**PROCEDIMIENTO Y METODOLOGIA PARA EL DISEÑO DE LA LOSA POR COMPUTADORA  
Aplicando el RCDF Y NTC Publicado en el Diario Oficial de la Federación 6 de Octubre 2004  
para Estructuras de Concreto**

**DISEÑO DE LOSA INTERIOR**

Para Concreto Clase I  $250 \leq f'c$  kg/cm<sup>2</sup>

Tipo de Losa Monolítica

**DATOS**

**Datos**

Carga viva + carga muerta " cv+cm "	<b>ws =</b>	<b>750 kg/m<sup>2</sup></b>
Claro corto	a1 =	300 cm
Claro largo	a2 =	300 cm
Resistencia del concreto	f'c =	250 kg/cm <sup>2</sup>
Esfuerzo de fluencia	fy =	4200 kg/cm <sup>2</sup>

**Datos dado por el RCDF y NTC del año 2004**

Factor de carga " Fc " 1.40 RCDF-NTC ref 3.4

**Factor de resistencia " FR "** NTC ref 1.7

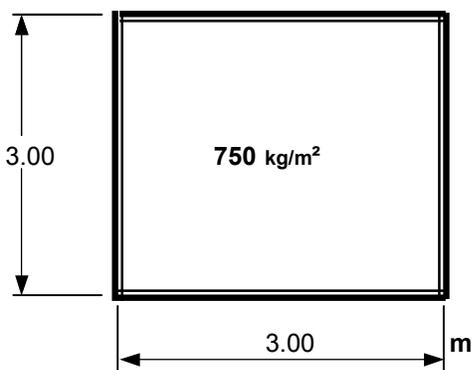
Flexión FRF = 0.90

Cortante FRV = 0.80

Recubrimiento **r = 2 cm** NTC ref 4.9.3

**Tipo de Losa Monolítica MNL = 1.25** Lados discontinuos NTC ref. 6.3.3.5

**Caso Interior**



## DISEÑO DE LOSA INTERIOR

Peso volumétrico del concreto		2.4 t/m <sup>3</sup>		wvol
Resist nominal	$f^*c =$	200.00 kg/cm <sup>2</sup>	NTC ref. 1.5.1.2	$f^*c = 0.8 * f'c$
Resist sección	$f''c =$	170.00 kg/cm <sup>2</sup>	NTC ref. 2.1.e	$f''c = 0.85 * f^*c$

### Cálculo del Peralte Total

#### Condiciones que debe cumplir

i.- $f_s \leq 2520$ kg/cm <sup>2</sup>			NTC ref. 6.3.3.5	
ii.- $w \leq 380$ kg/m <sup>2</sup>			NTC ref. 6.3.3.5	

No cumple	$f_s =$	2520.00 kg/cm <sup>2</sup>	NTC ref. 6.3.3.5	$f_s = 0.6 * f_y$
No cumple	$ws =$	750.00 kg/m <sup>2</sup>	NTC ref. 2.3.a	$ws = cm + cv$

Tipo monolítica	$MNL =$	1.25	NTC ref. 6.3.3.5	$MNL = 1.25$
Cálculo de perímetro	$Perim =$	1200.00 cm	NTC ref. 6.3.3.5	$Perim = (a1+ a1) + (a2 + a2)$
Peralte mínimo	$dmín =$	4.80 cm	NTC ref. 6.3.3.5	$dmín = Perim / 250$
Factor corrección	$k =$	1.261	NTC ref. 6.3.3.5	$k = 0.032 * (f_s * W)^{(1/4)}$
Peralte mín coregido	$dmín c =$	6.05 cm	NTC ref. 6.3.3.5	$dmín = k * (Perim / 250)$
Peralte teórico	$h =$	8.05 cm		$h = dmín c + r$
Peralte total práctico	$h =$	10.0 cm		
Peso propio de la losa	wpopo =	193 kg/m	NTC ref. 5.1	$wpopo = h * wvol$
Carga total para diseño	WT =	943.23 kg/m <sup>2</sup>	NTC ref. 2.3.a	$WT = ws + wvol$
Carga última diseño	$Wu =$	1320.52 kg/m <sup>2</sup>	NTC ref. 1.3.1	$Wu = Fc * WT$

Condición i	$Bi =$	0.85	NTC ref. 2.1 e	si $f^*c \leq 280$ kg/cm <sup>2</sup>	se cumple
Condición ii	$Bii =$	0.11	NTC ref. 2.1 e	$Bii = 1.05 - (f^*c/1400) \geq 0.65$	si $f^*c > 280$

#### Cálculo del porcentaje " p " de acero de diseño

Porcentaje balanceado	$pb =$	0.0202	NTC ref. 2..2.2	$pb = (f''c / fy) * ((6000 * Bi) / (fy+6000))$
Porcentaje máximo	$máx =$	0.0182 %	NTC ref. 2..2.2	$pmáx = 0.90 * pb$
Porcentaje mínimo	$pmín =$	0.0026 %	NTC ref. 2..2.1	$pmín = (0.7 * \sqrt{f^*c}) / fy$

Condición:  $pmín \leq pr < pmáx < pb$

#### Cálculo del acero requerido " As "

Acero máximo	$Amáx =$	11.02 cm <sup>2</sup>	NTC ref. 2..2.2	$Asmáx = pmáx * b * d$
Acero mínimo	$Asmín =$	1.59 cm <sup>2</sup>	NTC ref. 2..2.1	$Asmín = pmín * b * d$

## CALCULO DE LOSA INTERIOR

### Tipo de Losa Monolíticamente en sus apoyos "MNL"

	<b>Datos</b>	
Carga de servicio	<b>ws = 750 kg/m<sup>2</sup></b>	
Esf de fluencia	<b>fy = 4200 kg/cm<sup>2</sup></b>	
Resistencia	<b>f'c = 250 kg/cm<sup>2</sup></b>	
Resisten nominal	<b>f*c = 200 kg/cm<sup>2</sup></b>	
Resisten sección	<b>f "c = 170 kg/cm<sup>2</sup></b>	
Ancho unitario	<b>b = 100 cm</b>	
Recubrimiento	<b>r = 2.0 cm</b>	
Peralte efectivo	<b>d = 6.05 cm</b>	
Peralte total	<b>h = 8.05 cm</b>	
Claro corto	<b>a1 = 3 m</b>	
Claro largo	<b>a2 = 3 m</b>	
w peso propio	<b>wpopo = 193.20 kg/m<sup>2</sup></b>	
Carga total	<b>WT = 943.20 kg/m<sup>2</sup></b>	
Carga última	<b>Wu = 1320.48 kg/m<sup>2</sup></b>	
Factor de carga	<b>Fc = 1.4</b>	
Factor resistencia	<b>FR = 0.9</b>	
Factor al cortante	<b>FV = 0.8</b>	
Porcentaje mínimo	<b>pmín = 0.0026</b>	<b>Asmín = 1.59 cm<sup>2</sup></b>
Porcentaje máximo	<b>pmáx = 0.0182</b>	<b>Asmáx = 11.02 cm<sup>2</sup></b>

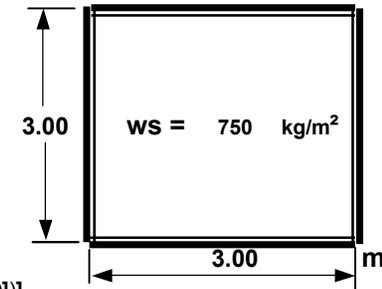
NTC pmín

**Formulas**  
 $WT = ws + wpopo$   
 $Wu = Fc * WT$   
**K = Se obtiene de Tablas 6.1**  
 $Mu = Wu * a1^2 * K * 10^{-4}$   
 $(FR * b * d^2 * f "c)$

**Condición: pmín ≤ pr < máx < pb**  
 $pb = (f "c / fy) * ((6000 * Bi) / (fy + 6000))$   
 $pmáx = 0.90 * pb$   
 $pr = (f "c / fy) * [1 - \sqrt{1 - [(2 * Mu) / (FR * b * d^2 * f "c)]}]$   
 $pmin = (0.7 * \sqrt{f "c}) / fy$

**Acero Teórico**  
 $Asmín = pmín * b * d$   
 $As = p * b * d$   
 $s = (100 * ascom) / Ascom$

### Caso Interior



Datos

Datos  
Tablas Tablas

NUMERO DE TABLERO	MOMENTO	CLARO	a1 m	a2 m	m = a1/a2	K Tabla 6.1	Wu kg/m <sup>2</sup>	Mu kg.m	FRbd <sup>2</sup> (f'c)	pr	pmin NTC	pr NTC	As cm <sup>2</sup>	a/com 5/16"	A/com cm <sup>2</sup>	No. Vari	S (cm)
INTERIOR Todos los bordes continuos	Neg en Bordes interiores	CORTO	3.00	3.00	1	288.0	1320.5	342.27	560018.25	0.0026	0.0026	0.0026	1.59	0.49	2.45	6.00	16.67
		LARGO	3.00	3.00	1	288.0	1320.5	342.27	560018.25	0.0026	0.0026	0.0026	1.59	0.49	2.45	6.00	16.67
	Positivo	CORTO	3.00	3.00	1	126.0	1320.5	149.74	560018.25	0.0011	0.0026	0.0026	1.59	0.49	2.45	6.00	16.67
		LARGO	3.00	3.00	1	126.0	1320.5	149.74	560018.25	0.0011	0.0026	0.0026	1.59	0.49	2.45	6.00	16.67

### REVISIÓN POR CORTANTE

Condición  $V < Vc$

$V = 855.37 \text{ kg}$   
 $Vc = 3422.40 \text{ kg}$

NTC ref. 6.3.3.6 ec.6.8

$V = ((a1/2) - d) * (0.95 - ((0.5 * a1) / a2)) * Wu$   
 $Vc = 0.5 * FR * b * d * \sqrt{f "c}$

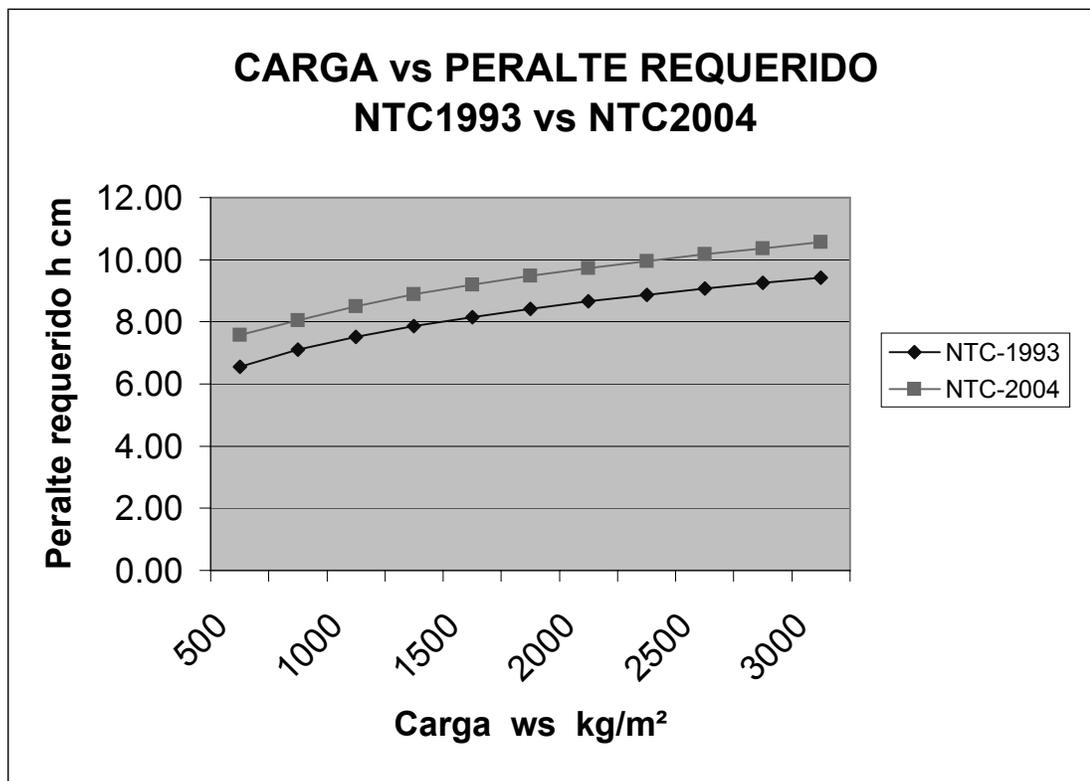
### RESULTADOS

<b>Altura de losa</b>	$h = 10.0 \text{ cm}$
As comercial	Ascom cm <sup>2</sup> <b>2.45 cm<sup>2</sup></b>
<b>Separación</b>	Cálculado $s = 16.67 \text{ cm}$
Separación	NTC ref.6.5.3.4 $s = 15.13 \text{ cm}$

**GRÁFICA DE LOSA INTERIOR**

**Gráfica N° 1 Carga vs Peralte Total**

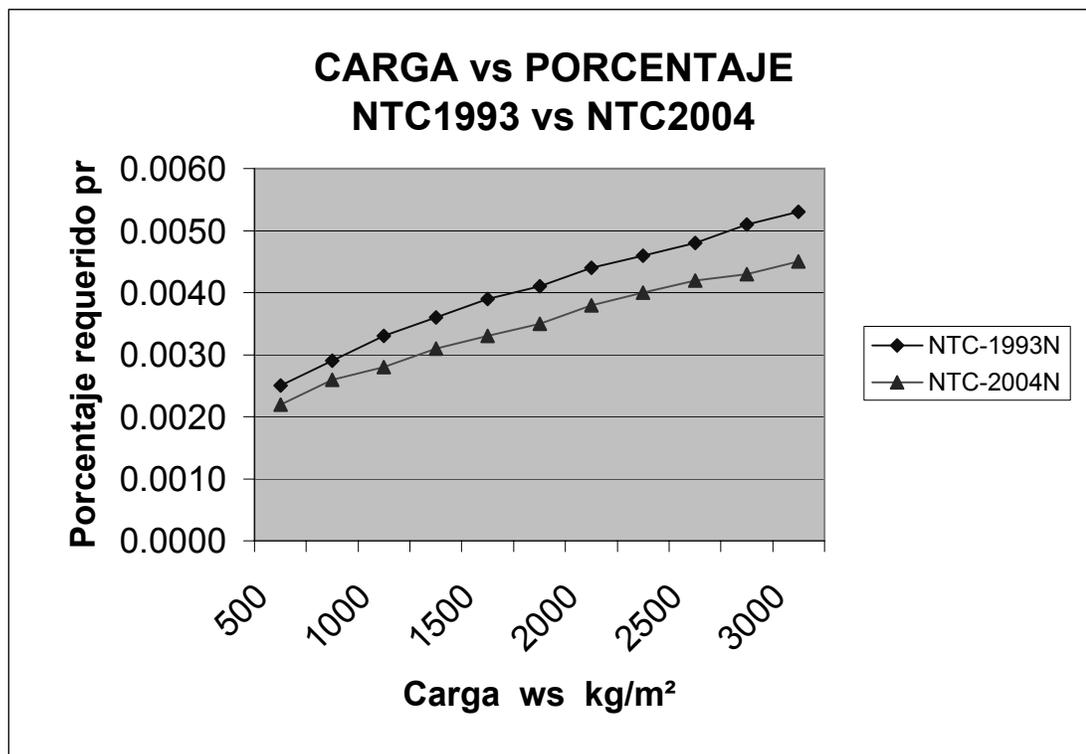
w kg/m <sup>2</sup>	h cm	
	NTC-1993	NTC-2004
500	6.56	7.57
<b>750</b>	<b>7.10</b>	<b>8.05</b>
1000	7.52	8.5
1250	7.87	8.88
1500	8.16	9.2
1750	8.42	9.48
2000	8.66	9.73
2250	8.87	9.96
2500	9.07	10.18
2750	9.25	10.37
3000	9.42	10.56



## GRÁFICA DE LOSA INTERIOR

**Gráfica N° 2 Carga vs Porcentaje Requerido**

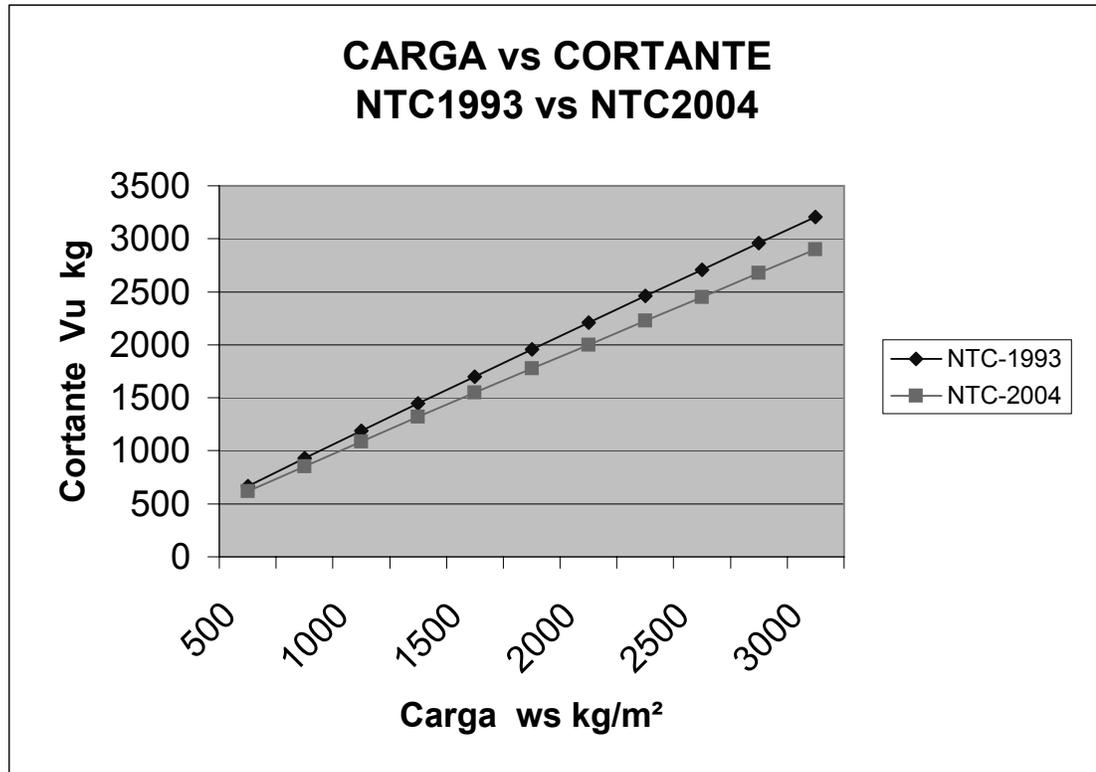
w kg/m <sup>2</sup>	Pr% cm <sup>2</sup> Corto-Largo	
	NTC-1993N	NTC-2004N
500	0.0025	0.0022
<b>750</b>	<b>0.0029</b>	<b>0.0026</b>
1000	0.0033	0.0028
1250	0.0036	0.0031
1500	0.0039	0.0033
1750	0.0041	0.0035
2000	0.0044	0.0038
2250	0.0046	0.0040
2500	0.0048	0.0042
2750	0.0051	0.0043
3000	0.0053	0.0045



**GRÁFICA DE LOSA INTERIOR**

**Gráfica N° 3 Carga vs Cortante Último**

w kg/m <sup>2</sup>	Vu kg	Vu kg
	NTC-1993	NTC-2004
500	667.03	618.51
<b>750</b>	<b>930.34</b>	<b>855.37</b>
1000	1189.76	1088.48
1250	1446.66	1319.12
1500	1701.57	1548.10
1750	1955.13	1775.57
2000	2207.96	2001.91
2250	2458.96	2227.32
2500	2709.55	2451.96
2750	2959.37	2675.81
3000	3208.53	2899.05



**PROCEDIMIENTO Y METODOLOGIA PARA EL DISEÑO DE LA LOSA POR COMPUTADORA  
Aplicando el RCDF Y NTC Publicado en el Diario Oficial de la Federación Agosto 1993  
para Estructuras de Concreto**

**DISEÑO DE LOSA DE ESQUINA**

**Para Concreto Clase I  $250 \leq f'c$  kg/cm<sup>2</sup>**  
**Tipo de Losa Monolítica**

**DATOS**

**Datos**

Carga viva + carga muerta "cv+cm "	<b>ws =</b>	<b>750 kg/m<sup>2</sup></b>
Claro corto	a1 =	300 cm
Claro largo	a2 =	300 cm
Resistencia del concreto	f'c =	250 kg/cm <sup>2</sup>
Esfuerzo de fluencia	fy =	4200 kg/cm <sup>2</sup>

**Datos dado por el RCDF-93 y NTC-96**

Factor de carga " Fc " 1.40 RCDF Art. 194

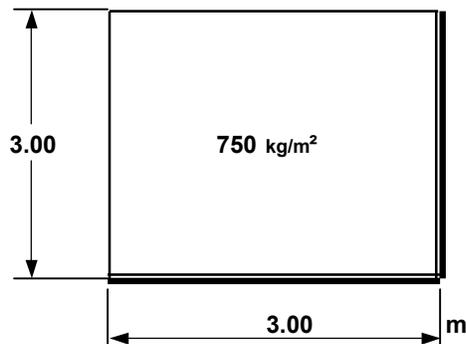
**Factor de resistencia " FR "** NTC ref 1.6

Flexión FRF = 0.90  
Cortante FRV = 0.80

Recubrimiento r = 1.50 cm NTC ref 3.4

**Tipo de Losa Monolítica MNL =** 1.25 Lados discontinuos NTC ref. 4.3.3 e

**Caso de Esquina**



## DISEÑO DE LOSA DE ESQUINA

Peso volumétrico del concreto t/m <sup>3</sup>		2.4 t/m <sup>3</sup>		wvol
Resistencia nominal	f <sup>'</sup> c =	200.00 kg/cm <sup>2</sup>	NTC ref. 1.4.1 b	f <sup>'</sup> c = 0.8 * f <sup>'</sup> c
Resistencia sección	f <sup>'</sup> c =	170.00 kg/cm <sup>2</sup>	NTC ref. 2.1.2 b	f <sup>'</sup> c = 0.85 * f <sup>'</sup> c

### Cálculo del Peralte Total

#### Condiciones que debe cumplir

i.- fs ≤ 2000 kg/cm <sup>2</sup>			NTC ref. 4.3.3. e
ii.- w ≤ 380 kg/m <sup>2</sup>			NTC ref. 4.3.3. e

<b>No cumple</b>	fs =	2520.00 kg/cm <sup>2</sup>	NTC ref. 4.3.3. e	fs = 0.6 * fy
<b>No cumple</b>	ws =	750.00 kg/m <sup>2</sup>	RCDF Art.188	ws = cm + cv
Tipo monolítica	<b>MNL =</b>	<b>1.25</b>	NTC ref. 4.3.3. e	MNL = 1.25
Cálculo del perímetro	Perím =	1350.00 cm	NTC ref. 4.3.3. e	Perím = (MNL * a1) + a1 + (MNL * a2) + a2
<b>Peralte mínimo</b>	<b>dmín =</b>	<b>5.00 cm</b>	NTC ref. 4.3.3. e	dmín = Perím / 270
<b>Factor corrección</b>	<b>k =</b>	<b>1.26</b>	NTC ref. 4.3.3. e	<b>k = 0.034 * (fs * W)<sup>(1/4)</sup></b>
Peralte mín corregido	dmín c =	6.30 cm	NTC ref. 4.3.3. e	<b>dmín = k * (Perím / 270)</b>
Peralte teórico	<b>h =</b>	<b>7.80 cm</b>		h = dmín c + r
Peralte total práctico	<b>h =</b>	<b>10.00 cm</b>		
Peso propio de la losa	wpopo =	187.28 kg/m	RCDF ART.196	wpopo = h * wvol
Carga total para diseño	<b>WT =</b>	<b>937.28 kg/m<sup>2</sup></b>	RCDF Art.188	WT = ws + wvol
Carga última diseño	<b>Wu =</b>	<b>1312.19 kg/m<sup>2</sup></b>	NTC ref. 1.2	Wu = Fc * WT

#### Cálculo del porcentaje " p " de acero de diseño

Porcentaje balanceado	pb =	0.0190 %	NTC ref. 2.1.2 b	<b>pb = (f<sup>'</sup>c / fy) * (4800 / (fy + 6000))</b>
Porcentaje mínimo	pmín =	0.0026 %	NTC ref. 2.1.2 a	pmín = (0.7 * √f <sup>'</sup> c) / fy

Condición: pmín ≤ pr < pb

#### Cálculo del acero requerido " As "

Acero balanceado	Asb =	12.01 cm <sup>2</sup>	NTC ref. 2.1.2 b	Asb = pb * b * d
Acero mínimo	Asmín =	1.66 cm <sup>2</sup>	NTC ref. 2.1.2 a	Asmín = pmín * b * d



**PROCEDIMIENTO Y METODOLOGIA PARA EL DISEÑO DE LA LOSA POR COMPUTADORA  
Aplicando el RCDF Y NTC Publicado en el Diario Oficial de la Federación 6 de Octubre 2004  
para Estructuras de Concreto**

**DISEÑO DE LOSA DE ESQUINA**

**Para Concreto Clase I  $250 \leq f'c$  kg/cm<sup>2</sup>**  
**Tipo de Losa Monolítica**

**DATOS**

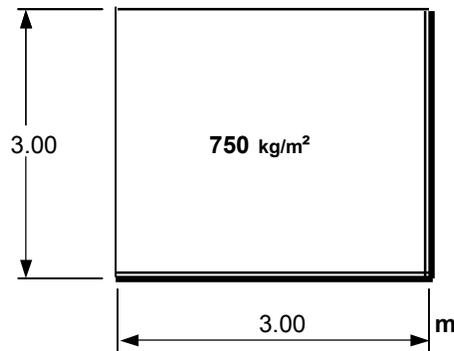
**Datos**

Carga viva + carga muerta "cv+cm"	<b>ws =</b>	<b>750 kg/m<sup>2</sup></b>
Claro corto	a1 =	300 cm
Claro largo	a2 =	300 cm
Resistencia del concreto	f'c =	250 kg/cm <sup>2</sup>
Esfuerzo de fluencia	fy =	4200 kg/cm <sup>2</sup>

**Datos dado por el RCDF y NTC del año 2004**

Factor de carga "Fc"	1.40	RCDF-NTC ref 3.4
<b>Factor de resistencia "FR"</b>		NTC ref 1.7
Flexión	FRF = 0.90	
Cortante	FRV = 0.80	
Recubrimiento	r = 2 cm	NTC ref 4.9.3
<b>Tipo de Losa Monolítica</b>	<b>MNL = 1.25</b> Lados discontinuos	NTC ref. 6.3.3.5

**Caso de Esquina**



## DISEÑO DE LOSA DE ESQUINA

Peso volumétrico del concreto		2.4 t/m <sup>3</sup>		wvol
Resist nominal	<b>f*c =</b>	<b>200.00 kg/cm<sup>2</sup></b>	NTC ref. 1.5.1.2	f*c = 0.8 * f'c
Resist sección	<b>f''c =</b>	<b>170.00 kg/cm<sup>2</sup></b>	NTC ref. 2.1.e	f''c = 0.85 * f'c

### Cálculo del Peralte Total

#### Condiciones que debe cumplir

i.- fs ≤ 2520 kg/cm <sup>2</sup>			NTC ref. 6.3.3.5	
ii.- w ≤ 380 kg/m <sup>2</sup>			NTC ref. 6.3.3.5	

No cumple	<b>fs =</b>	<b>2520.00 kg/cm<sup>2</sup></b>	NTC ref. 6.3.3.5	fs = 0.6 * fy
No cumple	<b>ws =</b>	<b>750.00 kg/m<sup>2</sup></b>	NTC ref. 2.3.a	ws = cm + cv

Tipo monolítica	<b>MNL =</b>	<b>1.25</b>	NTC ref. 6.3.3.5	MNL = 1.25
Cálculo perímetro	<b>Perím =</b>	<b>1350.00 cm</b>	NTC ref. 6.3.3.5	Perím = (MNL*a1)+a1 + (MNL*a2)+a2
Peralte mínimo	<b>dmin =</b>	<b>5.40 cm</b>	NTC ref. 6.3.3.5	<b>dmin = Perím / 250</b>
Factor corrección	<b>k =</b>	<b>1.261</b>	NTC ref. 6.3.3.5	<b>k = 0.032 * (fs * W)<sup>(1/4)</sup></b>
Peralte mín coregido	<b>dmín c =</b>	<b>6.81 cm</b>	NTC ref. 6.3.3.5	<b>dmín = k * (Perím / 250)</b>
Peralte teórico	<b>h =</b>	<b>8.81 cm</b>		h = dmínc + r
Peralte total práctico	<b>h =</b>	<b>10.0 cm</b>		
Peso propio de la losa	wpopo =	211 kg/m	NTC ref. 5.1	wpopo = h * wvol
Carga total para diseño	WT =	961.38 kg/m <sup>2</sup>	NTC ref. 2.3.a	WT = ws + wvol
Carga última diseño	<b>Wu =</b>	<b>1345.93 kg/m<sup>2</sup></b>	NTC ref. 1.3.1	Wu = Fc * WT

Condición i	<b>Bi =</b>	<b>0.85</b>	NTC ref. 2.1 e	si <b>f*c ≤ 280 kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>se cumple</b>
Condición ii	<b>Bii =</b>	<b>0.09</b>	NTC ref. 2.1 e	<b>Bii = 1.05 - (f*c/1400) ≥ 0.65</b>	si <b>f*c &gt; 280</b>

#### Cálculo del porcentaje " p " de acero de diseño

Porcentaje balanceado	<b>pb =</b>	<b>0.0202 %</b>	NTC ref. 2..2.2	<b>pb = (f''c / fy) * ((6000 * Bi) / (fy+6000))</b>
Porcentaje máximo	<b>pmáx =</b>	<b>0.0182 %</b>	NTC ref. 2..2.2	<b>pmáx = 0.90 * pb</b>
Porcentaje mínimo	<b>pmín =</b>	<b>0.0026 %</b>	NTC ref. 2..2.1	<b>pmín = (0.7 * √f'c) / fy</b>

Condición: pmín ≤ pr < pmáx < pb

#### Cálculo del acero requerido " As "

Acero máximo	Asmáx =	12.40 cm <sup>2</sup>	NTC ref. 2..2.2	Asmáx = pmáx * b * d
Acero mínimo	Asmín =	1.79 cm <sup>2</sup>	NTC ref. 2..2.1	Asmín = pmín * b * d

## CALCULO DE LOSA DE ESQUINA

### Tipo de Losa Monolíticamente en sus apoyos "MNL"

	Datos	
Carga de servicio	<b>ws =</b>	<b>750 kg/m<sup>2</sup></b>
Esf de fluencia	<b>fy =</b>	<b>4200 kg/cm<sup>2</sup></b>
Resistencia	<b>fic =</b>	<b>250 kg/cm<sup>2</sup></b>
Resisten nominal	<b>f*c =</b>	<b>200 kg/cm<sup>2</sup></b>
Resisten sección	<b>f "c =</b>	<b>170 kg/cm<sup>2</sup></b>
Ancho unitario	<b>b =</b>	<b>100 cm</b>
Recubrimiento	<b>r =</b>	<b>2.0 cm</b>
Peralte efectivo	<b>d =</b>	<b>6.81 cm</b>
Peralte total	<b>h =</b>	<b>8.81 cm</b>
Claro corto	<b>a1 =</b>	<b>3 m</b>
Claro largo	<b>a2 =</b>	<b>3 m</b>
w pesopropio	<b>wpopo =</b>	<b>211.44 kg/m<sup>2</sup></b>
Carga total	<b>WT =</b>	<b>961.44 kg/m<sup>2</sup></b>
Carga última	<b>Wu =</b>	<b>1346.02 kg/m<sup>2</sup></b>
Factor de carga	<b>Fc =</b>	<b>1.4</b>
Factor resistencia	<b>FR =</b>	<b>0.9</b>
Factor al cortante	<b>FV =</b>	<b>0.8</b>
Porcentaje mínimo	<b>pmín =</b>	<b>0.0026</b>
Porcentaje máximo	<b>pmáx =</b>	<b>0.0182</b>

NTC Pr mín

### Formulas

$$WT = ws + wpopo$$

$$Wu = Fc * WT$$

**K =** Se obtiene de **Tablas 6.1**

$$Mu = Wu * a1^2 * K * 10^{-4} \\ (FR * b * d^2 * f "c)$$

**Condición: pmín ≤ pr < pmáx < pb**

$$pb = (f "c / fy) * ((6000 * Bi) / (fy + 6000))$$

$$pmáx = 0.90 * pb$$

$$pr = (f "c / fy) * [1 - \sqrt{1 - [(2 * Mu) / (FR * b * d^2 * f "c)]}]$$

$$pmín = (0.7 * \sqrt{f "c}) / fy$$

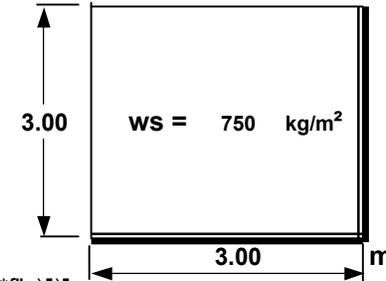
### Acero Teórico

$$Asmín = pmín * b * d$$

$$As = p * b * d$$

$$s = (100 * ascom) / Ascom$$

### Caso de Esquina



Datos Datos  
Tablas Tablas

NUMERO DE TABLERO	MOMENTO	CLARO	a1 m	a2 m	m = a1/a2	K Tabla 6.1	Wu kg/m <sup>2</sup>	Mu kg.m	FRbd <sup>2</sup> (f "c)	pr	Pmin NTC	pr NTC	As cm <sup>2</sup>	a/com 5/16"	A/com cm <sup>2</sup>	No. Vari	S (cm)
De ESQUINA Dos lados adyacentes discontinuos	Neg en Bordes interiores	CORTO	3.00	3.00	1	324.0	1346.0	392.50	709554.33	0.0023	0.0026	0.0026	1.79	0.49	2.45	6.00	16.67
		LARGO	3.00	3.00	1	324.0	1346.0	392.50	709554.33	0.0023	0.0026	0.0026	1.79	0.49	2.45	6.00	16.67
	Neg en Borde discontinuos	CORTO	3.00	3.00	1	190.0	1346.0	230.17	709554.33	0.0013	0.0026	0.0026	1.79	0.49	2.45	6.00	16.67
		LARGO	3.00	3.00	1	190.0	1346.0	230.17	709554.33	0.0013	0.0026	0.0026	1.79	0.49	2.45	6.00	16.67
	Positivo	CORTO	3.00	3.00	1	137.0	1346.0	165.96	709554.33	0.0010	0.0026	0.0026	1.79	0.49	2.45	6.00	16.67
		LARGO	3.00	3.00	1	137.0	1346.0	165.96	709554.33	0.0010	0.0026	0.0026	1.79	0.49	2.45	6.00	16.67

### REVISIÓN POR CORTANTE

Condición  $V < Vc$

$$V = 867.31 \text{ kg}$$

$$Vc = 3852.32 \text{ kg}$$

NTC ref. 6.3.3.6 ec.6.8

$$V = ((a1/2) - d) * (0.95 - ((0.5 * a1)/a2)) * Wu$$

$$Vc = 0.5 * FR * b * d * \sqrt{f "c}$$

### RESULTADOS

Altura de losa

$$h = 10.0 \text{ cm}$$

As comercial

$$Ascom \text{ cm}^2 = 2.45 \text{ cm}^2$$

Separación

$$\text{Cálculado } s = 16.67 \text{ cm}$$

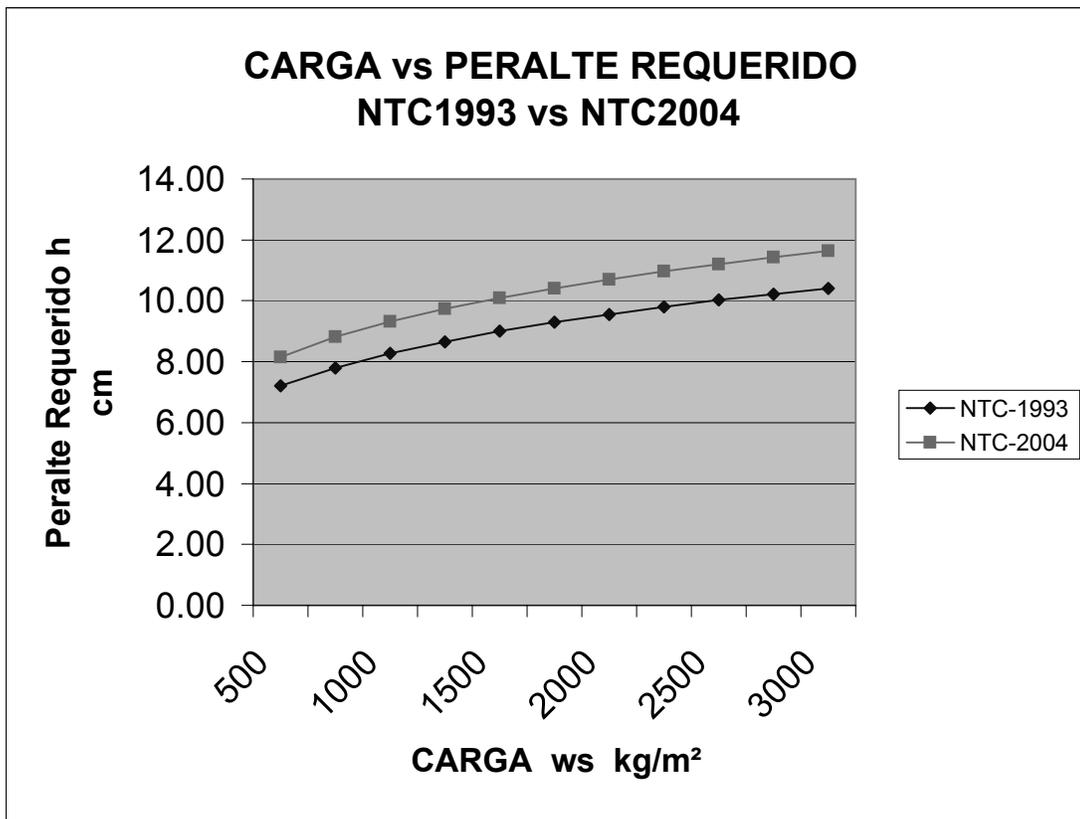
Separación

$$\text{NTC ref.6.3.3.4 } s = 17.03 \text{ cm}$$

**GRÁFICA DE LOSA DE ESQUINA**

**Gráfica N° 1 Carga vs Peralte Total**

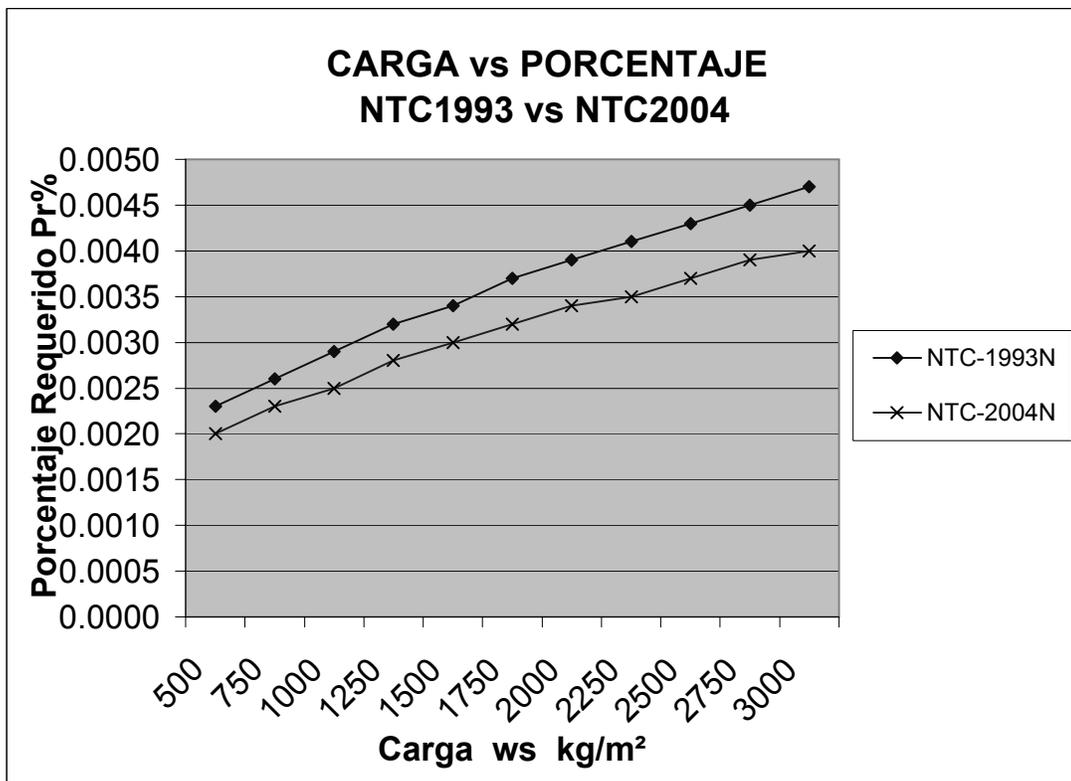
w kg/m <sup>2</sup>	h cm	h cm
	NTC-1993	NTC-2004
500	7.20	8.15
750	7.80	8.81
1000	8.27	9.32
1250	8.66	9.73
1500	9.00	10.10
1750	9.29	10.41
2000	9.55	10.70
2250	9.80	10.96
2500	10.02	11.20
2750	10.22	11.42
3000	10.41	11.63



**GRÁFICA DE LOSA DE ESQUINA**

**Gráfica N° 2 Carga vs Porcentaje Requerido**

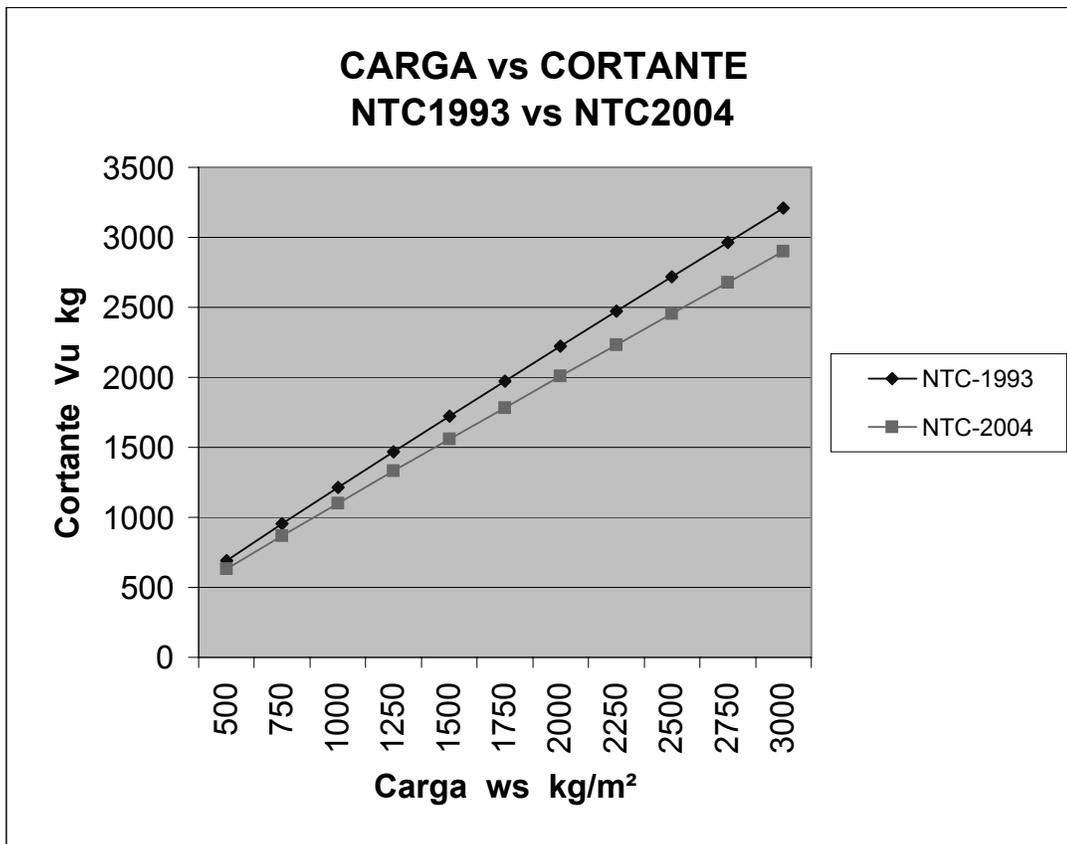
w kg/m <sup>2</sup>	Pr% cm <sup>2</sup>	Pr% cm <sup>2</sup>
	Corto-Largo	Corto-Largo
	NTC-1993N	NTC-2004N
500	0.0023	0.0020
750	0.0026	0.0023
1000	0.0029	0.0025
1250	0.0032	0.0028
1500	0.0034	0.0030
1750	0.0037	0.0032
2000	0.0039	0.0034
2250	0.0041	0.0035
2500	0.0043	0.0037
2750	0.0045	0.0039
3000	0.0047	0.0040



**GRÁFICA DE LOSA DE ESQUINA**

**Gráfica N° 3 Carga vs Cortante Último**

w kg/m <sup>2</sup>	Vu kg	Vu kg
	NTC-1993	NTC-2004
500	691.83	630.39
750	954.95	867.31
1000	1213.42	1099.95
1250	1468.59	1329.68
1500	1721.49	1557.65
1750	1972.67	1783.89
2000	2222.33	2008.98
2250	2470.82	2232.97
2500	2718.22	2456.04
2750	2964.74	2678.29
3000	3210.42	2899.83



**PROCEDIMIENTO Y METODOLOGIA PARA EL DISEÑO DE LA LOSA POR COMPUTADORA  
Aplicando el RCDF Y NTC Publicado en el Diario Oficial de la Federación Agosto 1993  
para Estructuras de Concreto**

**DISEÑO DE LOSA AISLADA**

**Para Concreto Clase I  $250 \leq f'c$  kg/cm<sup>2</sup>  
Tipo de Losa No Monolítica**

**DATOS**

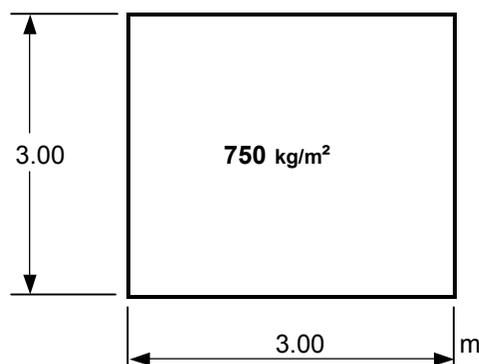
**Datos**

Carga viva + carga muerta " cv+cm "	<b>ws =</b>	<b>750 kg/m<sup>2</sup></b>
Claro corto	a1 =	300 cm
Claro largo	a2 =	300 cm
Resistencia del concreto	f'c =	250 kg/cm <sup>2</sup>
Esfuerzo de fluencia	fy =	4200 kg/cm <sup>2</sup>

**Datos dado por el RCDF y NTC del año 1993**

Factor de carga " Fc "	1.40	RCDF Art. 194
Factor de resistencia " FR "		NTC ref 1.6
Flexión	FRF = 0.90	
Cortante	FRV = 0.80	
Recubrimiento	r = 1.50 cm	NTC ref 3.4
<b>Tipo de Losa No Monolítica No MNL =</b>	<b>1.50</b> Lados discontinuos	NTC ref. 4.3.3. e

**Caso Aislado**



## DISEÑO DE LOSA AISLADA

Peso volumétrico del concreto		2.4 t/m <sup>3</sup>		wvol
Resist nominal	f <sup>'</sup> c =	200.00 kg/cm <sup>2</sup>	NTC ref. 1.4.1. b	f <sup>'</sup> c = 0.8 * f <sup>'</sup> c
Resist sección	f <sup>'</sup> c =	170.00 kg/cm <sup>2</sup>	NTC ref. 2.1.2. b	f <sup>'</sup> c = 0.85 * f <sup>'</sup> c

### Cálculo del peralte total

#### Condiciones que debe cumplir

i.-  $f_s \leq 2000$  kg/cm<sup>2</sup>

NTC ref. 4.3.3. e

ii.-  $w \leq 380$  kg/m<sup>2</sup>

NTC ref. 4.3.3. e

No cumple	f <sub>s</sub> =	2520.00 kg/cm <sup>2</sup>	NTC ref. 4.3.3. e	f <sub>s</sub> = 0.6 * f <sub>y</sub>
No cumple	w <sub>s</sub> =	750.00 kg/m <sup>2</sup>	RCDF Art.188	w <sub>s</sub> = cm + cv

<b>Tipo no monolítica</b>	<b>NoMNL =</b>	<b>1.50</b>	NTC ref. 4.3.3. e	<b>NoMNL = 1.50</b>
Cálculo del perímetro	Perím =	1800.00 cm	NTC ref. 4.3.3. e	Perím = NoMNL * (2 * a <sub>1</sub> ) + NoMNL * (2*a <sub>2</sub> )
Peralte mínimo	dmín =	6.67 cm	NTC ref. 4.3.3. e	<b>dmín = Perím / 270</b>
Factor de corrección	k =	1.26	NTC ref. 4.3.3. e	<b>k = 0.034 * (f<sub>s</sub> * W)<sup>(1/4)</sup></b>
Peralte mín corregido	dmin =	8.40 cm	NTC ref. 4.3.3. e	dmin = k * ( Perím / 270)
Peralte teórico	<b>h =</b>	<b>9.90 cm</b>		<b>h = dmínc + r</b>
Peralte total práctico	h =	10.00 cm		
Peso propio de la Losa	wpopo =	237.70 kg/m <sup>2</sup>	RCDF Art.196	wpopo = h * wvol
Carga total para diseño	WT =	987.70 kg/m <sup>2</sup>	RCDF Art.188	WT = w <sub>s</sub> + wvol
Carga última diseño	<b>Wu =</b>	<b>1382.79 kg/m<sup>2</sup></b>	NTC ref. 1.2	Wu = F <sub>c</sub> * WT

#### Cálculo del porcentaje " pr " de acero de diseño

Porcentaje balanceado	pb =	0.0190 %	NTC ref. 2.1.2 b	pb = (f <sup>'</sup> c / f <sub>y</sub> ) * (4800 / (f <sub>y</sub> +6000))
Porcentaje mínimo	pmín =	0.0026 %	NTC ref. 2.1.2 a	pmín = (0.7 * √ f <sup>'</sup> c) / f <sub>y</sub>

#### Condición pmín ≤ pr < pb

#### Cálculo del acero requerido " Asr "

Acero balanceado	Asb =	16.01 cm <sup>2</sup>	NTC ref. 2.1.2 b	Asb = pb * b * d
Acero mínimo	Asmín =	2.21 cm <sup>2</sup>	NTC ref. 2.1.2 a	Asmín = pmín * b * d

## CÁLCULO DE LOSA AISLADA

### Tipo de Losa No Monolíticamente en sus apoyos "NoMNL"

#### Datos

Carga de servicio	<b>ws =</b>	<b>750 kg/m<sup>2</sup></b>
Esf de fluencia	<b>fy =</b>	<b>4200 kg/cm<sup>2</sup></b>
Resistencia	<b>f'c =</b>	<b>250 kg/cm<sup>2</sup></b>
Resisten nominal	<b>f*c =</b>	<b>200 kg/cm<sup>2</sup></b>
Resisten sección	<b>f "c =</b>	<b>170 kg/cm<sup>2</sup></b>
Ancho unitario	<b>b =</b>	<b>100 cm</b>
Recubrimiento	<b>r =</b>	<b>1.5 cm</b>
Peralte efectivo	<b>d =</b>	<b>8.4 cm</b>
Peralte requerido	<b>h =</b>	<b>9.9 cm</b>
Claro corto	<b>a1 =</b>	<b>3.0 m</b>
Claro largo	<b>a2 =</b>	<b>3.0 m</b>
w peso propio	<b>wpopo =</b>	<b>237.6 kg/m<sup>2</sup></b>
Carga total	<b>WT =</b>	<b>987.6 kg/m<sup>2</sup></b>
Carga última	<b>Wu =</b>	<b>1382.64 kg/m<sup>2</sup></b>
Factor de carga	<b>Fc =</b>	<b>1.4</b>
Factor resistencia	<b>FR =</b>	<b>0.9</b>
Factor al cortante	<b>FV =</b>	<b>0.8</b>
Porcentaje mínimo	<b>pmín =</b>	<b>0.0026</b>
Porcentaje balanc	<b>pb =</b>	<b>0.0190</b>

#### Formulas

WT = ws + wpopo  
Wu = Fc\* WT  
**K = Se obtiene de Tablas 4.1**  
Mu = Wu\*a1<sup>2</sup> \* K\*10<sup>-4</sup>  
(FR \* b \* d<sup>2</sup> \* f "c)

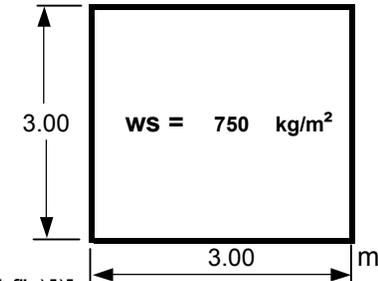
**Condición: pmín ≤ pr < pb**

**pb = (f" c / fy) \* (4800 / (fy + 6000))**  
**pr = (f" c / fy) \* [1 - √(1 - [(2\*Mu) / (FR\*b\*d<sup>2</sup> \* f" c)])]**  
**pmín = (0.7 \* (√f" c) / fy)**

#### Acero Teórico

Asmín = pmín \* b \* d  
As = p \* b \* d  
s = (100 \* ascom) / Ascom

#### Caso Aislado



Datos

Datos  
Tablas

NUMERO DE TABLERO	MOMENTO	CLARO	a1 m	a2 m	m = a1/a2	K Tabla 4.1	Wu kg/m <sup>2</sup>	Mu kg.m	FRbd <sup>2</sup> (f" c)	pr	pmín NTC	pr NTC	As cm <sup>2</sup>	a/com 5/16"	A/com cm <sup>2</sup>	No. Vari	S (cm)
<b>AISLADO</b> Cuatro lados discontinuos	<b>Neg en Bordes discontinuos</b>	CORTO	3.00	3.00	1	<b>0.0</b>	1382.6	0.00	1079568.00	0.0000	0.0026	<b>0.0026</b>	<b>2.21</b>	0.49	1.96	6.00	16.67
		LARGO	3.00	3.00	1	<b>0.0</b>	1382.6	0.00	1079568.00	0.0000	0.0026	<b>0.0026</b>	<b>2.21</b>	0.49	1.96	6.00	16.67
	<b>Positivo</b>	CORTO	3.00	3.00	1	<b>830.0</b>	1382.6	1032.83	1079568.00	0.0041	0.0026	<b>0.0041</b>	<b>3.43</b>	0.49	2.45	6.00	16.67
		LARGO	3.00	3.00	1	<b>830.0</b>	1382.6	1032.83	1079568.00	0.0041	0.0026	<b>0.0041</b>	<b>3.43</b>	0.49	2.45	6.00	16.67

### REVISIÓN POR CORTANTE

Condición V < Vc

V = **978.91 kg**  
Vc = **4751.76 kg**

**V = ((a1/2) - d) \* Wu) / (1 + (a1/a2)^6)**  
**Vc = 0.5 \* FR \* b \* d \* √(f" c)**

### RESULTADOS

**Peralte total** h = **10.0 cm**  
As comercial Ascom cm<sup>2</sup> **1.96 cm<sup>2</sup>**  
Separación Cálculado s = **16.67 cm**  
NTC ref.4.3.3.d s = **21 cm**

**PROCEDIMIENTO Y METODOLOGIA PARA EL DISEÑO DE LA LOSA POR COMPUTADORA  
Aplicando el RCDF Y NTC Publicado en el Diario Oficial de la Federación 6 de Octubre 2004  
para Estructuras de Concreto**

**DISEÑO DE LOSA AISLADA**

Para Concreto Clase I  $250 \leq f'c$  kg/cm<sup>2</sup>  
**Tipo de Losa No Monolítica**

**DATOS**

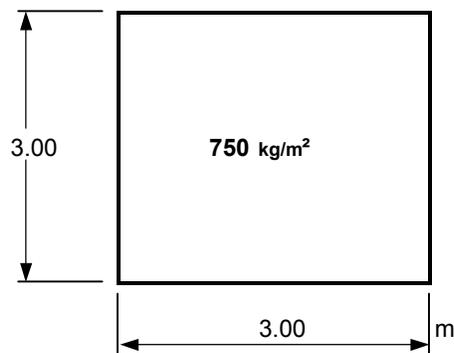
**Datos**

Carga viva + carga muerta "cv+cm"	<b>ws =</b>	<b>750 kg/m<sup>2</sup></b>
Claro corto	a1 =	300 cm
Claro largo	a2 =	300 cm
Resistencia del concreto	f'c =	250 kg/cm <sup>2</sup>
Esfuerzo de fluencia	fy =	4200 kg/cm <sup>2</sup>

**Datos dado por el RCDF y NTC del año 2004**

Factor de carga "Fc"	1.40	RCDF-NTC ref 3.4
Factor de resistencia "FR"		NTC ref 1.7
Flexión	FRF = 0.90	
Cortante	FRV = 0.80	
Recubrimiento	r = 2 cm	NTC ref 4.9.3
Tipo de Losa No Monolítica NoMNL =	<b>1.50</b> Lados discontinuos	NTC ref. 6.3.3.5

**Caso Aislado**



## DISEÑO DE LOSA AISLADA

Peso volumétrico del concreto		2.4 t/m <sup>3</sup>		wvol
Resist nominal	f <sup>*c</sup> =	200.00 kg/cm <sup>2</sup>	NTC ref. 1.5.1.2	f <sup>*c</sup> = 0.8 * f <sup>'c</sup>
Resist sección	f <sup>"c</sup> =	170.00 kg/cm <sup>2</sup>	NTC ref. 2.1.e	f <sup>"c</sup> = 0.85 * f <sup>'c</sup>

### Cálculo del Peralte Total

#### Condiciones que debe cumplir

i.- fs ≤ 2520 kg/cm<sup>2</sup> NTC ref. 6.3.3.5

ii.- w ≤ 380 kg/m<sup>2</sup> NTC ref. 6.3.3.5

No cumple	fs =	2520.00 kg/cm <sup>2</sup>	NTC ref. 6.3.3.5	fs = 0.6 * fy	
No cumple	ws =	750.00 kg/m <sup>2</sup>	NTC ref. 2.3.a	ws = cm + cv	
Tipo no monolítica	NoMNL =	1.50	NTC ref. 6.3.3.5	NoMNL = 1.50	
Cálculo de perímetro	Perím =	1800.00 cm	NTC ref. 6.3.3.5	Perím = NoMNL * (2 * a1) + NoMNL * (2 * a2)	
Peralte mínimo	dmín =	7.20 cm	NTC ref. 6.3.3.5	dmín = Perím / 250	
Factor corrección	k =	1.26	NTC ref. 6.3.3.5	k = 0.032 * (fs * W) <sup>(1/4)</sup>	
Peralte mín coregido	dmín c =	9.08 cm	NTC ref. 6.3.3.5	dmín = k * (Perím / 250)	
Peralte teórico	h =	11.08 cm		h = dmínc + r	
Peralte total práctico	h =	12.00 cm			
Peso propio de la losa	wpopo =	265.84 kg/m	NTC ref. 5.1	wpopo = h * wvol	RCDF Art. 160
Carga total para diseño	WT =	1015.84 kg/m <sup>2</sup>	NTC ref. 2.3.a	WT = ws + wvol	RCDF Art. 153
Carga última diseño	Wu =	1422.18 kg/m <sup>2</sup>	NTC ref. 1.3.1	Wu = Fc * WT	
Condición i	Bi =	0.85	NTC ref. 2.1 e	si f <sup>*c</sup> ≤ 280 kg/cm <sup>2</sup>	se cumple
Condición ii	Bii =	0.03	NTC ref. 2.1 e	Bii = 1.05 - (f <sup>'c</sup> /1400) ≥ 0.65	si f <sup>'c</sup> > 280

#### Cálculo del porcentaje " p " de acero de diseño

Porcentaje balanceado	pb =	0.0202 %	NTC ref. 2..2.2	pb = (f <sup>"c</sup> / fy) * ((6000 * Bi) / (fy + 6000))
Porcentaje máximo	pmáx =	0.0182 %	NTC ref. 2..2.2	pmáx = 0.90 * pb
Porcentaje mínimo	pmín =	0.0026 %	NTC ref. 2..2.1	pmín = (0.7 * √f <sup>'c</sup> ) / fy

Condición: pmín ≤ pr < pmáx < pb

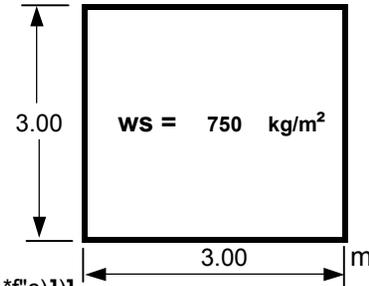
#### Cálculo del acero requerido " As "

Acero máximo	Asmáx =	16.53 cm <sup>2</sup>	NTC ref. 2..2.2	Asmáx = pmáx * b * d
Acero mínimo	Asmín =	2.39 cm <sup>2</sup>	NTC ref. 2..2.1	Asmín = pmín * b * d

# CÁLCULO DE LOSA AISLADA

## Tipo de Losa No Monolíticamente en sus apoyos "NoMNL"

### Caso Aislado



	Datos	
Carga de servicio	<b>ws =</b>	<b>750 kg/m<sup>2</sup></b>
Esf de fluencia	<b>fy =</b>	<b>4200 kg/cm<sup>2</sup></b>
Resistencia	<b>f'c =</b>	<b>250 kg/cm<sup>2</sup></b>
Resisten nominal	<b>f*c =</b>	<b>200 kg/cm<sup>2</sup></b>
Resisten sección	<b>f "c =</b>	<b>170 kg/cm<sup>2</sup></b>
Ancho unitario	<b>b =</b>	<b>100 cm</b>
Recubrimiento	<b>r =</b>	<b>2.00 cm</b>
Peralte efectivo	<b>d =</b>	<b>9.08 cm</b>
Peralte requerido	<b>h =</b>	<b>11.08 cm</b>
Claro corto	<b>a1 =</b>	<b>3.00 m</b>
Claro largo	<b>a2 =</b>	<b>3.00 m</b>
w peso propio	<b>wpopo =</b>	<b>265.92 kg/m<sup>2</sup></b>
Carga total	<b>WT =</b>	<b>1015.92 kg/m<sup>2</sup></b>
Carga última	<b>Wu =</b>	<b>1422.29 kg/m<sup>2</sup></b>
Factor de carga	<b>Fc =</b>	<b>1.40</b>
Factor resistencia	<b>FR =</b>	<b>0.90</b>
Factor al cortante	<b>FV =</b>	<b>0.80</b>
Porcentaje mínimo	<b>pmín =</b>	<b>0.0026</b>
Porcentaje máximo	<b>pmáx =</b>	<b>0.0182</b>

### Formulas

$$WT = ws + wpopo$$

$$Wu = Fc * WT$$

**K =** Se obtiene de **Tablas 6.1**

$$Mu = Wu * a1^2 * K * 10^{-4}$$

$$(FR * b * d^2 * f'c)$$

**Condición: pmín ≤ pr < pmáx < pb**

$$pb = (f'c / fy) * ((6000 * Bi) / (fy + 6000))$$

$$pmáx = 0.90 * pb$$

$$pr = (f'c / fy) * [1 - \sqrt{1 - [(2 * Mu) / (FR * b * d^2 * f'c)]}]$$

$$pmin = (0.7 * \sqrt{f'c}) / fy$$

### Acero Teórico

$$Asmín = pmín * b * d$$

$$As = p * b * d$$

$$s = (100 * ascom) / Ascom$$

$$Asmín = 2.39 \text{ cm}^2$$

$$Asmáx = 16.54 \text{ cm}^2$$

Datos Datos  
Tablas Tablas

NUMERO DE TABLERO	MOMENTO	CLARO	a1 m	a2 m	m = a1/a2	K Tabla 6.1	Wu kg/m <sup>2</sup>	Mu kg.m	FRbd <sup>2</sup> (f'c)	pr	pmin NTC	pr NTC	As cm <sup>2</sup>	a/com 5/16"	A/com cm <sup>2</sup>	No. Vari	S (cm)
<b>Cuatro lados</b>	<b>discontinuos</b>	<b>LARGO</b>	3.00	3.00	1	<b>0.0</b>	1422.3	0.00	1261429.92	<b>0.0000</b>	0.0026	<b>0.0026</b>	<b>2.39</b>	0.49	2.45	5.00	20.00
		<b>Positivo</b>	<b>CORTO</b>	3.00	3.00	1	<b>830.0</b>	1422.3	1062.45	1261429.92	<b>0.0036</b>	0.0026	<b>0.0036</b>	<b>3.24</b>	0.49	3.43	7.00
		<b>LARGO</b>	3.00	3.00	1	<b>830.0</b>	1422.3	1062.45	1261429.92	<b>0.0036</b>	0.0026	<b>0.0036</b>	<b>3.24</b>	0.49	3.43	7.00	14.29

## REVISIÓN POR CORTANTE

Condición  $V < Vc$

$$V = 901.93 \text{ kg}$$

$$Vc = 5136.42 \text{ kg}$$

NTC ref. 6.3.3.6 ec.6.8

$$V = ((a1/2) - d) * (0.95 - ((0.5 * a1)/a2)) * Wu$$

$$Vc = 0.5 * FR * b * d * \sqrt{f'c}$$

## RESULTADOS

**Peralte total**

As comercial

Separación

Separación

Ascom

Cálculado

NTC ref.6.3.3.4

$$h = 11.1 \text{ cm}$$

$$\text{cm}^2 \quad 2.45 \text{ cm}^2$$

$$s = 14.29 \text{ cm}$$

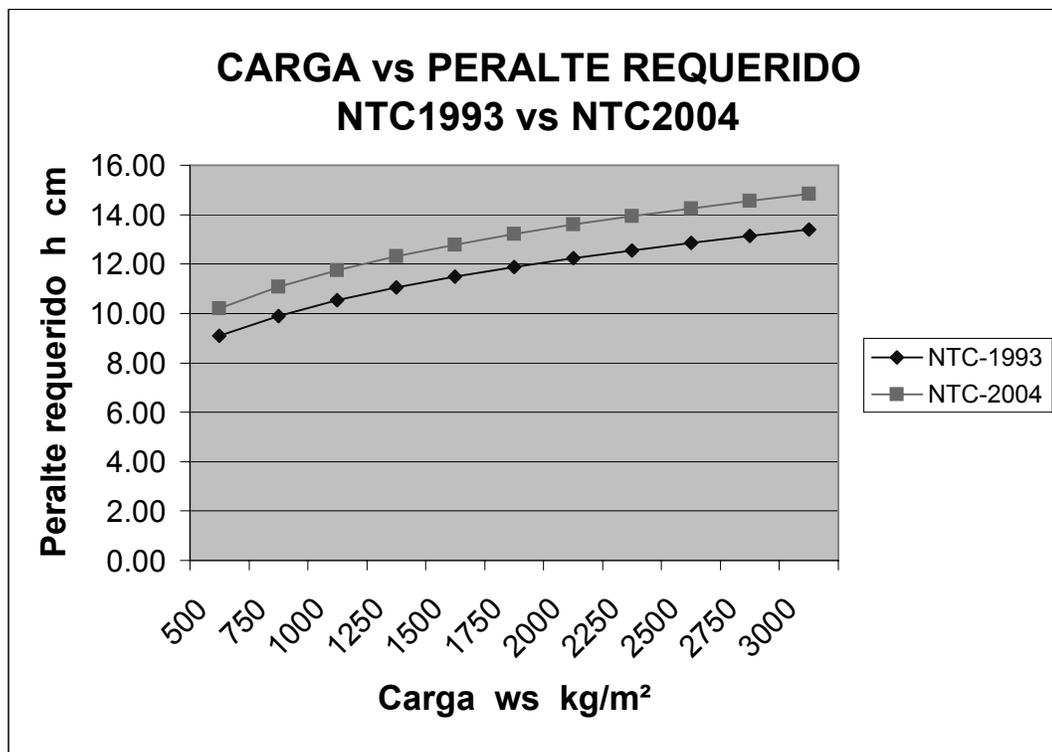
$$s = 22.7 \text{ cm}$$

## GRÁFICA DE LOSA AISLADA

### Gráfica N° 1 Carga vs Peralte Total

Para losas de tipo no monolítico en sus apoyos

w kg/m <sup>2</sup>	h cm	h cm
	NTC-1993	NTC-2004
500	9.09	10.20
<b>750</b>	<b>9.90</b>	<b>11.08</b>
1000	10.53	11.75
1250	11.05	12.31
1500	11.49	12.79
1750	11.89	13.22
2000	12.24	13.60
2250	12.56	13.95
2500	12.86	14.26
2750	13.13	14.56
3000	13.39	14.84

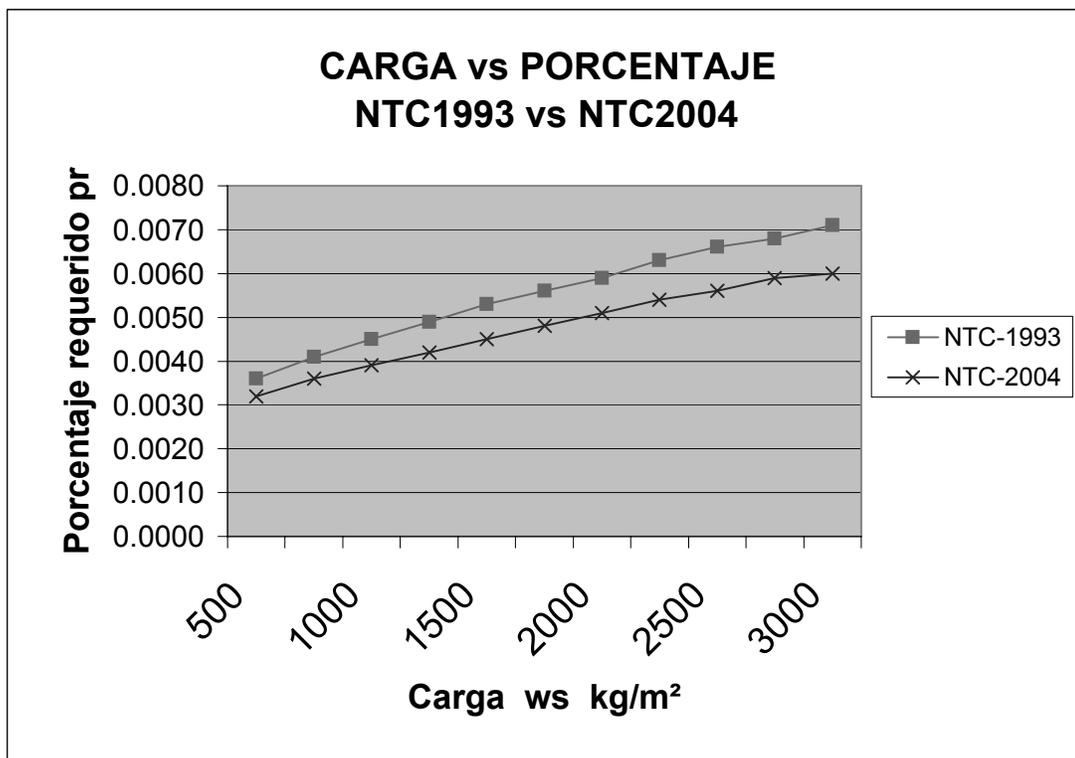


## GRÁFICA DE LOSA AISLADA

### Gráfica N° 2 Carga vs Porcentaje Requerido

Para losas de tipo no monolítico en sus apoyos

w kg/m <sup>2</sup>	pr cm <sup>2</sup> Corto-Largo	pr cm <sup>2</sup> Corto-Largo
	<b>NTC-1993</b>	<b>NTC-2004</b>
500	0.0036	0.0032
<b>750</b>	<b>0.0041</b>	<b>0.0036</b>
1000	0.0045	0.0039
1250	0.0049	0.0042
1500	0.0053	0.0045
1750	0.0056	0.0048
2000	0.0059	0.0051
2250	0.0063	0.0054
2500	0.0066	0.0056
2750	0.0068	0.0059
3000	0.0071	0.0060

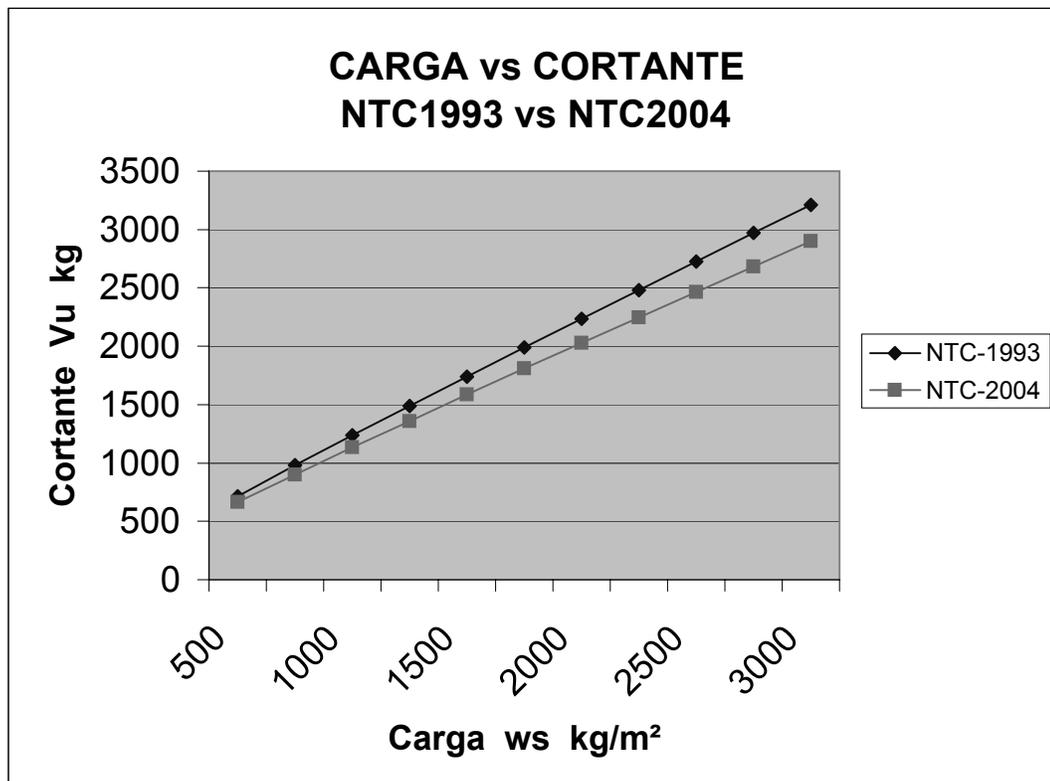


### GRÁFICA DE LOSA AISLADA

#### Gráfica N° 3 Carga vs Cortante Ultimo

Para losas de tipo no monolítico en sus apoyos

w kg/m <sup>2</sup>	Vu kg	Vu kg
	NTC-1993	NTC-2004
500	715.91	665.36
<b>750</b>	<b>978.91</b>	<b>901.93</b>
1000	1236.17	1132.74
1250	1489.67	1360.06
1500	1740.37	1584.75
1750	1989.1	1807.45
2000	2236	2028.43
2250	2481.48	2248.04
2500	2725.73	2466.39
2750	2968.84	2683.72
3000	3210.99	2900.06



**PROCEDIMIENTO Y METODOLOGIA PARA EL DISEÑO DE LA LOSA POR COMPUTADORA  
Aplicando el RCDF Y NTC Publicado en el Diario Oficial de la Federación Agosto 1993  
para Estructuras de Concreto**

**DISEÑO DE LOSA INTERIOR**

**Para Concreto Clase I  $250 \leq f'c$  kg/cm<sup>2</sup>  
Tipo de Losa No Monolítica**

**DATOS**

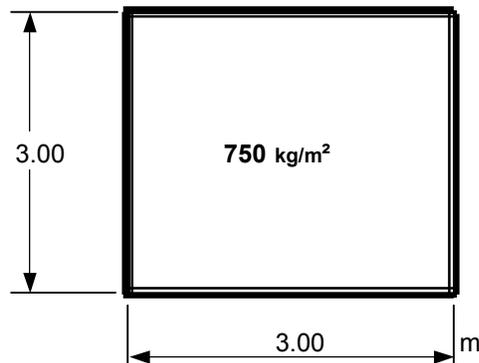
**Datos**

Carga viva + carga muerta " cv+cm "	<b>ws =</b>	<b>750 kg/m<sup>2</sup></b>
Claro corto	a1 =	300 cm
Claro largo	a2 =	300 cm
Resistencia del concreto	f'c =	250 kg/cm <sup>2</sup>
Esfuerzo de fluencia	fy =	4200 kg/cm <sup>2</sup>

**Datos dado por el RCDF y NTC del año 1993**

Factor de carga " Fc "	1.40	RCDF Art. 194
Factor de resistencia " FR "		NTC ref 1.6
Flexión	FRF = 0.90	
Cortante	FRV = 0.80	
Recubrimiento	r = 1.50 cm	NTC ref 3.4
Tipo de Losa No Monolítica NoMNL =	<b>1.50</b> lados discontinuos	NTC ref. 4.3.3. e

**Caso de Interior**



## DISEÑO DE LOSA INTERIOR

Peso volumétrico del concreto		2.4 t/m <sup>3</sup>		wvol
Resistencia nominal	f*c =	200.00 kg/cm <sup>2</sup>	NTC ref. 1.4.1 b	f*c = 0.8 * f'c
Resistencia sección	f'c =	170.00 kg/cm <sup>2</sup>	NTC ref. 2.1.2. b	f'c = 0.85 * f*c

### Cálculo del Peralte Total

#### Condiciones que debe cumplir

i.-  $f_s \leq 2000$  kg/cm<sup>2</sup>

NTC ref. 4.3.3. e

ii.-  $w \leq 380$  kg/m<sup>2</sup>

NTC ref. 4.3.3. e

No cumple	f <sub>s</sub> =	2520.00 kg/cm <sup>2</sup>	NTC ref. 4.3.3. e	f <sub>s</sub> = 0.6 * f <sub>y</sub>
No cumple	w <sub>s</sub> =	750.00 kg/m <sup>2</sup>	RCDF Art.188	w <sub>s</sub> = cm + cv

Tipo no monolítica	<b>NoMNL =</b>	<b>1.50</b>	NTC ref. 4.3.3. e	<b>NoMNL = 1.50</b>
Cálculo perímetro	Perim =	1200.00 cm	NTC ref. 4.3.3. e	Perim = (a1+a1) + (a2+a2)
Peralte mínimo	d <sub>mín</sub> =	4.44 cm	NTC ref. 4.3.3. e	<b>d<sub>mín</sub> = Perim / 270</b>
Factor corrección	k =	1.26	NTC ref. 4.3.3. e	<b>k = 0.034 * ( f<sub>s</sub> * W )<sup>(1/4)</sup></b>
Peralte mín corregido	d <sub>mín c</sub> =	5.60 cm	NTC ref. 4.3.3. e	d <sub>mín</sub> = k * ( Perim / 270)
Peralte teórico	<b>h =</b>	<b>7.10 cm</b>		h = d <sub>mín c</sub> + r
Peralte total práctico	<b>h =</b>	<b>10.00 cm</b>		
Peso propio de la losa	w <sub>popo</sub> =	170.47 kg/m	RCDF Art.196	w <sub>popo</sub> = h * wvol
Carga total para diseño	WT =	920.47 kg/m <sup>2</sup>	RCDF Art.188	WT = w <sub>s</sub> + wvol
Carga última diseño	<b>Wu =</b>	<b>1288.66 kg/m<sup>2</sup></b>	NTC ref. 1.2	Wu = F <sub>c</sub> * WT

#### Cálculo del porcentaje " p " de acero de diseño

Porcentaje balanceado	pb =	0.0190 %	NTC ref. 2.1.2 b	<b>pb = ( f'c / f<sub>y</sub> ) * (4800 / (f<sub>y</sub>+6000))</b>
Porcentaje mínimo	pmín =	0.0026 %	NTC ref. 2.1.2 a	pmín = (0.7 * √f'c) / f <sub>y</sub>

Condición: pmín ≤ pr < pb

#### Cálculo del acero requerido " As "

Acero balanceado	<b>Asb =</b>	<b>10.67 cm<sup>2</sup></b>	NTC ref. 2.1.2 b	Asb = pb * b * d
Acero mínimo	Asmín =	1.48 cm <sup>2</sup>	NTC ref. 2.1.2 a	Asmín = pmín * b * d

# CÁLCULO DE LOSA INTERIOR

## Tipo de Losa No Monolíticamente en sus apoyos "NoMNL"

### Datos

Carga de servicio	<b>ws =</b>	750 kg/m <sup>2</sup>
Esf de fluencia	<b>fy =</b>	4200 kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia	<b>f'c =</b>	250 kg/cm <sup>2</sup>
Resistenc nominal	<b>f*c =</b>	200 kg/cm <sup>2</sup>
Resisten sección	<b>f "c =</b>	170 kg/cm <sup>2</sup>
Ancho unitario	<b>b =</b>	100 cm
Recubrimiento	<b>r =</b>	1.5 cm
Peralte efectivo	<b>d =</b>	5.6 cm
Peralte requerido	<b>h =</b>	7.1 cm
Claro corto	<b>a1 =</b>	3 m
Claro largo	<b>a2 =</b>	3 m
w peso propio	<b>wpopo =</b>	170.4 kg/m <sup>2</sup>
Carga total	<b>WT =</b>	920.4 kg/m <sup>2</sup>
Carga última	<b>Wu =</b>	1288.6 kg/m <sup>2</sup>
Factor de carga	<b>Fc =</b>	1.4
Factor resistencia	<b>FR =</b>	0.9
Factor al cortante	<b>FV =</b>	0.8
Porcentaje mínimo	<b>pmín =</b>	0.0026
Porcentaje balanc	<b>pb =</b>	0.0190

### Formulas

WT = ws+ wpopo  
Wu = Fc\* WT  
**K = Se obtiene de Tabla 4.1**  
Mu = Wu \* a1<sup>2</sup> \* K \*10<sup>-4</sup>  
(FR \* b \* d<sup>2</sup> \* f'c )

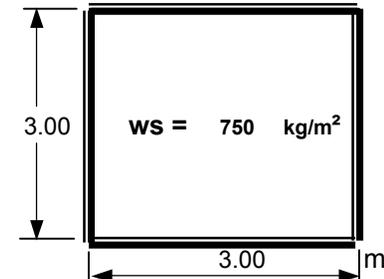
### Condición: Pmín ≤ Pr < Pb

**pb = (f'c / fy) \* (4800 / (fy+6000))**  
**pr = (f'c / fy) \* [1 - √(1 - [(2\*Mu) / (FR\*b\*d<sup>2</sup> f "c)])]**  
**pmín = (0.7\*(√f'c)) / fy**

### Acero Teórico

Asmín = pmín \* b \* d  
As = p \* b \* d  
s = (100\* ascom) / Ascom

### Caso de Interior



Datos

Datos  
Tablas

NUMERO DE TABLERO	MOMENTO	CLARO	a1 m	a2 m	m = a1/a2	K Tabla 4.1	Wu kg/m <sup>2</sup>	Mu kg.m	FRbd <sup>2</sup> (f'c)	pr	pmin NTC	pr NTC	As cm <sup>2</sup>	a/com 5/16"	A/com cm2	No. Vari	S (cm)
INTERIOR Todos los bordes continuos	Neg en Bordes interiores	CORTO	3.00	3.00	1	292.0	1288.6	338.63	479808.0	0.0030	0.0026	0.0030	1.66	0.49	2.45	7.00	14.29
		LARGO	3.00	3.00	1	292.0	1288.6	338.63	479808.0	0.0030	0.0026	0.0030	1.66	0.49	2.45	7.00	14.29
	Positivo	CORTO	3.00	3.00	1	130.0	1288.6	150.76	479808.0	0.0013	0.0026	0.0026	1.48	0.49	2.45	7.00	14.29
		LARGO	3.00	3.00	1	130.0	1288.6	150.76	479808.0	0.0013	0.0026	0.0026	1.48	0.49	2.45	7.00	14.29

## REVISIÓN POR CORTANTE

Condición: V < Vc

V = 930.34 kg  
Vc = 3167.84 kg

**V = (((a1/2) - d) \* Wu) / (1 + (a1/a2)^6)**  
**Vc = 0.5 \* FR \* b \* d \* √f'c**

## RESULTADOS

### Peralte total

As comercial Ascom cm2 2.45 cm<sup>2</sup>  
Separación Cálculado s = 14.29 cm  
NTC ref.4.3.3.d s = 14 cm

h = 10.0 cm

**PROCEDIMIENTO Y METODOLOGIA PARA EL DISEÑO DE LA LOSA POR COMPUTADORA**  
*Aplicando el RCDF Y NTC Publicado en el Diario Oficial de la Federación 6 de Octubre 2004*  
**para Estructuras de Concreto**

**DISEÑO DE LOSA INTERIOR**

Para Concreto Clase I  $250 \leq f'c$  kg/cm<sup>2</sup>

Tipo de Losa No Monolítica

**DATOS**

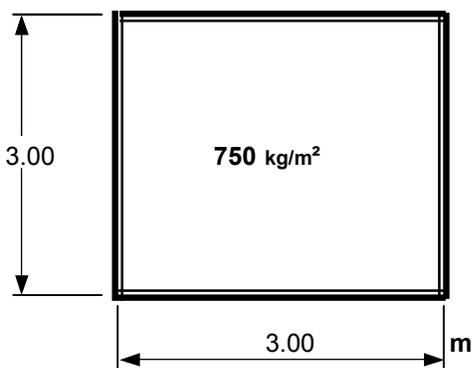
**Datos**

Carga viva + carga muerta " cv+cm "	<b>ws =</b>	<b>750 kg/m<sup>2</sup></b>
Claro corto	a1 =	300 cm
Claro largo	a2 =	300 cm
Resistencia del concreto	f'c =	250 kg/cm <sup>2</sup>
Esfuerzo de fluencia	fy =	4200 kg/cm <sup>2</sup>

**Datos dado por el RCDF y NTC del año 2004**

Factor de carga " Fc "	1.40	RCDF-NTC ref 3.4
Factor de resistencia " FR "		NTC ref 1.7
Flexión	FRF = 0.90	
Cortante	FRV = 0.80	
Recubrimiento	r = 2 cm	NTC ref 4.9.3
Tipo de Losa No Monolítica NoMNL =	<b>1.50</b> Lados discontinuos	NTC ref. 6.3.3.5

**Caso Interior**



## DISEÑO DE LOSA INTERIOR

Peso volumétrico del concreto		2.4 t/m <sup>3</sup>		wvol
Resist nominal	f <sup>'</sup> c =	200.00 kg/cm <sup>2</sup>	NTC ref. 1.5.1.2	f <sup>'</sup> c = 0.8 * f <sup>'</sup> c
Resist sección	f <sup>'</sup> c =	170.00 kg/cm <sup>2</sup>	NTC ref. 2.1.e	f <sup>'</sup> c = 0.85 * f <sup>'</sup> c

### Cálculo del Peralte Total

#### Condiciones que debe cumplir

i.- fs ≤ 2520 kg/cm <sup>2</sup>			NTC ref. 6.3.3.5	
ii.- w ≤ 380 kg/m <sup>2</sup>			NTC ref. 6.3.3.5	

No cumple	fs =	2520.00 kg/cm <sup>2</sup>	NTC ref. 6.3.3.5	fs = 0.6 * fy
No cumple	ws =	750.00 kg/m <sup>2</sup>	NTC ref. 2.3.a	ws = cm + cv

<b>Tipo no monolítica</b>	<b>NoMNL =</b>	<b>1.50</b>	NTC ref. 6.3.3.5	<b>NoMNL = 1.50</b>
Cálculo de perímetro	Perim =	1200.00 cm	NTC ref. 6.3.3.5	Perim = (a1+ a1) + (a2 + a2)
Peralte mínimo	dmin =	4.80 cm	NTC ref. 6.3.3.5	<b>dmin = Perim / 250</b>
Factor corrección	k =	1.261	NTC ref. 6.3.3.5	<b>k = 0.032 * (fs * W)<sup>(1/4)</sup></b>
Peralte mín coregido	dmin c =	6.05 cm	NTC ref. 6.3.3.5	dmin = k * ( Perim / 250)
Peralte teórico	h =	8.05 cm		h = dminc + r
Peralte total práctico	h =	10.0 cm		
Peso propio de la losa	wpopo =	193.23 kg/m	NTC ref. 5.1	wpopo = h * wvol
Carga total para diseño	WT =	943.23 kg/m <sup>2</sup>	NTC ref. 2.3.a	WT = ws + wvol
Carga última diseño	Wu =	1320.52 kg/m <sup>2</sup>	NTC ref. 1.3.1	Wu = Fc * WT

Condición i	<b>Bi =</b>	<b>0.85</b>	NTC ref. 2.1 e	si f <sup>'</sup> c ≤ 280 kg/cm <sup>2</sup>	<b>se cumple</b>
Condición ii	<b>Bii =</b>	<b>0.11</b>	NTC ref. 2.1 e	<b>Bii = 1.05 - (f<sup>'</sup>c/1400) ≥ 0.65</b>	si f <sup>'</sup> c > 280

#### Cálculo del porcentaje " p " de acero de diseño

Porcentaje balanceado	<b>pb =</b>	<b>0.0202 %</b>	NTC ref. 2..2.2	<b>pb = (f<sup>'</sup>c / fy) * ((6000 * Bi) / (fy+6000))</b>
Porcentaje máximo	<b>máx =</b>	<b>0.0182 %</b>	NTC ref. 2..2.2	<b>pmáx = 0.90 * pb</b>
Porcentaje mínimo	<b>pmín =</b>	<b>0.0026 %</b>	NTC ref. 2..2.1	<b>pmín = (0.7 * √f<sup>'</sup>c) / fy</b>

Condición: pmín ≤ pr < pmáx < pb

#### Cálculo del acero requerido " As "

Acero máximo	Amáx =	11.02 cm <sup>2</sup>	NTC ref. 2..2.2	Asmáx = pmáx * b * d
Acero mínimo	Asmín =	1.59 cm <sup>2</sup>	NTC ref. 2..2.1	Asmín = pmín * b * d

## CÁLCULO DE LOSA INTERIOR

Capítulo III.2 Diseño de losas  
RCDF Y NTC · 2004

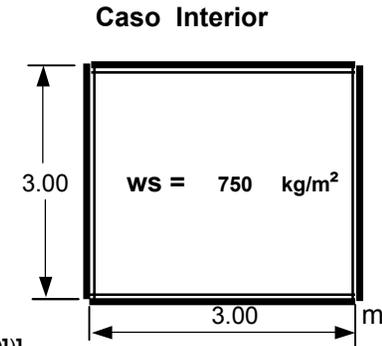
### Tipo de Losa No Monolíticamente en sus apoyos "NoMNL"

	<b>Datos</b>	
Carga de servicio	<b>ws = 750 kg/m<sup>2</sup></b>	
Esf de fluencia	<b>fy = 4200 kg/cm<sup>2</sup></b>	
Resistencia	<b>f'c = 250 kg/cm<sup>2</sup></b>	
Resisten nominal	<b>f*c = 200 kg/cm<sup>2</sup></b>	
Resisten sección	<b>f "c = 170 kg/cm<sup>2</sup></b>	
Ancho unitario	<b>b = 100 cm</b>	
Recubrimiento	<b>r = 2.0 cm</b>	
Peralte efectivo	<b>d = 6.05 cm</b>	
Peralte total	<b>h = 8.05 cm</b>	
Claro corto	<b>a1 = 3.00 m</b>	
Claro largo	<b>a2 = 3.00 m</b>	
w peso propio	<b>wpopo = 193.20 kg/m<sup>2</sup></b>	
Carga total	<b>WT = 943.20 kg/m<sup>2</sup></b>	
Carga última	<b>Wu = 1320.48 kg/m<sup>2</sup></b>	
Factor de carga	<b>Fc = 1.40</b>	
Factor resistencia	<b>FR = 0.90</b>	
Factor al cortante	<b>FV = 0.80</b>	
Porcentaje mínimo	<b>pmín = 0.0026</b>	<b>Asmín = 1.59 cm<sup>2</sup></b>
Porcentaje máximo	<b>pmáx = 0.0182</b>	<b>Asmáx = 11.02 cm<sup>2</sup></b>

**Formulas**  
 WT = ws + wpopo  
 Wu = Fc \* WT  
**K = Se obtiene de Tablas 6.1**  
 Mu = Wu \* a1<sup>2</sup> \* K \* 10<sup>-4</sup>  
 (FR \* b \* d<sup>2</sup> \* f "c)

**Condición: pmín ≤ pr < máx < pb**  
**pb = (f'c / fy) \* ((6000 \* Bi) / (fy+6000))**  
**pmáx = 0.90 \* pb**  
 pr = (f'c / fy) \* [1 - √(1 - [(2\*Mu) / (FR\*b\*d<sup>2</sup> \* f'c)])]  
 pmin =(0.7 \* √f 'c) / fy

**Acero Teórico**  
 Asmín = pmín \* b \* d  
 As = p \* b \* d  
 s =(100\* ascom) / Ascom



Datos

Datos Datos  
Tablas Tablas

NUMERO DE TABLERO	MOMENTO	CLARO	a1 m	a2 m	m = a1/a2	K Tabla 6.1	Wu kg/m <sup>2</sup>	Mu kg.m	FRbd <sup>2</sup> (f'c)	pr	pmin NTC	pr NTC	As cm <sup>2</sup>	a/com 5/16"	A/com cm <sup>2</sup>	No. Vari	S (cm)
<b>INTERIOR</b> Todos los bordes continuos	<b>Neg en Bordes interiores</b>	CORTO	3.00	3.00	1	<b>292.0</b>	1320.5	347.02	560018.25	<b>0.0026</b>	0.0026	<b>0.0026</b>	<b>1.59</b>	0.49	1.96	4.00	25.00
		LARGO	3.00	3.00	1	<b>292.0</b>	1320.5	347.02	560018.25	<b>0.0026</b>	0.0026	<b>0.0026</b>	<b>1.59</b>	0.49	1.96	4.00	25.00
	<b>Positivo</b>	CORTO	3.00	3.00	1	<b>130.0</b>	1320.5	154.50	560018.25	<b>0.0011</b>	0.0026	<b>0.0026</b>	<b>1.59</b>	0.49	1.96	4.00	25.00
		LARGO	3.00	3.00	1	<b>130.0</b>	1320.5	154.50	560018.25	<b>0.0011</b>	0.0026	<b>0.0026</b>	<b>1.59</b>	0.49	1.96	4.00	25.00

### REVISIÓN POR CORTANTE

Condición V < Vc

V = **855.37 kg**  
 Vc = 3422.40 kg

NTC ref. 6.3.3.6 ec.6.8

**V = ((a1/2)-d) \* (0.95-((0.5\*a1)/a2)) \* Wu**  
 Vc = 0.5 \* FR \* b \* d \* √f'c

### RESULTADOS

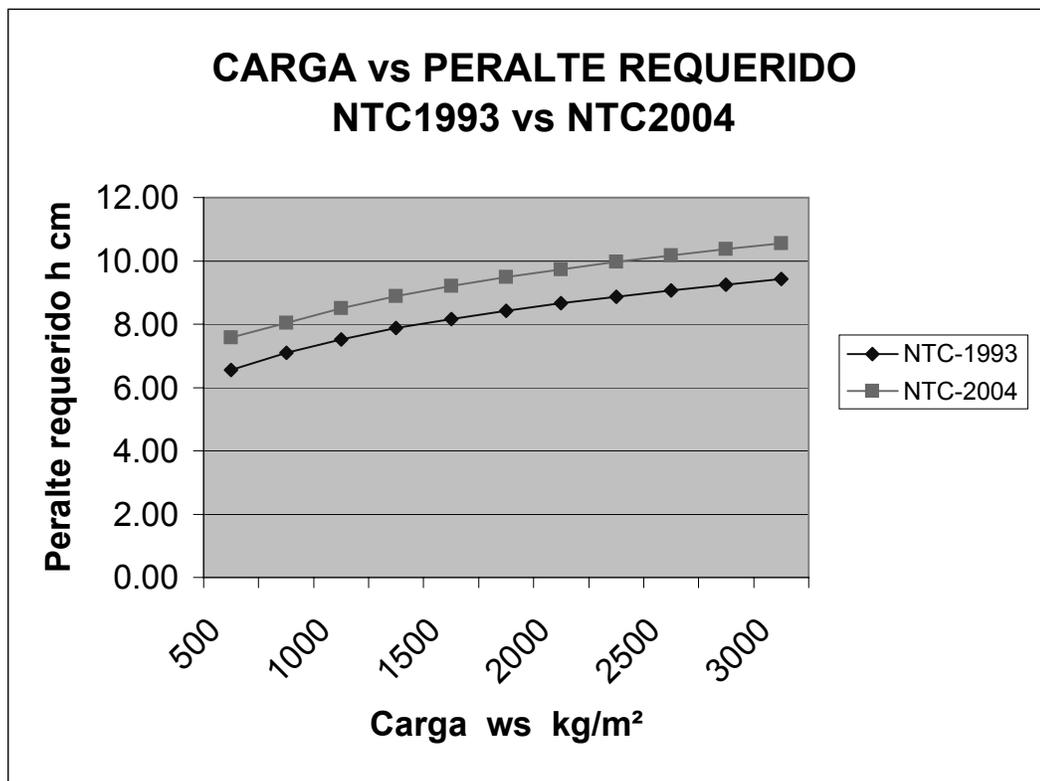
**Peralte total** h = **10.0 cm**  
 As comercial Ascom cm<sup>2</sup> **1.96 cm<sup>2</sup>**  
 Separación Cálculado s = **25.00 cm**  
 Separación NTC ref.6.5.3.4 s = **15.13 cm**

## GRÁFICA DE LOSA INTERIOR

### Gráfica N° 1 Carga vs Peralte Total

Para losas de tipo no monolítico en sus apoyos

w kg/m <sup>2</sup>	h cm	
	NTC-1993	NTC-2004
500	6.56	7.57
<b>750</b>	<b>7.10</b>	<b>8.05</b>
1000	7.52	8.5
1250	7.87	8.88
1500	8.16	9.2
1750	8.42	9.48
2000	8.66	9.73
2250	8.87	9.96
2500	9.07	10.18
2750	9.25	10.37
3000	9.42	10.56

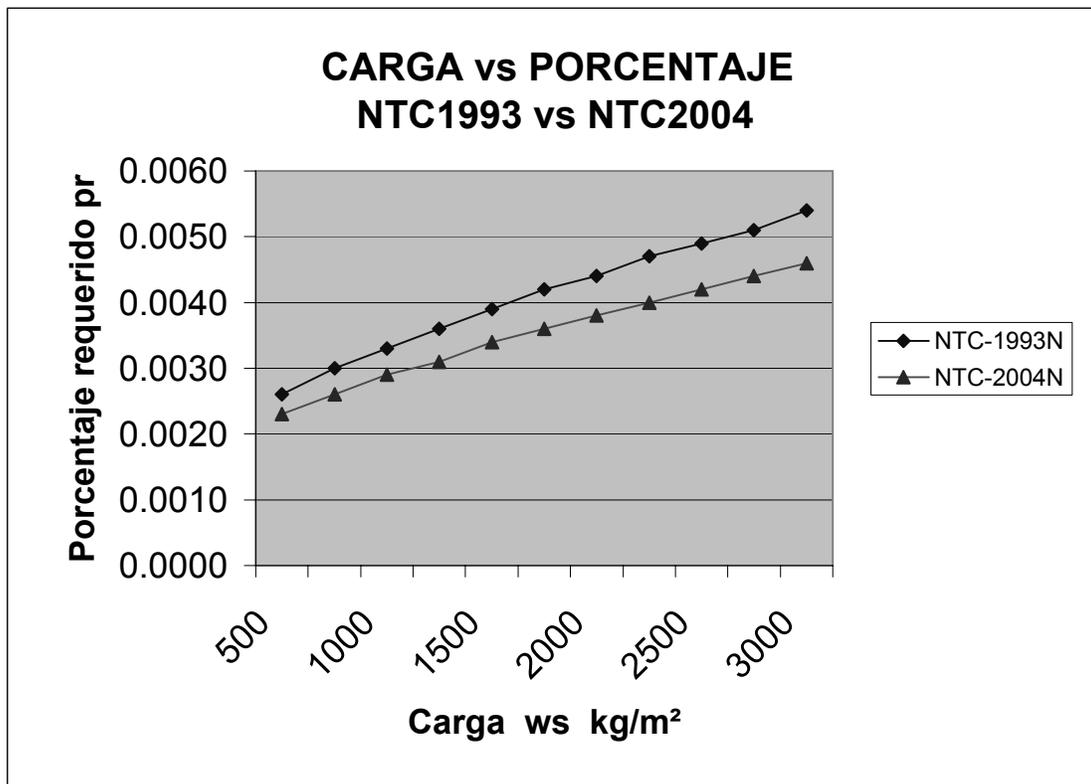


## GRÁFICA DE LOSA INTERIOR

### Gráfica N° 2 Carga vs Porcentaje Requerido

Para losas de tipo no monolítico en sus apoyos

w kg/m <sup>2</sup>	Pr% cm <sup>2</sup>	Pr% cm <sup>2</sup>
	Corto-Largo	Corto-Largo
	NTC-1993N	NTC-2004N
500	0.0026	0.0023
<b>750</b>	<b>0.0030</b>	<b>0.0026</b>
1000	0.0033	0.0029
1250	0.0036	0.0031
1500	0.0039	0.0034
1750	0.0042	0.0036
2000	0.0044	0.0038
2250	0.0047	0.0040
2500	0.0049	0.0042
2750	0.0051	0.0044
3000	0.0054	0.0046

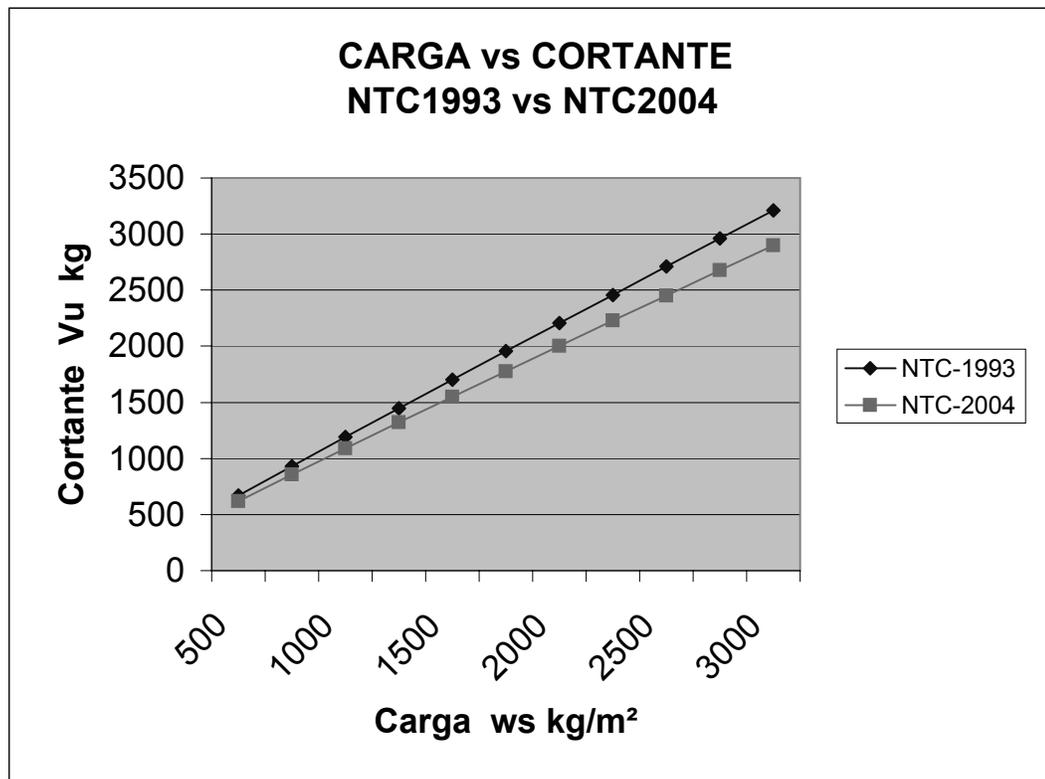


### GRÁFICA DE LOSA INTERIOR

#### Gráfica N° 3 Carga vs Cortante Último

Para losas de tipo no monolítico en sus apoyos

w kg/m <sup>2</sup>	Vu kg	Vu kg
	NTC-1993	NTC-2004
500	667.03	618.51
<b>750</b>	<b>930.34</b>	<b>855.37</b>
1000	1189.76	1088.48
1250	1446.66	1319.12
1500	1701.57	1548.10
1750	1955.13	1775.57
2000	2207.96	2001.91
2250	2458.96	2227.32
2500	2709.55	2451.96
2750	2959.37	2675.81
3000	3208.53	2899.05



**PROCEDIMIENTO Y METODOLOGIA PARA EL DISEÑO DE LA LOSA POR COMPUTADORA  
Aplicando el RCDF Y NTC Publicado en el Diario Oficial de la Federación Agosto 1993  
para Estructuras de Concreto**

**DISEÑO DE LOSA DE ESQUINA**

**Para Concreto Clase I  $250 \leq f'c$  kg/cm<sup>2</sup>**  
**Tipo de Losa No Monolítica**

**DATOS**

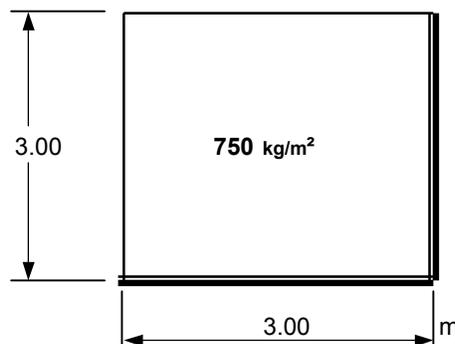
**Datos**

Carga viva + carga muerta "cv+cm "	<b>ws =</b>	<b>750 kg/m<sup>2</sup></b>
Claro corto	a1 =	300 cm
Claro largo	a2 =	300 cm
Resistencia del concreto	f'c =	250 kg/cm <sup>2</sup>
Esfuerzo de fluencia	fy =	4200 kg/cm <sup>2</sup>

**Datos dado por el RCDF-93 y NTC-96**

Factor de carga " Fc "	1.40	RCDF Art. 194
Factor de resistencia " FR "		NTC ref 1.6
Flexión	FRF = 0.90	
Cortante	FRV = 0.80	
Recubrimiento	r = 1.50 cm	NTC ref 3.4
<b>Tipo de Losa No Monolítica NoMNL =</b>	<b>1.50</b> Lados discontinuos	NTC ref. 4.3.3 e

**Caso de Esquina**



## DISEÑO DE LOSA DE ESQUINA

Peso volumétrico del concreto $t/m^3$		2.4 $t/m^3$		wvol
Resistencia nominal	$f^*c =$	200.00 $kg/cm^2$	NTC ref. 1.4.1 b	$f^*c = 0.8 * f^*c$
Resistencia sección	$f^*c =$	170.00 $kg/cm^2$	NTC ref. 2.1.2 b	$f^*c = 0.85 * f^*c$

### Cálculo del Peralte Total

#### Condiciones que debe cumplir

i.-  $fs \leq 2000 \text{ kg/cm}^2$  NTC ref. 4.3.3. e

ii.-  $w \leq 380 \text{ kg/m}^2$  NTC ref. 4.3.3. e

No cumple	$fs =$	2520.00 $kg/cm^2$	NTC ref. 4.3.3. e	$fs = 0.6 * fy$
No cumple	$ws =$	750.00 $kg/m^2$	RCDF Art.188	$ws = cm + cv$
Tipo no monolítica	<b>NoMNL =</b>	<b>1.50</b>	NTC ref. 4.3.3. e	<b>NoMNL = 1.50</b>
Cálculo del perímetro	Perím =	1500.00 cm	NTC ref. 4.3.3. e	Perím = (NoMNL * a1) + a1 + (NoMNL * a2) + a2
Peralte mínimo	$dmín =$	5.56 cm	NTC ref. 4.3.3. e	<b><math>dmín = \text{Perím} / 270</math></b>
Factor corrección	$k =$	1.26	NTC ref. 4.3.3. e	<b><math>k = 0.034 * (fs * W)^{(1/4)}</math></b>
Peralte mín corregido	$dmín c =$	7.00 cm	NTC ref. 4.3.3. e	$dmín = k * (\text{Perím} / 270)$
Peralte teórico	<b><math>h =</math></b>	<b>8.50 cm</b>		$h = dmín c + r$
Peralte total práctico	$h =$	10.00 cm		
Peso propio de la losa	wpopo =	204.09 $kg/m$	RCDF ART.196	wpopo = $h * wvol$
Carga total para diseño	WT =	954.09 $kg/m^2$	RCDF Art.188	WT = $ws + wvol$
Carga última diseño	<b>Wu =</b>	<b>1335.72 <math>kg/m^2</math></b>	NTC ref. 1.2	Wu = $Fc * WT$

#### Cálculo del porcentaje " p " de acero de diseño

Porcentaje balanceado	$pb =$	0.0190 %	NTC ref. 2.1.2 b	<b><math>pb = (f^*c / fy) * (4800 / (fy + 6000))</math></b>
Porcentaje mínimo	$pmín =$	0.0026 %	NTC ref. 2.1.2 a	$pmín = (0.7 * \sqrt{f^*c}) / fy$

Condición:  $pmín \leq pr < pb$

#### Cálculo del acero requerido " As "

Acero balanceado	Asb =	13.34 $cm^2$	NTC ref. 2.1.2 b	Asb = $pb * b * d$
Acero mínimo	Asmín =	1.85 $cm^2$	NTC ref. 2.1.2 a	Asmín = $pmín * b * d$

# CÁLCULO DE LOSA DE ESQUINA

## Tipo de Losa No Monolíticamente en sus apoyos

Datos	
Carga de servicio	<b>WS = 750 kg/m<sup>2</sup></b>
Esf de fluencia	<b>fy = 4200 kg/cm<sup>2</sup></b>
Resistencia	<b>fic = 250 kg/cm<sup>2</sup></b>
Resistenc nominal	<b>f*c = 200 kg/cm<sup>2</sup></b>
Resisten sección	<b>f "c = 170 kg/cm<sup>2</sup></b>
Ancho unitario	<b>b = 100 cm</b>
Recubrimiento	<b>r = 1.5 cm</b>
Peralte efectivo	<b>d = 7.0 cm</b>
Peralte requerido	<b>h = 8.5 cm</b>
Claro corto	<b>a1 = 3.0 m</b>
Claro largo	<b>a2 = 3.0 m</b>
w peso propio	<b>wpopo = 204 kg/m<sup>2</sup></b>
Carga total	<b>WT = 954.0 kg/m<sup>2</sup></b>
Carga última	<b>Wu = 1335.6 kg/m<sup>2</sup></b>
Factor de carga	<b>Fc = 1.4</b>
Factor resistencia	<b>FR = 0.9</b>
Factor al cortante	<b>Fv = 0.8</b>
Porcentaje mínimo	<b>pmín = 0.0026</b>
Porcentaje balanc	<b>pb = 0.0190</b>

## Formulas

WT = ws + wpopo  
 Wu = Fc \* WT  
**K = Se obtiene de Tabla 4.1**  
 Mu = Wu \* a1<sup>2</sup> \* K \* 10<sup>-4</sup>  
 (FR \* b \* d<sup>2</sup> \* f "c)

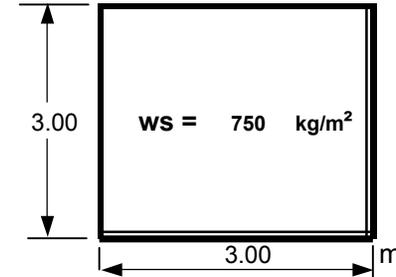
**Condición: pmín ≤ Pr < Pb**

**pb = (f"c / fy) \* (4800 / (fy+6000))**  
**pr = (f"c / fy) \* [1 - √(1 - [(2\*Mu) / (FR\*b\*d<sup>2</sup> \* f"c)])]**  
**pmín = (0.7\*(√ f"c)) / fy**

## Acero Teórico

Asmín = pmín \* b \* d  
 As = p \* b \* d  
 s = (100\* ascom) / Ascom

## Caso de Esquina



Datos

Datos  
Tablas

NUMERO DE TABLERO	MOMENTO	CLARO	a1 m	a2 m	m = a1/a2	K Tabla 4.1	Wu kg/m <sup>2</sup>	Mu kg.m	FRbd <sup>2</sup> (f"c)	pr	pmin NTC	pr NTC	As cm <sup>2</sup>	a/com 5/16"	A/com cm <sup>2</sup>	No. Vari	S (cm)
<b>DE ESQUINA</b> Dos lados adyacentes discontinuos	<b>Neg en Bordes interiores</b>	CORTO	3.00	3.00	1	364.0	<b>1335.6</b>	437.54	749700.0	<b>0.0024</b>	0.0026	<b>0.0026</b>	<b>1.84</b>	0.49	2.45	6.00	16.67
		LARGO	3.00	3.00	1	364.0	<b>1335.6</b>	437.54	749700.0	<b>0.0024</b>	0.0026	<b>0.0026</b>	<b>1.84</b>	0.49	2.45	6.00	16.67
	<b>Neg en Borde discontinuo</b>	CORTO	3.00	3.00	1	0.0	<b>1335.6</b>	0.00	749700.0	<b>0.0000</b>	0.0026	<b>0.0026</b>	<b>1.84</b>	0.49	2.45	6.00	16.67
		LARGO	3.00	3.00	1	0.0	<b>1335.6</b>	0.00	749700.0	<b>0.0000</b>	0.0026	<b>0.0026</b>	<b>1.84</b>	0.49	2.45	6.00	16.67
	<b>Positivo</b>	CORTO	3.00	3.00	1	153.0	<b>1335.6</b>	183.91	749700.0	<b>0.0010</b>	0.0026	<b>0.0026</b>	<b>1.84</b>	0.49	2.45	6.00	16.67
		LARGO	3.00	3.00	1	153.0	<b>1335.6</b>	183.91	749700.0	<b>0.0010</b>	0.0026	<b>0.0026</b>	<b>1.84</b>	0.49	2.45	6.00	16.67

## REVISIÓN POR CORTANTE

Condición V < Vc

V = **954.95 kg**  
 Vc = **3959.80 kg**

**V = (((a1/2)-d)\*Wu) / (1+(a1/a2)^6)**  
**Vc = 0.5\*FR\*b\*d\*(f\*c)^0.5**

## RESULTADOS

**Peralte total** h = **10.0 cm**  
 As comercial Ascom cm<sup>2</sup> **2.45 cm<sup>2</sup>**  
 Separación Cálculado s = **16.67 cm**  
 Separación NTC ref. 4.3.3.d s = **17.5 cm**

**PROCEDIMIENTO Y METODOLOGIA PARA EL DISEÑO DE LA LOSA POR COMPUTADORA  
Aplicando el RCDF Y NTC Publicado en el Diario Oficial de la Federación 6 de Octubre 2004  
para Estructuras de Concreto**

**DISEÑO DE LOSA DE ESQUINA**

**Para Concreto Clase I  $250 \leq f'c$  kg/cm<sup>2</sup>**  
**Tipo de Losa No Monolítica**

**DATOS**

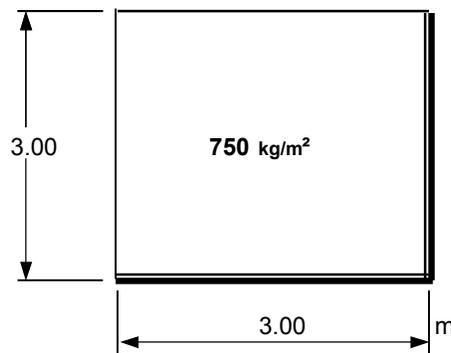
**Datos**

Carga viva + carga muerta "cv+cm "	<b>ws =</b>	<b>750 kg/m<sup>2</sup></b>
Claro corto	a1 =	300 cm
Claro largo	a2 =	300 cm
Resistencia del concreto	f'c =	250 kg/cm <sup>2</sup>
Esfuerzo de fluencia	fy =	4200 kg/cm <sup>2</sup>

**Datos dado por el RCDF y NTC del año 2004**

Factor de carga " Fc "	1.40	RCDF-NTC ref 3.4
Factor de resistencia " FR "		NTC ref 1.7
Flexión	FRF = 0.90	
Cortante	FRV = 0.80	
Recubrimiento	r = 2 cm	NTC ref 4.9.3
<b>Tipo de Losa No Monolítica NoMNL =</b>	<b>1.50</b> Lados discontinuos	NTC ref. 6.3.3.5

**Caso de Esquina**



## DISEÑO DE LOSA DE ESQUINA

Peso volumétrico del concreto		2.4 t/m <sup>3</sup>		wvol
Resist nominal	f <sup>'</sup> c =	200.00 kg/cm <sup>2</sup>	NTC ref. 1.5.1.2	f <sup>'</sup> c = 0.8 * f <sup>'</sup> c
Resist sección	f <sup>'</sup> c =	170.00 kg/cm <sup>2</sup>	NTC ref. 2.1.e	f <sup>'</sup> c = 0.85 * f <sup>'</sup> c

### Cálculo del Peralte Total

#### Condiciones que debe cumplir

i.- fs ≤ 2520 kg/cm<sup>2</sup> NTC ref. 6.3.3.5

ii.- w ≤ 380 kg/m<sup>2</sup> NTC ref. 6.3.3.5

No cumple	fs =	2520.00 kg/cm <sup>2</sup>	NTC ref. 6.3.3.5	fs = 0.6 * fy
No cumple	ws =	750.00 kg/m <sup>2</sup>	NTC ref. 2.3.a	ws = cm + cv

Tipo no monolítica	NoMNL =	1.50	NTC ref. 6.3.3.5	NoMNL = 1.50
Cálculo perímetro	Perím =	1500.00 cm	NTC ref. 6.3.3.5	Perím = (NoMNL * a1) + a1 + (NoMNL * a2) + a2
Peralte mínimo	d <sub>mín</sub> =	6.00 cm	NTC ref. 6.3.3.5	d <sub>mín</sub> = Perím / 250
Factor corrección	k =	1.261	NTC ref. 6.3.3.5	k = 0.032 * (fs * W) <sup>(1/4)</sup>
Peralte mín coregido	d <sub>mín c</sub> =	7.56 cm	NTC ref. 6.3.3.5	d <sub>mín c</sub> = k * (Perím / 250)
Peralte teórico	h =	9.56 cm		h = d <sub>mín c</sub> + r
Peralte total práctico	h =	10.0 cm		
Peso propio de la losa	w <sub>popo</sub> =	230 kg/m	NTC ref. 5.1	w <sub>popo</sub> = h * wvol
Carga total para diseño	WT =	979.53 kg/m <sup>2</sup>	NTC ref. 2.3.a	WT = ws + wvol
Carga última diseño	Wu =	1371.35 kg/m <sup>2</sup>	NTC ref. 1.3.1	Wu = Fc * WT

Condición i	Bi =	0.85	NTC ref. 2.1 e	si f <sup>'</sup> c ≤ 280 kg/cm <sup>2</sup> se cumple
Condición ii	Bii =	0.07	NTC ref. 2.1 e	Bii = 1.05 - (f <sup>'</sup> c/1400) ≥ 0.65 si f <sup>'</sup> c > 280

#### Cálculo del porcentaje " ρ " de acero de diseño

Porcentaje balanceado	pb =	0.0202 %	NTC ref. 2..2.2	pb = (f <sup>'</sup> c / fy) * ((6000 * Bi) / (fy+6000))
Porcentaje máximo	pmáx =	0.0182 %	NTC ref. 2..2.2	pmáx = 0.90 * pb
Porcentaje mínimo	pmín =	0.0026 %	NTC ref. 2..2.1	pmín = (0.7 * √f <sup>'</sup> c) / fy

Condición: pmín ≤ pr < pmáx < pb

#### Cálculo del acero requerido " As "

Acero máximo	Asmáx =	13.78 cm <sup>2</sup>	NTC ref. 2..2.2	Asmáx = pmáx * b * d
Acero mínimo	Asmín =	1.99 cm <sup>2</sup>	NTC ref. 2..2.1	Asmín = pmín * b * d

## CÁLCULO DE LOSA DE ESQUINA

Capítulo III.2 Diseño de losas  
RCDF Y NTC 1 2004

### Tipo de Losa No Monolíticamente en sus apoyos "NoMNL"

	Datos	
Carga de servicio	<b>ws =</b>	<b>750 kg/m<sup>2</sup></b>
Esf de fluencia	<b>fy =</b>	<b>4200 kg/cm<sup>2</sup></b>
Resistencia	<b>fic =</b>	<b>250 kg/cm<sup>2</sup></b>
Resisten nominal	<b>f*c =</b>	<b>200 kg/cm<sup>2</sup></b>
Resisten sección	<b>f "c =</b>	<b>170 kg/cm<sup>2</sup></b>
Ancho unitario	<b>b =</b>	<b>100 cm</b>
Recubrimiento	<b>r =</b>	<b>2.0 cm</b>
Peralte efectivo	<b>d =</b>	<b>6.81 cm</b>
Peralte total	<b>h =</b>	<b>8.81 cm</b>
Claro corto	<b>a1 =</b>	<b>3.00 m</b>
Claro largo	<b>a2 =</b>	<b>3.00 m</b>
w pesopropio	<b>wpopo =</b>	<b>211.44 kg/m<sup>2</sup></b>
Carga total	<b>WT =</b>	<b>961.44 kg/m<sup>2</sup></b>
Carga última	<b>Wu =</b>	<b>1346.0 kg/m<sup>2</sup></b>
Factor de carga	<b>Fc =</b>	<b>1.400</b>
Factor resistencia	<b>FR =</b>	<b>0.900</b>
Factor al cortante	<b>FV =</b>	<b>0.800</b>
Porcentaje mínimo	<b>pmín =</b>	<b>0.0026</b>
Porcentaje máximo	<b>pmáx =</b>	<b>0.0182</b>

### Formulas

$$WT = ws + wpopo$$

$$Wu = Fc * WT$$

**K =** Se obtiene de **Tabla 6.1**

$$Mu = Wu * a1^2 * K * 10^{-4}$$

$$(FR * b * d^2 * f "c)$$

**Condición: pmín ≤ pr < pmáx < pb**

$$pb = (f "c / fy) * ((6000 * Bi) / (fy + 6000))$$

$$pmáx = 0.90 * pb$$

$$pr = (f "c / fy) * [1 - \sqrt{1 - [(2 * Mu) / (FR * b * d^2 * f "c)]}]$$

$$pmín = (0.7 * \sqrt{f "c}) / fy$$

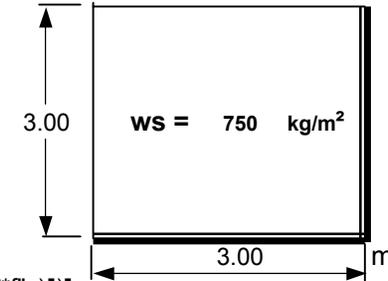
### Acero Teórico

$$Asmín = pmín * b * d$$

$$As = p * b * d$$

$$s = (100 * ascom) / Ascom$$

### Caso de Esquina



<b>Asmín =</b>	<b>1.79 cm<sup>2</sup></b>
<b>Asmáx =</b>	<b>12.40 cm<sup>2</sup></b>

Datos    Datos  
Tablas    Tablas

NUMERO DE TABLERO	MOMENTO	CLARO	a1 m	a2 m	m = a1/a2	K Tabla 6.1	Wu kg/m <sup>2</sup>	Mu kg.m	FRbd <sup>2</sup> (f "c)	pr	Pmin NTC	pr NTC	As cm <sup>2</sup>	a/com 5/16"	A/com cm <sup>2</sup>	No. Vari	S (cm)
<b>De ESQUINA</b> Dos lados adyacentes discontinuos	<b>Neg en Bordes interiores</b>	CORTO	3.00	3.00	1	<b>364.0</b>	1346.0	440.95	709554.33	<b>0.0026</b>	0.0026	<b>0.0026</b>	<b>1.79</b>	0.49	1.96	4.00	25.00
		LARGO	3.00	3.00	1	<b>364.0</b>	1346.0	440.95	709554.33	<b>0.0026</b>	0.0026	<b>0.0026</b>	<b>1.79</b>	0.49	1.96	4.00	25.00
	<b>Neg en Borde discontinuos</b>	CORTO	3.00	3.00	1	<b>0.0</b>	1346.0	0.00	709554.33	<b>0.0000</b>	0.0026	<b>0.0026</b>	<b>1.79</b>	0.49	1.96	4.00	25.00
		LARGO	3.00	3.00	1	<b>0.0</b>	1346.0	0.00	709554.33	<b>0.0000</b>	0.0026	<b>0.0026</b>	<b>1.79</b>	0.49	1.96	4.00	25.00
	<b>Positivo</b>	CORTO	3.00	3.00	1	<b>153.0</b>	1346.0	185.35	709554.33	<b>0.0011</b>	0.0026	<b>0.0026</b>	<b>1.79</b>	0.49	1.96	4.00	25.00
		LARGO	3.00	3.00	1	<b>153.0</b>	1346.0	185.35	709554.33	<b>0.0011</b>	0.0026	<b>0.0026</b>	<b>1.79</b>	0.49	1.96	4.00	25.00

### REVISIÓN POR CORTANTE

Condición  $V < Vc$

$$V = 867.31 \text{ kg}$$

$$Vc = 3852.32 \text{ kg}$$

NTC ref. 6.3.3.6 ec.6.8

$$V = ((a1/2) - d) * (0.95 - ((0.5 * a1)/a2)) * Wu$$

$$Vc = 0.5 * FR * b * d * \sqrt{f "c}$$

### RESULTADOS

**Peralte total**

As comercial

Separación

Separación

Ascom

Cálculado

NTC ref.6.3.3.4

$$h = 10.0 \text{ cm}$$

$$\text{cm}^2 \quad 1.96 \text{ cm}^2$$

$$s = 25.00 \text{ cm}$$

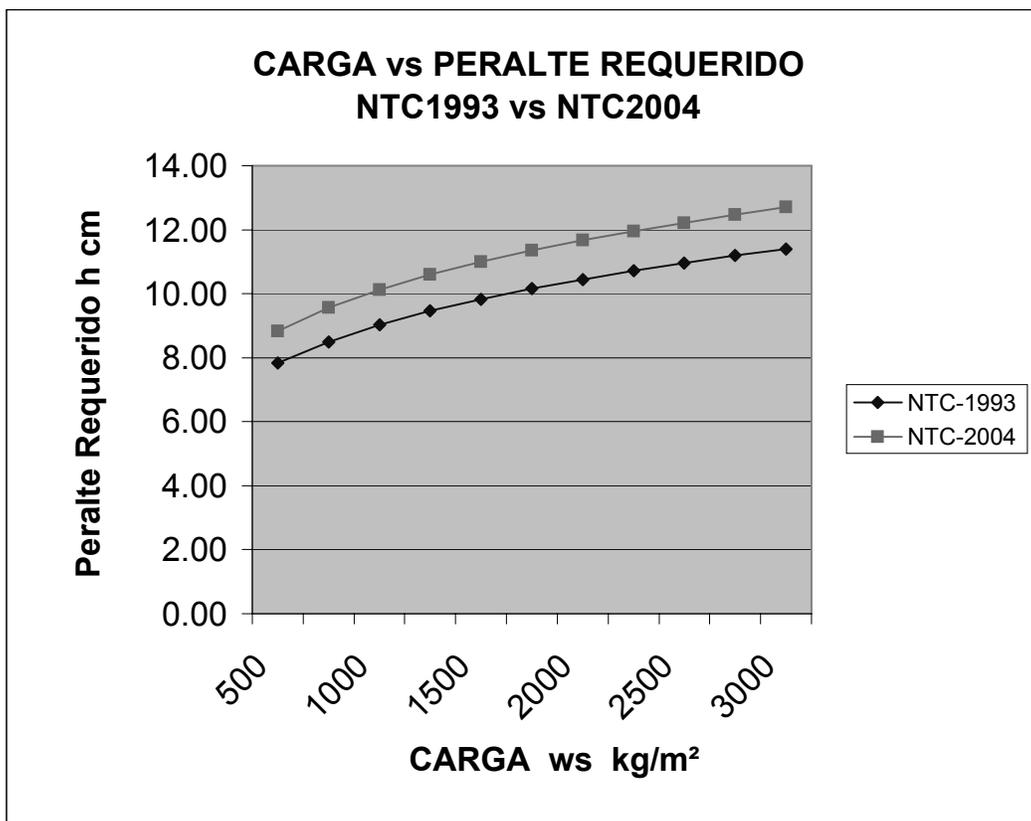
$$s = 17.03 \text{ cm}$$

## GRÁFICA DE LOSA DE ESQUINA

### Gráfica N° 1 Carga vs Peralte Total

Para losas de tipo no monolítico en sus apoyos

w kg/m <sup>2</sup>	h cm	h cm
	NTC-1993	NTC-2004
500	7.83	8.83
<b>750</b>	<b>8.50</b>	<b>9.56</b>
1000	9.03	10.13
1250	9.46	10.59
1500	9.83	11.00
1750	10.16	11.35
2000	10.45	11.67
2250	10.72	11.95
2500	10.96	12.22
2750	11.19	12.47
3000	11.40	12.70

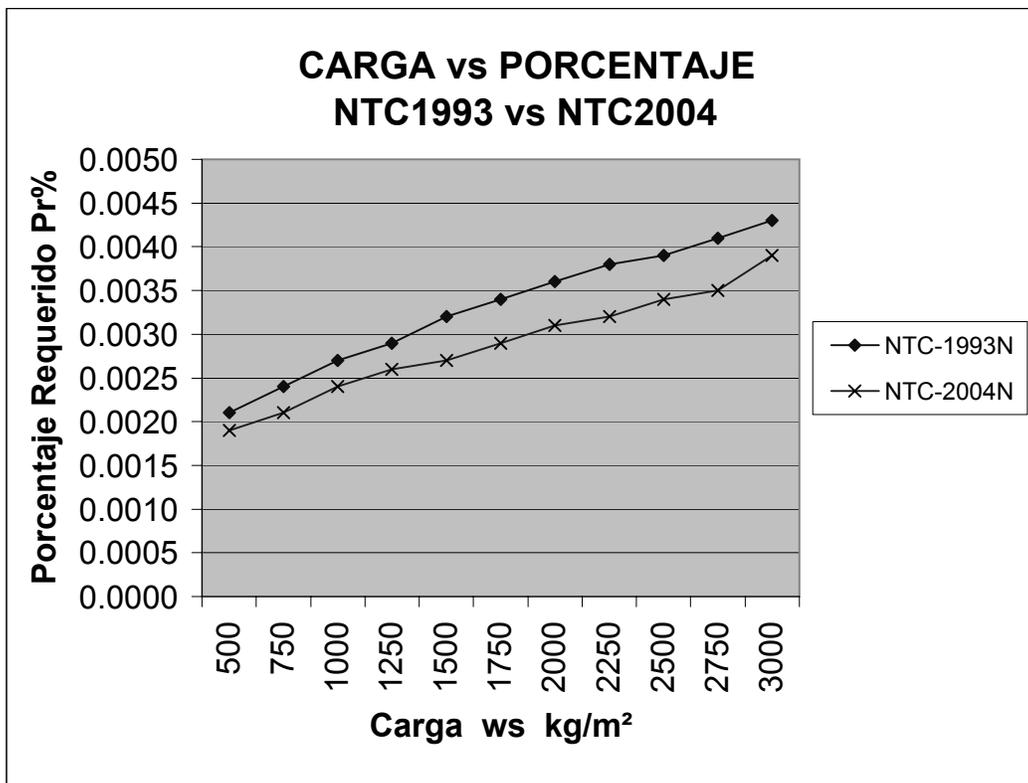


## GRÁFICA DE LOSA DE ESQUINA

### Gráfica N° 2 Carga vs Porcentaje Requerido

Para losas de tipo no monolítico en sus apoyos

w kg/m <sup>2</sup>	Pr% cm <sup>2</sup>	Pr% cm <sup>2</sup>
	Corto-Largo	Corto-Largo
	NTC-1993N	NTC-2004N
500	0.0021	0.0019
<b>750</b>	<b>0.0024</b>	<b>0.0021</b>
1000	0.0027	0.0024
1250	0.0029	0.0026
1500	0.0032	0.0027
1750	0.0034	0.0029
2000	0.0036	0.0031
2250	0.0038	0.0032
2500	0.0039	0.0034
2750	0.0041	0.0035
3000	0.0043	0.0039

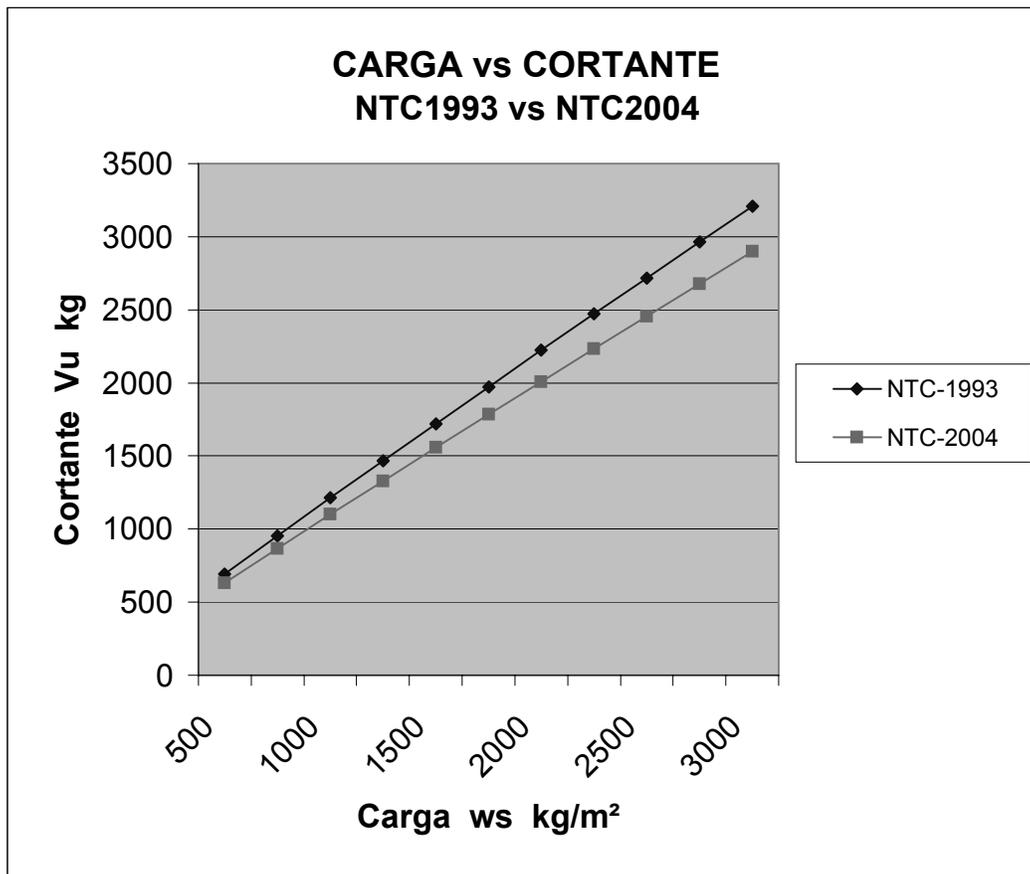


### GRÁFICA DE LOSA DE ESQUINA

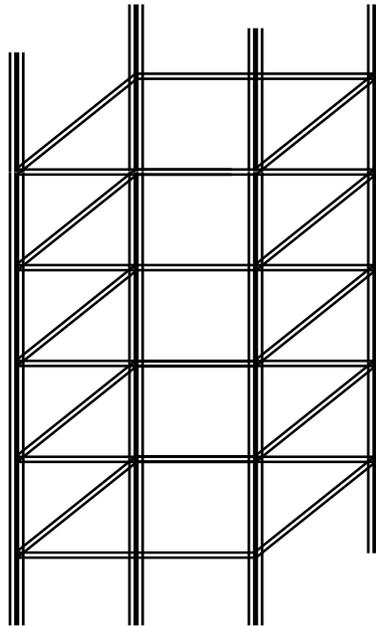
#### Gráfica N° 3 Carga vs Cortante Último

Para losas de tipo no monolítico en sus apoyos

w kg/m <sup>2</sup>	Vu kg	Vu kg
	NTC-1993	NTC-2004
500	691.83	630.39
<b>750</b>	<b>954.95</b>	<b>867.31</b>
1000	1213.42	1099.95
1250	1468.59	1329.68
1500	1721.49	1557.65
1750	1972.67	1783.89
2000	2222.33	2008.98
2250	2470.82	2232.97
2500	2718.22	2456.04
2750	2964.74	2678.29
3000	3210.42	2899.83



## III.3 DISEÑO DE COLUMNAS



III.3.1 COLUMNAS

III.3.2 PROCESO DE DISEÑO DE COLUMNAS

III.3.3 DISEÑO A FLEXO-COMPRESIÓN

III.3.4 COMENTARIOS Y CONCLUSIONES

III.3.5 ANÁLISIS DE CASOS CON EL PROCEDIMIENTO  
Y METODOLOGÍA EN EL DISEÑO DE  
COLUMNAS

### III.3.1 COLUMNAS

Las columnas de concreto reforzado se utilizan a menudo como elementos de apoyo vertical en una estructura, las columnas son comúnmente cuadradas o rectangulares, pero pueden construirse con secciones octagonales, circulares entre otras. Las columnas cuadradas y rectangulares son las más comúnmente usadas debido a la simplicidad de su cimbra.

Una columna de concreto simple no puede soportar muchas cargas, pero su capacidad aumenta si se le agregan barras longitudinales. Pueden lograrse considerables incrementos en la resistencia de la columna proporcionando restricción lateral en forma de estribos ligeramente separados entorno a las barras longitudinales. Bajo cargas de compresión, las columnas no solo tienden a contraerse longitudinalmente, sino también a dilatarse lateralmente.

Los estribos son muy importantes para incrementar la resistencia de la columna. Ellos impiden que las barras longitudinales se desplacen durante la construcción y resisten su tendencia a pandearse al ser sometidas a cargas de compresión. El pandeo de las barras causa que el recubrimiento exterior de concreto se desprenda.

#### **Esbeltez de la columna.**

La esbeltez de las columnas se basa en su geometría, conforme aumenta su esbeltez, los esfuerzos de flexión también crecen, por lo que puede presentarse el pandeo.

Las columnas de concreto reforzado generalmente tienen pequeñas relaciones de esbeltez. Por ello se pueden usualmente diseñar como columnas cortas sin reducciones de resistencia por efectos de esbeltez.

### **III.3.2 PROCESO DE DISEÑO DE COLUMNAS**

#### **El dimensionamiento**

El dimensionamiento se realiza de acuerdo con los criterios dados por el Reglamento de Construcción y las Normas técnicas Complementarias en Estructuras de Concreto del Distrito Federal.

La columna se dimensiona de modo que la resistencia de diseño de toda sección sea igual o mayor con respecto a la carga y momento interno que en la columna se presenta.

El diseño de la columna consiste en seleccionar una sección transversal (base, ancho) y un refuerzo adecuado para que la columna sea capaz de soportar una carga y un momento requerido.

**En el diseño de las columnas,** las gráficas auxiliares demuestran ser de gran importancia para el cálculo de la capacidad de columnas a partir de la deformación permisible a la compresión del concreto.

En forma de tabla se da la secuencia del procedimiento que se empleó para el diseño de la columna.

### Secuencia del dimensionamiento de la columna a flexocompresión.

Se proponen la sección transversal	$b, h$
Requisitos geométricos	$b \geq 20 \text{ cm}, h / b \leq 4$
Revisando la esbeltez de la columna	$(k * L) / r \leq 34 - 12 (M_1/M_2)$
Cálculo de la carga y momento de diseño	$P_u, M_u$
Comparar condiciones mínimas excentricidad	$0.05 * h \geq 2 \text{ cm}$
Cálculo de la excentricidad	$e = M_u / P_u$
Datos requeridos para entrar a las gráficas interacción	$f_y, d/h, e/h, K, R$
Resultado obtenido de las graficas de interacción	$q$
Calcular el porcentaje de acero.	$p$
Comparar limitación del refuerzo mínimo y máximo	$20 / f_y \leq p \leq 0.6$
Cálculo de la cantidad de acero	$A_s$
Calcular y comparar las cargas y momentos	$P_u \leq P_R, M_u \leq M_R$

### III.3.3 DISEÑO A FLEXO-COMPRESIÓN

El procedimiento de diseño se desarrolla, de acuerdo con el Reglamento de Construcciones y sus Normas Técnica Complementarias en Estructuras de Concreto para el Distrito Federal Para el año 1993.

Como ejemplo de secuencia de diseño se da el siguiente:

Diseño de una columna cuadrada sujeta a flexocompresión, para una carga de servicio de 120 ton y los momentos aplicados en los extremos son: momento superior de 20 ton-m y momento inferior es de 30 ton-m.

La columna tiene una altura libre entre apoyos de 2.5 m. Se utiliza un concreto de  $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$  y un acero de refuerzo de  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ . La columna no experimentará ladeo por ser una columna de entrepiso.

Para el diseño se propone la sección base de:  $b = 40 \text{ cm}$   
 Peralte efectivo:  $h = 40 \text{ cm}$

La condición para la geometría dado por NTC-93 ref. 4.2.1.

$$\frac{b}{h} \leq 4 = \frac{40}{40} = 1$$

$b = 20 \text{ cm}$ .

Por lo tanto se cumple la condición.

Cálculo del peso propio de la columna: tomando en cuenta RCDF Art. 196.

Peso volumétrico del concreto  $2.4 \text{ t/m}^3$

$$\begin{aligned} P_{\text{popo}} &= b * h * L * P_{\text{vol}} \\ &= 0.40 * 0.40 * 3 * 2.4 = 1.152 \text{ ton} \end{aligned}$$

Cálculo de la carga total de diseño. RCDF Art.198.

$$PT = P_s + P_{popo}$$

$$= 120 + 1.1.52 = 121.152 \text{ ton}$$

Cálculo de la carga de diseño. NTC ref. 1.2.

Factor de carga es:  $F_c = 1.4$  RCDF. Art. 194

$$P_u = F_c * PT$$

$$= 1.4 * 121.152 = 141.613 \text{ ton}$$

Cálculo del momento de diseño NTC ref. 1.2

$$M_u = F_c * M_{inferior}$$

$$= 1.4 * 30 = 42 \text{ ton}$$

Condición de la excentricidad dado por la NTC ref. 2.1.3

$$0.05 * h \leq 2 \text{ cm}$$

$$0.05 * 40 = 2 \text{ cm} \quad \text{se cumple la condición.}$$

Utilizando las gráficas para diseñar columnas de concreto reforzado del D.F. de 1980.

$$\text{Cálculo del parámetro } \frac{d}{h} = \frac{40}{40} = 1$$

Resistencia del concreto a compresión de  $f'_c = 250 \text{ kg/cm}^2$

Resistencia nominal del concreto  $f^*_c = 0.8 * f'_c = 0.8 * 250 = 200 \text{ kg/cm}^2$

$$f'_c = 0.85 * f^*_c = 0.85 * 200 = 170 \text{ kg/cm}^2$$

Utilizando las gráficas de interacción y de la intersección de k y R

$$K = \frac{P_u}{F_R * b * h * f'_c} , \quad \frac{1.4 * (30 * 10^5)}{0.8 * 40 * 40 * 170} = 0.651$$

$$R = \frac{P_u}{F_R * b * h * f'_c} , \quad \frac{1.4 * (30 * 10^5)}{0.8 * 40 * 40^2 * 170} = 0.483$$

Obtenidos los valores de:  $K = 0.651$  y  $R = 0.483$  se ingresa a la gráfica de interacción cuya intersección se encuentra  $q = 1$ .

De la misma gráfica obtenemos los parámetros:

$$q = p * \frac{f_y}{f'_c} \quad \text{y} \quad p = \frac{A_s}{b * h}$$

despejando p y sustituyendo valores obtenemos el porcentaje de acero requerido

$$p = q * \frac{f'_c}{f_y} = 1 * \frac{170}{4200} = 0.405 \%$$

Condición dado por NTC-93 ref.4.2.2.  $p_{\min} \leq p \leq p_{\max}$

$$p_{\min} = \frac{20}{f_y} = \frac{20}{4200} = 0.0047 \%$$

$$p_{\max} = 0.6$$

Por lo tanto cumple con NTC-93 ref.4.2.2 esta dentro de la condición.

Cálculo de la cantidad de acero requerido para la columna:

$$A_s = p * (b * h) = 0.405 * 40 * 40 = 64.76 \text{ cm}^2$$

Condición la NTC-93 ref. 4.2.2. Nos dice que el número de barras en columnas cuadradas o rectangulares es de 4 y circulares 6.

Otro procedimiento para hacer uso de las gráficas de interacción.

Utilizando las gráficas de interacción, de la intersección de R, K y e / h.

$$K = \frac{P_u}{\phi R_n} = \frac{1.4 * (30 * 10^5)}{0.8 * 40 * 40 * 170} = 0.651$$

Calcular el parámetro e / h

Donde : e es la excentricidad de la aplicación de la carga

$$e = \frac{M_u}{P_u} = \frac{4200000}{141613} = 29.66 \text{ cm}, \quad \frac{e}{h} = \frac{29.66}{40} = 0.74$$

De los datos calculados en la intersección  $K = 0.651$  y  $(e/h) = 0.74$  obtenemos  $q = 1$ , de la misma gráfica obtenemos los parámetros:

$$q = p * \frac{f_y}{f'_c} \quad \text{y} \quad p = \frac{A_s}{b * h}$$

despejando p y sustituyendo valores obtenemos el porcentaje de acero requerido

$$p = q * \frac{f'_c}{f_y} = 1 * \frac{170}{4200} = 0.405 \%$$

Cálculo de la cantidad de acero requerido para la columna:

$$A_s = p * (b * h) = 0.405 * 40 * 40 = 64.76 \text{ cm}^2$$

Nota: Además se obtuvo R cuyo valor encontrado  $R = 0.483$  obteniendo los mismos valores que ya se han calculado anteriormente. Con este valor de R, puede calcularse  $M_u$  y compararlo con el propuesto para el diseño. En caso de que este valor calculado resulte igual o mayor que el momento de diseño, se verifica que el área de acero es la correcta. De lo contrario hay que modificar la sección o incrementar la cantidad de acero, y efectuar otra vez el procedimiento con los nuevos valores.

### **III.3.4 COMENTARIOS Y CONCLUSIONES**

Al comparar las NTC-93 y NTC-04 en el diseño de la columna corta de sección cuadrada sujeta a flexo-compresión y flexión –biaxial y dada la geometría, los requisitos de refuerzo mínimo y máximo, requisitos de refuerzo transversal, separación de las barras, de los estribos y la excentricidad mínima, siguiendo el procedimiento y metodología para la utilización los diagramas de interacción no se realizaron cambios en el dimensionamiento, dando como resultado la misma cantidad de acero requerido para las NTC-93 y NTC-2004.

### **III.3.5 ANÁLISIS DE CASOS CON EL PROCEDIMIENTO Y METODOLOGÍA EN EL DISEÑO DE COLUMNAS**

Se realizaron varios casos con el procedimiento y metodología para el diseño de columna corta de sección cuadrada por computadora, aplicando el RCDF Y NTC Publicado en el Diario Oficial de Federación en Agosto de 1993 y Enero de 2004 para estructuras de concreto, son:

Diseño de columna sujeta a flexocompresión 1993  
Diseño de columna sujeta a flexocompresión 2004

Diseño de columna sujeta a flexión-biaxial 1993  
Diseño de columna sujeta a flexión-biaxial 2004

**PROCEDIMIENTO Y METODOLOGIA PARA EL DISEÑO DE UNA COLUMNA POR COMPUTADORA**  
*Aplicando el RCDF Y NTC publicado en el Diaro Oficial de la Federación Agosto 1993*  
*para Estructuras de Concreto*

**DISEÑO DE COLUMNA CORTA DE SECCIÓN CUADRADA**  
**SUJETA A FLEXOCOMPRESIÓN**

Para concreto clase I  $f'c \geq 250 \text{ kg/cm}^2$  NTC ref 1.4.1.b

**Datos**

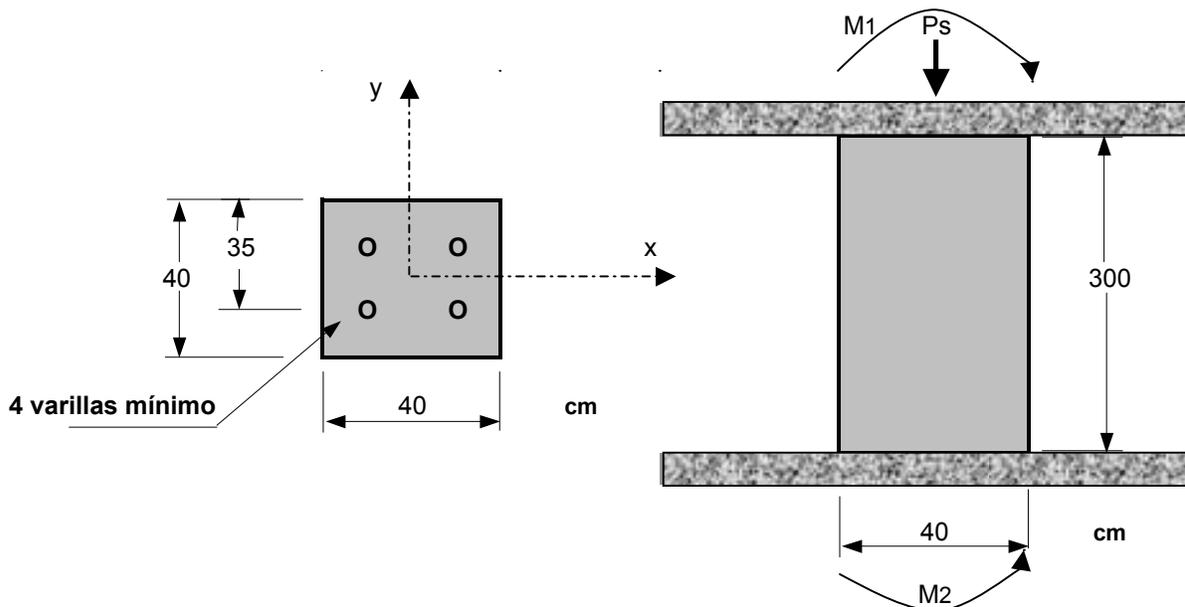
Base  
 Peralte efectivo  
 Peralte  
 Longitud altura  
 Carga viva + carga muerta "cv+cm"  
 Momento superior  
 Momento inferior  
 Resistencia del concreto  
 Esfuerzo de fluencia

**Datos**

$b = 40 \text{ cm}$   
 $h = 40 \text{ cm}$   
 $d = 35 \text{ cm}$   
 $L = 300 \text{ cm}$   
 $Ps = 100 \text{ ton}$   
 $M1 = 20.0 \text{ ton-m}$   
 $M2 = 30.0 \text{ ton-m}$   
 $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$   
 $fy = 4200 \text{ kg/cm}^2$

**Datos dado por el RCDF-93 y NTC-96**

Factor de carga  $F_c = 1.40$  RCDF Art 194  
 Factor de resistencia "FR"  
 Flexión  $FRF = 0.90$  NTC ref 1.6  
 Cortante  $FRV = 0.80$   
 Flexocompresión  $FRFC = 0.80$   
 Recubrimiento  $r = 2 \text{ cm}$  NTC ref 3.4



## Requisitos generales para el diseño de la columna

### Requisitos geometricos para comportamiento sismico Q = 2

NTC ref 1.2.

Condición :	$b \geq 20 \text{ cm}$	$h/b \leq 4$	NTC ref 4.2.1	
	$b =$	40.00 cm	NTC ref 4.2.1	$b \geq 20 \text{ cm}$
	$h/b =$	1.00	NTC ref 4.2.1	$h/b \leq 4$

### Revisando la esbeltez de la columna

Miembros en los que puede despreciarse los efectos de esbeltez. NTC ref 1.3.2.b.

Condición :	$(k * L) / r \leq 34 -- 12 (M1/M2)$	NTC ref 1.3.2.b	
	$M1/M2 =$	0.67	NTC ref 1.3.2.b $M1 / M2$
Curvatura sencilla	<b>26.00</b>	NTC ref 1.3.2.b	$34 -- 12 * (M1/M2)$

La esbeltez respecto al eje b y por simetria de ejes tenemos que:  $b =$  40 cm  
 por lo que  $k =$  1.00

por tratarse de un elemento columna a compresión que no experimenta ladeo.

Condición :	$(k * L) / r$	NTC ref 1.3.2.b	
	$r =$	12.00 cm	NTC ref 1.3.2.b $r = 0.3 * b$
	$k =$	1.00	
	$(k * L) / r =$	<b>25.00</b>	$(k * L) / r$

$$((k * H) / r) \leq (M1 / M2) \quad \text{NTC ref 1.3.2.b} \quad \text{Se cumple la condición}$$

Por lo tanto respecto al eje no es necesario tomar en cuenta la esbeltez, en ninguno de los dos ejes por se columna cuadrada.

## DISEÑO DE COLUMNA

Peso volumétrico del concreto	2.4 t/m <sup>3</sup>		Pvol
Peso propio de la columna Ppopo =	1.152 ton	RCDF Art. 196	Ppopo = b * h * L * Pvol
Carga total para diseño PT =	101.152 ton	RCDF Art. 188	PT = Ps + Ppopo
f*c =	200.00 kg/cm <sup>2</sup>	NTC ref 1.4.1.b	f*c = 0.8 * f'c
f''c =	170.00 kg/cm <sup>2</sup>	NTC ref 2.1.2 b	f''c = 0.85 * f'c

### Cálculo de la carga de diseño " Pu "

$$Pu = 141.613 \text{ ton} \quad \text{NTC ref 1.2} \quad Pu = Fc * PT$$

### Cálculo del momento de diseño " Mu "

Mu1 =	28.000 ton	NTC ref 1.2	Mux1 = Fc* M1	RCDF Art. 194
Mu2 =	42.000 ton	NTC ref 1.2	Mux2 = Fc* M2	RCDF Art. 194

### Condición de la excentricidad mínima

$$e \text{ min} \geq 2.00 \text{ cm} \quad \text{NTC ref 2.1.3.a} \quad 0.05 * h \geq 2 \text{ cm}$$

$$\text{NTC ref 2.1.3.a} \quad 0.05 * h$$

### Cálculo de la excentricidad " e "

e =	29.66 cm	e = Mu2 / Pu
e / h =	0.74	e / h

### Cálculo de los valores de K y R para entrar a las gráficas de Interacción

K =	0.651	$K = Pu / (FR * b * h * f''c)$
R =	0.483	$R = Mu2 / (FR * b * h^2 * f''c)$

### Cálculo de carga " PR "y momento resistente de diseño " MR "

Carga resistente PR =	141.613 ton	$PR = FR * K * b * h * f''c$
Momento resistente MR =	56.645 ton-m	$MR = FR * K * b * h^2 * f''c$

### Datos requeridos para entrar a la gráfica de interacción

fy =	4200.00 kg/cm <sup>2</sup>	d / h
d / h =	0.88	e / h
e / h =	0.74	$K = Pu / (FR * b * h * f''c)$
K =	0.65	$R = Mu2 / (FR * b * h^2 * f''c)$
R =	0.48	

### Utilizando la gráfica de interacción

$$fy \leq 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$d/h = 0.90$$

### Resultado obtenido de la gráfica de interacción

$$q = 1.00$$

**Cálculo del porcentaje " p " de acero de diseño**

**Limitación del refuerzo mínimo y máximo**

Porcentaje mínimo  $p_{mín} = 0.0048 \%$   
 Porcentaje requerid  $p_r = 0.0405 \%$   
 Porcentaje máximo  $p_{máx} = 0.600 \%$

NTC ref 4.2.2  $Lim = 20 / f_y \leq p_r \leq 0.6$

NTC ref 4.2.2  $p_{min} = 20 / f_y$   
 NTC ref 2.1.2.d  $p_r = q * (f''c / f_y)$   
 NTC ref 4.2.2  $p_{max} = 0.6$

**Condición:  $p_{mín} \leq p_r \leq p_{máx}$**

NOTA : Para diseño como mínimo 4 barras, una encada esquina

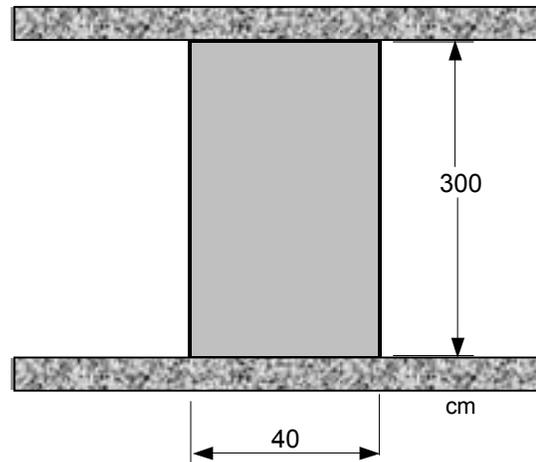
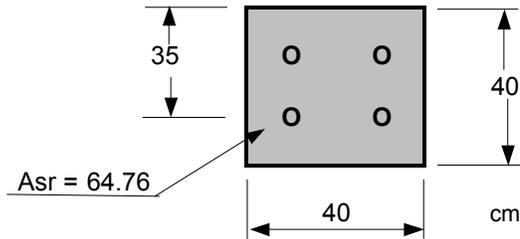
VERDADERO

NTC ref 4.2.2

**Cálculo del acero requerido " As "**

$As_{min} \leq As_r$   $As_r = 64.76 \text{ cm}^2$

NTC ref 2.1.2.d  $As_r = p_r * b * h$



## DISEÑO POR CORTANTE

$$V_x = 16.67 \text{ ton}$$

$$FR_v = 0.80$$

$$V_x = (M_1/L) + (M_2/L)$$

NTC ref 1.6

Condición:  $P_u \leq (0.7 * f_c * A_g) + (2000 * A_s)$

NTC ref 2.1.5 III

$$P_u = 141.61 \text{ ton}$$

$$A_s = 64.76 \text{ cm}^2$$

$$A_g = 1600.00 \text{ cm}^2$$

$$P_{uc} = 353.52 \text{ ton}$$

$$P_u \leq P_{uc}$$

NTC ref 1.2  $P_u = F_c * PT$

NTC ref 2.1.2.d  $A_s = \rho * b * h$

$A_g = b * h$

NTC ref 2.1.5 III  $P_{uc} = (0.7 * f_c * A_g) + (2000 * A_s)$

VERDADERO

Condición:  $\rho \geq 0.01$

$$\rho = 0.02313 \%$$

$$0.01 \leq \rho$$

NTC ref 2.1.2.d  $\rho = A_s / (b * d)$

VERDADERO

### **Cálculo del Cortante " V "**

$$v = 16.67 \text{ Ton}$$

$$V_u = 23.33 \text{ ton}$$

Si  $0.01 < \rho$   $V_{CR} = 7.92 \text{ Ton}$

NTC ref 1.2  $V_u = F_c * V$

NTC ref 2.1.5 III  $V_{CR} = 0.5 * FR * b * d * (\sqrt{f_c}) * [1 + 0.007 * (P_u / A_g)]$

### **Separación del refuerzo transversal " s "**

Separación mínima

$$s = 20.00 \text{ cm}$$

$$s = 45.91 \text{ cm}$$

$$s = 48.00 \text{ cm}$$

NTC ref 4.2.3  $s \leq b / 2$  si  $V_u < V_{CR}$

NTC ref 4.2.3  $s \leq (850 / \sqrt{f_y}) * (D_{barra})$

NTC ref 4.2.3  $s \leq 48 * (D_{barra-estribo})$

### **Acero requerido por tensión diagonal**

Condición : si  $V_u < V_{CR}$  se cumple debe suministrarse un refuerzo mínimo por tensión diagonal de acuerdo a la NTC

$$A_{svmin} = 0.71 \text{ cm}^2$$

NTC ref 5.3.4 Estribos N° 3 E# 3 ó 0.71 cm<sup>2</sup>

Area minima requerida por refuerzo transversal

$$A_{svmin} = 0.833 \text{ cm}^2$$

NTC Ec 2.21  $A_{svmin} = (3.5 * s * b) / (FR * f_y)$

**PROCEDIMIENTO Y METODOLOGIA PARA EL DISEÑO DE UNA COLUMNA POR COMPUTADORA**  
*El RCDF publicado en el Diario Oficial de la Federación 29 /Enero/2004.*  
*Normas Técnicas Complementarias para Estructuras de Concreto 6/Octubre/2004.*

**DISEÑO DE COLUMNA CORTA DE SECCIÓN CUADRADA**  
**SUJETA A FLEXOCOMPRESIÓN**

Para concreto clase I  $f'c \geq 250 \text{ kg/cm}^2$

**Datos**

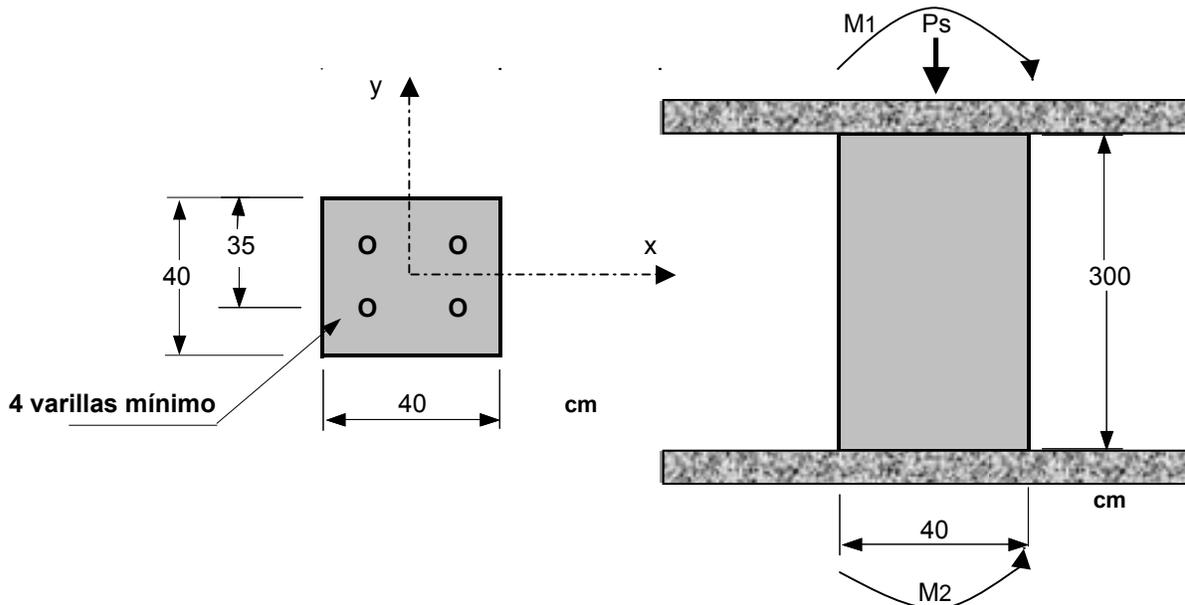
Base  
 Ancho  
 Peralte  
 Longitud altura  
 Carga viva + carga muerta "cv+cm"  
 Momento superior  
 Momento inferior  
 Resistencia del concreto  
 Esfuerzo de fluencia

**Datos**

$b = 40 \text{ cm}$   
 $h = 40 \text{ cm}$   
 $d = 35 \text{ cm}$   
 $L = 300 \text{ cm}$   
 $Ps = 100 \text{ ton}$   
 $M1 = 20.0 \text{ ton-m}$   
 $M2 = 30.0 \text{ ton-m}$   
 $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$   
 $fy = 4200 \text{ kg/cm}^2$

**Datos dado por el RCDF-04 y NTC-04**

Factor de carga	$F_c =$	1.40	NTC ref 3.4
Factor de resistencia "FR"			NTC ref 1.7
Flexión	$FRF =$	0.90	
Cortante	$FRV =$	0.80	
Flexocompresión	$FRFC =$	0.80	
Recubrimiento	$r =$	2.5 cm	NTC ref 4.9.3



## Requisitos generales para el diseño de la columna

### Requisitos geométricos para comportamiento sísmico Q = 2

NTC ref 1.3.4

Condición :	$b \geq 20 \text{ cm}$	$h/b \leq 4$	NTC ref 4.2.1.	
	$b =$	40.00 cm	NTC ref 4.2.1.	$b \geq 20 \text{ cm}$
	$h/b =$	1.00	NTC ref 4.2.1.	$h/b \leq 4$

### Revisando la esbeltez de la columna

Miembros en los que puede despreciarse los efectos de esbeltez. NTC ref 1.4.2.2.a

Condición :	$(k * L) / r \leq 34 -- 12 (M1/M2)$	NTC ref 1.4.2.2.a	
	$M1/M2 =$	0.67	NTC ref 1.4.2.2.a $M1 / M2$
Curvatura sencilla	<b>26.00</b>	NTC ref 1.4.2.2.a	$34 -- 12 * (M1/M2)$

La esbeltez respecto al eje b y por simetría de ejes tenemos que:  $b =$  40 cm  
 por lo que  $k =$  1.00  
 por tratarse de un elemento columna a compresión que no experimenta ladeo.

Condición :	$(k * L) / r$	NTC ref 1.4.2.2.a	
	$r =$	12.00 cm	NTC ref 1.4.2.2.a $r = 0.3 * b$
	$k =$	1.00	
	$(k * L) / r =$	<b>25.00</b>	$(k * L) / r$

$$((k * H) / r) \leq (M1 / M2) \quad \text{NTC ref 1.4.2.2.a} \quad \text{Se cumple la condición}$$

Por lo tanto respecto al eje no es necesario tomar en cuenta la esbeltez, en ninguno de los dos ejes por se columna cuadrada.

## DISEÑO DE COLUMNA

Peso volumétrico del concreto	2.4 t/m <sup>3</sup>		Pvol
Peso propio de la columna P <sub>popo</sub> =	1.152 ton	RCDF Art. 160	P <sub>popo</sub> = b * h * L * Pvol
Carga total para diseño PT =	101.152 ton	RCDF Art. 188	PT = Ps + P <sub>popo</sub>
$f^*c =$	200.00 kg/cm <sup>2</sup>	NTC ref 1.5.1.2	$f^*c = 0.8 * f'c$
$f'c =$	170.00 kg/cm <sup>2</sup>	NTC ref 2.1.e	$f'c = 0.85 * f^*c$

### Cálculo de la carga de diseño " Pu "

Pu =	141.613 ton	NTC ref 1.3.1	$Pu = Fc * PT$
------	-------------	---------------	----------------

### Cálculo del momento de diseño " Mu "

Mu1 =	28.000 ton	NTC ref 1.3.1	$Mu1 = Fc * M1$	RCDF Art. 194
Mu2 =	42.000 ton	NTC ref 1.3.1	$Mu2 = Fc * M2$	RCDF Art. 194

### Condición de la excentricidad mínima

e min ≥	2.00 cm	NTC ref 2.3.1	$0.05 * h \geq 2 \text{ cm}$
---------	---------	---------------	------------------------------

		NTC ref 2.3.1	$e_{min} \geq 2 \text{ cm}$
--	--	---------------	-----------------------------

### Cálculo de la excentricidad " e "

e =	2.00 cm	NTC ref 2.3.1	$0.05 * h$
ex =	29.66 cm		$ex = Mu2 / Pu$
ex / h =	0.74		$ex / h$

### Cálculo de los valores de K y R para entrar a las gráficas de Interacción

K =	0.651	$K = Pu / ( FR * b * h * f'c )$
R =	0.483	$R = Mu2 / ( FR * b * h^2 * f'c )$

### Cálculo de carga " PRx " y momento resistente de diseño " MRx "

Carga resistente PR =	141.613 ton	$PR = FR * K * b * h * f'c$
Momento resistente MR =	56.645 ton-m	$MR = FR * K * b * h^2 * f'c$

### Datos requeridos para entrar a la gráfica de interacción

fy =	4200.00 kg/cm <sup>2</sup>	
d / h =	0.88	d / h
e / h =	0.74	e / h
K =	0.65	$K = Pu / ( FR * b * h * f'c )$
R =	0.48	$R = Mu2 / ( FR * b * h^2 * f'c )$

Utilizando la gráfica de interacción

$fy \leq 4200 \text{ kg/cm}^2$	
d/h =	0.90

Resultado obtenido de la gráfica de interacción

q =	1.00
-----	------

**Cálculo del porcentaje " p " de acero de diseño**

**Limitación del refuerzo mínimo y máximo**

Porcentaje mínimo  $p_{mín} = 0.0048 \%$   
 Porcentaje requerido  $p_r = 0.0405 \%$   
 Porcentaje máximo  $p_{máx} = 0.600 \%$

NTC ref 6.2.2  $Lim = 20 / f_y \leq p_r \leq 0.6$

NTC ref 6.2.2  $p_{min} = 20 / f_y$   
 NTC ref 6.2.2  $p_r = q * (f''c / f_y)$   
 NTC ref 6.2.2  $p_{max} = 0.6$

**Condición:  $p_{mín} \leq p_r \leq p_{máx}$**

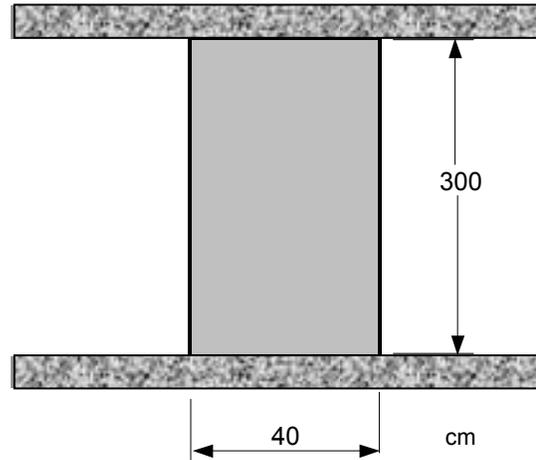
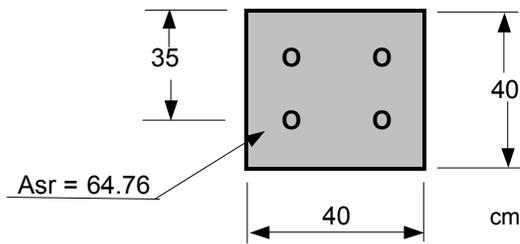
**NOTA : Para diseño como mínimo 4 barras, una encada esquina**

VERDADERO  
 NTC ref 6.2.2

**Cálculo del acero requerido " Asr "**

$As_{min} \leq As_r$   $As_r = 64.76 \text{ cm}^2$

NTC ref 2.2.4  $As_r = p_r * b * h$



## DISEÑO POR CORTANTE

Recubrimiento

$$\begin{aligned} V_x &= 16.67 \text{ ton} \\ FR_v &= 0.80 \\ r &= 2.5 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$V_x = (M_1/L) + (M_2/L)$$

NTC ref 1.7.d  
NTC ref 4.9.3

**Condición:**  $P_u \leq (0.7 * f'_c * A_g) + (2000 * A_s)$

NTC ref 2.5.1.3.a

$$\begin{aligned} P_u &= 141.61 \text{ ton} \\ A_s &= 64.76 \text{ cm}^2 \\ A_g &= 1600.00 \text{ cm}^2 \\ P_{uc} &= 353.52 \text{ ton} \\ P_u &\leq P_{uc} \end{aligned}$$

NTC ref 1.3.1  $P_u = F_c * P_T$   
NTC ref 2.2.4  $A_s r = p_r * b * h$  ec. 2.7  
 $A_g = b * h$   
NTC ref 2.5.1.3.a  $P_{uc} = (0.7 * f'_c * A_g) + (2000 * A_s)$   
VERDADERO

**Condición:**  $p_r \geq 0.01$

$$\begin{aligned} p_r &= 0.02313 \% \\ 0.01 &\leq p_r \end{aligned}$$

NTC ref 2.2.4  $p_r = A_s / (b * d)$  ec. 2.7  
VERDADERO

### Cálculo del Cortante

Si  $0.01 < p$

$$\begin{aligned} v &= 16.67 \text{ Ton} \\ V_u &= 23.33 \text{ ton} \\ VCR &= 7.92 \text{ Ton} \end{aligned}$$

NTC ref 1.3.1  $V_u = F_c * V$   
NTC ref 2.1.5 III  $VCR = 0.5 * FR * b * d * (\sqrt{f'_c}) * [1 + 0.007 * (P_u / A_g)]$

### Separación del refuerzo transversal

Separación mínima

$$\begin{aligned} s &= 20.00 \text{ cm} \\ s &= 45.91 \text{ cm} \\ s &= 48.00 \text{ cm} \end{aligned}$$

NTC ref 6.2.3.2  $s \leq b / 2$  si  $V_u < VCR$   
 $s \leq (850 / \sqrt{f_y}) * (D_{barra})$   
 $s \leq 48 * (D_{barra-estribo})$

### Area requerida por refuerzo transversal

$$A_{svmin} = 0.71 \text{ cm}^2$$

NTC ref 7.3.4.d

Estribos N<sup>o</sup> 3 E# 3 ó 0.71cm<sup>2</sup> 9.5mm

### Area minima requerida por refuerzo transversal

Resist compresión  $f'_c = 250 \text{ kg/cm}^2$   
Esfuerzo de estribo  $f_y h = 4200 \text{ kg/cm}^2$   
Área de concreto  $A_g = 1600 \text{ cm}^2$   
 $A_c = 1590 \text{ cm}^2$   
 $bc = 35 \text{ cm}$   
 $s \leq 20.00$

NTC ref 7.3.4.c

NTC Ec 2.21  $A_{svmin} = (3.5 * s * b) / (FR * f_y)$

$$\begin{aligned} A_g &= b * h \\ A_c &= b * h - (4 * r) \\ bc &= b - (2 * r) \\ s &\leq b / 2 \end{aligned}$$

**Condición:**  $A_{svi} \leq A_{sh}$  ,  $A_{svii} \leq A_{sh}$

$$\begin{aligned} A_{svi} &= 0.08 \text{ cm}^2 \\ A_{svii} &= 3.75 \text{ cm}^2 \\ a_1 &= 0.95 \text{ cm}^2 \\ a_2 &= 0.95 \text{ cm}^2 \\ A_{sh} &= 3.80 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{svi} &= 0.3 * [(A_g / A_c) - 1] * (f'_c / f_y h) * s * bc \\ A_{svii} &= 0.09 * (f'_c / f_y h) * s * bc \\ a_1 &= 9.5 \text{ mm} \\ a_2 &= 9.5 \text{ mm} \\ A_{sh} &= 2 * (a_1 + a_2) \end{aligned}$$

## **CAPITULO IV**

### **IV. COMENTARIOS Y CONCLUSIONES GENERALES**

Capítulo I. La finalidad de introducir el bosquejo histórico es rescatar y comentar parte de nuestra historia, además de darle un enfoque que nos permitiera llevarnos a su evolución y formación del Primer Reglamento formal Publicado el 20 de Enero de 1920 en el Diario Oficial del Distrito Federal, con la finalidad de especificar los requisitos que debe reunir las construcciones y de manera consecutiva a través de las necesidades y crecimiento poblacional de la misma sociedad con esto poder citar los demás Reglamentos que estuvieron presentes y que sirvieron en su tiempo, dando la entrada al nuevo Reglamento de construcciones vigente publicado el 29 de Enero 2004 en el Diario Oficial.

Análisis de los reglamentos anterior y posterior al sismo de 1985, sobre las modificaciones más relevantes del apartado de seguridad estructural. Es una comparación de cada artículo existente del Reglamento 1976 con el del Reglamento de 1987, con la finalidad de poder visualizar los cambios que se formaron a raíz del sismo de 1985.

Capítulo II. Comparación del apartado de Seguridad Estructural entre el Reglamento del Distrito Federal del año 1993 y del actual 2004, también es una comparación de cada Artículo existente del Reglamento 1993 con el del Reglamento del 2004 con la finalidad de poder visualizar los cambios que se presentaron, los cambios más importantes son de organización y se trasladan a las NTC 2004 un número importante de especificaciones que están en el Reglamento de 1993, con la finalidad de formar un Reglamento con las recomendaciones de carácter normativo general y de incorporar en las Normas los conceptos más directamente empleados en el proceso de diseño estructural y la revisión de la seguridad

Capítulo III. Comparación de las Normas Técnicas Complementarias del 2004, con respecto a las del año 1993, en lo referente a los siguientes elementos de concreto más relevantes en los sistemas estructurales.

Unos de los cambios más importantes en las Normas Técnica Complementarias en Estructuras de Concreto 2004, da lugar a formar unas NTC que incorpora los avances más recientes de los conocimientos, además da aclara su interpretación, se cambian algunas ecuaciones y especificaciones, de manera de hacerlas más interpretativas, pero uno de los logros es que las NTC se pueden modificar constantemente debido que solo se requiere el permiso de la Autoridad que ahora es la Secretaria de Obras y Servicio, por lo que antes la autoridad era el Departamento.

De manera comparativa entre las NTC-93 y NTC-2004 se realizó el diseño de trabes, diseño de losas, diseño de columnas. Siguiendo el mismo procedimiento de estado límite de falla como de servicio, de los cuales se realizaron algunas gráficas para poder ver su comportamiento de los cambios resultados entre las Normas Técnica Complementarias en Estructuras de Concreto.

Una de las conclusiones importantes de las Normas Técnicas Complementarias en Estructuras de Concreto del año 2004 en el diseño de trabes es que género mayor cantidad de acero transversal por cortante y por torsión, en losas género mayor peralte que se traduce mayor concreto, en columnas permaneció sin cambios.

Todo esto a generado un impacto en las diferentes cantidades de concreto y de acero y todo esto se traduce en una mejor seguridad, servicio contra fallas estructurales lo que nos da un mejor comportamiento en condiciones normales de operación. Además las cantidades de acero y de concreto siempre serán reflejadas en los niveles de seguridad para los habitantes de la Ciudad de México.

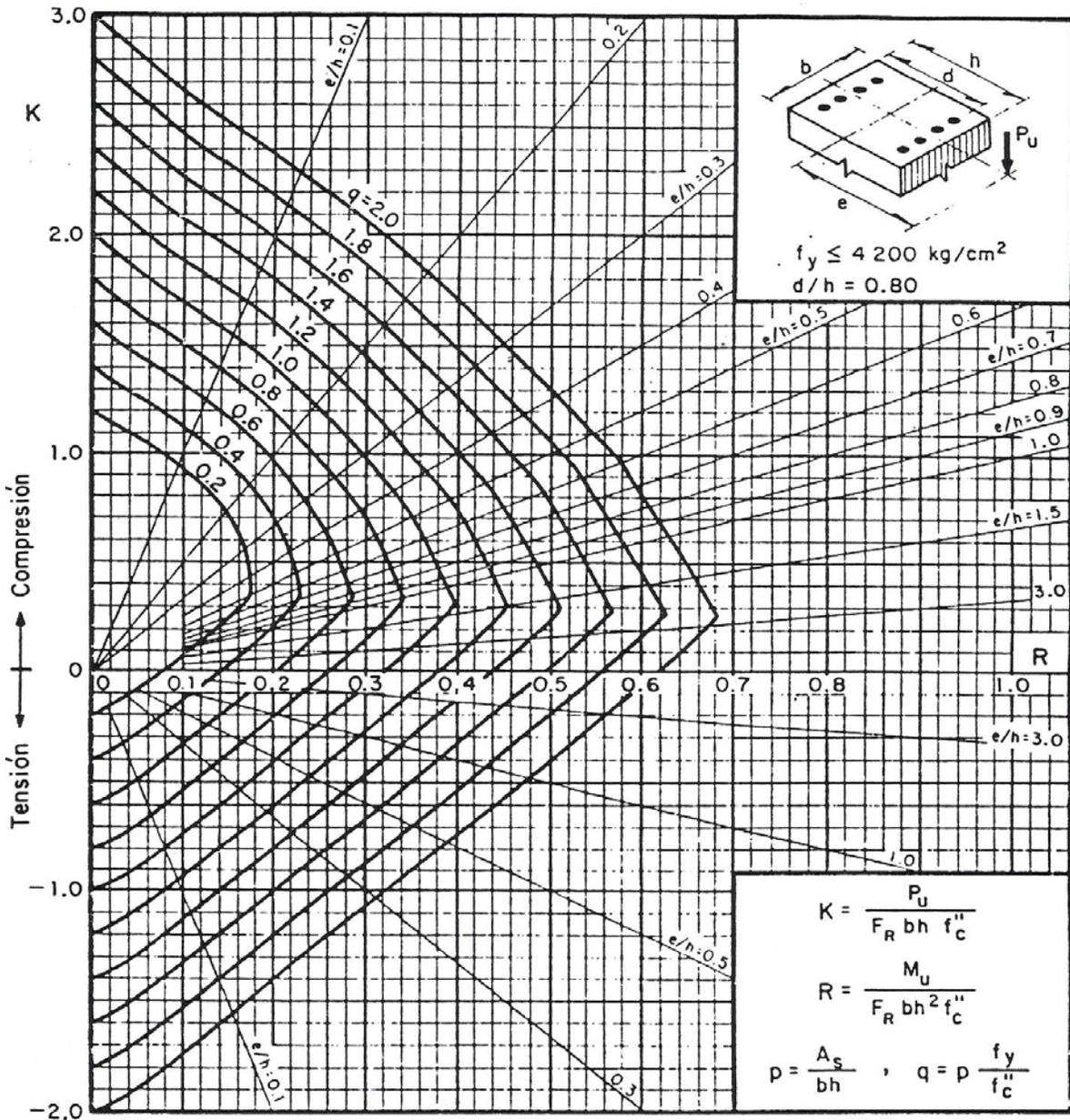
# ANEXOS

Tabla de diámetros, pesos y áreas de barras

Número de designación	Diámetro nominal		Peso kg/m	NUMERO DE BARRAS										Áreas de acero, en cm <sup>2</sup>
	pulg	mm		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
2	1/4	6.4	0.248	0.32	0.64	0.96	1.28	1.60	1.92	2.24	2.56	2.88	3.20	
2.5	5/16	7.9	0.388	0.49	0.98	1.47	1.96	2.45	2.94	3.43	3.92	4.41	4.90	
3	3/8	9.5	0.559	0.71	1.42	2.13	2.84	3.55	4.26	4.97	5.68	6.39	7.20	
4	1/2	12.7	0.993	1.27	2.54	3.81	5.08	6.35	7.62	8.89	10.16	11.43	12.70	
5	5/8	15.9	1.552	1.98	3.96	5.94	7.92	9.90	11.88	13.86	15.84	17.82	19.80	
6	3/4	19.0	2.235	2.85	5.70	8.55	11.40	14.25	17.10	19.95	22.80	25.65	28.50	
7	7/8	22.2	3.042	3.88	7.76	11.64	15.52	19.40	23.28	27.16	31.04	34.92	38.80	
8	1	25.4	3.973	5.07	10.14	15.21	20.28	25.35	30.42	35.49	40.56	45.63	50.70	
9	1 1/8	28.6	5.028	6.41	12.82	19.23	25.64	32.05	38.46	44.87	51.28	57.69	64.10	
10	1 1/4	31.8	6.207	7.92	15.84	23.76	31.68	39.60	47.52	55.44	63.36	71.28	79.20	
11	1 3/8	34.9	7.511	9.58	19.16	28.74	38.32	47.90	57.48	67.06	76.64	86.22	95.80	
12	1 1/2	38.1	8.938	11.40	22.80	34.20	45.60	57.00	68.40	79.80	91.20	102.60	114.00	

## Gráficas para el Diseño de Columnas de Concreto Reforzado

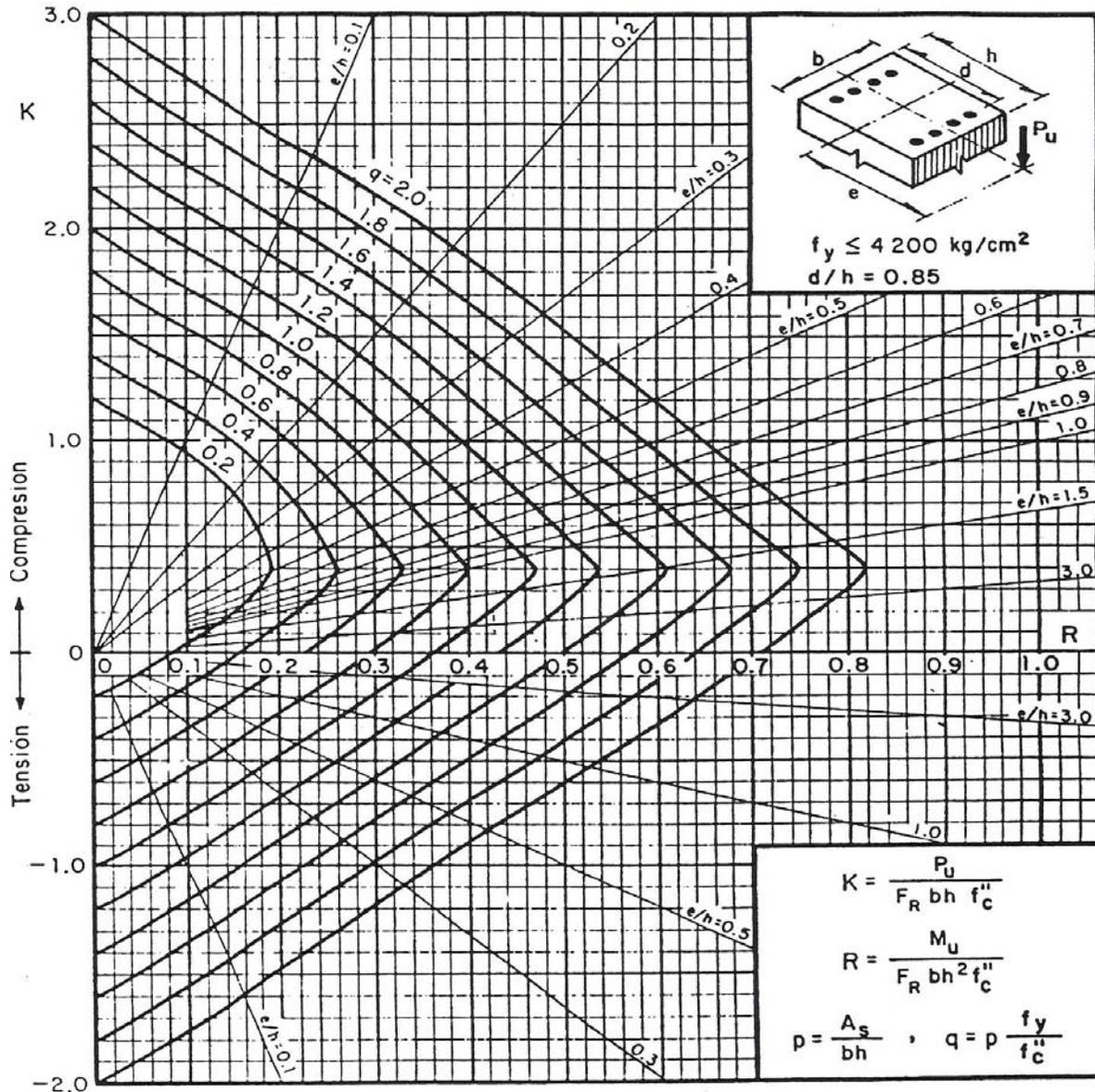
Publicado por series del Instituto de Ingeniería en Septiembre de 1980



$A_s$  = Area total de refuerzo  
 $f_c'' = 0.85 f_c^*$  , si  $f_c^* \leq 250 \text{ kg/cm}^2$  ;  $f_c'' = (1.05 - \frac{f_c^*}{1250}) f_c^*$  , si  $f_c^* > 250 \text{ kg/cm}^2$   
 $F_R$  = Factor de resistencia  
 $P_u$  = Carga axial de diseño  
 $M_u$  = Momento flexionante de diseño

## Gráficas para el Diseño de Columnas de Concreto Reforzado

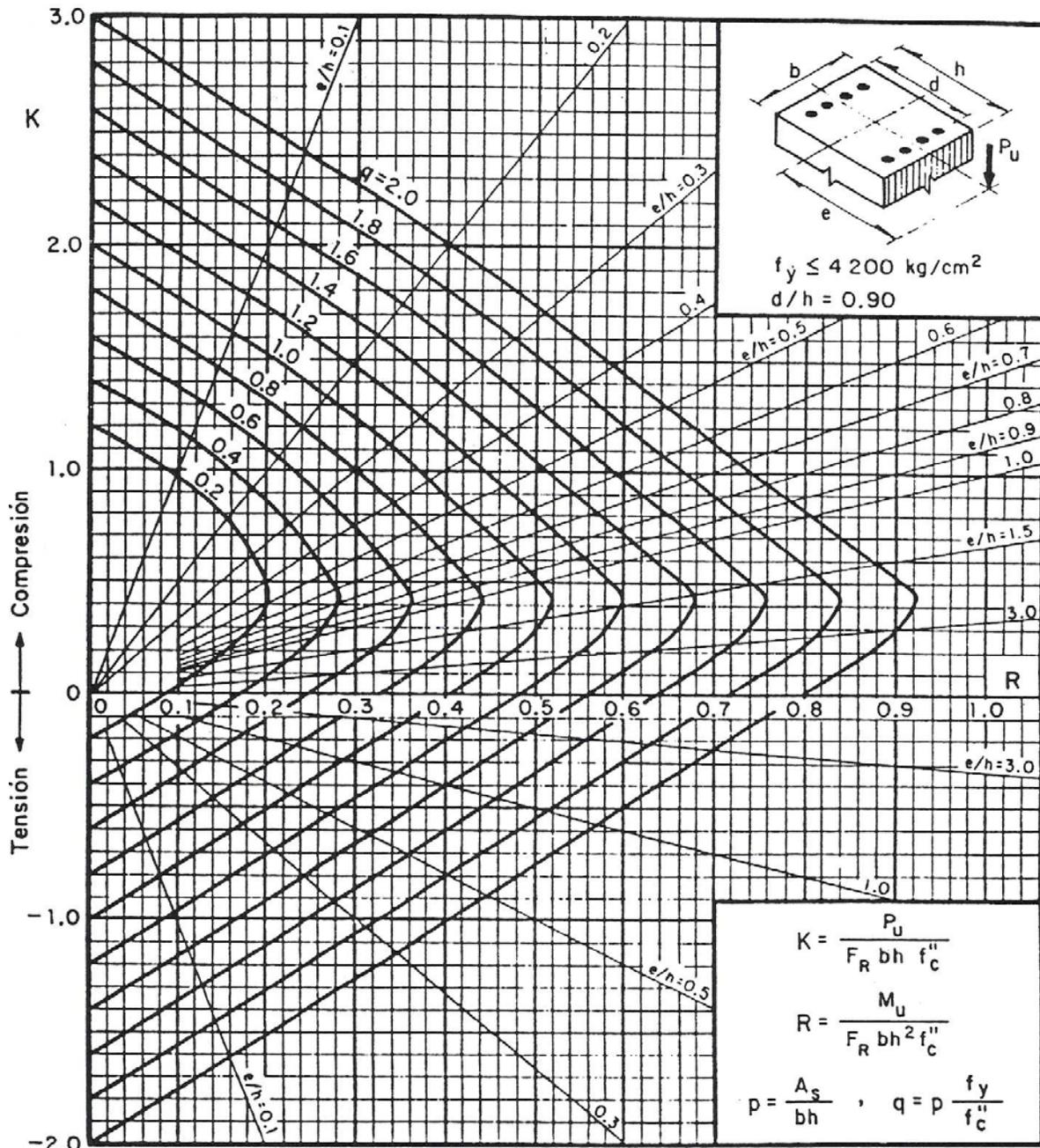
Publicado por series del Instituto de Ingeniería en Septiembre de 1980



$A_s$  = Area total de refuerzo  
 $f_c'' = 0.85 f_c^*$ , si  $f_c^* \leq 250 \text{ kg/cm}^2$ ;  $f_c'' = (1.05 - \frac{f_c^*}{1250}) f_c^*$ , si  $f_c^* > 250 \text{ kg/cm}^2$   
 $F_R$  = Factor de resistencia  
 $P_u$  = Carga axial de diseño  
 $M_u$  = Momento flexionante de diseño

## Gráficas para el Diseño de Columnas de Concreto Reforzado

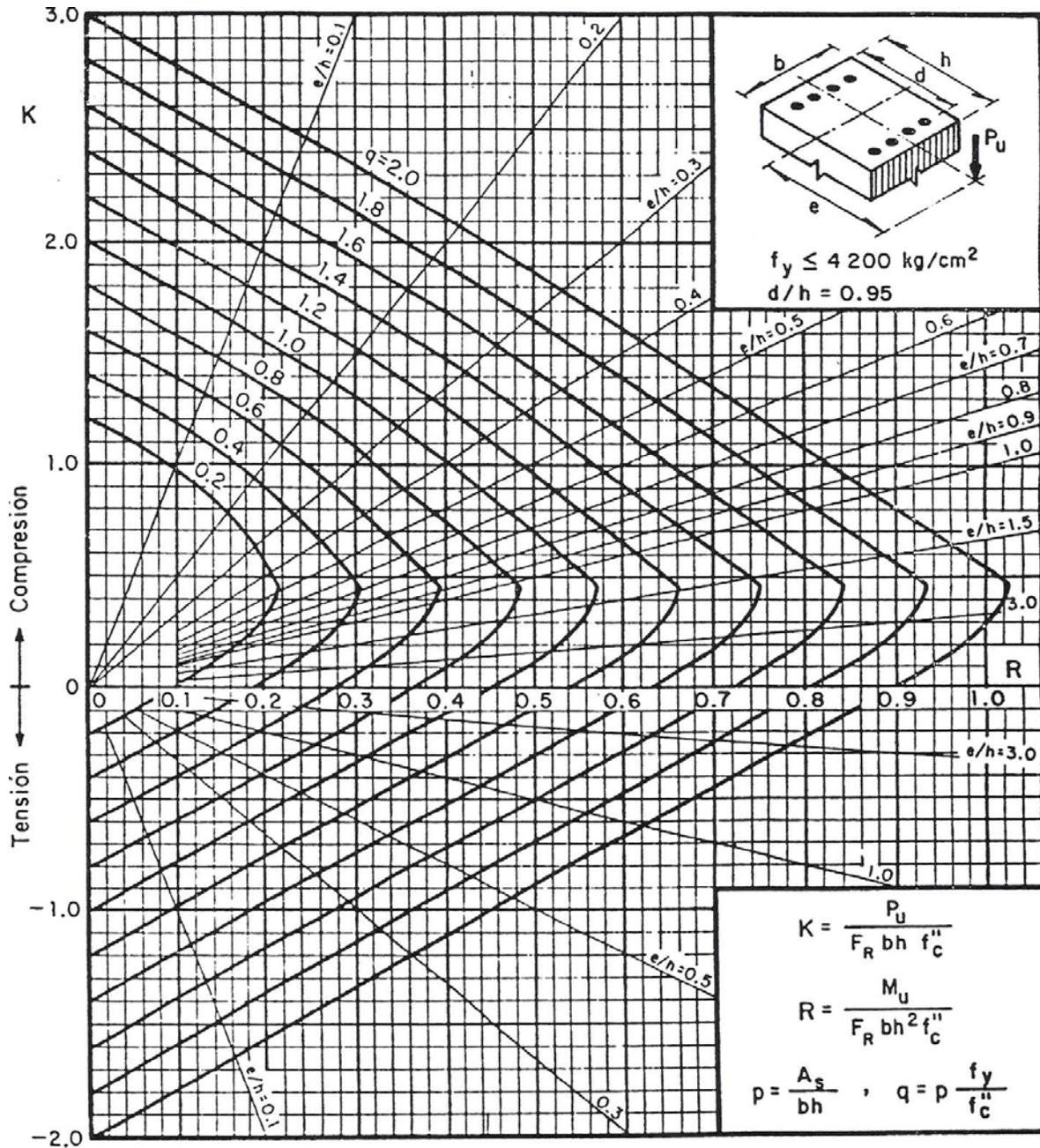
Publicado por series del Instituto de Ingeniería en Septiembre de 1980



$A_s$  = Area total de refuerzo  
 $f_c'' = 0.85 f_c^*$  , si  $f_c^* \leq 250 \text{ kg/cm}^2$  ;  $f_c'' = (1.05 - \frac{f_c^*}{1250}) f_c^*$  , si  $f_c^* > 250 \text{ kg/cm}^2$   
 $F_R$  = Factor de resistencia  
 $P_u$  = Carga axial de diseño  
 $M_u$  = Momento flexionante de diseño

## Gráficas para el Diseño de Columnas de Concreto Reforzado

Publicado por series del Instituto de Ingeniería en Septiembre de 1980



$A_s$  = Area total de refuerzo.

$f_c'' = 0.85 f_c^*$  , si  $f_c^* \leq 250 \text{ kg/cm}^2$  ;  $f_c'' = (1.05 - \frac{f_c^*}{1250}) f_c^*$  , si  $f_c^* > 250 \text{ kg/cm}^2$

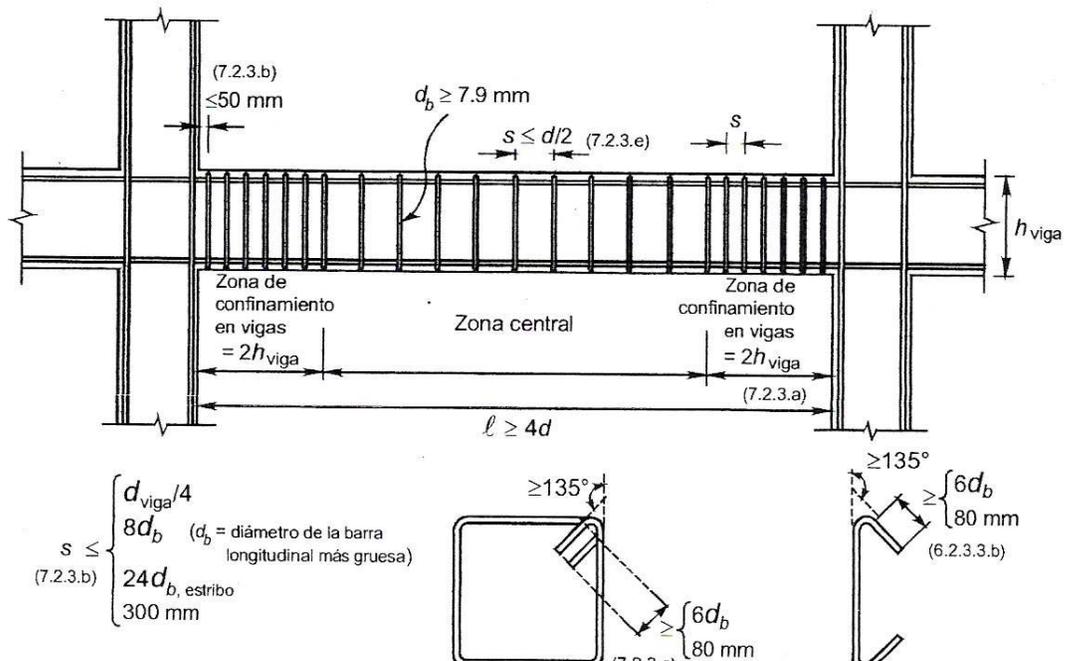
$F_R$  = Factor de resistencia

$P_u$  = Carga axial de diseño

$M_u$  = Momento flexionante de diseño

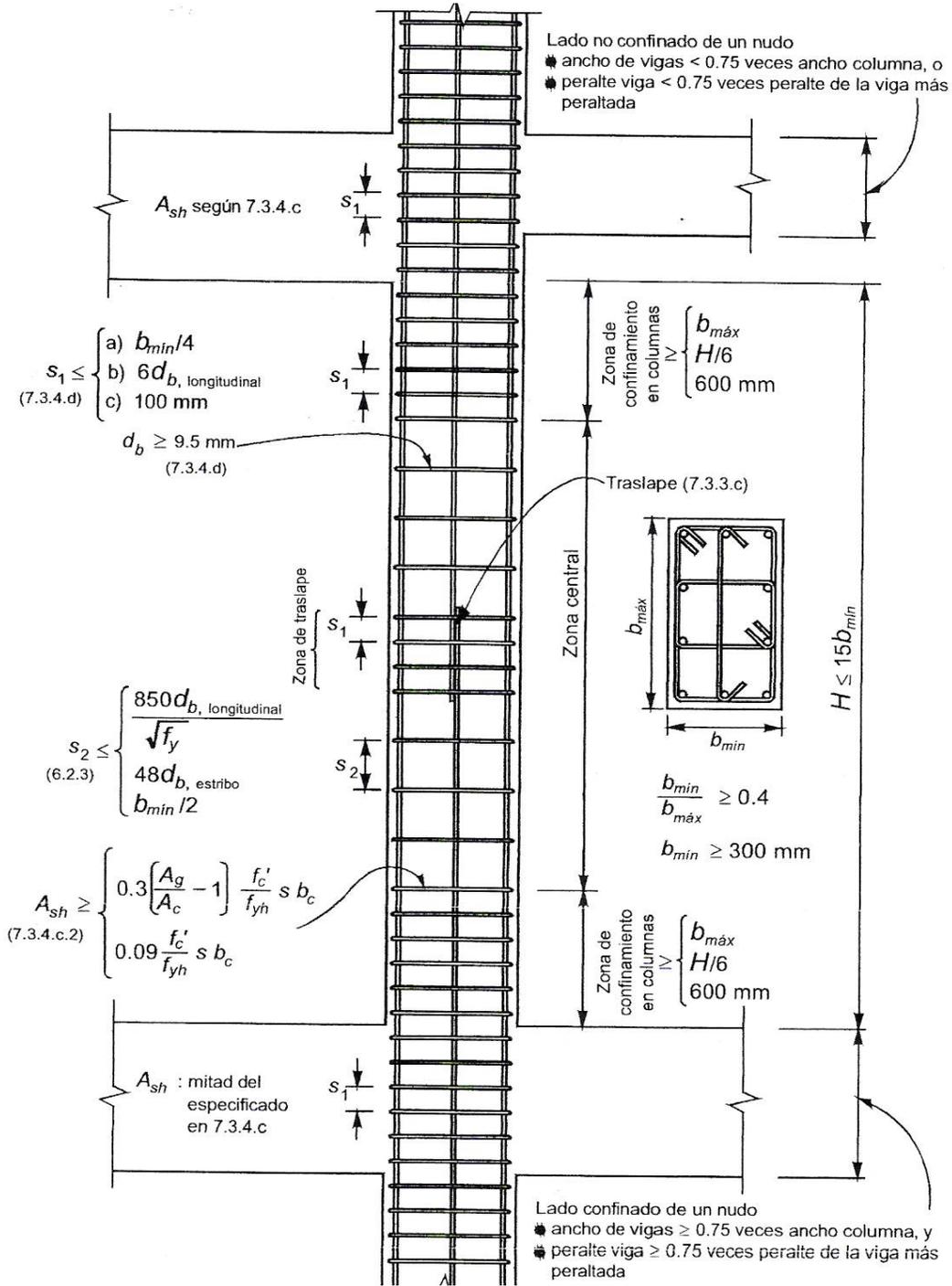
Las Normas Técnicas Complementarias de Estructuras de Concreto Publicado 6 de Octubre de 2004, contiene el detallado de traveses a flexión de marcos dúctiles.

### Detallado de traveses



Las Normas Técnicas Complementarias de Estructuras de Concreto Publicado 6 de Octubre de 2004, contiene el detallado de columnas a flexo-compresión de marcos dúctiles.

### Detallado de columnas



## BIBLIOGRAFÍA

1. La Constitucionalidad del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal.  
Autor: Gerardo González Moreno.  
Tesis: UNAM Facultad de Derecho.  
Año: 1994.
2. Apuntes de Clases Antecedentes Históricos de Cimentaciones  
Facultad de Ingeniería
3. Diseño de Estructuras de Concreto Reforzado  
Autores: Henry J. Cowan  
Editorial: CECSA  
Año: 1993.
4. Diseño de Concreto Reforzado  
Autores: McCormac  
Editorial: Alfaomega  
Año: 2003
5. Diseño Simplificado de Concreto Reforzado.  
Autores: Parker, Ambrose  
Editorial: Limusa Wiley.  
Año: 2003.
6. Construcciones y Ingeniería Sanitaria.  
Compilación del Reglamento del Gobierno el DF.  
Autor: Antonio E. Ayanegui.  
Editorial: Basurto S.A.  
Año: 2ª Edición 1946.
7. Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal  
Publicado en la Gaceta Oficial del Distrito Federal  
Año: 15 de Mayo 1978.

8. Requisitos de Seguridad y servicio para las Estructuras.  
Titulo IV del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal.  
Autores: Series del Instituto de Ingeniería N° 400.  
Editorial: Instituto de Ingeniería.  
Año: Julio 1977.
9. Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal.  
Autores: Luis Arnal Simón, Max Betancourt Suárez.  
Editorial: Trillas.  
Año: Mayo 1991.
10. Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto.  
Comentarios, Ayudas de Diseño y Ejemplos de las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto, DF.  
Autores: Series del Instituto de Ingeniería N° 401.  
Editorial: Instituto de Ingeniería.  
Año: Julio 1977.
11. Comentarios, Ayudas de Diseño y Ejemplos de las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto, DF.  
Autores: Series del Instituto de Ingeniería N° ES-2.  
Editorial: del Instituto de Ingeniería.  
Año: 1991.
12. Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal.  
Autores: Luis Arnal Simón, Max Betancourt Suárez.  
Editorial: Trillas.  
Año: Agosto 1999.
13. Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal  
Publicado en la Gaceta Oficial del Distrito Federal  
Año: 2 de Agosto de 1993.
14. Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal 2004  
Publicado en la Gaceta Oficial del Distrito Federal  
Año: 29 de Enero de 2004.

15. Normas Técnicas Complementarias para el Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto  
Publicado en la Gaceta Oficial del Distrito Federal  
Año: 22 de Marzo de 1996.
16. Normas Técnicas Complementarias para el Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto  
Publicado en la Gaceta Oficial del Distrito Federal  
Año: 6 Octubre de 2004.
17. Graficas para Diseñar Columnas de Concreto Reforzado.  
Autores: Series del Instituto de Ingeniería N° 428.  
Editorial: Instituto de Ingeniería.  
Año: Septiembre 1980.
18. Apuntes del Diplomado en Análisis y Diseño de Estructuras de Concreto Reforzado.  
UNAM, Palacio de Minería.  
Año: Junio 204.
19. Diseño de Estructuras de Concreto Presforzado  
Autores: Arthur H. Nilson  
Editorial: Limusa  
Año: 1990.
20. Losas de Concreto Reforzado  
Autores: R. Park y W.L. Gamble.  
Editorial: Limusa  
Año: 1990.
21. Diseño Estructural.  
Autor: Roberto Meli.  
Editorial: Limusa.  
Año: 1995.
22. Aspectos Fundamentales del Concreto Reforzado.  
Autores: Oscar M. González Cuevas, Francisco Robles F. Villegas.  
Editorial: Limusa.  
Año: 1995.