

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



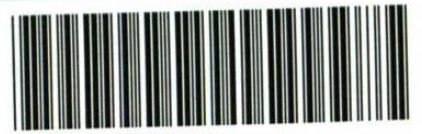
**UN TEXTO PARA LA ENSEÑANZA DEL
DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO
CONFORME AL REGLAMENTO ACI 318-95**

**POR
JAVIER GARZA CORTINA**

**COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRIA EN CIENCIAS
CON ESPECIALIDAD EN INGENIERIA
ESTRUCTURAL**

JULIO DE 1999

TM
TA681
.5
G3
c.1



1080089087

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



Trabajo de tesis en cumplimiento de los requisitos
para el grado de MAESTRIA EN CIENCIAS EN
INGENIERIA CIVIL EN ESPECIALIDAD EN INGENIERIA
ESTRUCTURAL DE ACUERDO AL REGLAMENTO ACADÉMICO

POR
JAVIER GARZA CORTINA

COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRIA EN CIENCIAS
EN ESPECIALIDAD EN INGENIERIA
ESTRUCTURAL

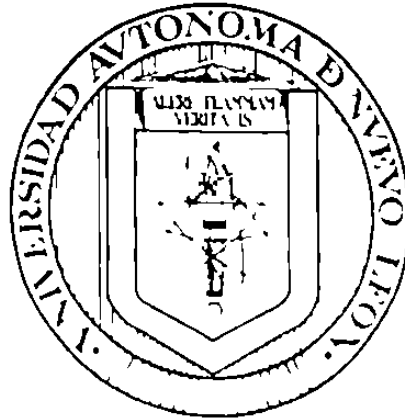
JULIO DE 1999

TM
TA 8
5
G3



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



UN TEXTO PARA LA ENSEÑANZA DEL
DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO
CONFORME AL REGLAMENTO ACI 318-95

Por

JAVIER GARZA CORTINA

Como requisito parcial para obtener el Grado de
MAESTRIA EN CIENCIAS con Especialidad en
Ingeniería Estructural

Mayo 1994

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



TESIS

***UN TEXTO PARA LA ENSEÑANZA DEL DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE
CONCRETO CONFORME AL REGLAMENTO ACI 318-95***

SUSTENTANTE.

ING. JAVIER GARZA CORTINA

ASESOR.

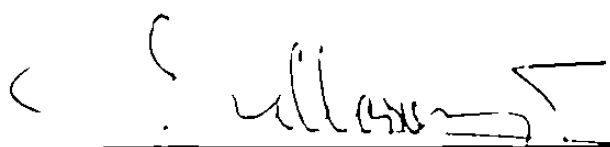
DR. GUILLERMO VILLARREAL GARZA

CO-ASESOR

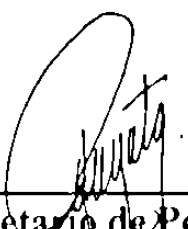
DR. RICARDO GONZALEZ AL CORTA

**DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO CONFORME AL
REGLAMENTO ACI 318-95**

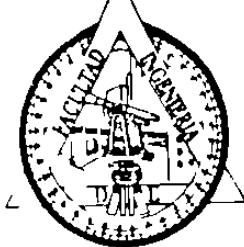
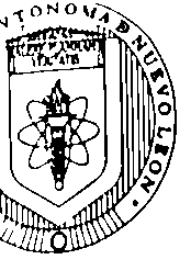
Aprobacion de Tesis



Asesor de la Tesis.
Dr. Guillermo Villarreal Garza.



Secretario de Postgrado.
Dr. Ricardo González Alcorta.



COMPROBANTE DE CORRECCION

Tesista: JAVIER GARZA CORTINA

Tema de la tesis: UN TEXTO PARA LA ENSEÑANZA DEL
 DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO CONFORME
 AL REGLAMENTO ACI 318-95

Este documento certifica la corrección DEFINITIVA
 del trabajo de tesis arriba identificado, en los aspectos: ortográfico,
 metodológico y estilístico.

Recomendaciones adicionales:

(NINGUNA)

Nombre y firma de quien corrigió:

Ramón Longoria
 Arq. Ramón Longoria Ramírez

El Secretario de Posgrado:

Ricardo
 Dr. Ricardo González Alcorta

Ciudad Universitaria, a 19 de julio de 1999.

MONTERREY, N.L. A 9 DE JULIO DE 1999

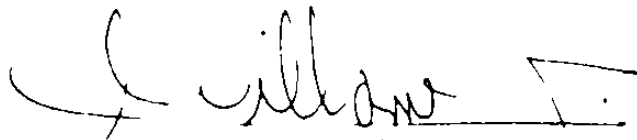
DR. RICARDO GONZÁLEZ ALCORTA
SUBDIRECTOR DE ESTUDIOS DE POSGRADO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
PRESENTE

Estimado Dr. González

Por este conducto me permito comunicarle a Usted, que el Ing. Javier Garza Cortina pasante de la Maestría en Ciencias con Especialidad en Ingeniería Estructural ha concluido con su trabajo de tesis titulado UN TEXTO PARA LA ENSEÑANZA DEL CONCRETO REFORZADO DE ACUERDO AL REGLAMENTO ACI-95 por lo que no hay inconveniente para atender a su solicitud de Examen de Grado con los requisitos que exige el reglamento de exámenes profesionales de nuestra Institución he de agradecer e pasar las instrucciones necesarias para que le de trámite correspondiente en ese departamento a su digno cargo.

Sin más por el momento, quedo de Usted agradeciendo de antemano su atención

Atentamente



Dr. Guillermo Villarreal Garza
Asesor de Tesis

San Nicolas de los Garza, N L , a 15 de Marzo de 1999

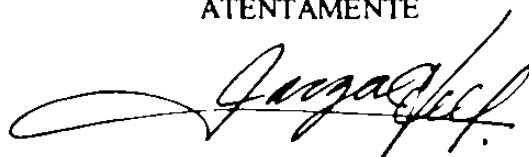
DR. RICARDO GONZÁLEZ ALCORTA.
Secretario de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería Civil, U.A.N.L.
Presente.-

Estimado Dr Gonzalez Alcorta

Por medio de la presente, solicito a Usted la tramitacion correspondiente, para sustentar mi Examen de Grado, en virtud de que he concluido mi Tesis titulada “**Un texto para la enseñanza del Concreto Reforzado, conforme al Reglamento ACI-318-95**”, la cual elabore como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias con especialidad en Ingenieria Estructural y la cual ha sido aprobada por mi asesor de Tesis, el Dr Guillermo Villarreal Garza en el aspecto tecnico y por el Arq Ramon Longoria Ramirez en el aspecto estilistico, ortografico y metodologico

Sin mas por el momento y agradeciendo de antemano sus atenciones, me despido de Usted

ATENTAMENTE



Ing. Javier Garza Cortina

AGRADECIMIENTOS

Esta tesis fue preparada con la ayuda y asistencia de quienes revisaron parte o todo el manuscrito. Deseo reconocer al Dr Guillermo Villarreal Garza, al Dr. Ricardo Gonzalez Alcorta y al M.C. Ing. Luis M. Aranda Malthés y expresarles mi sincero agradecimiento por sus sugerencias, críticas y estímulos no tan solo para este trabajo sino por todo el tiempo de convivencia en nuestra Facultad y en el ejercicio de la Ingeniería, producto de una gran amistad

Agradezco al Sr. Dr. Reyes Tamez Guerra Rector de nuestra Alma Mater, porque a través del proyecto Visión 2006 nos permite a los Profesores el desarrollo y superación profesional, así como al Ing. Antonio González Treviño y al Dr. Rogelio González Castillo por su ayuda en los trámites necesarios para la realización de esta tesis.

Estoy especialmente agradecido con el Ing. Francisco Gámez Treviño por su ayuda, amistad y confianza tanto para la realización de este trabajo como en mi formación docente.

Aprecio y agradezco al Arq. Roberto J. Cantú Willman, a sus Colaboradores, a las Secretarías y Estudiantes de nuestra facultad por su gran ayuda para la reorganización e impresión de esta tesis.

Por último, agradezco a mi maravillosa familia por su continua paciencia y comprensión. Esta tarea no habría sido posible sin su infinito amor y fe en mí.

JAVIER GARZA CORTINA
Facultad de Ingeniería Civil
Universidad Autónoma de Nuevo León

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi más grande orgullo, mis padres ; por su apoyo total e incondicional por darme la profesión que yo elegí.

Irineo Garza Gómez (†)

Alicia Cortina Gutiérrez.

RESUMEN

Javier Garza Cortina

Fecha de graduacion : _____

Universidad Autonoma de Nuevo Leon

Facultad de Ingenieria Civil

Titulo de la tesis UN TEXTO PARA LA ENSEÑANZA DEL
CONCRETO REFORZADO

Numero de paginas

Candidato para el grado de Maestria
en Ciencias con especialidad en
Ingenieria Estructural

Area de estudio Ingenieria Estructural

Proposito y Metodo del Estudio Como en la mayoría de las obras de ingeniería se utiliza el Concreto Reforzado, el ingeniero necesita una profunda formación en el comportamiento básico del concreto y del acero como materiales estructurales. Por otro lado, el principal objetivo del ingeniero estructural es diseñar estructuras seguras, económicas y efectivas. Por lo tanto, con esta interpretación fundamental como base, es esencial familiarizarse con los procedimientos actuales de diseño. Este texto, sirve para ambos propósitos. A lo largo del texto se suministran procedimientos de diseño, paso a paso, con el propósito de guiar al estudiante dentro de los métodos, cada vez más complejos, del diseño actual. Estos pueden convertirse en diagramas de flujo, para ayudar en la programación en computadoras. **Contribuciones y Conclusiones:** Los cambios del código ACI de 1995 relacionados con adherencia y anclaje generaron la estructuración de la unidad 7. El texto es adecuado para un primer curso de un semestre. El segundo curso debería incluir diseño de uniones, losas, métodos de análisis basados en la teoría de la plasticidad, losas sobre el terreno, cimentaciones y muros de contención.

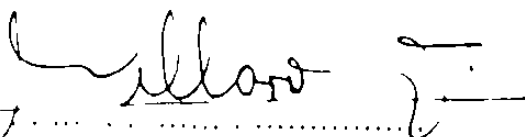
Firma del asesor: 

TABLA DE CONTENIDO

Proposición.....	I
Justificación.....	II
Un texto adecuado.....	III
Hipótesis.....	III
Objetivos	IV
Método	V
Al estudiante.	V
Las pruebas de laboratorio	VII

Capítulo	Página
----------	--------

1: INTRODUCCION

1.1 La mecánica del concreto reforzado.....	1
1.2 Las estructuras de concreto reforzado.....	1
1.3 Los miembros de concreto reforzado.....	3
1.4 Los factores que afectan la selección de un concreto para una estructura.....	5
1.5 Los códigos de edificación y el código del ACI.....	7

2: EL PROCESO DE DISEÑO

2.1 Los objetivos del diseño.....	8
2.2 El proceso de diseño.....	8

2.3	Los estados límite y el diseño de concreto reforzado.....	9
2.4	Seguridad estructural.....	12
2.5	Cálculo probabilístico de los factores de seguridad.....	14
2.6	Procedimientos de diseño especificados por el código ACI.....	18
2.7	Cargas y acciones.....	24

3: FLEXION: CONCEPTOS BASICOS, VIGAS RECTANGULARES

3.1	Introducción.....	33
3.2	Teoría de flexión.....	36
3.3	Análisis de vigas de concreto reforzado.....	50
3.4	Ejemplos y problemas.....	51

4: FLEXION:VIGAS T Y VIGAS CON REFUERZO EN COMPRESION

4.1	Introducción.....	82
4.2	Vigas T.....	82
4.3	Análisis de vigas T.....	87

5: CORTANTE EN VIGAS

5.1	Análisis y diseño de vigas de concreto reforzado por cortante.....	128
5.2	Ecuaciones de diseño para la resistencia a corte de miembros sin refuerzo en el alma.....	128
5.3	Estados límite de falla por cortante, vigas con refuerzo en el alma.....	129
5.4	Localización del máximo cortante para diseño de vigas.....	138
5.5	Ejemplo.....	140
5.6	Problemas.....	147

6: TORSION

6.1	Introducción.....	151
6.2	El comportamiento de miembros de concreto reforzado sujetos a la torsión.....	161
6.3	El diseño por torsión, cortante y momento aplicando el código ACI 1995.....	163
6.4	El método de diseño por torsión aplicando el código ACI1995.....	163
6.5	Problemas.....	174

7: DESARROLLO, ANCLAJE Y TRASLAPE DEL REFUERZO

7.1	Introducción	176
7.2	Longitud de desarrollo... ..	179
7.3	Anclaje con ganchos.....	185
7.4	Diseño por anclaje....	188
7.5	Cálculo de los puntos de corte en refuerzo por flexión... ..	200
7.6	Traslapes	209
7.7	Problemas	212

8: COLUMNAS CORTAS. CARGA AXIAL Y FLEXION

8.1	Introducción.....	214
8.2	columnas con estribos y columnas con espiral.....	214
8.3	Diagramas de interacción	217
8.4	Diagramas de interacción para columnas de concreto.....	221
8.5	Diseño de columnas cortas.....	225
8.6	Solución aproximada para columnas con estribos. Falla por compresión.....	238

8.7 Columnas cargadas biaxialmente.....	241
---	-----

9: COLUMNAS ESBELTAS

9.1 Introducción.....	249
9.2 Comportamiento y análisis de columnas articuladas.....	255
9.3 Diseño de columnas de marcos arriostrados (sin desplazamiento).....	276
9.4 Ejemplo de diseño de una columna de un marco no arriostrado (con desplazamiento).....	313
9.5 Problemas.....	331

LISTA DE FIGURAS

CAPITULO 1: INTRODUCCION

Figura	Página
1-1	Viga de concreto reforzado..... 2
1-2	Elementos en un edificio de concreto armado..... 4
1-3	Elementos de un edificio de concreto reforzado 4

CAPITULO 2: EL PROCESO DE DISEÑO

Figura	Página
2-1	Cargas y efecto de las cargas..... 13
2-2	Momento interno resistente..... 13
2-3	Comparacion de los momentos de falla y nominal en vigas de concreto reforzado..... 15
2-4	Frecuencia de distribucion para cargas sostenidas..... 15
2-5	Falla y no falla para combinaciones de cargas resistencias..... 17
2-6	Seguridad límite, probabilidad de falla..... 17
2-7	Diseño por esfuerzo de trabajo..... 20
2-8	Diagramas de momento. Ejemplo 2-1..... 22
2-9	Equilibrio de los esfuerzos debido a la contraccion..... 25

CAPITULO 3: FLEXION: CONCEPTOS BASICOS, VIGAS RECTANGULARES

Figura	Página
3-1	Flexión en una dirección..... 34
3-2	Dimensiones de sección transversal..... 34
3-3	Fuerzas internas en una viga..... 37
3-4	Diagrama de esfuerzos elasticos..... 37
3-5	Grietas, deformaciones y esfuerzos en una viga de prueba..... 40
3-6	Diagrama de momento-curvatura para la viga de prueba..... 41
3-7	Distribucion de esfuerzos y deformaciones en una viga probada bajo cargas de servicio..... 44
3-8	Deformaciones medidas en pruebas de columnas cargadas excéntricamente..... 44
3-9	Deformación límite de compresion..... 46
3-10	Descripción matemática del bloque de esfuerzos de compresión.. 47
3-11	Valores para varias distribuciones de esfuerzos..... 47
3-12	Valores de α_1 , β_1 en pruebas de prismas de concreto..... 49
3-13	Bloque de esfuerzos rectangular equivalente..... 52
3-14	Análisis de una sección transversal arbitraria..... 52
3-15	Vigas rectangulares con refuerzo por tensión..... 52
3-16	Fallas por tensión, compresión y balanceada..... 56
3-17	Vigas con dos camadas de refuerzo en tensión..... 60

CAPITULO 4: FLEXION: VIGAS T Y VIGAS CON REFUERZO EN COMPRESION

Figura	Página
4-1	Losa en una dirección..... 83
4-2	Regiones de momento positivo y negativo en una viga T..... 84
4-3	Isométricos de vigas T..... 88
4-4	Descomposicion de una viga T..... 89
4 5	Figura ejemplo 4-1..... 94
4-6	Incremento en la capacidad a momento debido al refuerzo de compresión..... 107
4-7	Efecto del refuerzo de compresión en las deflexiones por cargas sostenidas..... 107
4-8	Efecto del refuerzo de compresión en la resistencia y ductilidad de vigas sub-reforzadas..... 110
4 9	Diagrama momento-curvatura para vigas con $\rho > \rho_b$ con o sin refuerzo de compresión..... 110
4 1	Deformaciones, esfuerzos y fuerzas en una viga con refuerzo a la c mpresion..... 111
4 11	Figura ejemplo 4-4..... 116
4 12	Figura ejemplo 4-5..... 120

CAPITULO 5: CORTANTE EN VIGAS

Figura	Pagina
5 1	Fuerzas internas en una seccion agrietada c n estribos..... 130
5 2	Cortante resistido por los estribos..... 130
5 3	Maxim espaciamiento de estrib s..... 133
5 4	Anclaje de estribos..... 133
	Requi it s para detallado de estrib s..... 135
5 6	Diagrama de fuerzas cortantes en una viga c ntinua..... 139
5 7	Aplicaci n de la Seccion 11.1.3. del ACI..... 139
5 8	Figura ejemplo 5-1..... 140

CAPITULO 6: TORSION

Figura	Pagina
6 1	Esfuerzos cortantes por torsión..... 152
6 2	Esfuerzos cortantes por torsion en una seccion circular cuadrada..... 152
6-3	Analogía de la membrana: barra circular..... 154
6 4	Analogía de la membrana: barra cuadrada..... 154
6 5	Analogía de la membrana: Miembro en forma de canal..... 155
6 6	Seccion transversal de puente..... 157
6 7	Esfuerzos principales de tensión y agrietamiento por torsion pura..... 159
6 8	Cortante, Torsion, y Momento combinados..... 160
6 9	Curva Momento angulo de torsión para una viga rectangular... 162
6 10	Interaccion de torsion y cortante..... 162

9-16	Longitud efectiva de columnas de marcos.....	278
9 17	Nomograma para factores de longitud efectiva.....	279

NOMENCLATURA

- f_c = Resistencia a la compresión del concreto, kg/cm^2 ó LBS/pulg^2 .
- d = Distancia desde la fibra extrema en compresión al centroide del refuerzo en tensión, cm., pulg, mm.
- d_b = Diámetro nominal de la varilla, cm, mm.
- f_y = Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo kg/cm^2 , LBS/pulg^2 , N/mm^2 .
- ℓ_d = Longitud de desarrollo, cm, pulg.
- A_s = Area de acero de refuerzo en tensión, cm^2 , pulg^2 .
- A'_s = Area de acero de refuerzo en compresión, cm^2 , pulg^2 .
- b = Ancho de la cara de compresión del elemento, cm, pulg.
- E_c = Módulo de elasticidad del concreto, kg/cm^2 , LBS/pulg^2 , N/mm^2
- E_s = Módulo de elasticidad del acero de refuerzo, kg/cm^2 , LBS/pulg^2 , N/mm^2
- ℓ_n = Claro libre para momento positivo o cortante y promedio de los claros libres adyacente para momento negativo.
- γ_c = Resistencia nominal al esfuerzo cortante proporcionada por el concreto.
- W_c = Peso unitario del concreto, ton/m^3 , LBS/pie^3 .
- W_u = Carga factorizada por unidad de longitud de viga, o por unidad de área de losa.
- β_1 = Factor que se define en la sección 10.2.7.3 del Reglamento ACI 318-95.
- ϵ_r = Deformación neta a la tensión en el acero a tensión extremo, a la resistencia nominal.
- ρ = Porcentaje de refuerzo no presforzado en tensión. = A_s/bd
- ρ' = Porcentaje de refuerzo no presforzado en compresión = A'_s/bd
- ρ_b = Porcentaje de refuerzo que produce condiciones balanceadas de deformación.
- ϕ = Factor de reducción de resistencia.

- λ = Factor para considerar la deflexión adicional a largo plazo como se define en la sección 9.5.2.5 del código del ACI.
- ϵ = Factor que depende del tiempo para carga sostenida.
- a = Peralte del bloque rectangular equivalente de esfuerzos definido según la sección 10.2.7.1.
- A = Área efectiva en tensión del concreto que rodea a las varillas de refuerzo en tensión por flexión, y que tiene el mismo centroide que el refuerzo, dividida entre el número de varillas o de alambres, cm^2 . Cuando el refuerzo por flexión consista en varillas o alambres de diferentes tamaños, la cantidad de éstos se debe calcular como el área total del refuerzo dividida entre el área de la varilla o del alambre de mayor tamaño utilizado.
- A_c = Área del núcleo de un elemento sujeto a compresión reforzado con un espiral, medida hasta el diámetro exterior de la espiral, cm^2 .
- A_s = Área del refuerzo no presforzado en tensión, cm^2 .
- A_{sk} = Área del refuerzo lateral por unidad de altura en una cara lateral, cm^2/m . Ver la sección 10.6.7.
- $A_{s,\text{mín}}$ = Cantidad mínima de refuerzo por flexión, cm^2 . Ver la sección 10.5.
- A_{st} = Área total del refuerzo longitudinal (varillas o perfiles de acero), cm^2 .
- A_t = Área del perfil de acero o tubo estructural en una sección compuesta, cm^2 .
- A_1 = Área cargada.
- A_2 = El área de la base inferior del tronco mayor de una pirámide, cono o sección variable, contenida en su totalidad dentro del apoyo y que tenga por base superior el área cargada y con pendientes laterales de 1 vertical a 2 horizontal.
- b_w = Ancho del alma, cm.
- C_m = Factor que relaciona el diagrama de momento real con un diagrama equivalente de momento uniforme.
- d_c = Espesor del recubrimiento de concreto, medido desde la fibra extrema en tensión al centro de la varilla o alambre más cercano a esa fibra, cm.
- EI = Rigidez a la flexión del elemento en compresión.

f_s	=	Esfuerzo calculado en el acero de refuerzo para las cargas de servicio, kg/cm^2 .
I_{se}	=	Momento de inercia del acero de refuerzo respecto al eje centroidal de la sección transversal del elemento.
I_t	=	Momento de inercia de un perfil o tubo de acero estructural, respecto al eje centroidal de la sección transversal del elemento compuesto.
k	=	Factor de longitud efectiva para elementos en compresión.
l_c	=	Longitud del elemento a compresión de un marco, medida de centro a centro de las juntas del marco.
l_u	-	Longitud no apoyada de un elemento en compresión.
M_c	=	Momento factorizado para usarse en el diseño de un elemento en compresión.
M_v		Momento debido a cargas que producen considerable vibración.
M_u		Momento factorizado en la sección considerada.
M_1		Valor del menor momento de extremo factorizado de un elemento a compresión, positivo si el elemento está flexionado en curvatura simple, y negativo si está flexionado en doble curvatura.
M_{1ns}		Valor del momento de extremo factorizado de un elemento sujeto a compresión, al extremo en el que M_1 actúa debido a cargas, que causan un desplazamiento lateral no apreciable, calculado por el análisis convencional de marco elástico de primer orden.
M_{1s}		Valor del momento de extremo factorizado de un elemento sujeto a compresión, al extremo en el que M_1 actúa debido a cargas, que causan un desplazamiento lateral no apreciable, calculado por el análisis convencional de marco elástico de primer orden.
M_2	-	Valor del mayor momento de extremo factorizado de un elemento sujeto a compresión, siempre positivo.
M_{2min}	=	Valor mínimo de M_2 .
M_{2ns}	-	Valor del momento de extremo factorizado de un elemento sujeto a compresión, al extremo del cual M_2 actúa debido a cargas que causan un desplazamiento lateral no apreciable, calculado por el análisis convencional de marco elástico de primer orden.

(medido desde el diámetro exterior de la espiral) de un elemento reforzado con espiral sujeto a compresión.

- a = Claro de cortante, distancia entre la carga concentrada y la cara del apoyo.
- A_c = Área de la sección de concreto que resiste la transmisión de cortante, cm^2 .
- A_{cp} Área confinada por el perímetro exterior de la sección transversal del concreto, cm^2 .
- A_f = Área del acero de refuerzo en ménsula o cartela que resiste el momento factorizado $[V_u a + (h-d)]$, cm^2 .
- A_g Área total de la sección, cm^2 .
- A_h = Área del acero de refuerzo por cortante paralelo al refuerzo de tensión por flexión, cm^2 .
- A_l = Área total del acero de refuerzo longitudinal para resistir la torsión, cm^2 .
- A_n - Área del acero de refuerzo en ménsula o cartela que resiste la fuerza de tensión N_u , cm^2 .
- A_o Área total confinada por el eje del refuerzo más externo torsional transversal cerrado, cm^2 .
- A_{oh} Área total confinada por el eje del refuerzo más externo torsional transversal cerrado, cm^2 .
- A_{ps} - Área del acero de refuerzo presforzado en la zona de tensión, cm^2 .
- A_t = Área de una rama de un estribo cerrado que resiste la torsión en una distancia "s", cm^2 .
- A_v Área del acero de refuerzo por cortante a una distancia s, o área del refuerzo por cortante perpendicular al refuerzo en tensión por flexión a una distancia s para elementos de gran peralte sujetos a flexión, cm^2 .
- A_{vf} = Área del refuerzo de cortante por fricción, cm^2 .
- A_{vh} Área del acero de refuerzo por cortante paralelo al refuerzo de tensión por flexión en una distancia "s", cm^2 .
- b_o Perímetro de la sección crítica para losa y zapatas, cm.

- b_t = Ancho de la parte de la sección transversal que contiene los estribos cerrados que resisten la torsión.
- b_w = Ancho del alma o diámetro de la sección circular, cm.
- b_1 = Ancho de la sección crítica definida en la secc. 11.12.1.2 medida en la dirección del claro, para el cual los momentos han sido determinados, cm.
- b_2 = ancho de la sección crítica definida en la sección 11.12.1.2 medida en dirección perpendicular a b_1 , cm.
- c_1 = Tamaño de la columna rectangular, o equivalente del capitel o ménsula rectangular medido en dirección del claro para el cual van a determinarse los momentos, cm.
- c_2 = Tamaño de la columna rectangular, o equivalente del capitel o ménsula rectangular medido en dirección transversal a la del claro para el cual van a determinarse los momentos, cm.
- f_{ct} = Resistencia promedio a la tensión del concreto hecho con agregado ligero kg/cm^2 .
- f_d = Esfuerzo debido a la carga muerta no factorizada en la fibra extrema de la sección en la cual los esfuerzo de tensión se producen por cargas aplicadas externamente, kg/cm^2 .
- f_{yv} = Resistencia a la fluencia del acero de refuerzo torsional transversal confinado, kg/cm^2 .
- f_{vt} = Resistencia a la fluencia del acero de refuerzo longitudinal por torsión, kg/cm^2 .
- h_v = Peralte total de la sección transversal de la cruceta de cortante, cm.
- h_w = Altura total de un muro medido desde la base a la parte superior, cm.
- l_v = Longitud del brazo de la cruceta de cortante desde el centroide de la carga concentrada o reacción, cm.
- l_w = Longitud horizontal de un muro, cm.
- M_{cr} = Momento que produce agrietamiento.
- M_m = Momento modificado.
- $M_{m\text{áx}}$ = Momento máximo factorizado en la sección debido a las cargas aplicadas externamente.

M_{2a}	=	Valor del momento de extremo factorizado de un elemento sujeto a compresión, al extremo del cual M_2 actúa debido a cargas que causan un desplazamiento lateral no apreciable, calculado por el análisis convencional de marco elástico de primer orden.
P_c		Carga crítica.
P_o	-	Resistencia nominal a la carga axial a una excentricidad igual a cero.
P_u	=	Carga axial factorizada a una excentricidad determinada ϕP_n
Q	=	Índice de estabilidad para un piso.
r		Radio de giro de la sección transversal de un elemento en compresión
V_u		Cortante horizontal factorizado en un piso
z		Cantidad que limita la distribución del acero de refuerzo.
β_1		Factor que se define en la sección 10.2.7.3 del Reglamento ACI 318-95.
β_d		(a) Para marcos contraventeados β_d es la relación de la máxima carga muerta axial factorizada a la carga total axial factorizada. (b) Para marcos no contraventeados, con excepción de lo requerido en (c), β_d es la relación del cortante máximo factorizado sostenido dentro de un piso, al cortante total factorizado en ese piso. (c) Para comprobaciones de estabilidad de marcos no contraventeados, elaborados de acuerdo con la sección 10.13.6, β_d es la relación de la máxima carga axial sostenida factorizada, a la carga axial total factorizada.
δ_{ns}		Factor de amplificación de momento para marcos contraventeados, para reflejar los efectos de la curvatura del elemento, entre los extremos del elemento en compresión.
δ_s	-	Factor de amplificación de momento para marcos no contraventeados, para reflejar el desplazamiento lateral de entrepiso que resulta de las cargas laterales y gravitacionales.
Δ_o		Deflexión lateral relativa entre la parte superior y la inferior de un piso, debido a V_u , calculada utilizando un análisis de primer orden convencional de marco elástico y valores de rigidez que satisfagan la sección 10.11.1 del reglamento ACI 318-95
ρ_s		Relación de volumen del acero de refuerzo en espiral al volumen total del núcleo

M_p	=	Momento plástico resistente requerido en la sección transversal de la cruceta de _____ cortante.
M_u	=	Momento factorizado en la sección.
M_v	=	Momento resistente con el que contribuye el acero de refuerzo de la cruceta de cortante.
N_u	=	Carga axial factorizada normal a la sección transversal, que ocurre simultáneamente con V_u , la cual debe tomarse como positiva para la compresión, negativa para la tensión, y debe incluir los efectos de la tensión debidos a la contracción y a la fluencia del concreto.
N_{uc}	-	Fuerza de tensión factorizada que actúa simultáneamente con V_u , sobre la parte superior de una ménsula o cartela, que se debe tomar como positiva para la tensión
P_{cp}	-	Perímetro exterior de la sección transversal del concreto, cm.
P_h		Perímetro de la línea central externa del acero de refuerzo torsional transversal confinado, cm
s	-	Espaciamiento del acero de refuerzo por torsión o cortante en dirección paralela al acero de refuerzo longitudinal, cm.
s_1		Espaciamiento del acero de refuerzo vertical en un muro, cm.
s_2		Espaciamiento del acero de refuerzo por torsión o cortante en dirección perpendicular al refuerzo longitudinal o espaciamiento del acero de refuerzo horizontal en un muro, cm.
t		Espesor de un muro de una sección hueca, cm.
T_n	-	Resistencia nominal al momento torsionante.
Γ_u		Momento torsionante factorizado en la sección.
V_c	-	Resistencia nominal al cortante proporcionada por el concreto.
V_{ci}	=	Resistencia nominal al cortante proporcionada por el concreto, cuando el agrietamiento diagonal es el resultado de la combinación de cortante y momento.
V_d	-	Fuerza cortante en la sección debida a la carga muerta no factorizada.
V_i		Fuerza cortante factorizada en la sección, debida a cargas aplicadas externamente que se presentan simultáneamente con $M_{máx}$.

V_n	=	Resistencia nominal al cortante.
V_p	=	Componente vertical de la fuerza efectiva de presfuerzo en una sección.
V_s	=	Resistencia nominal al cortante proporcionada por el acero de refuerzo de cortante.
V_u	=	Fuerza cortante factorizada en la sección.
V_n	=	Esfuerzo cortante nominal, kg/cm ² . Ver la sección 11.12.6.2.
α_r	=	Angulo entre el acero de refuerzo debido al cortante por fricción y el plano de cortante.
β_c	-	Relación lado largo a lado corto del área de la carga concentrada o de reacción.
ϕ	=	Angulo de las diagonales a compresión en la analogía de la armadura para torsión.
λ		Factor de corrección relacionado con el peso unitario del concreto.
μ		Coefficiente de fricción.
ρ_h		Relación del área del acero de refuerzo horizontal por cortante al área total de concreto de una sección vertical.
ρ_n		Relación del área del refuerzo vertical por cortante al área de la sección total de concreto de una sección horizontal.
ρ_w	-	$\frac{.1s}{b \cdot d}$
A_b	-	Area de una varilla individual, cm ² .
A_{tr}		Area total de la sección transversal del acero de refuerzo transversal dentro de un espaciamiento "s" y que cruza al plano potencial de separación, a través del refuerzo que va a desarrollarse en cm ² .
f_{vt}	=	Resistencia especificada a la fluencia del acero de refuerzo transversal, kg/cm ² .
K_{tr}		Indice de acero de refuerzo transversal = $\frac{A_{tr} f_y}{105 s n}$ (la constante 105 lleva la unidad kg/cm ²)
ℓ_a	-	Longitud adicional de empotramiento en el apoyo en el punto de inflexión, cm.
ℓ_d		Longitud de desarrollo, cm. ℓ_{db} x los factores de modificación aplicables.

- ℓ_{db} = Longitud básica de desarrollo, cm
- ℓ_{dh} = Longitud de desarrollo del gancho estándar en tensión, medida desde la sección crítica hasta el extremo exterior del gancho (longitud recta de empotramiento entre la sección crítica y el comienzo del gancho (punto de tangencia) más el radio de doblez y un diámetro de varilla), cm.
- ℓ_{bb} = Longitud básica de desarrollo del gancho estándar a tensión, cm.
- n = Número de varillas o alambres que son traslapados o desarrollados a lo largo del plano de separación.
- s = Espaciamiento máximo del acero de refuerzo transversal dentro de ℓ_d centro a centro, cm.
- s_w = Espaciamiento del alambre a desarrollarse o traslaparse, cm.
- V_u = Fuerza cortante factorizada en la sección.
- α = Factor de ubicación del refuerzo. Ver la sección 12.2.4.
- β = Factor de recubrimiento. Ver la sección 12.2.4.
- β_b = Relación del área del acero de refuerzo cortado, al área total del acero de refuerzo en tensión en la sección.
- γ = Factor del tamaño del refuerzo. Ver la sección 12.2.4.
- λ = Factor del concreto de agregado ligero. Ver la sección 12.2.4

PROPOSICIÓN

Tomando en cuenta que en la práctica de la Ingeniería Civil, en la mayoría de las obras se utiliza el concreto reforzado como material estructural ; es necesario que el egresado adquiera los conocimientos de la teoría fundamental para posteriormente aplicarlos en la revisión y diseño de estructuras.

Los principales propósitos de este texto introductorio al concreto reforzado son dar al estudiante una presentación clara y lógica de los conceptos básicos y los principios del concreto reforzado, y fortalecer la comprensión de ambos a través de ejemplos y comentarios sobre aplicaciones a la ingeniería práctica .

La disposición de estos propósitos hace hincapié en cada situación, con argumentos racionales.

JUSTIFICACIÓN

Esta tesis, que pretende facilitar la enseñanza actualizada del concreto reforzado, mantiene un enfoque básico: primero, para establecer una clara interpretación del comportamiento del concreto reforzado, y luego, desarrollar experiencia en los métodos utilizados en la práctica de diseño actual, con referencia particular a las disposiciones del Código del American Concrete Institute (ACI) de 1995.

Se acepta ampliamente que la sola formación en técnicas especializadas para el diseño y en procedimientos de diseño codificados no es la base adecuada para una exitosa práctica profesional. Estos procedimientos están sujetos a cambios frecuentes. Para comprender y mantenerse actualizado, con éstas rápidas evoluciones, el ingeniero necesita una profunda formación en el comportamiento básico del concreto y del acero, como materiales estructurales y en el comportamiento de elementos de concreto reforzado y de estructuras. Por otro lado, el principal objetivo del ingeniero estructural es diseñar estructuras seguras, económicas y efectivas. Por tanto, con esta interpretación fundamental como base, es esencial familiarizarse con los procedimientos de diseño. Esta tesis sirve para ese propósito.

UN TEXTO ADECUADO

La mayoría de los catedráticos estarán de acuerdo en que un libro de texto seleccionado adecuadamente sería la mejor guía para que el estudiante entendiera y aprendiera la materia. Por lo tanto, un libro de texto debe ser accesible y escrito con un estilo que facilite la instrucción. Con estas premisas se han incluido algunas aclaraciones pedagógicas en el texto, con las cuales se intenta resaltar la utilidad del mismo, tanto para el estudiante como para el maestro.

El estilo de presentación y escritura, en ciertos párrafos es informal y relajado, con lo cual se pretende que el estudiante encuentre interesante y agradable la lectura. Se trata también de definir los términos y conceptos de la ingeniería estructural; específicamente, del concreto reforzado en la forma en que suelen hacerlo los ingenieros.

El aprendizaje de esta materia requiere de conocimientos básicos por parte del alumno, de matemáticas, así como de estática, resistencia de materiales y análisis estructural.

HIPOTESIS

Si alguna persona, o un grupo de ellas, interesadas en el aprendizaje del diseño de elementos estructurales de concreto armado, aprende la teoría y aplica las prescripciones contenidas en este libro, para cada paso específico, logrará una satisfactoria capacitación para resolver los problemas de estructuras de concreto cuyo análisis y especificaciones se tratan.

OBJETIVOS

- a).- Proporcionar un curso elemental para el Diseño de Elementos de Concreto Reforzado, para los alumnos de la Licenciatura en la carrera de Ingeniero Civil.
- b).- Ayudar a ingenieros y diseñadores en la adecuada aplicación de las normas del código ACI 318-95.
- c).- Proporcionar una ayuda a profesores, arquitectos, contratistas, fabricantes de productos y materiales ; así como para personas involucradas en el ramo del diseño, de la construcción y control de estructuras de concreto.

MÉTODO

Cada capítulo incluye un panorama global del tema que debe ser estudiado; en teoría, análisis y ejemplos y, en su caso, una prueba de laboratorio.

Como una ayuda para la rápida comprensión se intenta escribir el texto en forma clara y lógica. El estilo de presentación y escritura, en ciertos párrafos, es informal y relajado, con lo cual se pretende que el estudiante encuentre interesante y agradable la lectura.

Se trata también de definir los términos y conceptos de la ingeniería estructural; específicamente, del concreto reforzado, en la forma en que suelen hacerlo los ingenieros.

Se destacan algunas afirmaciones especiales, para ponderar su importancia y facilitar la búsqueda de soluciones pertinentes.

Con las ilustraciones se busca la eficiencia del material del texto, tanto como la de los ejemplos. La descripción de los conceptos se auxilia con figuras, diagramas y tablas.

AL ESTUDIANTE

1.- COMO ESTUDIAR

Muy a menudo a los profesores se les pregunta ¿Cómo debe estudiarse el Concreto Reforzado y cómo debe el alumno prepararse para los exámenes? No existe una respuesta simple para esta pregunta; pero sería oportuna ofrecer una, basada en mi experiencia personal en la enseñanza del curso durante más de 15 años.

Primero, adóptese una actitud positiva hacia esta disciplina, teniendo presente que el uso del concreto reforzado es fundamental en las obras de Ingeniería Civil y que la teoría se basa en los conceptos básicos de la mecánica y el estudio del material se confirma a través de pruebas de laboratorio.

2.- CONCEPTOS Y PRINCIPIOS

Es esencial que se comprendan los conceptos y principios básicos, antes de intentar la solución de los problemas. Esto se logra a través de una lectura cuidadosa de la teoría, antes de cada clase. En este proceso es útil marcar ciertos puntos que no suelen quedar muy claros. Se deben tomar notas en clase y aclarar con el profesor las dudas sobre cualquier aspecto.

Téngase presente que no todas las personas son capaces de retener a la primera el significado de un tema. Pueden ser necesarias varias lecturas del mismo y consultar. Los ensayos de laboratorio y las visitas a obras pueden complementar y reafirmar la lectura y las clases. Se debe razonar y reducir al mínimo el material por memorizar. Los corolarios son importantes para comprender la teoría. La comprensión se aumenta con hábitos de estudio eficientes, a través de discusiones con otros estudiantes y profesores y con la habilidad para resolver problemas reales. Formúlense aquellas preguntas que sean necesarias.

3.- PLAN DE ESTUDIO

Es importante que se establezca un plan de estudio, para regular el trabajo diario.

Procure avanzar en forma paralela al programa del maestro. La clase le parecerá más interesante si lee el material correspondiente por anticipado. Como regla general, deben dedicarse dos horas de estudio a cada hora de clase.

Si se tienen dudas búsquese la asesoría del maestro o de otros estudiantes que toman o hayan tomado el curso. Es muy importante que se evite la práctica de retrasar el estudio hasta algunos días antes del examen.

Esto, a menudo, conduce a malos resultados. Es preferible una noche de buen reposo a una fatigosa noche de repaso, antes de presentar.

4.- LA IMPORTANCIA DE RESOLVER PROBLEMAS

Alguien dijo y estoy de acuerdo con él: “Usted no sabe nada sobre algo hasta que lo ha practicado”. Teniendo en cuenta esta afirmación, se recomienda desarrollar habilidades para resolver un amplio conjunto de problemas, para probarnos qué tanto sabemos sobre el tema. Es esencial que se comprendan los principios y conceptos básicos, antes de intentar resolver los problemas. Es buena práctica encontrar soluciones alternativas para un mismo problema, usando diferentes métodos, además de comparar y discutir aquellos resultados que pudiesen conducir a la solución óptima.

LAS PRUEBAS DE LABORATORIO

Se incluyen al final, en el Apéndice B, las Normas Oficiales Mexicanas para el control de agregados, así como para determinar la resistencia f'_c y el módulo de elasticidad del concreto; así como el esfuerzo de fluencia, f_y y el módulo de elasticidad del acero de refuerzo, datos indispensables en el diseño estructural.