

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



**ESTUDIO COMPARATIVO DE MÉTODOS DE ANÁLISIS DE LOSAS
EN DOS DIRECCIONES.**

Por:

JESÚS MONTEMAYOR VILLELA

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN
INGENIERÍA ESTRUCTURAL**

DICIEMBRE 1998

TM

TA683

.5

.S6

M6

1998

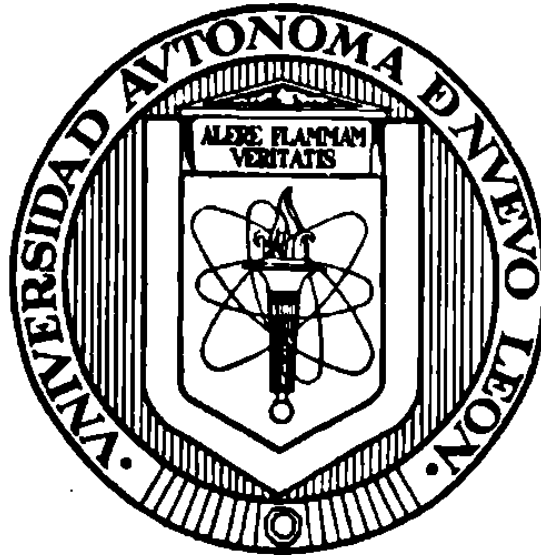
c.1



1080116303

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



**ESTUDIO COMPARATIVO DE MÉTODOS DE ANÁLISIS DE LOSAS
EN DOS DIRECCIONES.**

Por:

JESÚS MONTEMAYOR VILLELA

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN
INGENIERÍA ESTRUCTURAL**

DICIEMBRE 1998

TM
TA683
05
056
MG
1998



**ESTUDIO COMPARATIVO DE MÉTODOS DE ANÁLISIS DE
LOSAS EN DOS DIRECCIONES.**

Aprobación de Tesis.



M.C. Luis Manuel Aranda Maltez

Director de Tesis



Dr. Ricardo González Alcorta

Secretario de Postgrado.

RESUMEN

Jesús Montemayor Villela

Fecha de terminación de Créditos de la Mesaría: Julio de 1993

Título de la tesis: ESTUDIO COMPARATIVO DE METODOS DE ANALISIS DE LOSAS EN DOS DIRECCIONES.

Candidato para el grado de Maestría en Ciencias con Especialidad en Ingeniería Estructural.

Area de Estudio: Estructuras de concreto Aplicada a la Ingeniería.

Propósito, Contribución y Conclusión general: El propósito de tomar el tema de análisis de losas en dos direcciones es el que en nuestra comunidad sólo se maneja el método de Marco Equivalente del A.C.I. como el mejor de análisis de estas estructuras, por lo cual este trabajo está encaminado a dar una alternativa nueva de cálculo a la comunidad a través del método de la Extensión al Marco Equivalente por Vanderbilt, el cual es un método no muy conocido; por lo cual se le desarrolla en forma detallada a través de las ecuaciones de pendiente deflexión y que se muestran en el anexo B. Esta investigación está basada en el Reglamento de Estructuras de Concreto del A.C.I. de 1995 y publicado por el Instituto Americano del Concreto en nivel Internacional en Detroit Mich, U.S.A. en el mismo año. Con este trabajo se llegó a la conclusión de que el Método del Marco Equivalente del ACI es un método conservador para el análisis de losas sujetas a cargas de gravedad y no muy exacto para cargas laterales. Las simplificaciones hechas para poder usar este método para cargas laterales resultan ser insuficientes para acercar el marco idealizado al real; por lo cual, se recomienda, para el análisis de losas con combinación de cargas (gravedad y lateral), el uso del método de Extensión al Marco Equivalente por Vanderbilt.

AGRADECIMIENTOS.

A DIOS por permitirme existir con todos mis defectos y virtudes.

A MIS PADRES por ser los responsables de mi formación.

Quiero agradecer a **MI ESPOSA CARMEN** por toda su preocupación y su interés en acabar esta tesis.

Dedico este trabajo a mis hijos **JESÚS, ELIUD Y MARCOS** porque son el principio y el fin de mi trabajo y esfuerzo.

Al Sr. **DIRECTOR ING. FRANCISCO GÁMEZ TREVIÑO** por su apoyo incondicional para este servidor.

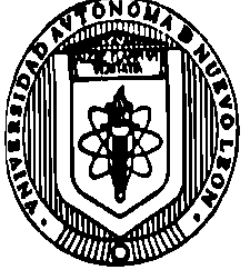
También quiero agradecer al **M.C. LUIS MANUEL ARANDA MALTEZ** por su entusiasmo y tiempo dedicado a la revisión de esta tesis así como las asesorías dadas a este trabajo.

Deseo hacer un reconocimiento público a todos los catedráticos de nuestra facultad de Ingeniería Civil que se preocupan por el engrandecimiento de esta Institución Universitaria, en especial y con gran gratitud a mi amigo el **M.C. VÍCTOR MANUEL AGUILERA REYES** por su desinteresado interés en ayudarme a terminar esta tesis.

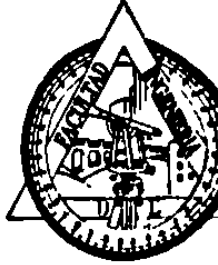
Al **DR. GUILLERMO VILLARREAL** por todo el trabajo que le ocasioné con asesorías.

También quisiera que este trabajo sea un aliciente para todos mis **COMPAÑEROS DE LA MAESTRÍA EN ESTRUCTURAS** para que se animen y presenten su grado.

GRACIAS



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
SECRETARIA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



COMPROBANTE DE CORRECCION

Tesista: JESÚS MONTEMAYOR VILLELA

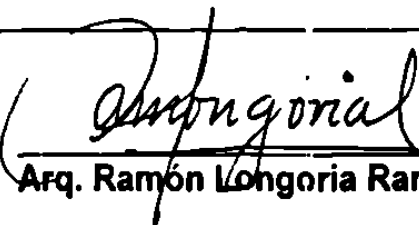
Tema de la tesis: ESTUDIO COMPARATIVO DE METODOS DE ANALISIS DE LOSAS EN DOS DIRECCIONES.

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:


 Arq. Ramón Longoria Ramírez

El Secretario de Posgrado:


 Dr. Ricardo González Alcorta

Ciudad Universitaria, a 11 de diciembre de 1998.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL U.A.N.L.

SECRETARIA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



MONTERREY, N.L, DICIEMBRE 9, 1998.

**ING. LÁZARO VARGAS GUERRA
DIRECTOR DEL DEPTO. ESCOLAR Y
DE ARCHIVO DE LA U.A.N.L.
TORRE DE RECTORÍA
PRESENTE.-**

Estimado Ing. Vargas:

Por este conducto me permito comunicarle que el **ING. JESUS MONTEMAYOR VILLELA** pasante de la **MAESTRÍA EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN INGENIERÍA ESTRUCTURAL**, ha solicitado su examen de Grado, para lo cual ha cubierto la totalidad de los requisitos que exige el Reglamento de Exámenes Profesionales de nuestra Institución. Le pido amablemente girar las instrucciones necesarias para el trámite correspondiente en el Departamento a su digno cargo.

Sin otro particular de momento, me es grato enviarle un cordial saludo y reiterarme a sus respetables órdenes.

**ATENTAMENTE,
" ALERE FLAMMAM VERITATIS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
EL SECRETARIO DE ESTUDIOS DE POSTGRADO**



DR. RICARDO GONZÁLEZ ALGORTA
SECRETARIA DE ESTUDIOS
DE POSTGRADO

C.c.p. Archivo.

TABLA DE CONTENIDO.

CAPITULO 1 INTRODUCCIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN.....1
1.2. OBJETIVOS DE ESTE TRABAJO..4
 1.2.1.MÉTODO DEL ANCHO EFECTIVO.....4
 1.2.2. MÉTODO DEL MARCO EQUIVALENTE.....6
 1.2.3. EXTENSIÓN DEL MÉTODO DE MARCO
 EQUIVALENTE POR VANDERBILT.....6

CAPITULO No. 2 MÉTODOS DE ANÁLISIS

2.1. DIFERENCIA ENTRE LOS MÉTODOS DE
 ANÁLISIS.....9
2.2. MÉTODOS DE ANÁLISIS DE LOSAS
 CONSIDERANDO UN ANCHO EFECTIVO.....13
2.3. MÉTODOS BASADOS EN EL ELEMENTO
 TORSIONAL.....19
 2.3.1. MÉTODO DEL MARCO EQUIVALENTE DEL
 A.C.I.....22
 2.3.1.1. RIGIDEZ DEL ELEMENTO TORSIONAL26
 2.3.1.2. RIGIDEZ DE LA COLUMNA K_c28
 2.3.1.3. RIGIDEZ DE LA LOSA K_s30
 2.3.2. EXTENSIÓN DEL MÉTODO DE MARCO
 EQUIVALENTE POR VANDERBILT32

TABLA DE CONTENIDO.**CAPITULO No.3 DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS DE
CÁLCULO DE CADA MÉTODO**

3.1. MÉTODO DEL ANCHO EFECTIVO	37
3.1.1. MODELO DEL ANCHO EFECTIVO	38
3.1.2. EFECTOS DEL AGRIETAMIENTO	40
3.2. MÉTODO DEL MARCO EQUIVALENTE	41
3.2.1. MODELO DE LA COLUMNA EQUIVALENTE	41
3.2.2. EFECTOS DEL AGRIETAMIENTO	44
3.3. EXTENSIÓN AL MÉTODO DE MARCO EQUIVALENTE (VANDERBILT)	46
3.3.1. MODELO DE LA COLUMNA EQUIVALENTE	46
3.3.1.1. EFECTO DEL AGRIETAMIENTO	48
3.3.2. MODELO DE LA LOSA EQUIVALENTE	49
3.3.2.1. EFECTOS DEL AGRIETAMIENTO	51

CAPITULO No.4 CONSIDERACIONES DE DISEÑO

4.1. CONSIDERACIONES DE DISEÑO	53
---	-----------

CAPITULO No.5 CALCULO NUMÉRICO.

5.1. LOSA PLANA EN UN EDIFICIO DE DOS NIVELES.....	55
5.1.1. MÉTODO DEL ANCHO EFECTIVO	58
5.1.2. MÉTODO DEL MARCO EQUIVALENTE DEL A.C.I.....	59
5.1.3. EXTENSIÓN AL MÉTODO DE MARCO EQUIVALENTE POR VANDERBILT.....	59
5.3. SUMARIO DE LAS RECOMENDACIONES PARA EL ANÁLISIS DE LOSAS.....	61

TABLA DE CONTENIDO.

CAPITULO No. 6 RESUMEN Y CONCLUSIONES

6.1. RESUMEN DEL MÉTODO BASADOS EN UN ANCHO EFECTIVO.....	63
6.2. RESUMEN DE LOS MÉTODOS QUE INVOLUCRAN ELEMENTOS TORSIONALES.....	64
6.3. CONCLUSION GENERAL.....	67

ANEXO A MÉTODO DEL MARCO EQUIVALENTE SEGÚN EL ACI 318-95

A.1. CONSIDERACIONES GENERALES	70
A.2. MARCOS IDEALIZADOS POR EL MÉTODO DE MARCO EQUIVALENTE.....	76
A.3. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL MARCO EQUIVALENTE.....	76
A.3.1. VIGA-LOSA	76
A.3.2. COLUMNAS	79
A.3.3. ELEMENTO SUJETO A TORSIÓN	81
A.3.4. COLUMNA EQUIVALENTE	89
A.4. APLICACIÓN DE LA COLUMNA EQUIVALENTE PARA CARGAS LATERALES.....	90

ANEXO B. EXTENSIÓN DEL MÉTODO DEL MARCO EQUIVALENTE POR VANDERBILT.

B.1. CONSIDERACIONES GENERALES	91
--------------------------------------	----

TABLA DE CONTENIDO.

B.2. PROPIEDADES DE LA COLUMNA EQUIVALENTE Y DE LA LOSA EQUIVALENTE DEDUCCIÓN DE LAS ECUACIONES DE ANÁLISIS	97
B.2.1. PROPIEDADES DE LA COLUMNA EQUIVALENTE. Y DE LA LOSA EQUIVALENTE	97
B.2.2. CALCULO DE LA RIGIDEZ, FACTOR DE TRANSPORTE ANGULAR Y LINEAL ASÍ COMO LOS MOMENTOS DE EMPOTRAMIENTO PERFECTO EN LAS PIEZAS Y VIGAS CON CONEXIONES SEMI-RIGIDAS.....	102
 ANEXO C. CÁLCULO NUMÉRICO DE LOSAS EN DOS DIRECCIONES PARA CARGAS DE GRAVEDAD.	
1. CONSIDERACIONES DE CARGA	110
2. CALIDAD DE LOS MATERIALES	110
3. CALCULO Y REVISIÓN DE LA LOSA DE ACUERDO AL ACI 318-95.....	110.
4. ANÁLISIS DE LA LOSA USANDO EL MÉTODO DE MARCO EQUIVALENTE DEL ACI 318-95.....	117
5. CALCULO DE LA LOSA POR EL MÉTODO DE LA EXTENSIÓN AL MARCO EQUIVALENTE DEL ACI POR VANDERBILT.....	123

TABLA DE CONTENIDO.

ANEXO D. CÁLCULO NUMÉRICO DE LOSAS EN DOS DIRECCIONES PARA CARGAS LATERALES.

D.1. CONSIDERACIONES DEL DISEÑO BAJO CARGAS LATERALES	130
D.2. MÉTODO DEL ANCHO EFECTIVO KHAN Y SBOROUNIS.....	130
D.3. ANÁLISIS DE LA LOSA POR EL MÉTODO DE MARCO EQUIVALENTE DEL ACI 318-95.....	135
D.4. ANÁLISIS DE LA LOSA POR EL MÉTODO DE EXTENSIÓN AL MARCO EQUIVALENTE POR VANDERBILT.....	139
BIBLIOGRAFÍA.....	147

LISTADO DE FIGURAS:

FIGURA	DESCRIPCIÓN	PAG
FIGURA 2.1.	MECANISMO DE TRANSFERENCIA PARA CARGAS GRAVITACIONALES.	----10
FIGURA 2.2	MECANISMOS DE TRANSFERENCIA PARA CARGAS LATERALES	----11
FIGURA 2.3.	CONCEPTO DEL ANCHO EFECTIVO.	----17
FIGURA 2.4.	GRÁFICA REALIZADA POR KHAN Y SBAROUNIS	----18
FIGURA 2.5.	DESARROLLO DE LA RIGIDEZ TORSIONAL DEL ELEMENTO A TORSIÓN.	---20
FIGURA 2.6.	ELEMENTOS ASUMIDOS POR EL MÉTODO DE MARCO EQUIVALENTE SEGÚN ACI.	----25
FIGURA 2.7.	RIGIDEZ DE LA COLUMNA DE ACUERDO AL MARCO EQUIVALENTE DEL ACI.	----29
FIGURA 2.9	EXTENSIÓN DEL MÉTODO DE MARCO EQUIVALENTE POR VANDERBILT.	----35

FIGURA	LISTADO DE FIGURAS: DESCRIPCIÓN	PAG.
FIGURA 3.1.	MODELO DEL ANCHO EFECTIVO	----39
FIGURA 3.2.	MODELO DEL ANÁLISIS DE MARCO EQUIVALENTE POR ACI	----43
FIGURA 3.3	MODELO DEL MÉTODO DE EXTENSIÓN DEL MARCO EQUIVALENTE POR VANDERBILT K _{ec} .	----47
FIGURA 3.4.	MODELO DEL MÉTODO DE EXTENSIÓN DEL MARCO EQUIVALENTE POR VANDERBILT K _{es} .	----50
FIGURA 5.1.	EDIFICIO EN ESTUDIO	----60
FIGURA A.1.	ELEMENTO SUJETO A TORSIÓN	----72
FIGURA A.2	MARCOS EQUIVALENTES EN UN EDIFICIO	----73
FIGURA A.3.	ANCHO TRIBUTARIO EN UN EDIFICIO	----74
FIGURA A.4.	DIFERENTES INERCIAS PARA LOSAS-VIGA	----78
FIGURA A.5.	DIFERENTES INERCIAS DE COLUMNAS	----80
FIGURA A.6	CONTRIBUCIÓN DEL ELEMENTO TORSIONAL EN EL SISTEMA.	----82
FIGURA A.7	DIFERENTES CONSTANTES DE TORSIÓN "C".	----88

LISTADO DE FIGURAS:

FIGURA	DESCRIPCIÓN	PAG.
FIGURA B.1.	ELEMENTOS ASUMIDOS POR EL MÉTODO DE MARCO EQUIVALENTE SEGÚN ACI..	--93
FIGURA B.2.	EXTENSIÓN DEL MÉTODO DE MARCO EQUIVALENTE POR VANDERBILT.	--95
FIGURA C.1.	EDIFICIO EN ESTUDIO	--115
FIGURA C.2.	DISEÑO DE LA LOSA CORTE	--116
FIGURA C.3.	RIGIDEZ DE LA COLUMNA DE ACUERDO AL MARCO EQUIVALENTE DEL ACI.	--119
FIGURA C.4.	MODELO DEL MÉTODO DE EXTENSIÓN AL MARCO EQUIVALENTE POR VANDERBILT.	--129
FIGURA D.1.	MODELO PARA EL ANÁLISIS DE CARGAS LATERALES.	--133
FIGURA D.2.	MODELO DEL MÉTODO DE EXTENSIÓN AL MARCO EQUIVALENTE DE VANDERBILT K_{es}	--141

SIMBOLOGÍA

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
α	FACTOR DE REDUCCIÓN DE ANCHO
θ	ÁNGULO DE ROTACIÓN
l_1	LONGITUD DE DISEÑO PARALELO.
l_2	LONGITUD DE DISEÑO PERPENDICULAR.
C_1	ANCHO DE LA COLUMNA PARALELA A LA DIRECCIÓN DE DISEÑO
C_2	ANCHO DE LA COLUMNA PERPENDICULAR A LA DIRECCIÓN DE DISEÑO
T	MOMENTO TORSIONANTE
K_{ec}	RIGIDEZ DE LA COLUMNA EQUIVALENTE
K_t	RIGIDEZ A TORSIÓN
K_c	RIGIDEZ DE LA COLUMNA
K_s	RIGIDEZ DE LA LOSA
E	MÓDULO DE ELASTICIDAD DE YOUNG.
C	CONSTANTE DE TORSIÓN
I_{sb}	INERCIA DE LA LOSA CON PRESENCIA DE VIGA.
H_f	ESPESOR DE LA LOSA
H	ALTURA DE LA COLUMNA
H_c	ALTURA COLUMNA PAÑO A PAÑO DE LOSA
Σ	SUMATORIA ALGEBRAICA
K_{es}	RIGIDEZ DE LA LOSA EQUIVALENTE.
A	ÁREA

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN.
A_v	ÁREA DE CORTE
I_c	INERCIA DE LA COLUMNA
I_s	INERCIA DE LA LOSA
β	FACTOR DE REDUCCIÓN POR AGRIETAMIENTO.
f'_c	RESISTENCIA DEL CONCRETO DE DISEÑO.
l_n	LONGITUD DE LA LOSA PAÑO A PAÑO DE LA COLUMNA
X	MENOR DIMENSIÓN EN EL CALCULO DE LA CONSTANTE DE TORSIÓN
Y	MAYOR DIMENSIÓN EN EL CÁLCULO DE LA CONSTANTE DE TORSIÓN.
G	MODULO DE ELASTICIDAD A LA TORSIÓN
M_t	MOMENTO TORSIONANTE
μ	RAZÓN DE POISSON EN EL CONCRETO
Δ	DESPLAZAMIENTO EN EL ELEMENTO
t_{ai}	FACTOR DE TRANSPORTE EN EL EXTREMO I.
t_{aj}	FACTOR DE TRANSPORTE EN EL EXTREMO J
M_{Eij}	MOMENTO DE EMPOTRAMIENTO DE I.A J.
M_{Eji}	MOMENTO DE EMPOTRAMIENTO DE J A I.
K_a	RIGIDEZ ANGULAR
K_l	RIGIDEZ LINEAL
K'_{ai}	RIGIDEZ ANGULAR EN EL EXTREMO I.CON UNIÓN SEMIRRÍGIDA
K'_{aj}	RIGIDEZ ANGULAR EN EL EXTREMO J.CON UNIÓN SEMIRRÍGIDA

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
t'_{ai}	FACTOR DE TRANSPORTE EN EL EXTREMO I.PARA UNIONES SEMIRRÍGIDA
t'_{aj}	FACTOR DE TRANSPORTE EN EL EXTREMO J.PARA UNIONES SEMRRÍGIDA
R_i	ÍNDICE DE RIGIDEZ EN EL EXTREMO I.
R_j	ÍNDICE DE RIGIDEZ EN EL EXTREMO J.
Q_i	FACTOR DE FIJACIÓN EN EL EXTREMO I.
Q_j	FACTOR DE FIJACIÓN EN EL EXTREMO J.
d	PROFUNDIDAD EFECTIVA DE ACUERDO AL ACI
e	RECUBRIMIENTO DEL ACERO PRINCIPAL
\emptyset	DIÁMETRO DE LA VARILLA A UTILIZAR.
W_p	PESO PROPIO
W_d	CARGA MUERTA
W_l	CARGA VIVA
W_u	CARGA ULTIMA PARA DISEÑO
V_u	CORTANTE ACTUANTE
V_c	CORTANTE RESISTENTE POR EL CONCRETO.
MIEM	MIEMBRO
FD	FACTOR DE DISTRIBUCIÓN
CT	COEFICIENTE DE TRANSPORTE
FEM	MOMENTO DE EMPOTRAMIENTO PARA CROSS
COM	COMBINACIÓN O DISTRIBUCIÓN
SUM	SUMA

SÍMBOLO

DESCRIPCIÓN

DM	DISTRIBUCIÓN MAYOR
MNEG	MOMENTO NEGATIVO