

TEMA : PROPUESTA DE PROCEDIMIENTOS SIMPLES PARA EL ANALISIS
Y DISEÑO SISMICO DE EDIFICACIONES DE ALBAÑILERIA.

ALUMNO : Manuel Moises Pérez Eusebio.

ASESOR : Ing. Roberto Morales Morales.

OBJETIVO : El objetivo de la presente tesis es la de revisar los métodos de analisis y diseño sismico de edificaciones de albañileria y la de proponer en base a estos un procedimiento sencillo para evaluar la capacidad sismo-resistente de este tipo de edificaciones.

CAPITULO I

ESTUDIO DE LA INFORMACION EXISTENTE

1.1 CODIGOS DE ALBAÑILERIA

1.2 PROCEDIMIENTOS DE ANALISIS Y DISEÑO.

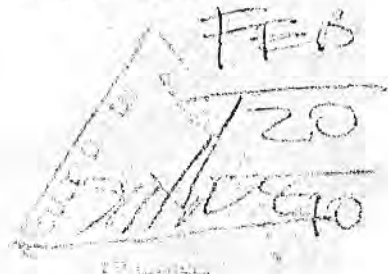
CAPITULO II

ESTUDIO DE LOS MODELOS ESTRUCTURALES

2.1 LIMITACIONES DEL MODELO

2.2 CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO

- DENSIDAD MINIMA DE MUROS
- UNIFORMIDAD DE LAS RIGIDECES DE LOS MUROS
- UBICACION DE LOS MUROS
- INFLUENCIA DE VANOS



CAPITULO III

ANALISIS Y DISEÑO DE EDIFICACIONES USUALES EN EL PERU

3.1 ANALISIS

3.2 DISEÑO

3.3 ELABORACION DE UN PROGRAMA DE COMPUTO PARA EL ANALISIS Y
DISEÑO

CAPITULO IV

PROPUESTA DE PROCEDIMIENTO SIMPLE DE ANALISIS DE
EDIFICACIONES DE ALBAÑILERIA

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

FEB
7/11/20
90



SUMARIO

El objetivo principal de esta tesis es la de proponer un método simple para evaluar la capacidad sismo-resistente de edificaciones de albañilería.

Para lograr esto se parte del procedimiento, propuesto por el Reglamento Nacional de Construcciones, usado para analizar este tipo de edificaciones.

Se han preparado una serie de tablas que permiten que todo este proceso se torne simple y práctico.

Entre los logros importante de ésta tesis tenemos :

- Un método simple para evaluar la corrección por torsión, en una edificación formada por muros de corte, basada en las características de la edificación.
- Proponer áreas mínimas de muros de corte, para evitar la fisuración de los muros, ante sismos frecuentes no destructivos.
- Un método para el cálculo del área efectiva de muros de corte de la edificación, basándose en factores de corrección para la longitud de los muros, que toma en cuenta la forma de distribución de la fuerza sísmica en los muros.
- Método simple para evaluar el esfuerzo cortante en cualquier muro, y así usarlo para diseñar el muro.

INTRODUCCION

El Perú es un país que se encuentra en una zona de alto riesgo sísmico, por lo tanto la seguridad estructural de las edificaciones debe estar orientada a lograr un buen comportamiento ante estos sismos. En nuestro país, debido a factores económicos y sociales, la gran mayoría de las edificaciones usadas para vivienda están hechas en base a muros portantes de albañilería, por lo tanto es muy importante diseñar este tipo de estructuras teniendo en cuenta los requerimientos antes mencionados.

Ante los diferentes sismos sufridos en los años anteriores, es que muchos investigadores han tomado como inquietud el estudio de este tipo de edificaciones, con lo cual se ha logrado tener en estos momentos una gran cantidad de información disponible. Es objetivo de la presente tesis el proponer un método sencillo y simple que permita evaluar rápidamente la capacidad sismo-resistente de una edificación de albañilería, tomando en cuenta las normas que el Reglamento Nacional de Construcciones del Perú establece para este tipo de edificaciones.

Es necesario hacer notar que aunque un buen diseño asegura un

buen comportamiento de una estructura, la buena práctica constructiva es el requisito fundamental que determina el logro de este objetivo. Esto es doblemente fundamental para el caso de estructuras de albañilería.

INDICE

SUMARIO

INTRODUCCION

AGRADECIMIENTOS

DEDICATORIA

<u>CAPITULO I</u>	: ESTUDIO DE LA INFORMACION EXISTENTE	..... 1
1.1.	CODIGOS DE ALBAÑILERIA	..... 1
1.2.	PROCEDIMIENTOS DE ANALISIS Y DISEÑO	..... 2
1.2.1.	ANALISIS SISMICO DE LAS EDIFICACIONES DE ALBAÑILERIA	..... 3
1.2.2.	DISEÑO DE LOS ELEMENTOS	..... 14
<u>CAPITULO II</u>	: ESTUDIO DE LOS MODELOS ESTRUCTURALES	..... 20
2.1.	LIMITACIONES DEL MODELO	..... 20
2.2.	CRITERIOS DE DIMENSIONAMIENTO	..... 21
2.2.1.	FUERZA SISMICA	..... 21
2.2.2.	CORRECCION POR TORSION	..... 22
2.2.3.	RIGIDEZ DE LOS MUROS	..... 27
2.2.4.	ESFUERZO ADMISIBLE POR CORTE	..... 29
2.2.5.	AREA MINIMA DE MUROS DE CORTE	..... 30
2.2.6.	CALCULO DEL AREA DE MUROS DE CORTE	..... 31

<u>CAPITULO III</u> : ANALISIS Y DISEÑO DE EDIFICACIONES	
USUALES EN EL PERU	34
<u>CAPITULO IV</u> : PROPUESTA DE PROCEDIMIENTO SIMPLE	
DE ANALISIS DE EDIFICACIONES DE	
ALBAÑILERIA	41
<u>CAPITULO V</u> : CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	44
<u>DOCUMENTACION GRAFICA Y TABLAS</u>	
<u>REFERENCIAS</u>	

CAPITULO I

ESTUDIO DE LA INFORMACION EXISTENTE

1.1 CODIGOS DE ALBAÑILERIA

En el año 1977 el Reglamento Nacional de Construcciones del Perú hace mención de las edificaciones de albañilería al exigir que éstas sean diseñadas por métodos racionales, señalando además los requisitos que deben cumplirse: las propiedades de los componentes (la unidad de albañilería, el mortero y la mano de obra) y los esfuerzos de trabajo admisibles para cada tipo de sollicitación.

Además paralelamente el Instituto de Investigación de Tecnología Industrial y de Normas Técnicas del Perú, a partir de un muestreo en las ladrilleras, logra normalizar y clasificar las unidades de albañilería.

Es este Reglamento, actualizado el año 1989 y ampliado con las Normas de Diseño Sismo-Resistente, el que fijará las normas que regirán la presente Tesis.

Como se dijo en la introducción, el diseño de las estructuras en nuestro país están principalmente regidas por el comportamiento sísmico de éstas.

La estructura de los edificios de albañilería está compuesta por muros de albañilería, cuyos ejes en planta, en gran mayoría, son paralelos a las dos direcciones ortogonales principales de la edificación, unidos por los entrepisos y el techo de concreto armado. En este sistema se representa a la fuerza sísmica horizontal como fuerzas aplicadas en cada entrepiso y en el techo, resistidas por un mecanismo de muros de corte conectados por diafragmas indeformables, capaces de repartir dichas fuerzas laterales en proporción a las rigideces relativas de los muros (Fig N° 1).

El diseño de una edificación de albañilería en áreas sísmicas está dividida en 3 etapas :

1. Determinación de la fuerza cortante basal y su distribución en la altura de la edificación. Para esto el Reglamento Nacional de Construcciones establece una formula donde toma en cuenta las características de la edificación así como de la zona y del suelo de cimentación de la estructura.
2. Distribución de las fuerzas cortantes a los muros en función de las rigideces relativas de estos, con la debida consideración de las torsiones reales y accidentales que se deriven de la forma y distribución de los muros de la edificación y las exigencias mínimas

reglamentarias. Con este propósito se asume diafragmas rígidos horizontales y muros de corte acoplados en cada nivel. No existe acuerdo con relación al mejor método para definir la rigidez de un muro e idealizar matemáticamente el comportamiento de la estructura, pero algunas pruebas experimentales permiten asegurar que una idealización del muro como voladizo para edificaciones de hasta 4 pisos se encuentra muy cerca de los resultados obtenidos experimentalmente (Fig N° 2).

3. Verificar y diseñar cada muro de corte para un sistema de cargas que incluye las verticales de gravedad y las horizontales coplanares de sismo. Se trata de confirmar el espesor asumido del muro para no exceder los esfuerzos admisibles de compresión y corte y luego, de proveer armaduras para tracción diagonal y las armaduras requeridas por ductilidad.

1.2.1. ANALISIS SISMICO DE LAS EDIFICACIONES DE ALBAÑILERIA

El análisis sísmico de las edificaciones de albañilería se realizará según los procedimientos especificados por el Reglamento Nacional de Construcciones del Perú (RNC)

A) CALCULO DE LA FUERZA SISMICA

La Fuerza Sísmica se calcula según la siguiente expresión:

$$H = \frac{ZUSC}{Rd} P$$

donde :

Z = Factor de Zona.

U = Factor de Uso.

S = Factor de Suelo.

C = Coeficiente Sísmico.

Rd = Factor de Reducción de la Fuerza sísmica por ductilidad.

P = Peso de la edificación.

Factor de Zona (Z) .- Es un factor que toma en cuenta la sísmicidad de la Región donde se encuentra la edificación.

Estas zonas se indican en el mapa #1 de las Normas de Diseño Sismo-Resistente (Fig N° 3).

Los valores que puede tener este Factor son los siguientes:

Zona	1	2	3
Factor de Zona (Z)	1	0.7	0.3

Factor de Uso (U) .- Es un factor que depende del uso a la que está destinada la edificación y la importancia de ésta cuando ocurre un sismo.

El RNC clasifica a las edificaciones en tres categorías las cuales tienen los siguientes valores de factor de Uso:

Categoría	A	B	C
Factor de Uso (U)	(*)	1	1.3

(*) Para las edificaciones de categoría A el Reglamento indica que el factor de uso debe ser indicado por el

proyectista teniendo en cuenta la seguridad de la estructura.

Las edificaciones de uso común como viviendas y oficinas están definidas dentro de la Categoría B y por lo tanto su factor de Uso es de 1.

Factor de Suelo (S) .- Es un factor que toma en cuenta el tipo de suelo de cimentación de la estructura y el período predominante T_s de su estratigrafía.

CLASIFICACION	TIPO DE SUELO DE CIMENTACION	PERIODO (SEGUNDOS)	S
1	Roca, grava densa, grava arenosa densa.	$T_s = 0.3$	1
2	Arena densa, suelo cohesivo duro o firme.	$T_s = 0.6$	1.2
3	Suelos granulares sueltos, suelos cohesivos medianos o blandos.	$T_s = 0.9$	1.4

Coefficiente Sísmico (C) .- Es el Porcentaje del Peso que la edificación absorbe como fuerza Sísmica.

Este valor esta definido por la siguiente expresión

$$C = \frac{0.8}{1 + T/T_s} \quad ; \quad 0.16 \leq C \leq 0.40$$

donde :

T = Período Fundamental de la estructura.

T_s = Período Predominante del suelo.

Para el caso de edificaciones de albañilería que es una estructura que esta formada principalmente por muros de corte, el RNC da la siguiente expresión para el cálculo de su Período Fundamental :

$$T = \frac{0.05 H}{\sqrt{D}} \quad ; \quad 0.30 \leq T \leq 0.90$$

UNIVERSIDAD NACIONAL DE
REPARTAMENTO DE SEGURIDAD
BIBLIOTECA

donde :

H = Altura Total de la Edificación.

D = Dimensión de la edificación en Planta en la dirección de análisis.

DUCTILIDAD (R_d) .- Es un factor que está relacionado básicamente a la ductilidad global de la estructura, involucrando además consideraciones sobre amortiguamiento y comportamiento en niveles próximos a la fluencia.

Mediante este factor se toma en cuenta que la edificación es capaz de absorber gran parte de la fuerza sísmica en deformaciones. La relación de ductilidad R_d esta fijada en el valor de 2.5 para "albañilería reforzada" y en 1.5 para "albañilería sin reforzar". La "albañilería reforzada" supone la incorporación de armaduras de acero mínimas reglamentarias, mientras que la "albañilería sin reforzar" supone la no colocación de armadura de acero o la colocación de la armadura obtenida por el cálculo. El proposito de las armaduras mínimas es propiciar un comportamiento dúctil de la edificación. En la práctica, para edificaciones de 3 o más pisos es más económico utilizar albañilería reforzada, fuera del hecho de que ella asegura un mejor comportamiento frente a sismos destructivos.

Peso de la Edificación (P) .- Es el peso de la edificación que sera tomado en cuenta para el cálculo de

la fuerza sísmica. En el caso de edificaciones el RNC da la siguiente expresión para el cálculo de P :

$$P = PD + 0.25 PL$$

donde :

PD = Carga muerta.

PL = Carga viva o sobrecarga.

Típicamente las edificaciones de albañilería son estructuras rígidas con bajos períodos de vibración y consecuentemente se diseñan para el valor máximo de la *aceleración espectral*. El valor de este coeficiente sísmico para estructuras de albañilería en cualquier tipo de suelo es $C = 0.4$. Para este valor de C, con un $R_d = 2.5$, Factor de Suelo = 1 y en Zona 1, el cortante basal resulta ser :

$$H = .16 P$$

Para otros tipos de suelos y zonas bastará con multiplicar este valor por los factores correspondientes.

B) DISTRIBUCION DE LA FUERZA SISMICA EN LOS ELEMENTOS

DISTRIBUCION DE LA FUERZA A LO ALTO DE LA EDIFICACION

Luego de calcular la fuerza sísmica total, ésta se repartirá a lo alto de la edificación según la siguiente expresión :

$$F_i = f H \frac{P_i h_i}{\sum P h}$$

donde :

F_i = Fuerza sísmica en el nivel i .

H = Cortante total en la base de la edificación.

P_i = Peso del nivel i .

h_i = Altura del nivel i respecto a la base de la edificación.

f = Factor que depende de la relación Alto/Ancho de la edificación.

$$f = 0.85 \quad \text{Alto/Ancho} > 6$$

$$f = 1.00 \quad \text{Alto/Ancho} < 3$$

Para relaciones intermedias Alto/Ancho se interpolará linealmente.

Para edificaciones típicas de albañilería y de alturas de entresijos iguales la distribución en la altura termina en participaciones tal como se muestra en la Fig Nº 4.

DISTRIBUCION DE LA FUERZA SISMICA EN PLANTA

La repartición de la Fuerza Sísmica en cada muro se realizará proporcionalmente a la rigidez de cada muro. La rigidez de un muro para una fuerza horizontal en su plano está definida por la siguiente expresión :

$$K = \frac{E t}{4 (H/L)^3 + 3 (H/L)}$$

donde:

E = Módulo de Elasticidad del Material.

t = Espesor del muro.

H = Altura del muro donde se aplica la fuerza sísmica.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE PROCESOS TECNOLÓGICOS

L = Longitud del muro.

Para fines prácticos se considera a la rigidez del muro en la dirección perpendicular a su plano como cero.

En el caso de muros cuyos ejes en planta no coincidan con las direcciones principales de la edificación (Fig N° 5), la rigidez con la que contribuyen a la resistencia del sismo estará dada por las siguientes expresiones :

$$K_x = K \cos^2 \theta$$

$$K_y = K \sin^2 \theta$$

$$K_{xy} = K_{yx} = K \sin \theta \cos \theta$$

donde :

K = Rigidez del elemento en la dirección de su eje.

θ = Angulo del eje del muro con la dirección X.

K_x = Rigidez del elemento en la dirección X.

K_y = Rigidez del elemento en la dirección Y.

K_{xy} = Rigidez del elemento en la dirección Y debido a una fuerza en la dirección X.

K_{yx} = Rigidez del elemento en la dirección X debido a una fuerza en la dirección Y.

C) CORRECCION POR TORSION DE LA FUERZA CORTANTE

La Fuerza sísmica se aplica en un punto llamado CENTRO DE CORTANTE, cuyas coordenadas están definidas por las siguientes expresiones :

$$X_v = \frac{\sum F_y X_g}{\sum F_y}$$

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE MECANICA Y FUNDAMENTOS
BIBLIOTECA CENTRAL

$$Y_v = \frac{\sum F_x Y_g}{\sum F_x}$$

donde:

X_v, Y_v = Coordenadas del Centro de Cortante del nivel i .

F_x, F_y = Fuerzas Sísmicas en las Direcciones X e Y respectivamente en cada nivel.

X_g, Y_g = Coordenadas del Centro de Gravedad de cada nivel.

La fuerza resistente a la Fuerza Sísmica esta localizada en un punto denominado CENTRO DE RIGIDEZ, cuyas coordenadas están definidas por la solución del siguiente sistema de ecuaciones :

$$K_{yx} * X_m - K_{xx} * Y_m = X_{cr} * K_{yx} - Y_{cr} * K_{xx}$$

$$K_{yy} * X_m - K_{xy} * Y_m = X_{cr} * K_{yy} - Y_{cr} * K_{xy}$$

donde:

$$K_x = K \cos^2 \theta$$

$$K_y = K \sin^2 \theta$$

$$K_{xy} = K_{yx} = K \sin \theta \cos \theta$$

K = Rigidez del elemento en la dirección de su eje.

θ = Angulo del eje del muro con la dirección X.

K_x = Rigidez del elemento en la dirección X.

K_y = Rigidez del elemento en la dirección Y.

K_{xy} = Rigidez del elemento en la dirección Y debido a una fuerza en la dirección X.

K_{yx} = Rigidez del elemento en la dirección X

debido a una fuerza en la dirección Y.

X_m, Y_m = Coordenadas del Centro de Gravedad de cada muro.

X_{cr}, Y_{cr} = Coordenadas del Centro de Rigidez del nivel en estudio.

Este sistema de ecuaciones toma en cuenta la posibilidad de que algunos ejes de muros no coincidan con las direcciones principales de la edificación. Para el caso en que no existan este tipo de muros, las expresiones se simplifican a lo siguiente :

$$X_{cr} = \frac{K_y X_m}{\sum K_y}$$

$$Y_{cr} = \frac{K_x Y_m}{\sum K_x}$$

donde solo se tomará en cuenta la rigidez de los muros en su plano.

CALCULO DE EXCENTRICIDADES

Se conoce como excentricidad a la diferencia de posición entre el Centro de Rigidez y el Centro de Cortante de la edificación.

La excentricidad por lo tanto estará definida para cada dirección según las siguientes expresiones :

$$e_x = X_v - X_{cr}$$

$$e_y = Y_v - Y_{cr}$$

donde:

e_x, e_y = Excentricidades en las direcciones X e Y respectivamente.

X_v, Y_v = Coordenadas del Centro de Cortante.

X_{cr}, Y_{cr} = Coordenadas del Centro de Rigidez.

Además el RNC establece unas correcciones a la excentricidad, calculadas para tomar en cuenta posibles errores del tipo constructivo por causa accidental.

Si $e > 0$

$$e_1 = 1.5 e + 0.05 D$$

$$e_2 = e - 0.05 D$$

Si $e < 0$

$$e_1 = 1.5 e - 0.05 D$$

$$e_2 = e + 0.05 D$$

donde :

e = Excentricidad en la dirección en estudio.

D = Dimensión perpendicular a la dirección en estudio.

Debido a la excentricidad generada por la diferencia entre el centro de rigidez y el centro de cortantes, y además por aquella asumida por el RNC, se produce una torsión en planta. Esta Torsión origina que además de las deformaciones debidas por la fuerza cortante, aparezcan en algunos elementos otras deformaciones originadas por la torsión. Estas deformaciones llevan consigo un aumento en la fuerza cortante. Por lo tanto a la fuerza cortante inicial (Fuerza Cortante Directa) se le deberá adicionar esta fuerza originada por la Torsión (Fig N° 6).

$$V_{total} = V_{directo} + V_{torsión}$$

Si hacemos $V_{torsión} = K V_{directo}$

$$V_{total} = V_{directo} + K V_{directo} = (1 + K) V_{directo}$$

Llamando a $1 + K = \alpha$

$$V_{total} = \alpha V_{directo}$$

donde:

Vdirecto = Cortante sin considerar torsión

Vtorsión = Cortante originado por la torsión

FACTORES DE CORRECCION POR TORSION

Los valores de α son definidos por las siguientes expresiones:

$$\alpha_{xi} = 1 + \frac{\sum K_x (Y - Y_r)}{\sum K_y (X - X_r)^2 + \sum K_x (Y - Y_r)^2} e_y$$

$$\alpha_{yi} = 1 + \frac{\sum K_y (X - X_r)}{\sum K_y (X - X_r)^2 + \sum K_x (Y - Y_r)^2} e_x$$

donde:

α_{xi} = Factor de Corrección por torsión para un muro que posee rigidez significativa en la dirección X

α_{yi} = Factor de Corrección por torsión para un muro que posee rigidez significativa en la dirección Y

K_x = Rigidez del muro en la dirección X.

K_y = Rigidez del muro en la dirección Y.

X_{cr}, Y_{cr} = Coordenadas del Centro de Rigidez del entrepiso en estudio.

X_i, Y_i = Coordenadas del centro de masa del muro

e_x, e_y = Excentricidad en las direcciones X e Y respectivamente.

Como para cada dirección el RNC establece 2 fórmulas para el cálculo de la excentricidad, resultarán 2 factores de corrección por torsión. Se tomará para el diseño el de mayor valor, siendo como mínimo 1.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE PROCESOS Y TORRES
BIBLIOTECA CENTRAL

CALCULO DE LA FUERZA CORTANTE DE DISEÑO

Por lo tanto la fuerza cortante de diseño para cada muro estará dada por la siguiente expresión :

$$V_{\text{diseño}} = \alpha V_{\text{directo}}$$

Para muros que posean rigideces significativas en ambas direcciones de los ejes principales de la edificación (muros con ejes inclinados con respecto a los ejes principales), luego de calcular las fuerzas cortantes en ambas direcciones, se deberá trasladar cada fuerza según la dirección del eje del muro, y se usará para el diseño la de mayor magnitud.

1.2.2. DISEÑO DE LOS ELEMENTOS

A) VERIFICACION DE NO FISURACION

Independientemente de que si la albañilería tiene el refuerzo concentrado en los extremos, distribuido en el muro, si posee cal o no, se deberá verificar siempre que los esfuerzos actuantes de corte no excedan al máximo permitido para que no se produzca fisuración.

$$fv_{\text{actuante}} \leq fv_{\text{admisible}}$$

donde:

$$fv_{\text{actuante}} = \frac{V}{\text{Area efect. al corte}}$$

El área de corte está definida como el área del muro neta que resiste el corte, y que depende de si la unidad es sólida o hueca según especifica el RNC.

Unidad Sólida ---> % de huecos < 25 % : Se tomará el área bruta.

Unidad Hueca ---> % de huecos > 25 % : Se tomará

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
SERVICIO DE PROYECTOS Y ESTUDIOS
BIBLIOTECA CENTRAL

el área neta descontando los huecos del ladrillo.

f_v admisible (kg/cm²):

$0.6 + 0.09 f_d \leq 1.3$ --> Albañilería sin reforzar con mortero sin cal.

$0.9 + 0.09 f_d \leq 1.6$ --> Albañilería sin reforzar con mortero con cal.

$1.2 + 0.18 f_d \leq 2.7$ --> Albañilería reforzada con mortero sin cal.

$1.2 + 0.18 f_d \leq 3.3$ --> Albañilería reforzada con mortero con cal.

f_d : Esfuerzo a compresión originada por las cargas muertas (kg/cm²).

ALBAÑILERIA CONFINADA

B) DISEÑO POR COMPRESION

El esfuerzo en compresión de un muro debido a las cargas de gravedad (cargas muertas y cargas vivas) debe ser menor o igual que el esfuerzo admisible.

$$f_c \text{ actuante} \leq f_c \text{ admisible}$$

$$f_c \text{ actuante} = \frac{PT}{A_{comp}}$$

$$PT = PD + PL$$

$$f_c \text{ admisible} = 0.2 f'_m \{ 1 - [H / (35t)]^2 \}$$

donde:

f_c actuante = Esfuerzo a compresión actuante en el muro debido a cargas de gravedad.

f_c admisible = Esfuerzo máximo admisible a compresión del muro.

f'_m = Esfuerzo admisible a compresión de la albañilería.

PT = Carga Total.

PD = Carga Muerta.

PL = Carga Viva.

Acomp = Area Neta que soporta la compresión.

H = Altura de entrepiso.

t = Espesor del muro.

C) DISEÑO POR CORTE

Se calculará el área de acero requerida por los elementos de confinamientos (viga y columna) del muro, para lograr una falla del tipo dúctil.

AREA DE CONCRETO DE ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO

$$A_c = 0.9 \frac{V}{f'_c}$$

$$A_c \geq 20 t$$

donde:

V = Cortante de diseño para el elemento.

f'_c = Resistencia a compresión del concreto.

t = Espesor del muro.

AREA DE ACERO DE LOS ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO

REFUERZO HORIZONATAL

$$A_{sh} = \frac{1.4 V}{f_y}$$

$$A_{sh} \geq \frac{0.1 f'c A_c}{f_y}$$

REFUERZO VERTICAL

$$A_{sv} = \frac{1.4 V H}{f_y L}$$

$$A_{sv} \geq \frac{0.1 f'c A_c}{f_y}$$

ESPACIAMIENTO DE ESTRIBOS

$$s = \frac{A_{sv} d f_y}{1.5 V}$$

$$s \leq d/2$$

D) DISEÑO POR FLEXION

Se verificará dos estados posibles de falla:

- Compresión por Flexión.
- Tracción por Flexión.

Se considerará la acción de la fuerza sísmica vertical.

La Fuerza Sísmica Vertical (F_{sv}) se define según el reglamento como un porcentaje de la carga dependiendo de la zona donde está ubicada la edificación.

ZONA 1 ----> 0.3 P

ZONA 2 ----> 0.2 P

ZONA 3 ----> 0

COMPRESION POR FLEXION

Para este caso debido a la combinación de esfuerzos tanto de flexión como de compresión se deberá cumplir :

$$\frac{f_c \text{ actuante}}{f_c \text{ admisible}} + \frac{f_m \text{ actuante}}{f_m \text{ admisible}} \leq 1.33$$

donde :

fc actuante = Esfuerzo a compresión máxima actuante en el muro.

fc admisible = Esfuerzo a compresión admisible.

fm actuante = Esfuerzo actuante a compresión debido a la flexión del muro.

fm admisible = Esfuerzo admisible a compresión por flexión del muro.

$$fc \text{ actuante} = \frac{P_{max}}{Att}$$

$$fm \text{ actuante} = \frac{M}{S}$$

$$fm \text{ admisible} = 0.4 f'm$$

$$P_{max} = (1 + FSV) * (PD + 0.25 PL)$$

FSV = Porcentaje de la Fuerza Sísmica Vertical.

M = Momento actuante en el muro.

S = Módulo de la sección del muro (I/A).

Att = Area total de la sección transformada del muro.

El valor máximo de 1.33 para la combinación de esfuerzos es debido a que la fuerza sísmica es de caracter temporal.

TRACCION POR FLEXION

La fuerza de Tracción se obtiene del diagrama de esfuerzos (Fig N° 7) y de donde se pueden definir las siguientes expresiones :

$$fc = \frac{\text{Carga}}{\text{Area a Compresión}}$$

$$f_m = \frac{M}{S}$$

$$A_{st} = \frac{1.25 T}{0.9 f_y}$$

$$f = f_m - f_c$$

$$T = \frac{y f t}{2}$$

f_c = Esfuerzo da compresión.

Carga = (1 - FSV) PD

CAPITULO II

ESTUDIO DE LOS MODELOS ESTRUCTURALES

2.1. LIMITACIONES DEL MODELO

Las estructuras de albañilería incluidas dentro de la aplicación de la presente tesis tienen las siguientes características:

1. Los muros de la edificación deberán estar unidas en los entrepisos y el techo, por elementos que permitan que la distribución de la fuerza sísmica horizontal se distribuya entre éstos en función de sus rigideces relativas, ésto se logra con elementos que actúen como diafragmas rígidos tales como losas de concreto armado o losas aligeradas (Fig N° 1).
2. Pueden existir muros de concreto.
3. Los ejes en planta de los muros pueden no coincidir con los ejes principales de la edificación (muros inclinados en planta) (Fig N° 5).
4. La relación entre las dimensiones de la edificación en planta, en la dirección de los ejes principales no

excederá de 2.

2.2. CRITERIOS DE DIMENSIONAMIENTO

2.2.1 FUERZA SISMICA

La fuerza sísmica está dada por la siguiente expresión:

$$H = \frac{ZUSC}{Rd} P$$

Considerando :

$$Z = 1 \quad (\text{Zona I}).$$

$$U = 1 \quad (\text{Categoría C}).$$

$$S = 1 \quad (\text{Suelo I}).$$

$$Rd = 2.5$$

Se obtiene :

$$H = 0.16 P$$

donde : $P = PD + .25 PL$

Si consideramos:

$$\text{Altura libre de muros} = 2.40 \text{ m}$$

$$\text{Densidad de Albañilería} = 1.80 \text{ Ton/m}^3$$

$$\text{Carga viva de piso} = 0.20 \text{ Ton/m}^2$$

se obtiene la siguiente expresión:

$$P = At (Wd + 0.25 * 0.20 + 1.8 * 2.40 * Am)$$

donde :

$$Wd = \text{Carga muerta de piso}$$

$$Am = \text{Area de muros por m}^2 \text{ de edificación}$$

$$At = \text{Area Total de la edificación.}$$

Para viviendas típicas se ha podido evaluar el valor del

área de muros por m² de edificación (Am) :

$$\text{Para } e_m = .15 \text{ m } \rightarrow \text{ Am } = 0.12 \text{ m}^2/\text{m}^2$$

$$\text{Para } e_m = .25 \text{ m } \rightarrow \text{ Am } = 0.17 \text{ m}^2/\text{m}^2$$

Con estos valores, para diferentes tipos de losas y espesores de muros se ha confeccionado la Tabla N° 1, donde se puede apreciar los valores de la Fuerza Sísmica por m² de edificación.

2.2.2. CORRECCION POR TORSION

El factor de corrección por torsión está definido por la siguiente expresión :

$$\alpha_{xi} = 1 + \frac{\Sigma K_x (Y - Y_r)}{\Sigma K_y (X - X_r)^2 + \Sigma K_x (Y - Y_r)^2} e_y$$

$$\alpha_{yi} = 1 + \frac{\Sigma K_y (X - X_r)}{\Sigma K_y (X - X_r)^2 + \Sigma K_x (Y - Y_r)^2} e_x$$

Para el cálculo del Factor de corrección por Torsión, se analizaron una serie de modelos, que intervienen en el cálculo de este factor. Estos modelos son :

A) MODELO 1

Este modelo nos proporciona un factor que toma en cuenta la relación entre las dimensiones de la edificación en las dos direcciones principales.

Para este modelo se considera rigideces iguales en ambas direcciones. Este factor para cada dirección está dado por las siguientes expresiones:

$$FA_1 = \left(1 + \frac{R}{1 + R} * 0.10 \right) / 1.05$$

$$FA_2 = \left(1 + \frac{1}{1 + R} * 0.10 \right) / 1.05$$

donde :

FA 1 = Es el factor correspondiente a la dirección 1.

FA 2 = Es el factor correspondiente a la dirección 2.

R = Es la relación entre las dimensiones 2 y 1
= $L2/L1$ (se considera $L1 \geq L2$)

En la Tabla N° 2 y la Figura N° 8 se encuentran los valores correspondientes de este factor para diferentes valores de $L2/L1$.

B) MODELO 2

Este modelo nos proporciona un factor que toma en cuenta la relación entre las rigideces en planta en las dos direcciones principales de la edificación.

Para este modelo se considera iguales a las dos dimensiones principales de la edificación. Este factor para cada dirección está dado por las siguientes expresiones:

$$FB 1 = \left(1 + \frac{1}{1 + S^2} * 0.10 \right) / 1.05$$

$$FB 2 = \left(1 + \frac{S^2}{1 + S^2} * 0.10 \right) / 1.05$$

donde:

FB 1 = Es el factor correspondiente a la dirección 1.

FB 2 = Es el factor correspondiente a la dirección 2.

S = Es la relación entre las rigideces en las direcciones 2 y 1

= $K2/K1$ (se considera $K1 \geq K2$)

En la Tabla N° 3 y la Figura N° 9 se encuentran los valores correspondientes de este factor para diferentes valores de $K2/K1$.

C) MODELO 3

Este modelo nos proporciona un factor que toma en cuenta la relación entre las rigideces de ambos lados de la edificación en una dirección, considerando ejes paralelos a las direcciones principales cuyo origen se encuentra en el centro de gravedad; en planta; de la edificación.

Para este modelo se considera iguales a las dos dimensiones principales de la edificación y además se considera a las rigideces de ambos lados de la edificación, en la otra dirección, también iguales.

Este factor, aunque sólo toma en cuenta relaciones de rigideces en una dirección, también afecta a los elementos de la otra dirección, por lo tanto se deberá analizar cada dirección por separado.

La notación de estos factores es la siguiente :

$FC_i 1$ = Es el factor correspondiente al lado i de la dirección en estudio (Dirección 1).

$FC_j 1$ = Es el factor correspondiente al lado j de la dirección en estudio (Dirección 1).

$FC 2$ = Es el factor correspondiente a la dirección 2.

T = Es la relación entre las rigideces en ambos lados de la edificación, de la dirección en estudio.

$$= K_j/K_i \text{ (Se considera } K_i \geq K_j)$$

En la Tabla N° 4 y la Figura N° 10 se encuentran los valores correspondientes de este factor para diferentes valores de K_j/K_i .

D) MODELO 4

Este modelo nos proporciona un factor que toma en cuenta las diferentes posiciones de los muros en una edificación. En este factor también se considerará un par de ejes coordenados cuyo origen se encuentra en el centro de gravedad; en planta; de la edificación.

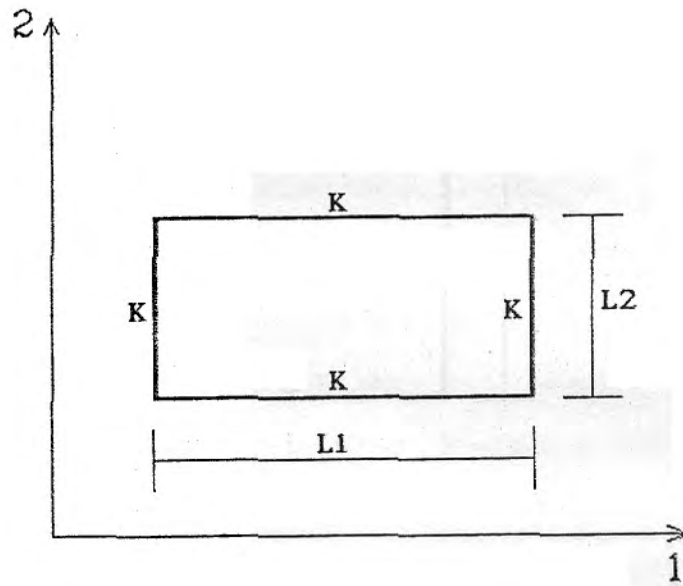
Para este modelo se considera iguales las dos dimensiones principales de la edificación y también iguales las rigideces en ambas direcciones. Para evaluar este factor deberá calcularse la posición de una rigidez equivalente de los elementos de un lado de la edificación en una dirección.

La notación de estos factores es la siguiente :

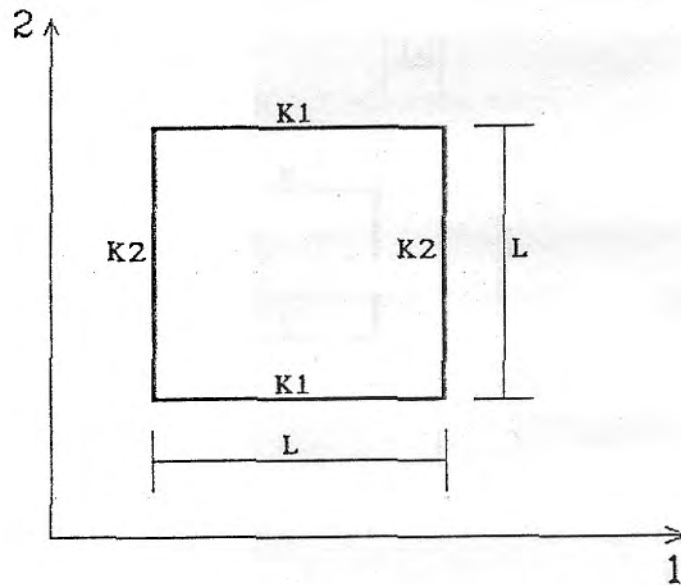
FD = Es el factor correspondiente en la dirección en estudio.

U = Es la relación entre la distancia de la posición de la rigidez equivalente en un lado de la edificación y la dimensión total en esa misma dirección.

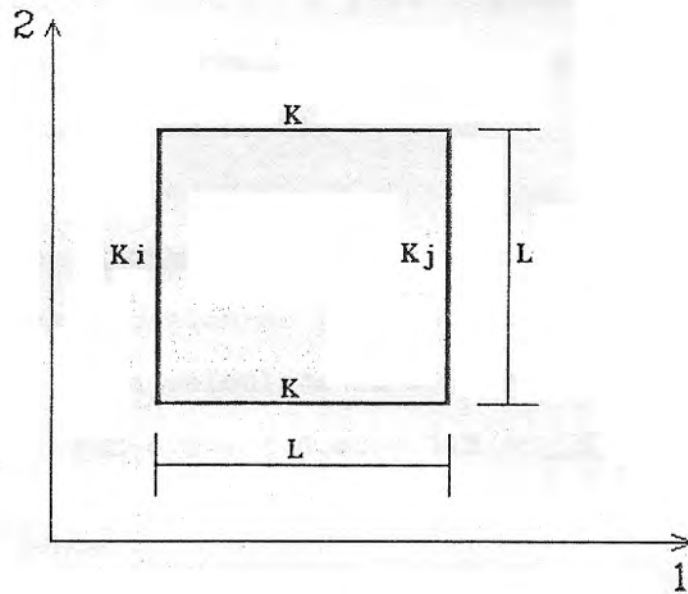
= L_i/L_1 (L_1 es la dimensión en la dirección en estudio)



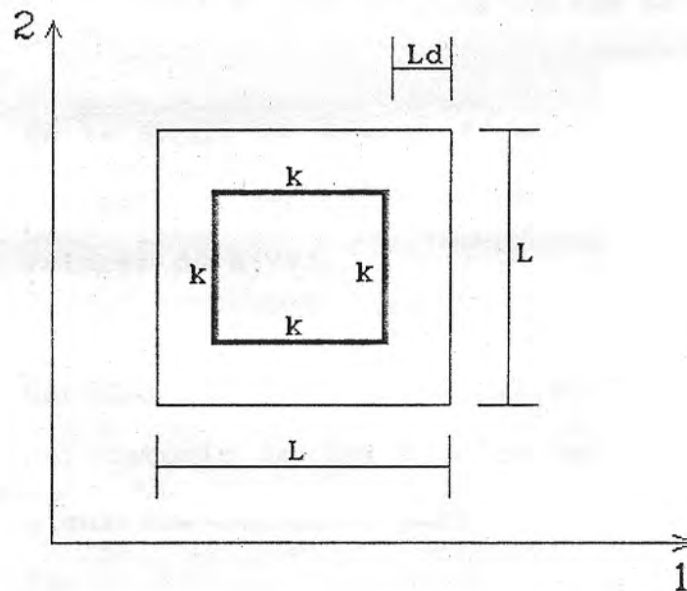
MODELO 1 : Relación entre las dimensiones principales de la Edificación.



MODELO 2 : Relación de las rigideces en las direcciones principales de la edificación.



MODELO 3 : Relación de Rigideces en ambos lados de la edificación en una dirección.



MODELO 4 : Posición de la rigidez equivalente con respecto a la longitud total de la edificación.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 DEPARTAMENTO DE PROCESOS TECNICOS
 BIBLIOTECA CENTRAL

En la Tabla N° 5 y la Figura N° 11 se encuentran los valores correspondientes de este factor para diferentes valores de L_i/L_1 .

E) **EXCENTRICIDAD**

Para considerar la excentricidad en los modelos 1, 2 y 3 se ha calculado la siguiente expresión:

$$EXC = 1 + \left(0.80 - 1.5 * \frac{T}{1 + T} \right)$$

donde :

EXC = Es el factor correspondiente a la dirección en estudio.

T = Es la relación entre las rigideces en ambos lados de la edificación, en la dirección en estudio.

K_j/K_i (Se ha considerado $K_i \geq K_j$)

En la Tabla N° 6 y la Figura N° 12 se encuentran los valores correspondientes de este factor para diferentes valores de K_j/K_i .

CALCULO DEL FACTOR DE CORRECCION POR TORSION

Del estudio de los modelos anteriores, se propone la siguiente expresión para el cálculo del Factor de Corrección por Torsión(α) :

$$\alpha = EXC * FA * FB * FC 1 * FC 2 * FD$$

donde :

α = Factor de corrección por torsión en la dirección en estudio.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE PROCESOS TECNICOS
BIBLIOTECA CENTRAL

- EXC = Factor debido a la excentricidad (K_j/K_i).
- FA = Factor debido a la relación L_2/L_1
- FB = Factor debido a la relación K_2/K_1
- FC 1 = Factor debido a la relación K_j/K_i en la dirección en estudio.
- FC 2 = Factor debido a la relación K_j/K_i en la otra dirección.
- FD = Factor debido a la relación L_i/L_1 (L_1 es la dimensión en la dirección en estudio.)

2.2.3. RIGIDEZ DE LOS MUROS

La rigidez de los muros está definido por la siguiente expresión:

$$K = \frac{E t}{4 (H/L)^3 + 3 (H/L)}$$

si hacemos :

$$E_s = H/L$$

tenemos :

$$K = \frac{E t}{4 E_s^3 + 3 E_s}$$

Estos valores de rigidez se han calculado, para un rango común de esbelteces, en la Tabla N° 7 (considerando $E t = 1$), donde además se han calculado $K * E_s$ y $K'e$. Los valores de $K'e$ son resultado de dividir a cada valor ($K * E_s$) entre el valor de mayor magnitud y multiplicarlo por 100 ($F_o = 0.032$).

Por lo tanto se obtiene la siguiente expresión :

$$K'e = \frac{76}{E_s^2 + 0.75}$$

En la Tabla N° 8 y la Figura N° 13 se encuentran los valores de K'e para diferentes valores de esbelteces. En estos valores de K'e ha considerado a todos los muros del mismo material (Eo) y del mismo espesor (to), por lo tanto para muros que no tengan estas 2 características, el valor de K'e se deberá corregir por los siguientes factores:

$$K'e_1 = K'e * \frac{E_1}{E_o} * \frac{t_1}{t_o}$$

donde :

K'e₁ = Factor corregido

K'e = Factor sin corregir

E₁ = Módulo de Elasticidad del muro

E_o = Módulo de Elasticidad del predominante

t₁ = Espesor del muro

t_o = Espesor predominante

Si además existe un muro cuyo eje en planta no coincida con las direcciones principales de la edificación, se podrá calcular la participación de la rigidez del muro en ambas direcciones principales de la edificación de las siguientes expresiones :

$$K'ex = K'e \cos^2 \theta$$

$$K'ey = K'e \sin^2 \theta$$

De lo anteriormente expuesto podemos deducir que la rigidez de cualquier muro estará dada por la siguiente expresión :

$$K = \frac{K'e}{E_s} F_o E t$$

UNIVERSIDAD NACIONAL
DEPARTAMENTO DE PROCESOS TECNOLÓGICOS
BIBLIOTECA CENTRAL

El cortante que toma un muro está definido por la siguiente expresión:

$$V = \frac{K}{\Sigma K} V_{\text{piso}}$$

de las expresiones anteriores se puede deducir:

$$V = \frac{\frac{K'e}{E_s} F_o E t}{\Sigma \frac{K'e}{E_s} F_o E t} V_{\text{piso}}$$

$$V = \frac{K'e * (L/H)}{\Sigma (K'e * (L/H))} V_{\text{piso}}$$

$$V = \frac{K'e * L}{\Sigma K'e * L} V_{\text{piso}}$$

El esfuerzo actuante en el muro será :

$$f_v = \frac{V}{L t}$$

$$f_v = \frac{K'e}{t \Sigma (K'e * L)} V_{\text{piso}}$$

De esta expresión podemos deducir que el muro sometido a mayor esfuerzo cortante será aquel que tenga el mayor valor de K'e y por lo tanto será el de menor esbeltez (mayor longitud para muros con igual espesor).

2.2.4. ESFUERZO ADMISIBLE POR CORTE

El RNC establece que el esfuerzo máximo admisible por corte para evitar la fisuración de los muros de albañilería ante la presencia de sismos frecuentes no destructivos, estará definido por las siguientes expresiones :

f_v admisible (kg/cm²):

$$0.6 + 0.09 f_d \leq 1.3 \text{ --> Albañilería sin reforzar}$$

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE PROCESOS TECNICOS
BIBLIOTECA CENTRAL

con mortero sin cal.

$0.9 + 0.09 f_p \leq 1.6$ --> Albañilería sin reforzar
con mortero con cal.

$1.2 + 0.18 f_p \leq 2.7$ --> Albañilería reforzada con
mortero sin cal.

$1.2 + 0.18 f_p \leq 3.3$ --> Albañilería reforzada con
mortero con cal.

f_p : Esfuerzo a compresión originada por las cargas
muertas (kg/cm²).

En la Tabla N° 9 y la Figura N° 14 se puede encontrar diferentes valores de f_p dependiendo de la luz de techo que soporta el muro. Estos valores están calculados para un piso, por lo que deberán multiplicarse por el número de pisos correspondiente. Además para losas armadas en 2 direcciones el valor calculado deberá dividirse entre 2.

En la Tabla N° 10 y la Figura N° 15 se dan los valores de los esfuerzos admisibles por corte, para diferentes valores de f_d .

2.2.5. AREA MINIMA DE MUROS DE CORTE

El área de mínima de muros de corte necesaria para que el esfuerzo de corte actuante, en cualquier muro de una edificación en una dirección, no exceda el máximo esfuerzo admisible de corte para evitar la fisuración estará dada por la siguiente expresión:

$$A_{mnc} = \frac{\alpha H}{f_v \text{ admisible}}$$

donde:

A_{mmc} = Area mínima de muros de corte en la dirección en estudio.

α = Factor de corrección por torsión de la fuerza sísmica en la dirección en estudio.

H = Fuerza sísmica.

f_v admisible = Es el esfuerzo mínimo admisible de los muros en la dirección en estudio.

En esta expresión se está considerando que todos los muros en una dirección tienen la máxima corrección por torsión, esto es porque para un predimensionamiento es la condición más crítica.

En la Tabla N° 11 y la Figura N° 16 se dan los valores del área mínima de muros de corte, para diferentes valores de f_v admisible. En estos valores no se ha considerado el factor α .

2.2.6. CALCULO DEL AREA DE MUROS DE CORTE

Si consideramos que el esfuerzo cortante actuante en los muros de una edificación es constante, el área mínima de muros de corte necesaria para resistir una fuerza sísmica H , sin que los muros se agrieten, estará dada por la siguiente expresión :

$$A_{mmc} = \frac{\alpha H}{f_v \text{ admisible}}$$

Este caso estará dado cuando todos los muros de la edificación en una dirección son iguales, o la rigidez

de los muros está en relación directa con sus longitudes (muros con esbelteces pequeñas).

Esta condición en la mayoría de las edificaciones no es común, pero si así fuese el caso, esta área de muros sería la más óptima.

El cálculo del área total de muros resistentes necesaria, si los muros no son de igual longitud, no se obtiene simplemente sumando cada área de muros, ya que la forma de distribución de la fuerza sísmica horizontal no se realiza en proporción directa a la longitud de cada muro.

En el siguiente ejemplo veremos esto:

Para una Fuerza Sísmica Horizontal Total de 20 Tn, $\alpha = 1.5$ y un esfuerzo admisible por corte de la albañilería de 2.0 kg/cm², el área mínima de muros de corte será :

$$A_{mcc} = \frac{1.5 \times 20000 \text{ Kg}}{2.0 \text{ kg/cm}^2} = 15000 \text{ cm}^2$$

Si consideramos un espesor de muros de $e_m = .15 \text{ m}$

$$L_{mc} = 10 \text{ m}$$

Esto se lograría con 2 muros de 5 m cada uno, y se verificaría que el esfuerzo actuante en los muros sería de 2.0 kg/cm². Pero si colocamos un muro de 6 m y otro de 4 m , la fuerza cortante y el esfuerzo actuante en cada muro sería :

$$L_1 = 6 \text{ m} \quad V_1 = 19,408 \text{ kg} \quad f_{v1} = 2.16 \text{ kg/cm}^2$$

$$L_2 = 4 \text{ m} \quad V_2 = 10,592 \text{ kg} \quad f_{v2} = 1.77 \text{ kg/cm}^2$$

Como se puede apreciar el esfuerzo de corte actuante en el muro de 6 m excede al esfuerzo de corte máximo

admisible (2.0 kg/cm²).

Del ejemplo y por lo explicado anteriormente, el esfuerzo máximo de corte actuante en los muros de la edificación, en cada dirección, se encuentra en los muros de menor esbeltez (los muros más largos). Esto nos lleva a proponer un FACTOR DE CORRECCION DE LA LONGITUD DE LOS MUROS (FCLM).

Este factor toma en cuenta las relaciones de las rigideces de cada muro con respecto al muro más largo en cada dirección, y nos permitirá calcular un área de muros de corte equivalente (Amce). Si dividimos la fuerza sísmica entre ésta área de muros equivalente se obtendrá el esfuerzo de corte máximo actuante en la dirección en estudio.

Este Factor se obtiene dividiendo a cada factor K'e del muro por el mayor valor de K'e en la dirección en estudio.

Del ejemplo anterior:

$$L_1 = 6 \text{ m} \quad K'e_1 = 27.47 \quad FCL = 1.000 \quad L'e_1 = 6 \text{ m}$$

$$L_2 = 4 \text{ m} \quad K'e_2 = 22.52 \quad FCL = 0.820 \quad L'e_2 = 3.28 \text{ m}$$

$$A_{mc} = 928 \text{ cm} \times 15 \text{ cm} = 13,920 \text{ cm}^2$$

$$f_v = \frac{30,000 \text{ Kg}}{13,920 \text{ cm}} = 2.16 \text{ kg/cm}^2$$

Por lo explicado anteriormente, para obtener el área de muros de corte, se deberá corregir la longitud de cada muro por el factor FCLM.

INGENIERIA
ELECTRICA
ELECTRONICA
COMUNICACIONES
COMERCIALES
INDUSTRIALES
MATERIALES
MECANICA
QUIMICA
TECNOLOGIA

CAPITULO III

ANALISIS Y DISEÑO DE EDIFICACIONES USUALES EN EL PERU

3.1. EJEMPLO DE APLICACION

Para demostrar el método propuesto, en el siguiente ejemplo de diseño de una vivienda (Figura N° 17), se le comparará con el método normal de analisis y diseño :

DATOS DE LA EDIFICACION

Datos Generales

Numero de Pisos	= 2
Dimensión en la dirección X	= 6 m
Dimensión en la dirección Y	= 8 m
f'm de la Albañilería	= 45 kg/cm ²
f'c del concreto	= 175 kg/cm ²
Carga muerta (Wd)	= 400 kg/m ²
Carga viva (Wl)	= 200 kg/m ²
Espesor de Muros	= .12 m

Datos Sísmicos

Zona = 1

Uso = 1

Suelo = Tipo II

Rd = 2.5

Datos de los elementos

Elemento	X1	Y1	X2	Y2
1 y	0.00	0.00	0.00	8.10
2 y	3.00	5.60	3.00	8.10
3 y	3.00	0.00	3.00	2.00
4 y	6.00	1.00	6.00	8.10
5 x	0.00	0.00	1.00	0.00
6 x	0.00	2.00	2.00	2.00
7 x	0.00	3.90	2.00	3.90
8 x	0.00	5.60	2.00	5.60
9 x	0.00	8.10	1.20	8.10
10 x	4.80	8.10	6.00	8.10
11 y	2.00	2.90	2.00	3.90
12 x	2.00	0.00	3.00	0.00

ANÁLISIS Y DISEÑO

El edificio fue procesado en un programa de computo preparado para el analisis y diseño de edificaciones de albañilería, obteniendose los siguientes resultados :

Peso Total de la Edificación : 89.70 Ton.

Fuerza Sísmica Total : 17.23 Ton.

Analisis Sísmico

Elemento	K	V	α_x	α_y
1 y	110.8	8.90		1.047
2 y	8.9	0.72		1.018
3 y	4.9	0.40		1.018
4 y	89.1	7.16		1.197
5 x	0.7	0.63	1.017	
6 x	4.9	4.60	1.009	
7 x	4.9	4.60	1.001	
8 x	4.9	4.60	1.005	
9 x	1.1	1.09	1.013	
10 x	1.1	1.09	1.013	
11 y	0.7	0.06		1.012
12 x	0.7	0.63	1.017	

BIBLIOTECA CENTRAL
 DEPARTAMENTO DE PROGRESOS TÉCNICOS
 UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

donde :

K = Rigidez de los elementos en Ton/cm

V = Cortante Directo en los elementos en Ton

α_x = Corrección por Torsión de los elementos en la dirección X.

α_y = Corrección por Torsión de los elementos en la dirección Y.

De los resultados se puede apreciar los factores de corrección por torsión en cada muro de la edificación y en especial los factores mayores en cada dirección.

Esfuerzos Cortantes

Elemento	Vtotal	L	v	v admis
1 y	6.10	8.10	0.96	1.50
2 y	0.47	2.50	0.24	1.50
3 y	0.26	2.00	0.17	1.50
4 y	5.60	7.10	1.01	1.50
5 x	0.42	1.00	0.54	1.30
6 x	3.03	2.00	1.92	1.30 (x)
7 x	3.01	2.00	1.92	1.30 (x)
8 x	3.02	2.00	1.92	1.30 (x)
9 x	0.72	1.20	0.76	1.30
10 x	0.72	1.20	0.76	1.30
11 y	0.04	1.00	0.05	1.50
12 x	0.42	1.00	0.54	1.30

donde :

V_{total} = Cortante del muro considerando la corrección por torsión (Ton.).

L = Longitud del muro en metros.

v = Esfuerzo cortante actuante en el muro en Kg/cm².

v_{admis} = Esfuerzo cortante admisible del muro en Kg/cm².

UNIVERSIDAD NACIONAL
DEPARTAMENTO DE PROCESOS TECNOLÓGICOS
BIBLIOTECA CENTRAL

METODO PROPUESTO

Según el método propuesto obtenemos los siguientes resultados :

De la Tabla Nº 1 tomaremos el valor de la Fuerza Sísmica por m2 para un em = .12 m y losa aligerada el = .20 m, con lo cual se obtiene :

$$H = .15 \text{ Ton/m}^2 \times 48 \text{ m}^2 \times 2 = 14.4 \text{ Ton}$$

debido a que el tipo de Suelo es Tipo II :

$$H = 14.4 \text{ Ton.} \times 1.2 = 17.28 \text{ Ton.}$$

Corrección por Torsión

$$\alpha = FA * FB * FC1 * FC2 * FD * EXC$$

Direccion		FA	FB	FC1	FC2	FD	EXC	α
Y	A	0.99	1.04	1.00	1.03	1.01	1.14	1.22
Y	B	0.99	1.04	1.00	1.03	1.01	1.14	1.22
X	A	1.01	0.96	0.95	1.00	1.03	1.06	1.01
X	B	1.01	0.96	1.08	1.00	1.03	1.06	1.01

donde :

FA = Factor debido a la relación L2/L1

$$Lx/Ly = 6/8 = 0.75$$

FB = Factor debido a la relación K2/K1

$$Kx/Ky = \Sigma L'ex / \Sigma L'ey$$

Debido a que al calcular las Longitudes equivalentes en las 2 direcciones, se tomó diferente L'e para normalizar, se deberá corregir una de las longitudes.

$$\Sigma L'ex * (K'eox / K'eo y) =$$

$$= 7.48 \times 11.67 / 68.47 = 1.27$$

entonces :

$$Kx/Ky = 1.27 / 15.54 = 0.08$$

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE PROCESOS TECNOLÓGICOS
BIBLIOTECA CENTRAL

FC1 = Factor debido a la relación K_{1i}/K_{1j}

FC2 = Factor debido a la relación K_{2i}/K_{2j}

Para cada dirección se tiene :

$$\begin{aligned} K_x B / K_x A &= \Sigma L'_{ex} B / \Sigma L'_{ex} A \\ &= 1.10 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K_y B / K_y A &= \Sigma L'_{ey} B / \Sigma L'_{ey} A \\ &= 1.00 \end{aligned}$$

FD = Factor debido a la relación L_d/L

$$L_{dx} / L_x = 0.6/6 = 0.10$$

$$L_{dy} / L_y = 1.5/8 = 0.19$$

EXC = Factor debido a la excentricidad

α = Corrección por Torsión.

De los resultados se puede apreciar que el resultado de la corrección por torsión para cada dirección será :

$$\alpha_x = 1.22$$

$$\alpha_y = 1.03$$

valores que son muy aproximados a los calculados mediante el proceso exacto.

Longitudes Equivalentes

Elemento	L	Es	K'e	FCLM	L'e
1 y	8.10	0.59	68.47	1.00	8.10
2 y	2.50	1.92	17.43	0.25	0.65
3 y	2.00	2.40	11.67	0.17	0.35
4 y	7.10	0.68	61.29	0.90	6.39
11 y	1.00	4.80	3.19	0.05	0.05
5 x	1.00	4.80	3.19	0.27	0.27
6 x	2.00	2.40	11.67	1.00	2.00
7 x	2.00	2.40	11.67	1.00	2.00
8 x	2.00	2.40	11.67	1.00	2.00
9 x	1.20	4.00	4.54	0.39	0.47
10 x	1.20	4.00	4.54	0.39	0.47
12 x	1.00	4.80	3.19	0.27	0.27

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 DEPARTAMENTO DE PROYECTOS TECNICOS
 BIBLIOTECA CENTRAL

Por lo tanto el área equivalente de muros de corte, para cada dirección, será :

$$L'e X = 7.48 \text{ m} ; A_{mc} X = 0.90 \text{ m}^2$$

$$L'e Y = 15.54 \text{ m} ; A_{mc} Y = 1.86 \text{ m}^2$$

Área mínima de muros de corte

El área mínima de muros de corte para este ejemplo estará definida por :

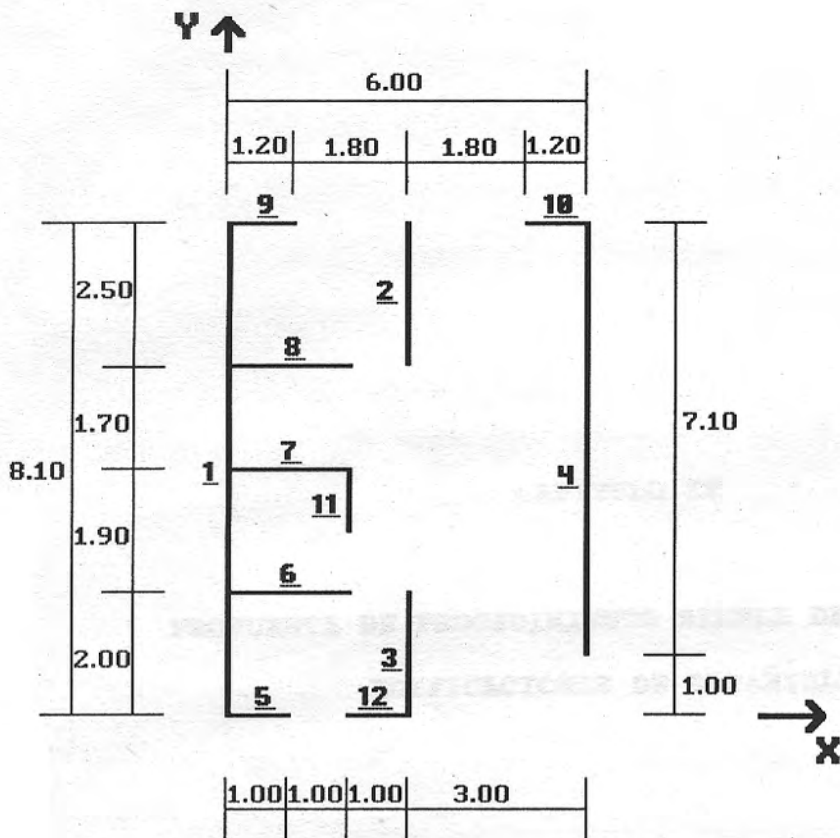
$$A_{mmc} = \frac{\alpha H}{f_v \text{ admisible}}$$

$$A_{mmc} X = \frac{1.03 * 17.3 \text{ Ton}}{13.0 \text{ Ton/m}^2} = 1.37 \text{ m}^2 > 0.90 \text{ m}^2 \quad (X)$$

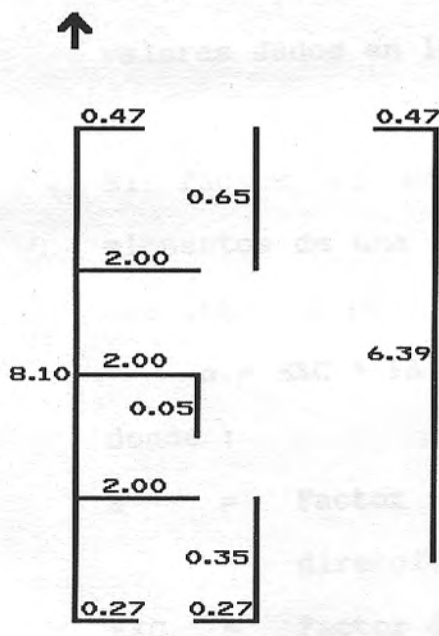
$$A_{mmc} Y = \frac{1.20 * 17.3 \text{ Ton}}{15.0 \text{ Ton/m}^2} = 1.38 \text{ m}^2 < 1.86 \text{ m}^2 \quad (OK)$$

Los muros en la dirección X no son suficientes para resistir sismos moderados no destructivos sin agrietarse, por lo tanto debe colocarse una mayor cantidad de muros o reemplazar algunos de ellos con muros de concreto.

Este ejemplo comprueba los resultados obtenidos por el método exacto.



PLANO EN PLANTA DE LA EDIFICACION DEL EJEMPLO



$$\frac{L2}{L1} = \frac{Lx}{Ly} = 0.75$$

$$\frac{K2}{K1} = \frac{L'ex * Fox}{L'ey * Foy} = 0.09$$

$$\frac{Kj}{Ki} : \frac{Kx B}{Kx A} = \frac{L'ex B}{L'ex A} = 1.10$$

$$\frac{Ky B}{Ky A} = \frac{L'ey B}{L'ey A} = 1.00$$

$$EXC = \frac{Kj}{Ki}$$

LONGITUDES EQUIVALENTES DE LOS MUROS DE LA EDIFICACION

Figura N° 17

CAPITULO IV

PROPUESTA DE PROCEDIMIENTO SIMPLE DE ANALISIS DE EDIFICACIONES DE ALBAÑELRIA

4.1. PROPUESTA

1) La fuerza sísmica por m² de edificación, según las características de ésta, se podrá obtener de los valores dados en la Tabla N° 1.

2) El factor de corrección por torsión para los elementos de una dirección de la edificación podrá ser obtenida por la siguiente expresión:

$$\alpha = \text{EXC} * \text{FA} * \text{FB} * \text{FC 1} * \text{FC 2} * \text{FD}$$

donde :

α = Factor de corrección por torsión en la dirección en estudio.

EXC = Factor debido a la excentricidad (Kj/Ki).
Tabla N° 6 , Figura N° 12

FA = Factor debido a la relación L2/L1

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE PROCESOS TECNICOS
BIBLIOTECA CENTRAL

Tabla N° 2 , Figura N° 8

FB = Factor debido a la relación K_2/K_1

Tabla N° 3 , Figura N° 9

FC 1 = Factor debido a la relación K_j/K_i en la dirección en estudio.

Tabla N° 4 , Figura N° 10

FC 2 = Factor debido a la relación K_j/K_i en la otra dirección.

Tabla N° 4 , Figura N° 10

FD = Factor debido a la relación L_i/L_1 (L_1 es la dimensión en la dirección en estudio.)

Tabla N° 5 , Figura N° 11

3) El esfuerzo admisible de los muros de albañilería se obtendrá de la Tabla N° 10 y la Figura N° 15

4) El área mínima de muros de corte en una dirección se obtendrá de la siguiente expresión:

$$A_{mmc} = FCT * \frac{H}{fv \text{ adm}}$$

donde:

A_{mmc} = Área mínima de muros de corte.

H = Fuerza Sísmica sin considerar torsión

$fv \text{ adm}$ = Mínimo esfuerzo admisible al corte de los muros en la dirección en estudio.

6) El área de muros de corte de la edificación en una dirección, se obtendrá considerando una longitud equivalente para cada muro. Esta longitud equivalente

(L'e) se obtiene de multiplicar la longitud de cada muro por su factor FCLM.

$$L'e = FCLM * L$$

El Factor FCLM se obtiene de dividir el valor de cada K'e entre el mayor valor de K'e de la dirección en estudio.

Los valores de K'e se obtendrán de la Tabla N° 8 y la Figura N° 13.

- 5) Si el valor del Factor de Corrección por Torsión no excede a 1.15, se podrá hacer uso de los esfuerzos de corte calculados por la siguiente expresión, al efectuar el diseño de los muros.

$$f_v = \frac{K'e}{t \Sigma (K'e * L)} V_{\text{piso}}$$

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

1. El método propuesto permite de una forma rápida evaluar la capacidad sismo-resistente de una edificación de albañilería. El método también puede ser usado para poder realizar un análisis sismo-resistente de cualquier tipo de edificación formada por muros corte.
2. El factor de corrección por torsión aumenta significativamente según los siguientes factores :
 - Relación de Rigideces en ambos lados de la edificación en una dirección.
 - Debido a la concentración de las rigideces cercanas al centro de gravedad de la edificación.
3. El factor de corrección por torsión no aumenta significativamente debido a relaciones de lados de la edificación y rigideces en ambas direcciones, diferentes de 1.
4. La fuerza sísmica por m² de edificación se puede

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
CENTRO DE INVESTIGACIONES Y DESARROLLO TECNICO
BIBLIOTECA CENTRAL

estimar como:

$$H = .17 \text{ Ton/m}^2 \quad \text{para } e_m = .15 \text{ m}$$

$$H = .20 \text{ Ton/m}^2 \quad \text{para } e_m = .20 \text{ m}$$

5. El área efectiva de muros de corte no se obtiene sumando las áreas de cada muro. Debido a la forma de distribución de la fuerza sísmica, se debe corregir la longitud de cada muro por los factores propuestos en la presente tesis.

5.2. RECOMENDACIONES

1. Para lograr una estructuración anti-sísmica óptima se recomienda:
 - Que las rigideces laterales en ambos lados de la edificación en una dirección, sean iguales.
 - Que la ubicación de los muros más rígidos sea en los extremos de la edificación.
 - Es conveniente que la longitud de los muros en cada dirección en análisis sean del mismo orden de magnitud, para así lograr una distribución uniforme de la fuerza sísmica, y de esta manera se necesitará un área mínima de muros de albañilería.
2. Si se cumple con las condiciones anteriores se puede suponer un factor de corrección por torsión de 1.10, para efectos de análisis y diseño.
3. Cuando la edificación tenga un factor de corrección por torsión menor de 1.15 se puede usar los esfuerzos de corte, calculados por el método propuesto para el diseño de los elementos, ya que en caso contrario,

debido a que en el método la corrección por torsión afecta por igual a todos los muros en una dirección, el diseño puede estar sobredimensionado.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE PROGRESO TECNICO
BIBLIOTECA CENTRAL

DOCUMENTACION GRAFICA Y TABLAS

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ARGENTINA
DEPARTAMENTO DE PROCESOS TECNICOS
BIBLIOTECA CENTRAL

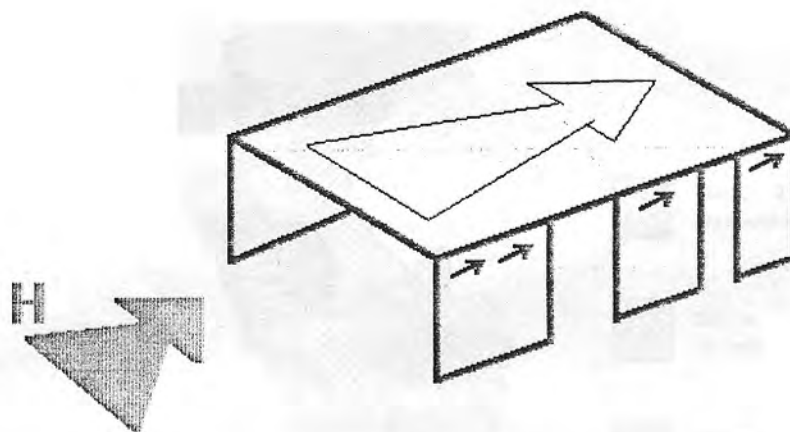


Figura N° 1 : Distribución de Fuerza Sísmica en los muros debido al diafragma de la losa de techo.

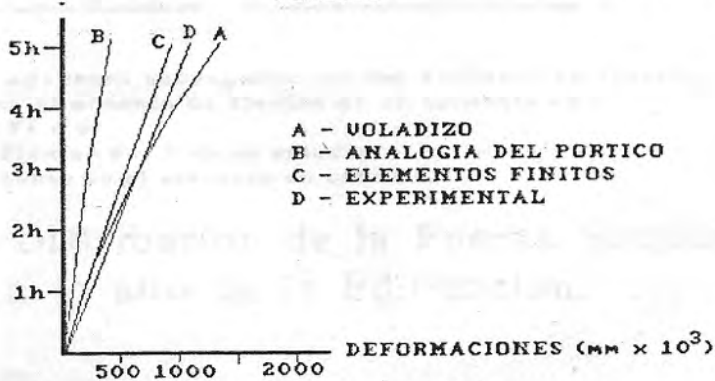
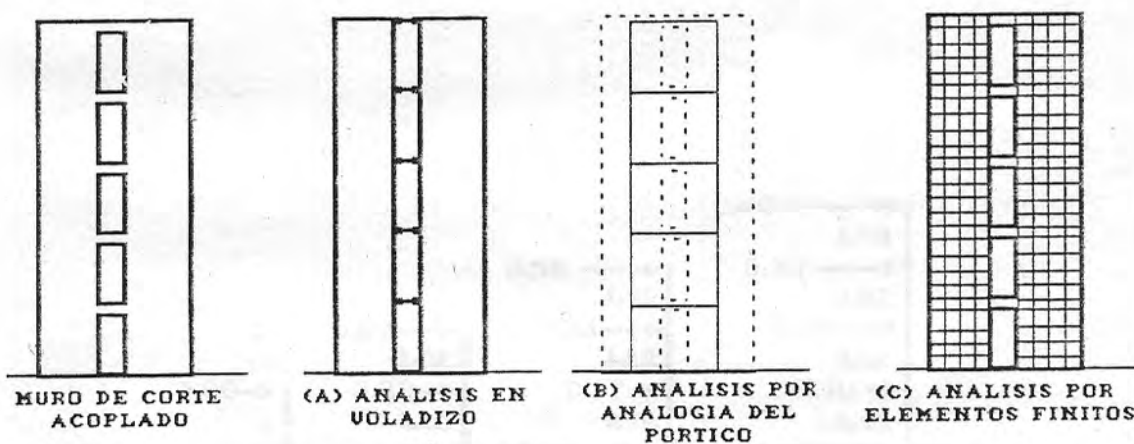


Figura N° 2 : Diferentes modelos de análisis (Structural Brickwork, A. W. Hendry)

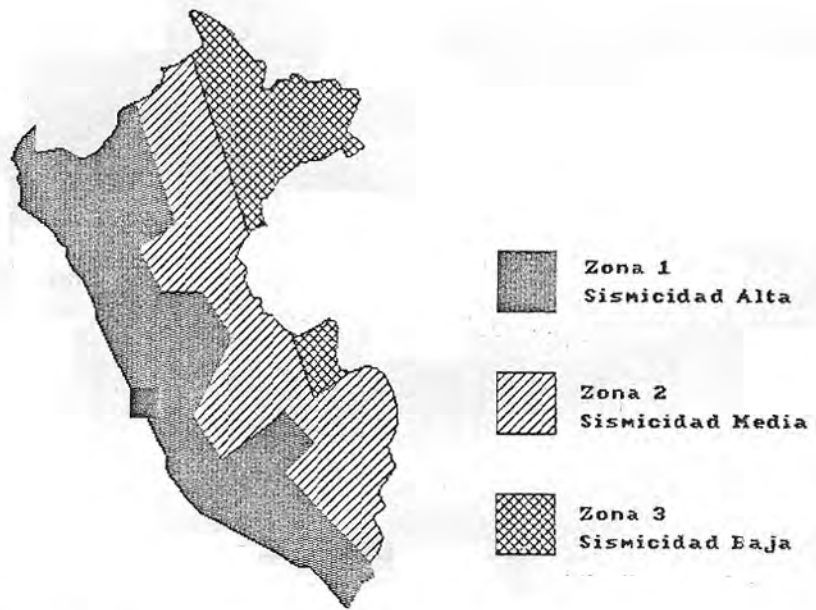
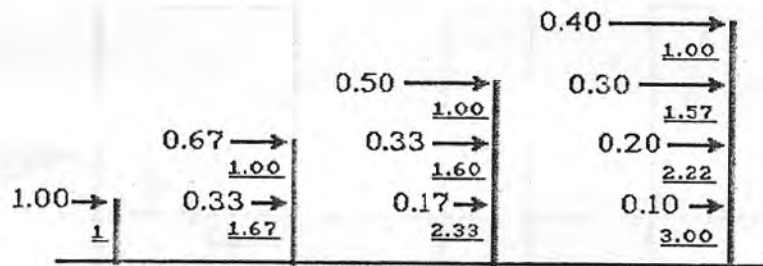


Figura N° 3 : Mapa de Zonificación Sísmica del Perú.



(*) Los valores que aparecen subrayados son los Factores de Flexión, de tal manera que el momento de flexión de un elemento es :

$$M = Ff * U$$

Ff = Factor de Flexión del Piso en estudio

U = Fuerza cortante en el elemento en estudio.

Figura N° 4 : Distribución de la Fuerza Sísmica a lo alto de la Edificación.

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL INDIANISMO
 DEPARTAMENTO DE PROCESOS TÉCNICOS
 BIBLIOTECA CENTRAL

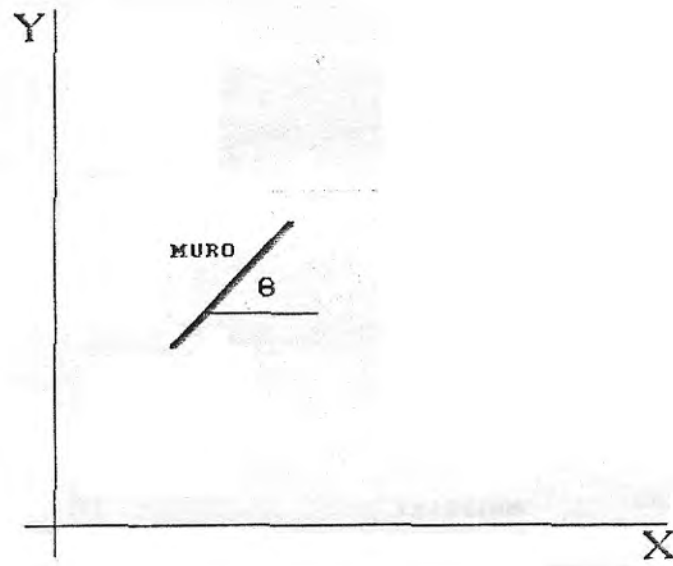


Figura N^o 5 : Muro cuyo eje en planta no coincide las direcciones principales de la edificación.

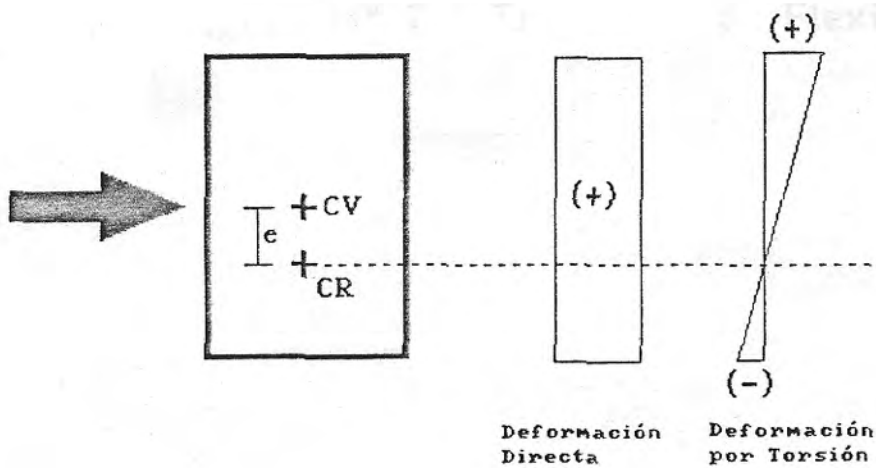


Figura N^o 6 : Corrección por Torsión.

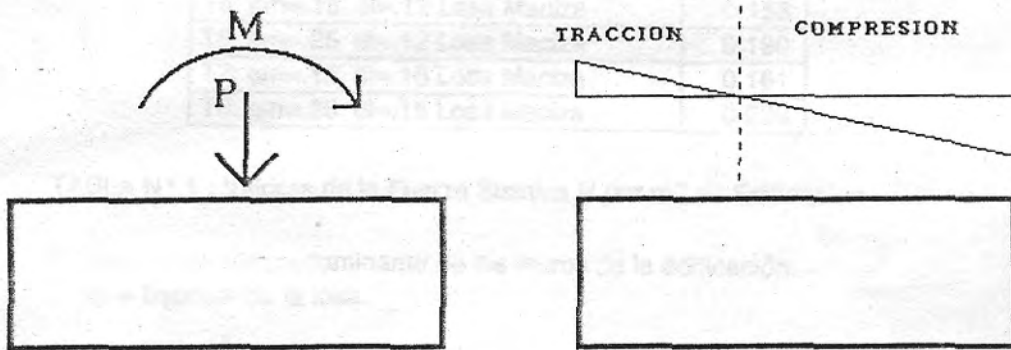


Figura N° 7 : Tracción por Flexión

Descripcion	
T1: em=.15 el=.20 Aligerado	0.154
T2: em=.25 el=.20 Aligerado	0.190
T3: em=.15 el=.25 Aligerado	0.162
T4: em=.25 el=.25 Aligerado	0.198
T5: em=.15 el=.12 Losa Maciza	0.153
T6: em=.25 el=.12 Losa Maciza	0.190
T7: em=.15 el=.15 Losa Maciza	0.161
T8: em=.25 el=.15 Losa Maciza	0.200

TABLA N° 1 : Valores de la Fuerza Sísmica H por m² de Edificación

(*) em = Espesor predominante de los muros de la edificación.
 el = Espesor de la losa.

L2/L1	0.4	0.6	0.8	1.0
FA 1	0.966	0.978	0.990	1.000
FA 2	1.034	1.022	1.010	1.000

TABLA N° 2 : Valores del Factor FA en función de la relación L2/L1

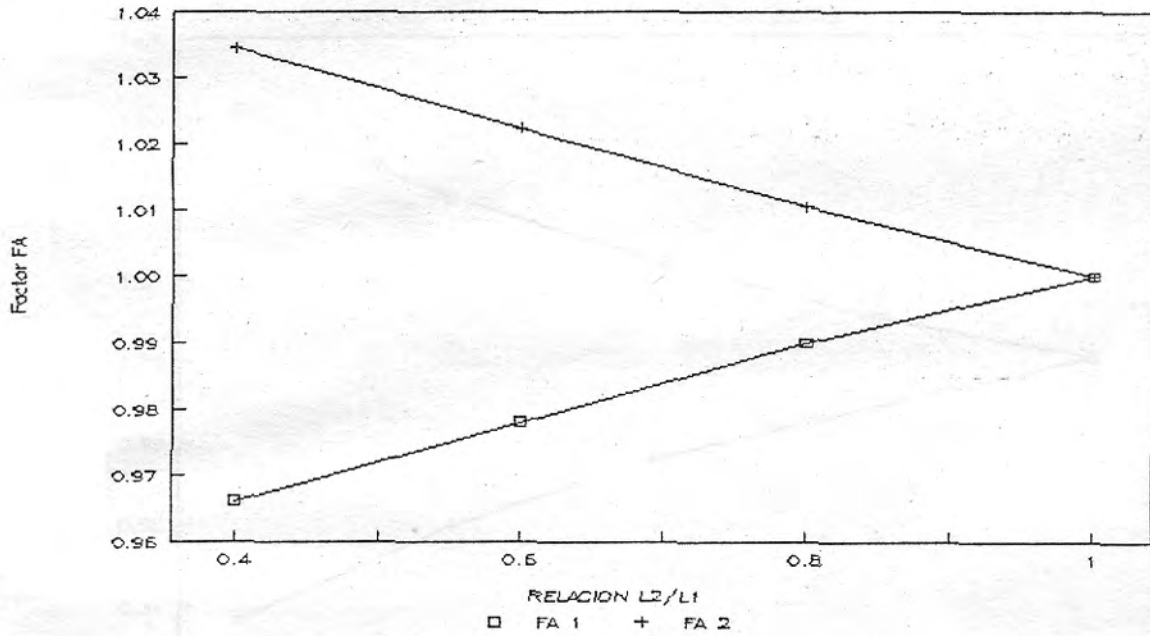


Figura N° 8 : Valores del Factor FA en función de la relación L2/L1

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 DEPARTAMENTO DE PROCESOS TECNICOS
 BIBLIOTECA CENTRAL

K2/K1	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
FB 1	1.031	1.020	1.012	1.005	1.000
FB 2	0.968	0.980	0.988	0.994	1.000

TABLA N° 3 Valores del Factor FB en función de la relación K2/K1

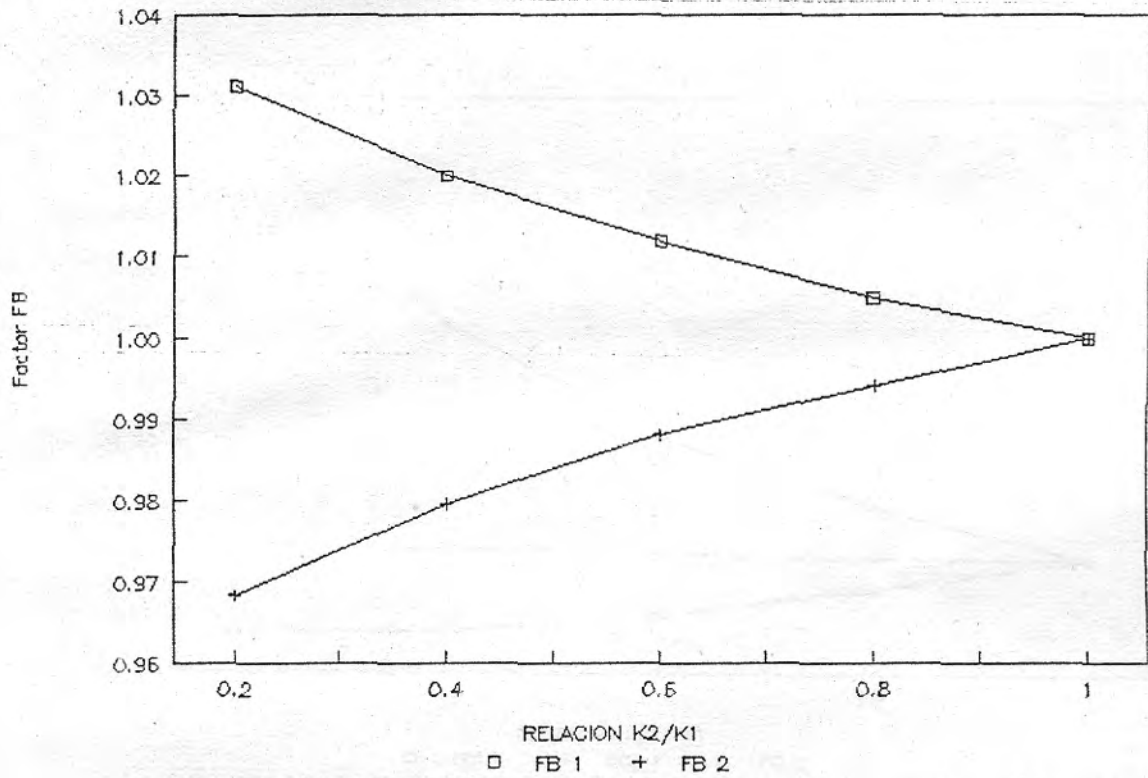


Figura N° 9 : Valores del Factor FB en función de la relación K2/K1

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE PROCESOS TECNICOS
BIBLIOTECA CENTRAL

$Kj1/Ki1$	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
FCi 1	0.871	0.873	0.903	0.948	1.000
FCj 1	1.738	1.403	1.211	1.087	1.000
FC 2	1.024	1.013	1.007	1.003	1.000

TABLA N° 4 : Valores del Factor FC en función de la relación $Kj1/Ki1$

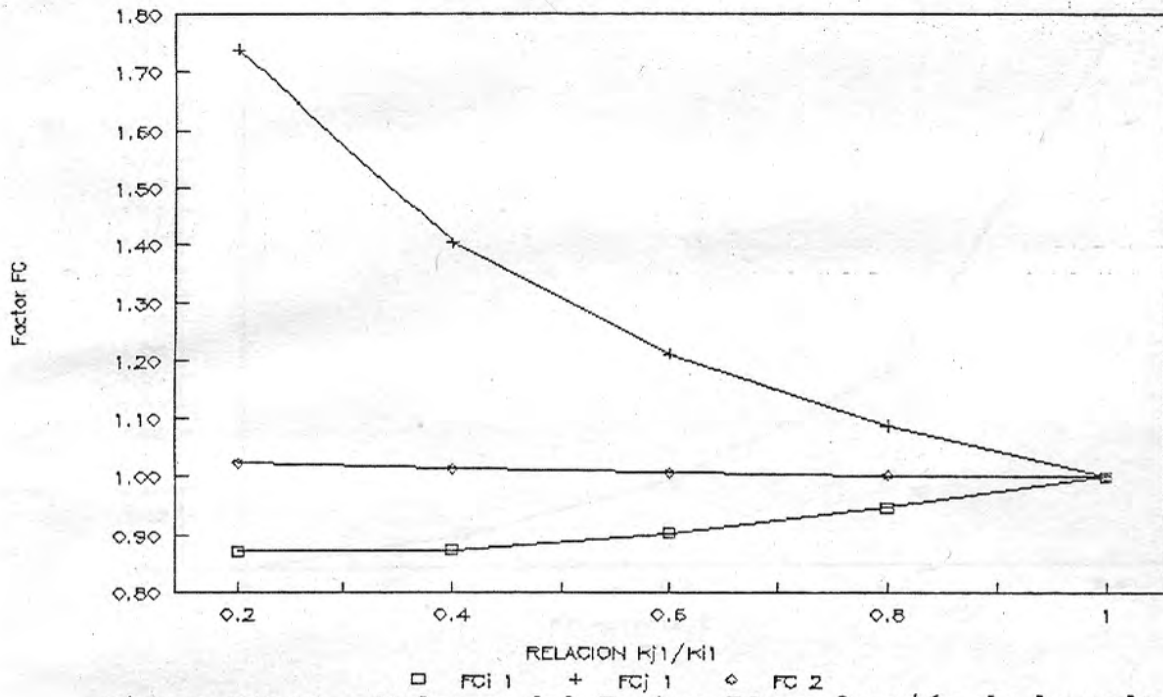


Figura N° 10 : Valores del Factor FC en función de la relación $Kj1/Ki1$

Ld/L	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4
FD	1.000	1.012	1.032	1.071	1.190

TABLA N° 5 : Valores del Factor FD en función de la relación Ld/L

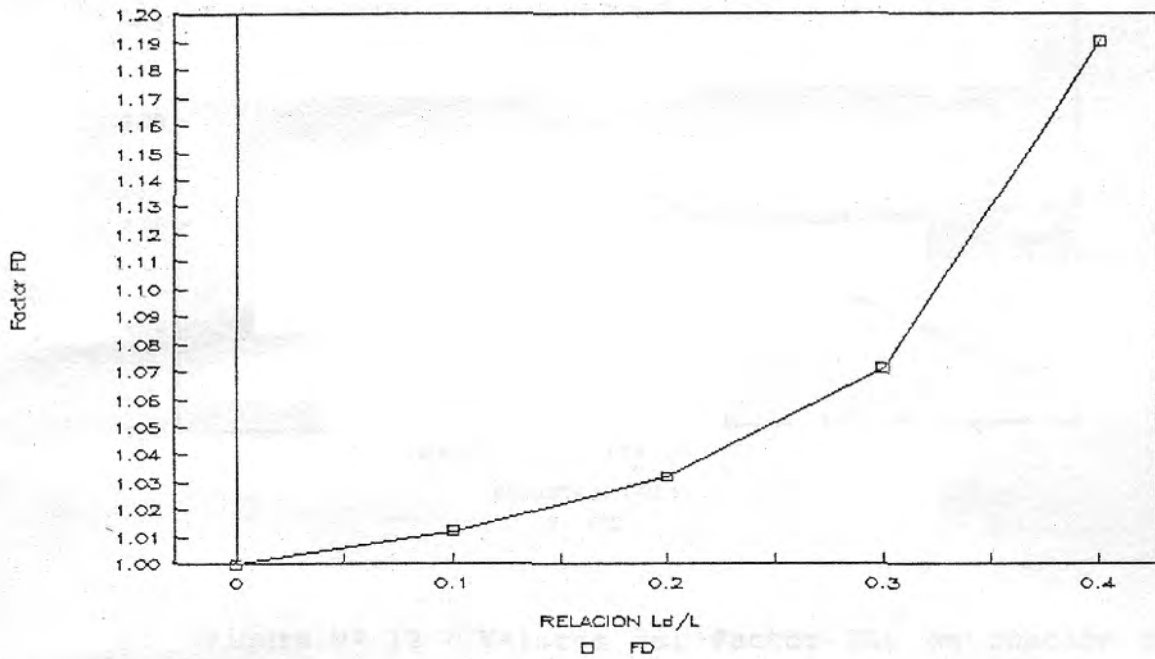


Figura N° 11 : Valores del Factor FD en función de la relación Ld/L

$K_j 1/K_i 1$	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
EXC	1.55	1.37	1.24	1.13	1.05

TABLA N° 6 Valores del Factor EXC en función de la relación $K_j 1/K_i 1$

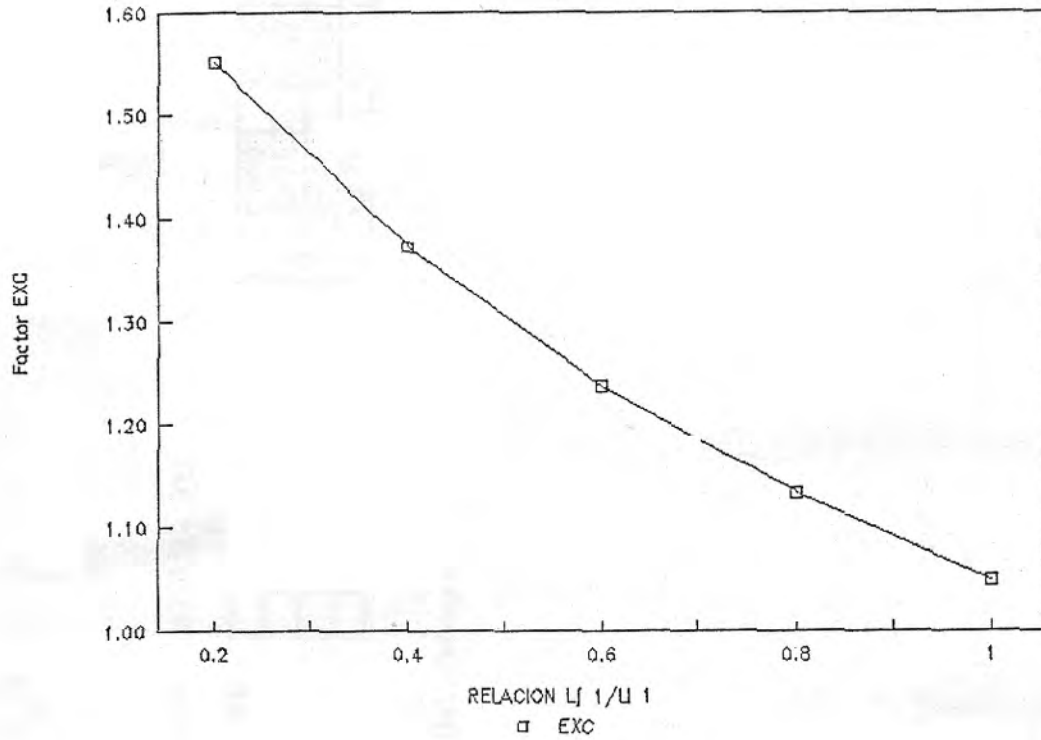


Figura N° 12 : Valores del Factor EXC en función de la relación $K_j 1/K_i 1$

$$K = 1 / (4 * E^3 + 3 * E) \quad E = H/L \quad \text{Factor} = 76 / (E^2 + .75)$$

K	0.100	0.200	0.300	0.400	0.500	0.600	0.700	0.800	0.900	1.000	2.000
K*E	3.289	1.582	0.992	0.687	0.500	0.375	0.288	0.225	0.178	0.143	0.026
100 K*E/K	0.329	0.316	0.298	0.275	0.250	0.225	0.202	0.180	0.160	0.143	0.053
K'e	100.00	96.20	90.48	83.52	76.00	68.47	61.29	54.68	48.72	43.43	16.00

TABLA N° 7 : Valores de K en función de la Esbeltez (H/L) del muro

Esbeltez	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0		100.00	96.20	90.48	83.52	76.00	68.47	61.29	54.68	48.72
1	43.43	38.78	34.70	31.15	28.04	25.33	22.96	20.88	19.05	17.43
2	16.00	14.73	13.60	12.58	11.67	10.86	10.12	9.45	8.85	8.30
3	7.79	7.34	6.92	6.53	6.17	5.85	5.54	5.26	5.00	4.76
4	4.54	4.33	4.13	3.95	3.78	3.62	3.47	3.33	3.19	3.07
5	2.95	2.84	2.73	2.64	2.54	2.45	2.37	2.29	2.21	2.14
6	2.07	2.00	1.94	1.88	1.82	1.77	1.72	1.67	1.62	1.57
7	1.53	1.49	1.45	1.41	1.37	1.33	1.30	1.27	1.23	1.20
8	1.17	1.15	1.12	1.09	1.07	1.04	1.02	0.99	0.97	0.95
9	0.93	0.91	0.89	0.87	0.85	0.84	0.82	0.80	0.79	0.77
10	0.75	0.74	0.73	0.71	0.70	0.68	0.67	0.66	0.65	0.64
11	0.62	0.61	0.60	0.59	0.58	0.57	0.56	0.55	0.54	0.53
12	0.53	0.52	0.51	0.50	0.49	0.48	0.48	0.47	0.46	0.45
13	0.45	0.44	0.43	0.43	0.42	0.42	0.41	0.40	0.40	0.39
14	0.39	0.38	0.38	0.37	0.37	0.36	0.36	0.35	0.35	0.34

TABLA N° 8 : Valores de K'e en función de la Esbeltez (H/L) del muro

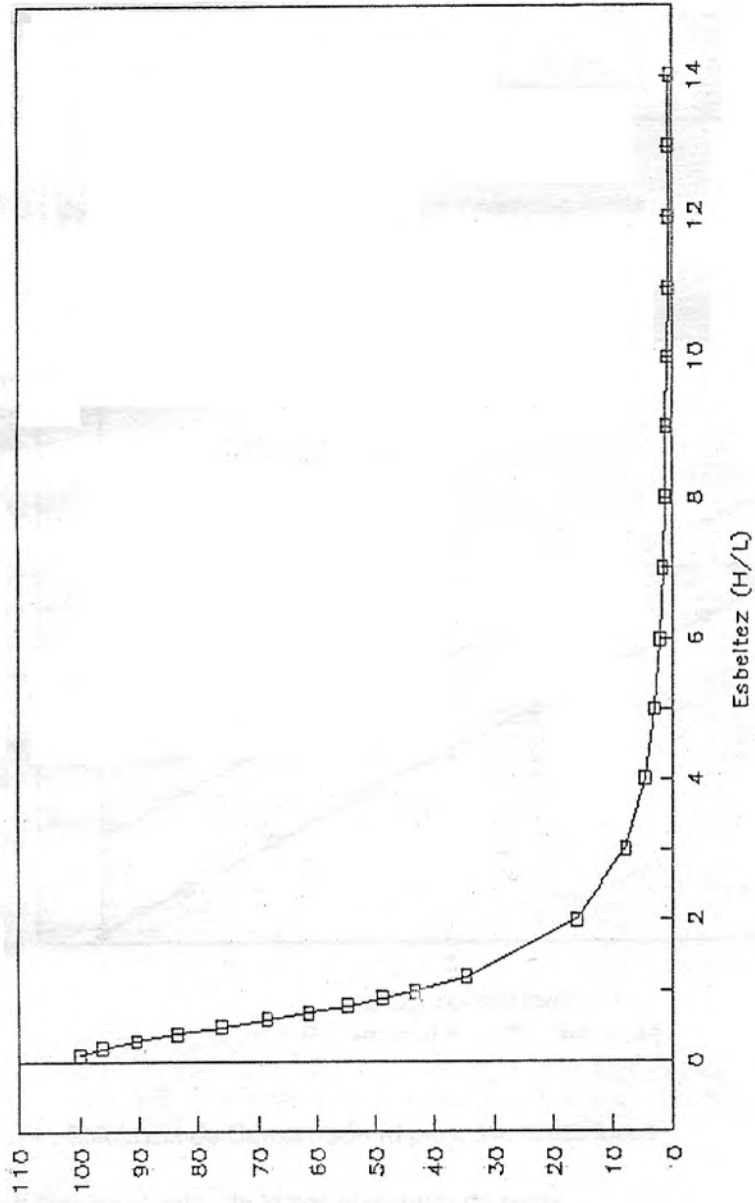


Figura N° 13 : Valores de K'e vs. Esbeltez del muro (H/L)

Factor Ke

Luces (m)	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4
em = .15	0.43	0.57	0.70	0.83	0.97	1.10	1.23	1.37	1.50
em = .25	0.72	0.85	0.99	1.12	1.25	1.39	1.52	1.65	1.79

TABLA N° 9 : Esfuerzos de Compresión f_d para diferentes luces

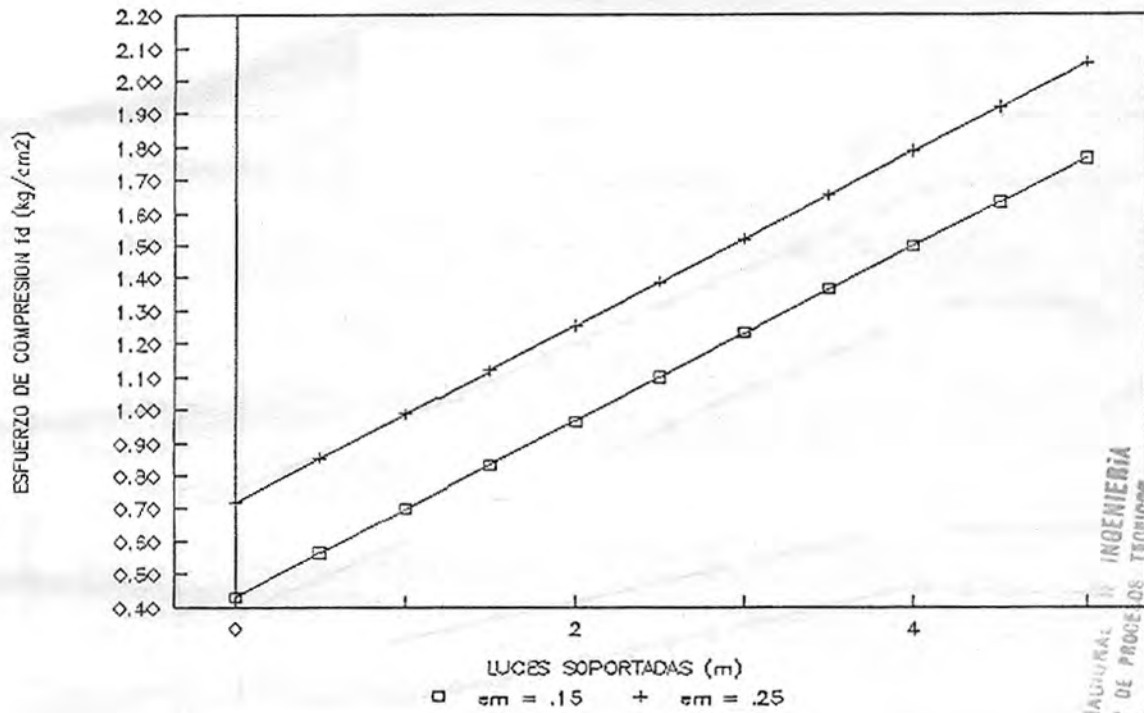


Figura N° 14 : Esfuerzos de Compresión f_d para diferentes luces

(*) Nota : Multiplicar el valor de f_d por el numero de pisos

UNIVERSIDAD NACIONAL
 DEPARTAMENTO DE PROCESOS DE LOS MATERIALES
 BIBLIOTECA CENTRAL

Descripcion	fd (kg/cm ²)					
	0.0	0.5	1.0	2.5	3.0	3.5
fv1: sin confinar sin cal	0.6	0.6	0.7	0.8	0.9	0.9
fv2: sin confinar con cal	0.9	0.9	1.0	1.1	1.2	1.2
fv3: confinada sin cal	1.2	1.3	1.4	1.7	1.7	1.8
fv4: confinada con cal	1.8	1.9	2.0	2.3	2.3	2.4

TABLA N° 10 : Esfuerzos máximos fv para evitar fisuración

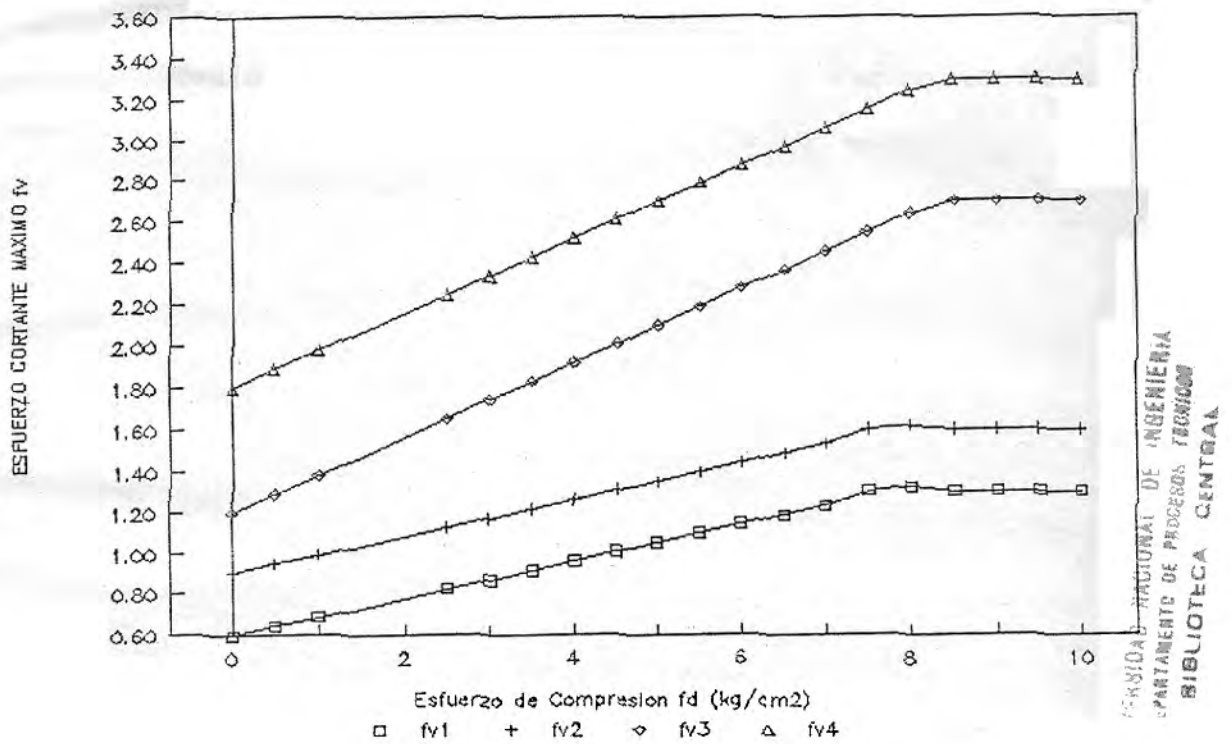


Figura N° 15 : Esfuerzos máximos fv para evitar fisuración

REFERENCIAS

1. REGLAMENTO NACIONAL DE CONSTRUCCIONES
2. NORMA E-070: ALBAÑILERIA
ININVI. Ministerio de Vivienda y Construcción.
3. ALBAÑILERIA ESTRUCTURAL
Ing. Hector Gallegos Vargas
4. REINFORCER MASOMRY ENGINEERING HANDBOOK
J.E. Amerhein
5. APUNTES DE CLASE : DISEÑO SISMICO DE EDIFICACIONES
Ing. Roberto Morales M.
6. CRITERIOS DE DIMENSIONAMIENTO ESTRUCTURAL DE VIVIENDAS Y EDIFICIOS ECONOMICOS
Tesis de Grado : Luis Castillo C. y Carlos Castañeda B.