



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

6  
2EJ

FACULTAD DE INGENIERIA

DISEÑO DE UN EDIFICIO A BASE DE MUROS DE CARGA  
DE MAMPOSTERIA, COMPARANDO EL RCD-76  
CON EL RCD-87

FALLA DE ORIGEN

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO CIVIL  
P R E S E N T A:

MA. MAGDALENA ALDAY HIGUELDO



Director de Tesis:  
ING. JOSE LUIS EZQUIVEL AVILA

Ciudad Universitaria, México, D. F.

1995



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA  
DIRECCION  
60-1-49

Señorita:  
ALDAY HIGUELDO MA. MAGDALENA.  
Presente.

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor Ing. José Luis Esquivel Avila, y que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de INGENIERO CIVIL.

**"DISEÑO DE UN EDIFICIO A BASE DE MUROS DE CARGA DE MAMPOSTERIA,  
COMPARANDO EL RCDF-76 CON EL RCDF-87."**

- I.- INTRODUCCION
- II.- PROYECTO ARQUITECTONICO
- III.- ESTRUCTURACION
- IV.- DISEÑO CON EL RCDF-76
- V.- DISEÑO CON EL RCDF-87
- VI.- COMPARACION DE RESULTADOS
- VII.- CONCLUSIONES

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Cd. Universitaria, a 23 de marzo de 1992.  
EL DIRECTOR.

  
ING. JOSE MANUEL COVARRUBIAS SOLIS

JMCS/CRRC\*rmfa

# **TESIS PROFESIONAL**

**"DISEÑO DE UN EDIFICIO A BASE DE MUROS DE  
MAMPOSTERÍA COMPARANDO EL RCDF-1976 CON  
EL RCDF-1987"**

## **TEMARIO:**

- 1.- Introducción**
- 2.- Proyecto arquitectónico**
- 3.- Estructuración**
- 4.- Diseño con el RCDF-1987**
- 5.- Diseño con el RCDF-1976**
- 6.- Comparación de resultados**
- 7.- Conclusiones**

# Agradecimientos

A mi abuelita:  
Sra. Magdalena Violeta Pineda (q.e.p.d.)  
Presencia eterna en mi espíritu.

A mi madre:  
Sra. Rosa Higueldo Violeta  
Con profundo cariño y respeto,  
esperando que este trabajo llene uno de  
sus más grandes anhelos.

A mi esposo:  
Ing. David Marbán Guerrero  
Por su amor y apoyo.  
Agradeciendo a Dios, el  
haberlo puesto en mi camino.

A mis hermanos:  
Gloria, Lila, Thelma,  
René y Leti, y a mis  
cuñados con cariño.

A mi director de tesis:  
Ing. José Luis Ezquivel Ávila  
Por haberme brindado su apoyo y amistad.

A mis amigos por el impulso que su amistad me dió.

A mis maestros.

# Introducción

Se entiende por mampostería, el material de construcción que resulta de la combinación de piedras naturales o artificiales con un mortero que las une para formar un conjunto monolítico.

La mampostería tiene considerable resistencia a la compresión, pero es débil en tensión, lo mismo que el concreto simple. Como éste, se presta a la construcción de estructuras en las que las solicitaciones no producen tensiones importantes.

Las propiedades mecánicas de la mampostería son más variables y difíciles de predecir que las de los otros materiales estructurales, esto es debido al poco control que se tiene sobre las propiedades de los materiales componentes y sobre los procedimientos de construcción empleados.

En las grandes o pequeñas ciudades uno de los sistemas estructurales más usados es el de muros de mampostería de piedras artificiales, debido a su bajo costo y a la utilidad que proporcionan los muros al desarrollar dos funciones: división de zonas y la resistencia a las diferentes acciones que actúan sobre la estructura.

La resistencia de la mampostería depende de las características de los materiales y de las circunstancias especiales de cada construcción. Entre las características se consideran las propiedades mecánicas de los materiales (piezas y mortero), forma geométrica y dimensiones, aparejo y mano de obra. Entre las circunstancias especiales destacan la forma de la planta, refuerzo del concreto (castillos y dadas) y condiciones de carga (excentricidad y concentración de carga).

Las características de los materiales definen una resistencia básica del muro, la cual se altera por las circunstancias especiales de cada construcción. Para determinar esta resistencia se dan normas en los reglamentos existentes. La alteración que sufre por las circunstancias mencionadas ha sido poco estudiada y en los reglamentos sólo se encuentran normas que la valorizan en algunos aspectos.

Para fijar la carga aceptable en el diseño de muros, los reglamentos señalan distintas formas de proceder que siguen lineamientos:

- a) Si los muros son de características habituales, fabricados con materiales conocidos, la carga se fija directamente basándose en la experiencia. Algunas veces este dato ha sido establecido con muchos años de anterioridad.
- b) Cuando no hay suficiente experiencia, se fija por procedimientos indirectos, basándose en la resistencia de las piezas y del mortero, empleado algunas fórmulas o regla empírica o bien por comparación con la resistencia obtenida en pruebas de pequeñas pilas fabricadas con las mismas piezas y morteros que los muros.

El valor de carga obtenida por el segundo método se basa en las características de los materiales, sin tener en cuenta su disposición en la construcción del muro.

Por otra parte los reglamentos sólo hacen referencia al modo de considerar el efecto de algunas de las circunstancias especiales de cada obra (no siempre las mismas). Especialmente valorizan en alguna forma el efecto de esbeltez.

Como no se toman en cuenta todas las circunstancias de la obra y dado que hay variaciones importantes en la calidad de los elementos que intervienen en la fabricación de los muros, los reglamentos necesitan dar valores para diseño con

un margen de seguridad grande, mayor que la usual en otros diseños estructurales.

Este amplio margen de seguridad, que aparece, implícito o explícito, en las normas, es la medida del escaso conocimiento que se tiene (o que se puede tener) del comportamiento de los muros, dado la gran cantidad de variables de que depende y la gran imprecisión del valor de éstas. El grado de conocimiento logrado se refleja también en los métodos de diseño.

En los reglamentos de algunos países en que los muros han sido muy estudiados, se dan directamente los valores de carga para diseño, y se recomiendan los procedimientos indirectos para muros poco usuales, mientras que en países donde los muros no estudiados son frecuentes, los reglamentos enfatizan los procedimientos indirectos y se dan pocos valores de esfuerzos admisibles en forma directa.

El objetivo de este informe es presentar los cambios que se llevaron a cabo a las Normas de Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería de 1976, en virtud del comportamiento de las mismas, en los sismos de 1985. Este documento está compuesto por 7 capítulos, el primero: la introducción, que da un panorama de el concepto de lo que es la mampostería, así como los estudios experimentales y su comportamiento que ha tenido la misma. En el segundo capítulo, se presenta el proyecto arquitectónico del edificio que se analizará; así como las condiciones de regularidad que debe cumplir toda estructura para su buen comportamiento en su vida útil. El tercer capítulo presenta la estructuración de el edificio en estudio. En el cuarto y quinto capítulo se presenta el cálculo del edificio con las normas diseño de muros de mampostería de 1987 y de 1976 respectivamente. El capítulo sexto presenta las diferencias que existen entre cada uno de los reglamentos y finalmente en el capítulo séptimo se exponen las conclusiones.

## **2. Proyecto arquitectónico**

El presente proyecto está constituido por un edificio de 5 niveles con muros de carga de mampostería ubicado en la Zona III en la Ciudad de México el cual tiene un área de construcción de 163.002 m<sup>2</sup> con una altura libre de entrepiso de 2.3 m y altura a ejes de 2.5 m y una altura total de 12.5 m de, construido a base de tabique de barro recocido y mortero Tipo III.

### **CONDICIONES DE REGULARIDAD DE UNA ESTRUCTURA**

De acuerdo a las normas técnicas para el diseño por sismo se tiene que para que una estructura pueda considerarse regular debe satisfacer los siguientes requisitos:

1.- Su planta es sensiblemente simétrica con respecto a dos ejes ortogonales por lo que toca a masas, así como a muros y otros elementos resistentes.

*El edificio en estudio está formado en planta, por dos departamentos en los cuales existe simetría con respecto al eje x. En la dirección y la planta es sensiblemente simétrica. ⇒ Cumple la condición.*

2.- La relación de su altura a la dimensión menor de su base no pasa de 2.5.

*Altura del edificio=12.5 m.*

*Dimensión base menor=12.70 m.*

Haciendo la relación se tiene:

*Altura/base menor = 0.98 < 2.5 ⇒ Cumple la condición.*

3.- La relación de largo ancho de la base no excede de 2.5.

*Largo del edificio= 18.45 m*

*Ancho del edificio= 12.70 m*

*Largo/Ancho= 1.45 < 2.5 ⇒ Cumple la condición.*

4.- En planta no tiene salientes ni entrantes cuya dimensión exceda de 20 por ciento de la dimensión de la planta medida paralelamente a la dirección que se considera de la entrante o saliente.

*El edificio no tiene entrantes ni salientes ⇒ Cumple la condición.*

5.- En cada nivel se tiene un sistema de techo o piso rígido y resistente.

*El edificio está diseñado a base de un sistema de muros de mampostería confinados. ⇒ Cumple la condición.*

6.- No tiene aberturas en sus sistemas de techo o piso cuya dimensión exceda de 20 por ciento de la dimensión medida paralelamente a la dimensión que se

considere de la abertura, las áreas huecas no ocasionan asimetrías significativas ni difieren en posición de un piso a otro y el área total de aberturas no excede en ningún nivel de 20 por ciento del área de la planta.

*El edificio no tiene aberturas ni áreas huecas ⇒ Cumple la condición*

7.- El peso de cada nivel, incluyendo la carga viva que debe considerarse para diseño sísmico, no es mayor que el del piso inmediato inferior ni, excepción hecha del último nivel de la construcción, es menor que 70 por ciento de dicho peso.

*El peso de todos los entresijos son iguales, excepto el piso de azotea que tiene un 9 por ciento de peso adicional al del piso inferior. ⇒ Cumple la condición.*

8.- Ningún piso tiene un área, delimitada por los paños exteriores de sus elementos resistentes verticales, mayor que la del piso inmediato inferior ni menor que 70 por ciento de ésta. Se exime de este último requisito únicamente al último piso de la construcción.

*El área de todos los entresijos es igual en todos los niveles ⇒ Cumple la relación.*

9.- Todas las columnas están restringidas en todos los pisos en dos direcciones ortogonales por diafragmas horizontales y por trabes o losas planas.

*Para el edificio en estudio, los muros de mampostería están restringidos por losas planas: ⇒ Cumple la condición*

10.- La rigidez al corte de ningún entresijo excede en más de 100 por ciento a la del entresijo inmediato inferior.

*Las rigideces de entresijos son iguales en todos los entresijos. ⇒ Cumple la condición.*

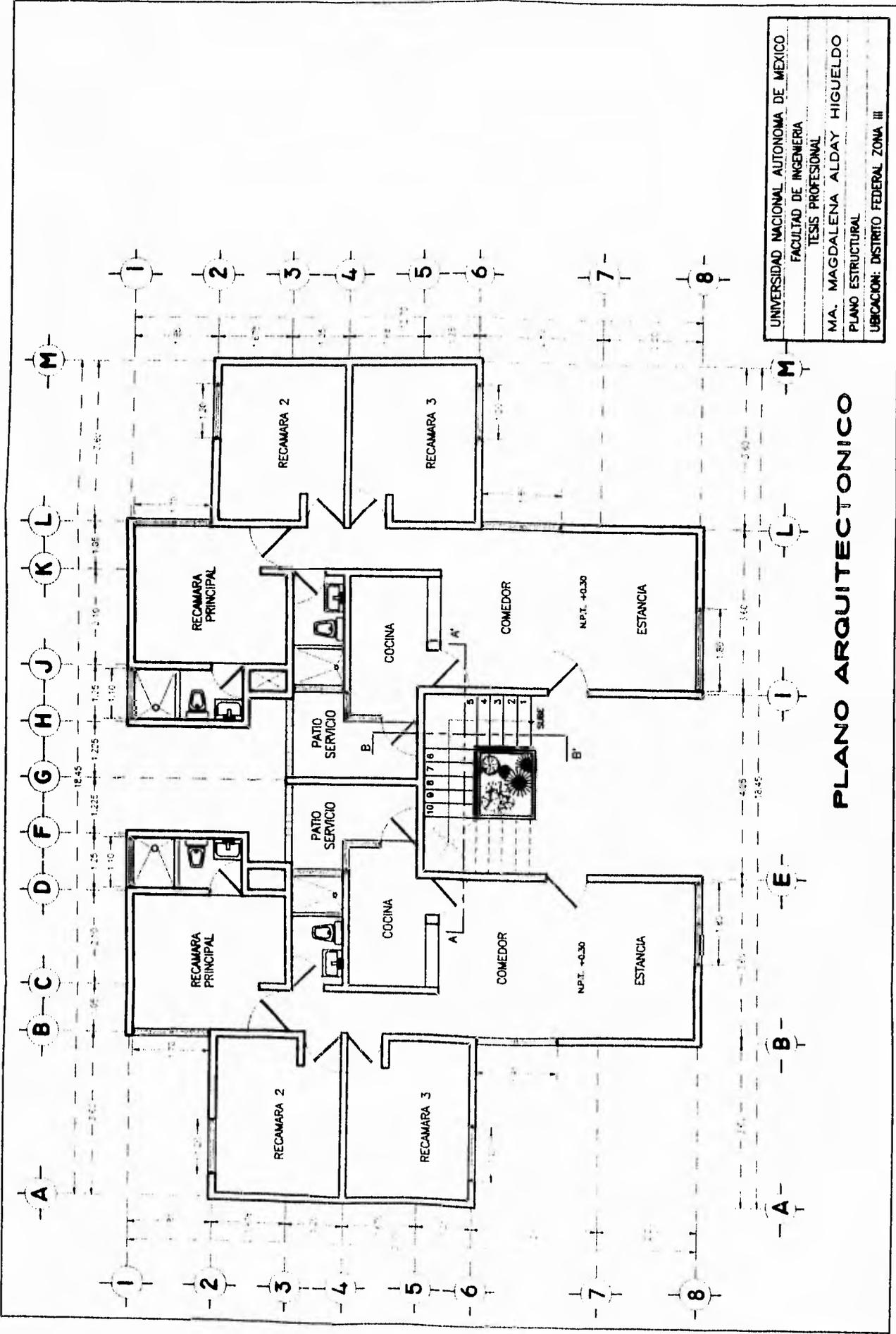
11.- En ningún entrepiso la excentricidad torsional calculada estáticamente excede del 10 por ciento de la dimensión en planta de ese entrepiso, medida paralelamente a la excentricidad mencionada.

*La excentricidad calculada es igual al 10 por ciento de la dimensión en planta de ese edificio.⇒ No cumple la condición.*

Otra condición que debe cumplirse, es la de evitar que exista piso flexible, en virtud que la rigidez que presenta éste, es mucho menor que la de los pisos superiores, lo cual con la experiencia que se ha tenido con este tipo de estructuras no es recomendable. Será posible el uso de este tipo de estructuración, siempre y cuando en su diseño se considere un apéndice en los pisos superiores.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 TESIS PROFESIONAL  
 MA. MAGDALENA ALDAY HIGUELDO  
 PLANO ESTRUCTURAL  
 UBICACION: DISTRITO FEDERAL ZONA III

**PLANO ARQUITECTONICO**



# 3. Estructuración

## **ESTRUCTURACIÓN DEL EDIFICIO**

El edificio en estudio está estructurado de una manera tal, que cumpla con las recomendaciones de estructuración que especifica el reglamento:

- i. En cada planta, al menos el 75 por ciento de las cargas están soportadas por muros ligados entre sí mediante losas monolíticas, u otros sistemas de piso suficientemente resistentes y rígidos al corte. Dichos muros tendrán distribuciones sensiblemente simétricas con respecto a dos ejes ortogonales y deberán satisfacer las condiciones que establecen las normas complementarias correspondientes. Será admisible cierta asimetría en la distribución de los muros cuando existen en todos los pisos, dos muros de carga perimetrales paralelos cada uno con longitud al menos igual a la mitad de la dimensión mayor en planta del edificio. Los muros a que se refiere este

párrafo podrían ser de mampostería, concreto reforzado o madera; en este último caso estarán arriostrados con diagonales.

- ii. La relación entre longitud y anchura de la planta del edificio no excederá de 2.0, a menos que, para fines de análisis sísmico, se pueda suponer dividida dicha planta en tramos independientes cuya relación entre longitud y anchura satisfaga la restricción y cada tramo resista según el criterio que marca las normas técnicas para diseño por sismo.
- iii. La relación entre la altura y la dimensión mínima de la base del edificio no excederá de 1.5 y la altura del edificio no será mayor de 13m.

**De acuerdo a las normas de mampostería para el diseño de muros confinados, deberá cumplirse lo siguiente:**

- Existirán castillos por lo menos en los extremos de los muros, en puntos intermedios del muro a una separación no mayor que vez y media su altura, ni 4 m.
- Existirá una dala en todo el extremo horizontal de muro, a menos que este último esté ligado a un elemento corto reforzado. Además existirán dalas en el interior del muro a una separación no mayor de 3m.
- Existirán elementos de refuerzo en el perímetro de todo hueco cuya dimensión exceda de la cuarta parte de la dimensión del muro en la misma dirección. Además si la relación altura a espesor excede de 30, deberán proveerse elementos rigidizantes que eviten la posibilidad de pandeo del muro, por cargas laterales.

En el siguiente plano se detalla la estructuración del edificio en estudio.

## **RECOMENDACIONES SOBRE ESTRUCTURACIÓN**

La forma de la construcción, el tipo y arreglo de los elementos estructurales y la distribución de las masas tienen una influencia decisiva en la bondad del diseño sísmoresistente.

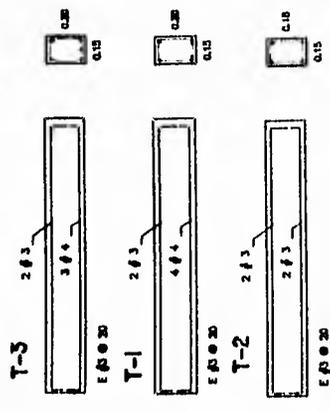
La sencillez, uniformidad y simetría de la construcción, son aspectos básicos que contribuyen a reducir drásticamente los riesgos de un mal comportamiento ante la acción de un sismo. Por ello es obligación del proyectista estructural pugnar para que la construcción tenga esas características, en tanto que ello no entre en conflicto con necesidades primarias de funcionamiento y con requisitos estéticos esenciales. En una estructura en zona de alto riesgo sísmico, deben evitarse las rarezas arquitectónicas que hacen precario el equilibrio y dudosa estabilidad ante cargas laterales. El proyectista estructural debe hacer consciente al proyectista general y al propietario de que el salirse de las recomendaciones básicas de estructuración, da lugar a una estructura poco económica, pero no debe necesariamente impedir la originalidad y funcionalidad del proyecto, cuando con un análisis más refinado y con detalles más cuidadosos pueda superar las dificultades que el proyecto presenta. Se enumeran a continuación una serie de recomendaciones sobre estructuración:

- a. La sencillez de la estructura permite al proyectista entender claramente la forma en la que ésta resiste las cargas laterales y en la que puede disipar la energía introducida por el sismo.
- b. La existencia de sistemas estructurales que proporcionen a la estructura rigidez y resistencia en dos direcciones ortogonales, es un requisito obvio en vista de que el movimiento del terreno induce fuerzas en cualquier dirección.
- c. La distribución simétrica en planta de los elementos estructurales evita que se presenten torsiones importantes en la respuesta estructural que den lugar a sollicitaciones muy altas y de cuantificación poco confiable en los elementos estructurales. Los muros de colindancia y los cuerpos de escaleras y elevadores son los elementos que suelen causar los mayores problemas debido a su alta rigidez y a la dificultad de colocarlos en la posición estructural más conveniente.
- d. Debe tenderse a una forma regular en planta. Son poco convenientes las formas excesivamente alargadas, debido a que se tiende a perder rigidez de la losa en su plano para trabajar como diafragma y se aumentan las posibilidades de excentricidad en la distribución de las rigideces. Igualmente son poco deseadas las formas de *L* y *T*, así como aquellas que

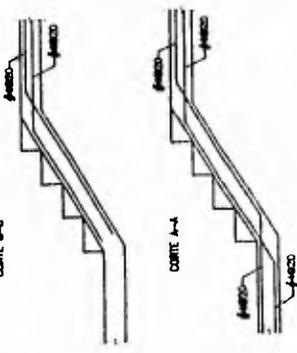
tengan fuertes estrantes, debido esencialmente a los problemas de torsión que provocan. A este problema, la solución generalmente recomendada es dividir la construcción en unidades aproximadamente cuadradas con una estructura independiente. Aunque esta solución resuelve los problemas estructurales, suele generar problemas de funcionamiento, ya que la holgura que hay que dejar en las juntas es apreciable y las precauciones que hay que tomar para sellar las uniones son complejas y costosas.

- e. Debe buscarse una forma regular de la construcción en elevación. Las fuertes reducciones del tamaño de la planta después de cierto número de pisos, provocan amplificaciones locales del movimiento que no están cubiertas por los procedimientos de diseño usuales recomendados por los códigos. En caso de no evitarse cierta irregularidad, deben seguirse métodos de análisis más refinados. La concentración de masas importantes a gran altura es obviamente poco adecuada, ya que se incrementan notablemente las fuerzas de inercia y los momentos de flecto.
- f. La uniformidad de resistencia y rigidez de las diferentes partes de la estructura es un punto esencial. La capacidad de disipación de la energía de la estructura depende del número de secciones y elementos que pueden llegar simultáneamente a la fluencia, mientras mayor sea ésta, habrá más disipación de la energía y menos demanda de deformación inelástica en las secciones individuales. Debe evitarse que un entrepiso tenga una resistencia y rigidez inferiores al resto. El entrepiso en cuestión deberá en un sismo disipar por sí solo la energía inducida por el sismo y estará sujeto a una demanda de ductilidad que posiblemente no sea capaz de cumplir. Así también, deben evitarse las zonas débiles.
- g. El efecto sísmico tratará de localizar las zonas más débiles de la estructura para disipar ahí su energía, con lo que se puede provocar fallas locales difíciles de reparar. Los huecos para ductos, los cambios bruscos de sección, las juntas de colado, las conexiones entre elementos son lugares que deben detallarse con particular cuidado para evitar fallas locales.
- h. Debe asegurarse que los sistemas de piso y techo sean suficientemente rígidos y resistentes para absorber las fuerzas que se originan en su plano a fin de poder distribuir las fuerzas de inercia entre los elementos verticales de diferente rigidez.
- i. La cimentación debe ser tal que pueda transmitir a la estructura los movimientos del suelo de manera que ésta actúe como una unidad monolítica y que no haya deformaciones relativas importantes entre suelo y estructura.

**TRABES**



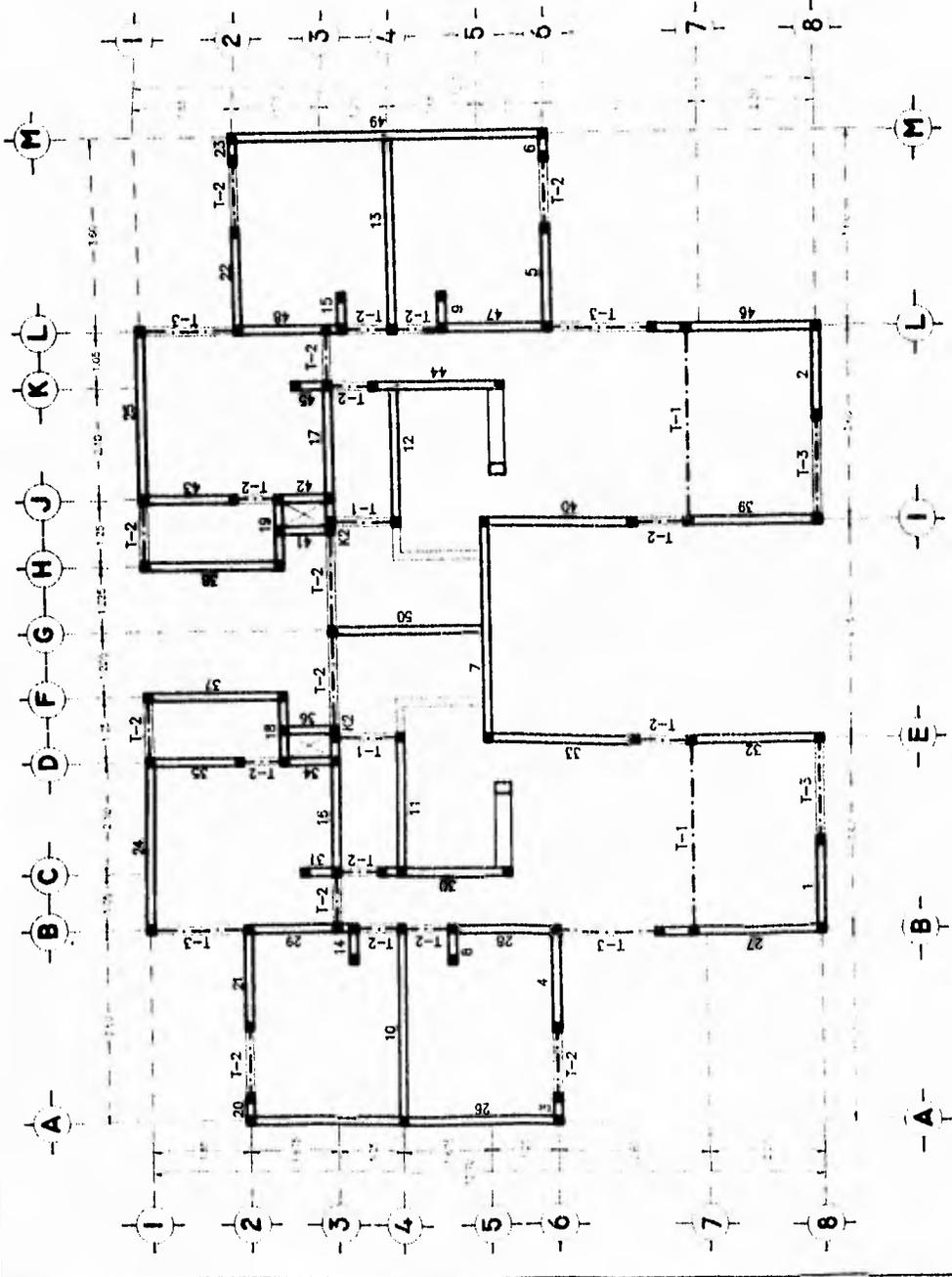
**ESCALERAS**



VARIABLES:  
 EDIFICIO PARA VIVIENDA:  
 UBICACION DE LA CONSTRUCCION:  
 NUMERO DE NIVELES:  
 ALTURA A ENTRE EJES:  
 AREA TOTAL DE CONSTRUCCION:  
 ESPESOR DE MURO:  
 TIPO DE PIEZA:  
 RESISTENCIA A COMPRESION PZA.  
 RESISTENCIA AL CORTE:  
 LONGITUD TOTAL DE MUROS

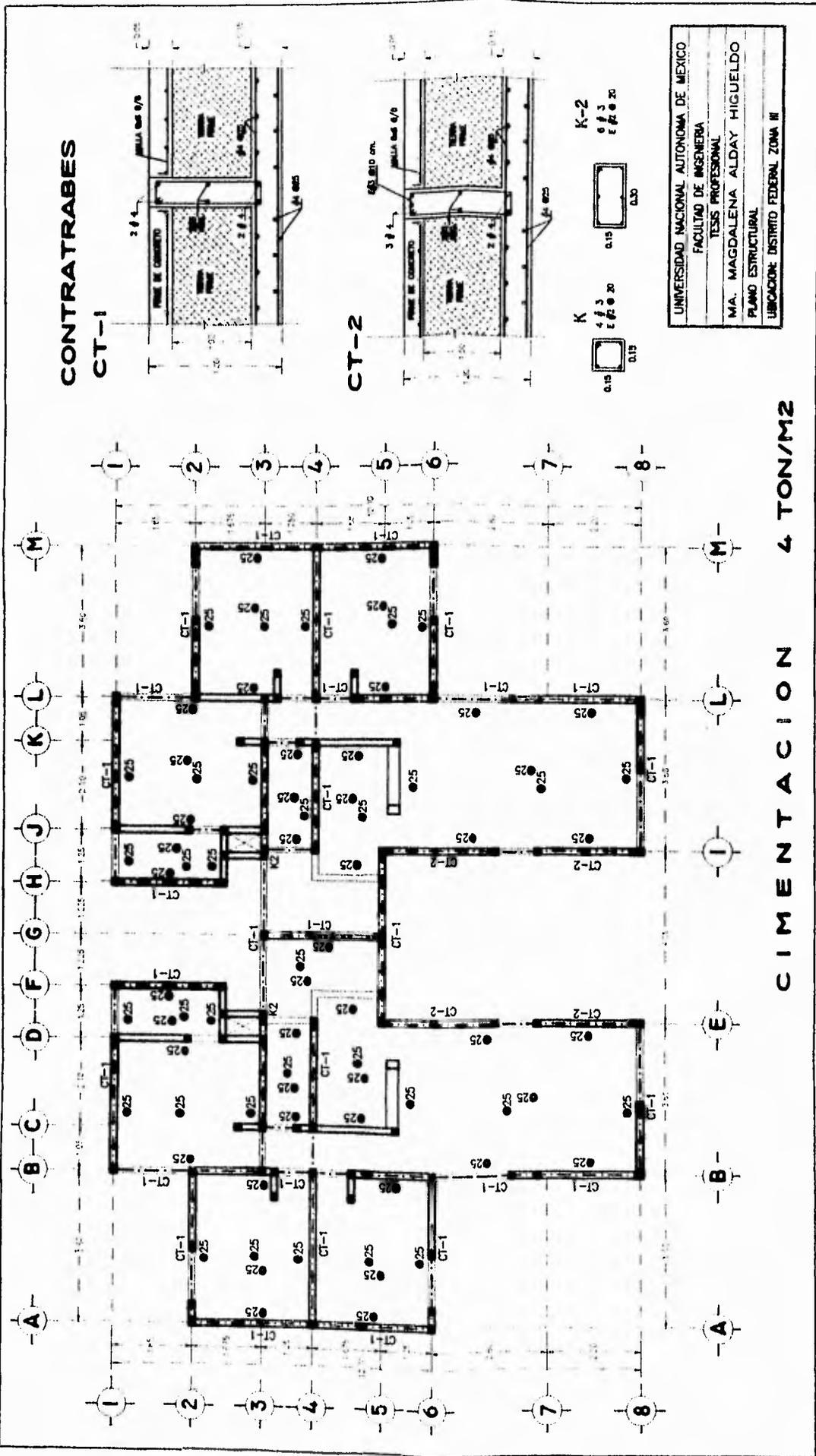
TIPO B  
 ZONA II:  
 S  
 250 cm.  
 240 cm.  
 163.002 m<sup>2</sup>  
 15 cm.  
 TABIQUE BARRO RECOCIDO  
 19 kg/cm<sup>2</sup>  
 3 kg/cm<sup>2</sup>  
 102.5 ml.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL
MA. MAGDALENA ALDAY HIGUELDO
PLANO ESTRUCTURAL
UBICACION: DISTRITO FEDERAL ZONA III



**PLANO ESTRUCTURAL**

CARGAS EN LOSA DE AZOTEA			CARGAS EN LOSA DE ENTREPISO		
CARGA MUERTA	430	kg/cm <sup>2</sup>	CARGA MUERTA	340	kg/cm <sup>2</sup>
CARGA VIVA	100	kg/cm <sup>2</sup>	CARGA VIVA	170	kg/cm <sup>2</sup>
CARGA TOTAL	530	kg/cm <sup>2</sup>	CARGA TOTAL	510	kg/cm <sup>2</sup>



CIMENTACION 4 TON/M2

## **4. Diseño con el reglamento de construcción del Distrito Federal de 1987 para muros de mampostería**

### **CONSIDERACIONES GENERALES PARA MUROS DE MAMPOSTERÍA.**

Al igual que en la versión anterior las normas cubren tanto la mampostería de piedras naturales como las de piedras artificiales. Lo relativo a propiedades mecánicas es de aplicación general, los procedimientos de diseño y requisitos de refuerzo solo se refieren a muros que cumplan una función estructural (no se incluyen recomendaciones específicas para bóvedas, arcos, vigas o columnas de mampostería).

Existe un gran número de materiales y procedimientos de construcción para muros de mampostería. En las normas de diseño para mampostería solo se incluyen los muros de piezas unidas con morteros convencionales (cemento, cal, arena). No se tratan los muros de piezas machimbradas o unidas con otro tipo de mezclas. Se dan valores numéricos específicos de las propiedades mecánicas solo para las combinaciones más usuales de piezas y morteros, para las que hay información experimental y experiencia práctica disponibles. Para otros materiales se indican las pruebas necesarias para determinar dichas

pruebas están especificadas por una norma oficial; cuando este no es el caso, se describe en las normas el procedimiento de ensaye y su interpretación.

#### MATERIALES PARA MAMPOSTERÍA DE PIEDRAS ARTIFICIALES.

La distinción entre los muros construidos por piedras maciza y los de piezas macizas es importante en el comportamiento sísmico. Los muros de piezas macizas tienen ante esta sollicitación, un comportamiento menos frágil que los de piezas huecas, en los que la falla de las paredes de lugar a una pérdida brusca de capacidad. Es por ello que en las normas de diseño por sismo se especifica, que para muros de piezas macizas que cumplan con los requisitos de refuerzo para muros diafragma, confinados o con refuerzo interior, se reduzcan las fuerzas sísmica por un factor de comportamiento  $Q=2$ , mientras que para las piezas huecas debe usarse  $Q=1.5$  lo que implica fuerzas de diseño 33% mayores que en el caso anterior.

El valor de diseño de la resistencia en compresión de las piezas se determina como un valor mínimo probable tomando en cuenta la variabilidad de la propiedad en cuestión, en función de la media y coeficiente de variación determinados en los ensayos. Se calcula con la fórmula especificada en 2.1.2., con un valor de diseño que corresponde aproximadamente a una probabilidad de 2% de no ser alcanzado.

- **Morteros.**

La función del mortero es permitir la sobreposición de las piezas formando un conjunto que tenga una liga fuerte y duradera, sus propiedades más importantes son: manejabilidad, resistencia a compresión, tensión y adherencia con las piezas. Estas propiedades varían según el tipo de cementante empleado, con la relación entre arena y cementante, según la cantidad de agua en la mezcla, aunque esto último no se suele controlar en obra.

En la tabla del inciso 2.2 de las normas para mampostería se consignan resistencias mínimas que debe cumplir el mortero en obra para diferentes proporcionamientos; estos valores son fácilmente alcanzados si se efectúa un control razonable en la elaboración del mortero.

Los requisitos para los concretos o "lechadas" con las que se cuelean los huecos de las piezas en la mampostería con refuerzo interior se dan en la sección 3.4.

- **Acero de refuerzo.**

Para el refuerzo que debe colocarse en castillos y dadas se admiten las barras convencionales para refuerzo de concreto, pero también los alambres

corrugados con esfuerzo de fluencia nominal de 6000 kg/cm<sup>2</sup> y las mallas electrosoldadas incluyendo el refuerzo de alambre soldado tipo "escalerilla" y los armados prefabricados para castillos y dalas. Para el refuerzo en el interior del muro es recomendable emplear barras y alambres de pequeño diámetro para asegurar un recubrimiento adecuado y facilitar el correcto llenado de los espacios en donde se coloca el refuerzo.

- Mampostería

Para la resistencia de diseño en compresión del conjunto pieza-mortero se proporcionan, en la sección 2.4.1.c fracción c) valores indicativos para los materiales más comunes sobre los cuales existen suficientes resultados experimentales.

La forma más confiable para determinar la consistencia a compresión de la mampostería es mediante el ensayo de pilas formadas con las piezas y morteros que se van a emplear en la construcción. No se pretende que estos ensayos se empleen para fines de control de calada en obra; su función es obtener un índice de resistencia de la mampostería formada por una combinación de piezas y mortero para la cual no se tenga una determinación previa. La resistencia de diseño a compresión de la mampostería se determina con el criterio estadístico mencionado y que toma en cuenta la variabilidad de la resistencia de las pilas.

La opción presentada en la sección 2.4.1.b permite determinar la resistencia de la mampostería a compresión a partir de tablas que se encuentran en función de las propiedades de los materiales que la componen. La resistencia de la mampostería depende principalmente de la resistencia de la pieza y en menor grado de la del mortero.

Los castillos y dalas que se colocan en la mampostería confinada contribuyen significativamente a la resistencia en compresión de los muros, solo cuando la mampostería es de baja resistencia; por ello se acepta que se incremente la resistencia en compresión en una cantidad fija que es significativa para mampostería débil y poco importante para piezas de alta resistencia.

Para mampostería con refuerzo interior que cumpla con los requisitos de cuantía y distribución especificados en la sección 3.4, se permite un ligero incremento de capacidad que es una fracción de la resistencia de la mampostería sin refuerzo.

Para la resistencia en corte se proporcionan valores indicativos para las combinaciones más comunes de piezas y mortero. Los incrementos en la resistencia en cortante por el efecto del refuerzo se especifican en la sección 4.3.2.

Respecto al modulo de elasticidad, este puede obtenerse de la curva esfuerzo-deformación. Una estimación aproximada se obtiene con los factores que multiplican a la resistencia en compresión en la sección 2.4.5.

Estos factores se han incrementado con respecto de lo que se tenía en la versión de 1976, por considerar que se aplican a la resistencia de diseño la cual incorpora factores de seguridad importantes con respecto al valor promedio.

## SISTEMAS DE ESTRUCTURALES A BASE DE MUROS DE MAMPOSTERÍA

### TIPOS DE MUROS.

En esta versión se han agrupado los requisitos que deben cumplir los muros para ser catalogados en las cuatro categorías consideradas en las normas.

- Muros diafragma.

Son los que se colocan para cerrar las crujeas formadas por las vigas y las columnas y marcos de concreto y de acero; estos muros constituyen un diafragma que incrementa la rigidez del conjunto ante cargas laterales.

Cuando se excede de la capacidad en tensión diagonal de los muros, éstos se agrietan pero mantienen una rigidez significativa y tienden a concentrar fuerzas cortantes importantes en los extremos de las columnas. Por ello se requiere proporcionar en las zonas de las columnas una resistencia a fuerza cortante igual a la capacidad total del muro distribuida en partes iguales entre las dos columnas.

Cuando no se puede lograr una distribución uniforme de muros de relleno o cuando la estructura es muy flexible, es preferible desligar estos muros de la estructura principal, evitando su trabajo como diafragma.

- Muros confinados.

Son los que cuentan con castillos y dadas, han demostrado dar un comportamiento sísmico muy aceptable en edificios de muros de carga de varios pisos. Estos elementos de refuerzo permiten una buena liga de los muros entre sí y con los sistemas de piso, proporcionando un confinamiento que evita la falla frágil de los muros, después de éstos se agrietan por tensión diagonal. No se admite incremento alguno a la resistencia en cortante de la mampostería por la presencia de dadas y castillos, solo un ligero aumento en la resistencia a compresión.

La única forma de incrementar la resistencia en cortante de la mampostería es con refuerzo horizontal colocado en la junta.

- Muros reforzados interiormente.

El refuerzo de muros de piezas huecas con barras verticales colocados en los huecos de éstas y con barras horizontales ubicadas en las juntas entre hiladas o en piezas especiales es un método de construcción que se usa con frecuencia aun en zonas sísmicas y en edificios de cierta altura. Las cuantías de refuerzo horizontal y vertical especificadas son las mínimas para las cuales puede esperarse se logre evitar la falla frágil del muro y proporcionar cierta ductilidad. El que el refuerzo horizontal sea continuo y sin traslape en toda la longitud del muro se debe a que los esfuerzos de adherencia que se pueden desarrollar son muy bajos por el espesor tan pequeño del mortero de las juntas. En muros muy largos sera aceptable conectar dos barras mediante ganchos alrededor del refuerzo de castillos intermedios.

- Muros no reforzados.

Los muros de mampostería no reforzada deben de evitarse en zonas sísmicas No se prohíben en las normas pero se especifican factores de reducción muy severos.

#### PROCEDIMIENTO DE DISEÑO.

El análisis riguroso de estructuras de muros y losas sujetas a cargas verticales u horizontales es complejo, por tratarse de sistemas tridimensionales además de la heterogeneidad de los materiales componentes, las holguras, aplastamientos, agrietamiento locales entre mortero y piezas además entre éstas y el concreto hacen que existan deformaciones inelásticas desde niveles pequeños de cargas, lo que altera los resultados del análisis. Por ello se acepta considerar la experiencia del comportamiento de la mampostería.

- Análisis por carga vertical.

Para este análisis se supone que la junta entre muro y losa tiene suficiente capacidad de rotación para liberar al muro de los momentos que podía transmitir la losa debido a la asimetría de la carga vertical, considerando que el muro esta sujeto a carga vertical únicamente. Deberá tomarse en cuenta los momentos que no pueden ser redistribuido por la rotación de la losa (voladizos empotrados en el muro o en una posición excéntrica del muro del piso superior, muros extremos).

Es recomendable que la estructura cumpla con los requisitos indicados en los incisos a) hasta el c) de la sección 4.1.2.. Cuando se cumplan éstos, sólo es necesario determinar las cargas verticales de cada muro mediante una bajada de cargas convencional, tomar en cuenta los efectos de esbeltez y excentricidad mediante el factor correctivo FE que se determine directamente con las reglas indicadas en 4.2.2.

- Análisis por cargas laterales.

El análisis de las estructuras a base de muros de carga de mampostería se enfrenta también al arreglo tridimensional formado por muros y losas.

Se deberá tomar en cuenta las deformaciones de cortante y de flexión y considerar momentos de inercia reducidos de los elementos en que los momentos flexionantes aplicados produzcan agrietamiento.

Es recomendable que la estructuración de muros de carga cumpla con los requisitos indicados en I y III de la sección 4.1.3., para poder usar el método simplificado de análisis sísmico en el cual se ignoran las deformaciones de flexión y se asigna a cada muro una fracción de la carga lateral que es proporcional a su área transversal; sólo se requiere revisar la capacidad a cortante de los muros y se ignoran los efectos de torsión.

- Resistencia a cargas verticales.

La expresión para calcular la resistencia a carga vertical es la misma a la versión anterior la cual es igual al área transversal del muro por el esfuerzo resistente en compresión de la mampostería; este producto es afectado por un coeficiente de reducción que toma en cuenta las diferencias en excentricidad y esbeltez entre un muro a escala natural y la pila en que se basa en la determinación  $f^*m$ . El resultado debe multiplicarse por el factor de resistencia igual a 0.6 para muros confinados o reforzados interiormente y a 0.3 para muros no reforzados.

Cuando se cumplen los requisitos de regularidad y de geometría pueden usarse los valores arriba mencionados para el factor de excentricidad y de esbeltez según se trate de muros interiores o exteriores. En caso contrario, FE se determina con una expresión que es más sencilla que la de la versión anterior y esta derivada de la que tradicionalmente se ha aplicado para el diseño por carga vertical de muros de concreto. La expresión de la versión anterior se eliminó por que daba lugar a resultados poco confiables cuando no se elegían adecuadamente los parámetros de momento de inercia, modo de elasticidad, etc.

- Resistencia a cargas laterales.

Para calcular la resistencia a fuerza cortante no sufrió cambios con respecto a la versión anterior. El factor de reducción  $FE$  se a incrementado de 0.6 a 0.7 tomando en cuenta los sismos de 1985 ya que la mampostería mostró tener una resistencia superior a la calculada.

Las dalas y castillos tiene como objeto proporcionar ductilidad a los muros pero no modifican la carga que produce el agrietamiento diagonal del muro y aunque aumentan la capacidad máxima, este incremento se pierde cuando se aplican ciclos de carga alternadas.

Las cargas laterales producen no solo fuerzas cortantes en los muros, sino también momentos flexionantes en el plano del muro, por lo que se requiere colocar refuerzo vertical en los extremos del muro

En las expresiones para cálculo del momento resistente  $MR$  interviene la carga axial resistente  $PR$ ; para la determinación de esta última podra tomarse en cuenta, la contribución de la mampostería y la del refuerzo.

En las páginas siguientes se ejemplifica el cálculo de un edificio construido a base de muros de mampostería, diseñado con el reglamento de construcción del Distrito Federal de 1987 y 1976 para muros de mampostería.

VARIABLES:

Edificio para vivienda :	Tipo B
Ubicación de la construcción	Zona III
Número de niveles	5
Altura a entre ejes	250 cm
Altura libre entrepiso	240 cm
Area total de construcción	163.002 m <sup>2</sup>
Espesor de muro	15 cm
Tipo de pieza	Tabique barro recocido
Resistencia a compresion pza.	19 kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia al corte	3 kg/cm <sup>2</sup>
Longitud total de muros	102.3 ml

ANALISIS DE CARGA:

CARGAS EN LOSA DE AZOTEA				
Concepto	Análisis Gravitacional		Análisis Sísmico	
	Peso	U.	Peso	U.
Losa de concreto (0.10 m)	240	kg/m <sup>2</sup>	240	kg/m <sup>2</sup>
Relleno de pendientes	90	kg/m <sup>2</sup>	90	kg/m <sup>2</sup>
Entadrillado	50	kg/m <sup>2</sup>	50	kg/m <sup>2</sup>
Plafond yeso	30	kg/m <sup>2</sup>	30	kg/m <sup>2</sup>
Carga adicional por reglamento	20	kg/m <sup>2</sup>	20	kg/m <sup>2</sup>
Carga muerta	430	kg/m <sup>2</sup>	430	kg/m <sup>2</sup>
Carga viva	100	kg/m <sup>2</sup>	70	kg/m <sup>2</sup>
Carga total	530	kg/m <sup>2</sup>	500	kg/m <sup>2</sup>

CARGAS EN LOSA DE ENTREPISO				
Concepto	Análisis Gravitacional		Análisis Sísmico	
	Peso	U.	Peso	U.
Losa de concreto (0.10 m)	240	kg/m <sup>2</sup>	240	kg/m <sup>2</sup>
Piso de cerámica	50	kg/m <sup>2</sup>	50	kg/m <sup>2</sup>
Plafond yeso	30	kg/m <sup>2</sup>	30	kg/m <sup>2</sup>
Carga adicional por reglamento	20	kg/m <sup>2</sup>	20	kg/m <sup>2</sup>
carga muerta	340	kg/m <sup>2</sup>	340	kg/m <sup>2</sup>
Carga viva	170	kg/m <sup>2</sup>	90	kg/m <sup>2</sup>
Carga total	510	kg/m <sup>2</sup>	430	kg/m <sup>2</sup>

PESO DE MUROS		
Concepto	Peso	U.
Peso de muros (0.12 m)	180	kg/m <sup>2</sup>
Aplanado yeso (0.03 m)	30	kg/m <sup>2</sup>
	210	kg/m <sup>2</sup>
Peso por m/l	504	kg/ml

PESO DE LA ESTRUCTURA POR ANÁLISIS GRAVITACIONAL							
Nivel No.	Área Entrepiso m <sup>2</sup>	Peso Entrepiso kg/m <sup>2</sup>	Peso de muros por M.L.	Longitud de muros m	Peso por losa kg	Peso Muros kg	Peso Total kg
5	161.04	530	504	102.3	85,351.2	51,559.2	136,910.4
4	161.04	510	504	102.3	82,130.4	51,559.2	133,689.6
3	161.04	510	504	102.3	82,130.4	51,559.2	133,689.6
2	161.04	510	504	102.3	82,130.4	51,559.2	133,689.6
1	161.04	510	504	102.3	82,130.4	51,559.2	133,689.6
Peso total de la estructura							671,668.8

PESO DE LA ESTRUCTURA POR ANÁLISIS SÍSMICO							
Nivel No.	Área Entrepiso m <sup>2</sup>	Peso Entrepiso kg/m <sup>2</sup>	Peso de muros por M.L.	Longitud de muros m	Peso por losa kg	Peso Muros kg	Peso Total kg
5	161.04	500	504	102.3	80,520.0	51,559.2	132,079.2
4	161.04	430	504	102.3	69,247.2	51,559.2	120,806.4
3	161.04	430	504	102.3	69,247.2	51,559.2	120,806.4
2	161.04	430	504	102.3	69,247.2	51,559.2	120,806.4
1	161.04	430	504	102.3	69,247.2	51,559.2	120,806.4
Peso total de la estructura							615,304.8

## CÁLCULO DE LA CARGA ACTUANTE

La expresión para el cálculo de las carga actuante está dada por:

$$Pu = F.C \left[ (Wm + Wmv) A_{trib} + Wmuros * Long. \right] * 5niveles$$

donde:

$$F.C = 1.4$$

$$Wmuro = 504 \text{ kg/m}$$

$$Wm = 430 \text{ kg/m}^2$$

$$Wmv = 170 \text{ kg/cm}^2$$

CÁLCULO DE LA CARGA ACTUANTE  
DIRECCION X

Muro No.	Longitud Muro	Área Tributaria m <sup>2</sup>	Forma	Wvm kg	Pu kg
1	180	2.515	L	170.00	16,913
2	180	2.515	L	170.00	16,913
3	50	0.001	L	170.00	1,768
4	190	2.494	C	170.00	17,178
5	190	2.494	C	170.00	17,178
6	50	0.001	L	170.00	1,768
7	248	3.500	C	170.00	23,432
8	60	0.001	C	170.00	2,121
9	60	0.001	C	170.00	2,121
10	360	8.225	T	170.00	47,246
11	320	6.853	T	170.00	40,072
12	255	6.853	T	170.00	37,779
13	360	8.225	T	170.00	47,246
14	60	0.001	C	170.00	2,121
15	60	0.001	C	170.00	2,121
16	270	5.473	C	170.00	32,512
17	270	5.473	C	170.00	32,512
18	125	0.625	L	170.00	7,035
19	125	0.625	L	170.00	7,035
20	50	0.001	L	170.00	1,768
21	190	2.494	C	170.00	17,178
22	190	2.494	C	170.00	17,178
23	50	0.001	L	170.00	1,768
24	315	2.971	L	170.00	23,591
25	315	2.971	L	170.00	23,591

**CÁLCULO DE LA CARGA ACTUANTE  
DIRECCIÓN Y**

Muro No.	Longitud Muro	Área Tributaria m <sup>2</sup>	Forma	Wvm kg	Pu kg
26	293	5.688	C	170.00	34,209.00
27	305	5.743	L	170.00	34,881.00
28	200	7.014	C	170.00	36,514.80
29	200	5.714	C	170.00	31,054.80
30	245	3.153	T	170.00	21,886.20
31	60	0.001	C	170.00	2,121.00
32	240	5.293	I	170.00	30,697.80
33	290	7.133	L	170.00	40,189.80
34	90	1.235	C	170.00	8,362.20
35	170	4.749	L	170.00	25,943.40
36	90	0.001	C	170.00	3,179.40
37	255	1.398	L	170.00	14,868.00
38	255	1.398	L	170.00	14,868.00
39	240	5.293	I	170.00	30,697.80
40	290	7.133	L	170.00	40,189.80
41	90	0.001	C	170.00	3,179.40
42	90	1.235	C	170.00	8,362.20
43	170	4.749	L	170.00	25,943.40
44	245	3.153	T	170.00	21,886.20
45	60	0.001	C	170.00	2,121.00
46	305	5.743	L	170.00	34,881.00
47	200	7.014	C	170.00	36,514.80
48	200	5.714	C	170.00	31,054.80
49	293	5.688	C	170.00	34,209.00
50	290	1.950	I	170.00	18,421.20

ÁREA TOTAL = 163.002

## CÁLCULO DE LA CARGA RESISTENTE

La carga vertical resistente se calculará como:

$$PR = F_R F_E f_m^* A_T$$

$PR$  es la carga vertical total resistente de diseño

$F_R$  se tomará como 0.6 para muros confinados o reforzados interiormente y 0.3 para muros no reforzados

$f_m^*$  las resistencias de diseño en compresión de la mampostería

$F_E$  es un factor de reducción por excentricidad y esbeltez que podrá tomarse como 0.7 para muros interiores y como 0.6 para muros externos, siempre y cuando se cumplan las condiciones de regularidad mencionadas en el capítulo II. Cuando estas condiciones no se cumplan, el factor de excentricidad se tomará como el menor del que se especifica en este párrafo y el que se obtiene con la ecuación siguiente

$$F_E = (1 - 2e'/t)(1 - (H'/30t)^2)$$

$A_T$  es el área de la sección transversal del muro

De acuerdo a las condiciones de regularidad, el edificio en no estudio cumple con todas las condiciones que el reglamento para diseño por sismo establece es por eso que para el cálculo de la resistencia de los muros para carga vertical, el factor de excentricidad que afecta a la fórmula, toma directamente los valores de 0.7 y 0.6 para los muros interiores y exteriores respectivamente. Para el desarrollo del cálculo de la carga resistente de los muros del edificio que se presenta en este proyecto el factor de excentricidad se calculó con la fórmula :

$$F_E = (1 - 2e'/t)(1 - (H'/30t)^2)$$

tomandolo como ejemplo ilustrativo, y suponiendo que no se cumplen las condiciones de regularidad.

Las fórmulas usadas para el cálculo por excentricidad son:

$t$  es el espesor del muro

$e'$  es la excentricidad calculada para la carga vertical,  $e_c$ , más una excentricidad accidental que se tomará igual a

$$e' = e_c + e_a \text{ donde: } e_c = \frac{t}{2} - \frac{b}{3}; e_a = \frac{t}{24}$$

$H'$  la altura efectiva del muro que se determinará a partir de la altura no restringida,  $H$ , según el criterio siguiente:

$H' = 2H$ , para muros sin restricción al desplazamiento lateral en su extremo superior.

$H' = 0.8H$  para muros limitados por dos losas continuas a ambos lados del muro

$H' = H$  para muros extremos en que se apoyan losas.

Las variables que intervienen para el cálculo de la Carga Resistente son:

Hejes = 250 cm

Hs = 1000 cm

H = 240 cm

$H' = 192$  cm

b = 15 cm

t = 15 cm

$f^*m = 15 + 4 = 19$  kg/cm<sup>2</sup> (Se incrementará 4 kg/cm<sup>2</sup> según 2.4.1.d)

$Wm = 430$  kg/m<sup>2</sup>

FR = 0.6

F.C. = 1.4

$W_{\text{muros}} = 504$  kg/ml

Cte. gravitacional  $E = 350 \cdot f^*m$  (Sección 2.4.5.)

Cte. sísmica  $E = 600 \cdot f^*m$  (Sección 2.4.5.)

**CÁLCULO DE LA CARGA RESISTENTE**  
DIRECCIÓN X

Muro No.	Longitud Muro	Area Tributaria	AT	Wwm	Forma	interior=1 exterior=2	ec	es	e'	1.2e'/t	1-H/30t	FE	PR	PU	PR>PU
	m	m²	cm²	kg			cm	cm	cm				kg	kg	
1	180	2.515	2.700	218.4	L	2	2.50	0.63	3.13	0.583	0.818	0.477	14,686	16,913	FALSO
2	180	2.515	2.700	218.4	L	2	2.50	0.63	3.13	0.583	0.818	0.477	14,686	16,913	FALSO
3	50	0.001	750	0.0	L	2	2.50	0.63	3.13	0.583	0.818	0.477	4,080	1,768	VERDADERO
4	190	2.494	2,850	218.9	C	2	2.50	0.63	3.13	0.583	0.818	0.477	15,502	17,178	FALSO
5	190	2.494	2,850	218.9	C	2	2.50	0.63	3.13	0.583	0.818	0.477	15,502	17,178	FALSO
6	50	0.001	750	0.0	L	2	2.50	0.63	3.13	0.583	0.818	0.477	4,080	1,768	VERDADERO
7	248	3.500	3,713	200.4	C	1	2.50	0.63	3.13	0.583	0.818	0.477	20,194	23,432	FALSO
8	60	0.001	900	0.0	C	1	2.50	0.63	3.13	0.583	0.818	0.477	4,895	2,121	VERDADERO
9	60	0.001	900	0.0	C	1	2.50	0.63	3.13	0.583	0.818	0.477	4,895	2,121	VERDADERO
10	360	8.225	5,400	165.5	T	1	2.50	0.63	3.13	0.583	0.818	0.477	29,373	47,246	FALSO
11	320	6.853	4,800	171.8	T	1	2.50	0.63	3.13	0.583	0.818	0.477	26,109	40,072	FALSO
12	255	6.853	3,825	171.8	T	1	2.50	0.63	3.13	0.583	0.818	0.477	20,806	37,779	FALSO
13	360	8.225	5,400	165.5	T	1	2.50	0.63	3.13	0.583	0.818	0.477	29,373	47,246	FALSO
14	60	0.001	900	0.0	C	1	2.50	0.63	3.13	0.583	0.818	0.477	4,895	2,121	VERDADERO
15	60	0.001	900	0.0	C	1	2.50	0.63	3.13	0.583	0.818	0.477	4,895	2,121	VERDADERO
16	270	5.473	4,050	180.3	C	1	2.50	0.63	3.13	0.583	0.818	0.477	22,030	32,512	FALSO
17	270	5.473	4,050	180.3	C	1	2.50	0.63	3.13	0.583	0.818	0.477	22,030	32,512	FALSO
18	125	0.625	1,875	337.6	L	1	2.50	0.63	3.13	0.583	0.818	0.477	10,199	7,035	VERDADERO
19	125	0.625	1,875	337.6	L	1	2.50	0.63	3.13	0.583	0.818	0.477	10,199	7,035	VERDADERO
20	50	0.001	750	0.0	L	2	2.50	0.63	3.13	0.583	0.818	0.477	4,080	1,768	VERDADERO
21	190	2.494	2,850	218.9	C	2	2.50	0.63	3.13	0.583	0.818	0.477	15,502	17,178	FALSO
22	190	2.494	2,850	218.9	C	2	2.50	0.63	3.13	0.583	0.818	0.477	15,502	17,178	FALSO
23	50	0.001	750	0.0	L	2	2.50	0.63	3.13	0.583	0.818	0.477	4,080	1,768	VERDADERO
24	315	2.971	4,725	209.0	L	2	2.50	0.63	3.13	0.583	0.818	0.477	25,701	23,591	VERDADERO
25	315	2.971	4,725	209.0	L	2	2.50	0.63	3.13	0.583	0.818	0.477	25,701	23,591	VERDADERO

**CÁLCULO DE LA CARGA RESISTENTE**  
DIRECCIÓN Y

Muro No.	Longitud Muro	Área Tributenas	AT	Wvm	Forma	Tipo	ea	ect	e	1.2e/h	1.4h/30t	FE	PR	Pu	PR > Pu
		m <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	kg		interior = 1 exterior = 2							kg	kg	
26	293	5.688	4.388	178.8	C	2	2.50	0.63	3.13	0.583	0.818	0.477	23,865	34,209	FALSO
27	305	5.743	4.575	178.4	L	2	2.50	0.63	3.13	0.583	0.818	0.477	24,885	34,881	FALSO
28	200	7.014	3.000	170.9	C	1	2.50	0.63	3.13	0.583	0.818	0.477	16,318	36,515	FALSO
29	200	5.714	3.000	178.6	C	1	2.50	0.63	3.13	0.583	0.818	0.477	16,318	31,055	FALSO
30	245	3.153	3.675	205.8	T	1	2.50	0.63	3.13	0.583	0.818	0.477	19,990	21,885	FALSO
31	60	0.001	900	0.0	C	1	2.50	0.63	3.13	0.583	0.818	0.477	4,895	2,121	VERDADERO
32	240	5.293	3.600	181.6	F	2	2.50	0.63	3.13	0.583	0.818	0.477	19,592	30,698	FALSO
33	290	7.133	4.350	170.3	L	2	2.50	0.63	3.13	0.593	0.818	0.477	23,661	40,190	FALSO
34	90	1.235	1.350	269.0	C	1	2.50	0.63	3.13	0.583	0.818	0.477	7,343	8,362	FALSO
35	170	4.749	2.550	186.2	L	1	2.50	0.63	3.13	0.583	0.818	0.477	13,870	25,943	FALSO
36	90	0.001	1.350	0.0	C	2	2.50	0.63	3.13	0.583	0.818	0.477	7,343	3,179	VERDADERO
37	255	1.398	3.825	258.9	L	2	2.50	0.63	3.13	0.583	0.818	0.477	20,806	14,868	VERDADERO
38	255	1.398	3.825	258.9	L	2	2.50	0.63	3.13	0.583	0.818	0.477	20,806	14,868	VERDADERO
39	240	5.293	3.600	181.6	F	2	2.50	0.63	3.13	0.583	0.818	0.477	19,582	30,698	FALSO
40	290	7.133	4.350	170.3	L	2	2.50	0.63	3.13	0.583	0.818	0.477	23,661	40,190	FALSO
41	90	0.001	1.350	0.0	C	2	2.50	0.63	3.13	0.583	0.818	0.477	7,343	3,179	VERDADERO
42	50	1.235	1.350	269.0	C	1	2.50	0.63	3.13	0.583	0.818	0.477	7,343	8,362	FALSO
43	170	4.749	2.550	186.2	L	1	2.50	0.63	3.13	0.583	0.818	0.477	13,870	25,943	FALSO
44	245	3.153	3.675	205.8	T	1	2.50	0.63	3.13	0.583	0.818	0.477	19,990	21,885	FALSO
45	60	0.001	900	0.0	C	1	2.50	0.63	3.13	0.583	0.818	0.477	4,895	2,121	VERDADERO
46	305	5.743	4.575	178.4	L	2	2.50	0.63	3.13	0.583	0.818	0.477	24,885	34,881	FALSO
47	200	7.014	3.000	170.9	C	1	2.50	0.63	3.13	0.583	0.818	0.477	16,318	36,515	FALSO
48	200	5.714	3.000	178.6	C	1	2.50	0.63	3.13	0.583	0.818	0.477	16,318	31,055	FALSO
49	293	5.688	4.388	178.8	C	2	2.50	0.63	3.13	0.583	0.818	0.477	23,865	34,209	FALSO
50	290	1.950	4.350	234.5	I	1	2.50	0.63	3.13	0.583	0.818	0.477	23,661	18,421	VERDADERO
Suma total				163.002											

## OBTENCIÓN DE LAS FUERZAS SÍSMICAS

Para calcular las fuerzas cortantes a diferentes niveles de una estructura, se supondrá un conjunto de fuerzas horizontales actuando sobre cada uno de los puntos donde se concentran las masas. Cada una de estas fuerzas se tomará igual al peso de la masa que corresponda, multiplicando por un coeficiente proporcional a la altura, siendo esta última, la altura de la masa en cuestión sobre el desplante (o nivel a partir del cual las deformaciones pueden ser apreciables). El coeficiente se tomará de tal manera que la relación  $V_o/W_o = c/Q$ , siendo  $V_o$  la fuerza cortante basal,  $W_o$  el peso de la construcción, incluyendo las cargas muertas y vivas que fija el RCDF, y  $Q$  el factor de comportamiento sísmico que fijan las normas técnicas para sismo.

Cálculo de las fuerzas sísmicas:

$$F_i = c_i W \frac{W_i h_i}{\sum W_i h_i}$$

donde:

$F_i$  = fuerza sísmica en el piso  $i$ .

$W_i$  = peso del piso  $i$ .

$W$  = peso total de la construcción a nivel de desplante sobre la cimentación.

$h_i$  = altura del nivel  $i$ , a partir del desplante sobre la cimentación.

$c_i$  = coeficiente sísmico, especificado en el reglamento, reducido por ductilidad  $Q$ .

Para el proyecto que se estudia en este informe, los datos son:

Coficiente sísmico  $c = 0.4$

Por no cumplir las condiciones de regularidad, establecidas por las normas de diseño para sismo (ver capítulo 2), el coeficiente de comportamiento sísmico, deberá reducirse por 0.8.

Coefficiente sísmico  $c = 0.4$

Factor de comportamiento  $Q = 2$

$$\text{Coeficiente reducido } c' = \frac{c}{Q} = \frac{0.4}{2 \cdot 0.8} = 0.25$$

La fuerza máxima cortante horizontal máxima,  $V_{xy}$ , en la base de la construcción será:

$$V = \frac{c}{Q} W_s = (0.25)(615,304) = 153,826 \text{ kg}$$

donde  $W_s$  es el peso total de la estructura.

por lo que se tiene  $V_x = V_y = 153,826 \text{ kg}$

CALCULO DE FUERZAS SISMICAS RCDF-87

DIRECCION "X"

Constantes:

$C = 0.4 = 0.4$

$Q = 1.6$

$c/Q = 0.25$

Coordenadas del Centro de Gravedad

$x = 9.225$

$y = 6.86$

Nivel	Ent.	H m	hi m	Wi kg	W <sup>i</sup> Th <sup>i</sup> -	sum(W <sup>i</sup> Th <sup>i</sup> ) -	W <sup>i</sup> Th <sup>i</sup> /sum(W <sup>i</sup> Th <sup>i</sup> ) -	Pix kg	Piy kg	Cortante		C. Gravedad		Px <sup>i</sup> y		sumPx <sup>i</sup> y	sumPy <sup>i</sup> x	Posicion del cortante	
										Vx	Vy	x	y	x	y			x	y
5	5	250	1250	132079	2E+08	0.353	54.369	54.369	54.369	9.225	6.86	372.970	501.553	372.970	501.553	501.553	9.23	6.86	
4	4	250	1000	120806	1E+08	0.259	39.783	39.783	39.783	9.225	6.86	272.910	366.996	645.880	868.549	868.549	9.23	6.86	
3	3	250	750	120806	9E+07	0.194	29.837	29.837	29.837	9.225	6.86	204.682	275.247	850.562	1.143.796	1.143.796	9.23	6.86	
2	2	250	500	120806	6E+07	0.129	19.891	19.891	19.891	9.225	6.86	136.455	183.498	987.017	1.327.294	1.327.294	9.23	6.86	
1	1	250	250	120806	3E+07	0.065	9.946	9.946	9.946	9.225	6.86	68.227	91.749	1.055.245	1.419.043	1.419.043	9.23	6.86	
				615303	5E+08			153.826	153.826										

## CÁLCULO DE LAS EXCENTRICIDADES

$$ey = X_R - X_C$$

$$ex = Y_R - Y_C$$

donde:

$X_R$  y  $Y_R$  son el centro de rigideces

$X_C$  y  $Y_C$  son el centro de cortantes

De acuerdo a las normas técnicas para sismo, la excentricidad calculada  $ex$  o  $ey$  debe sustituirse por la que resulte, para cada muro más desfavorable con las siguientes expresiones:

$$es_1 = 1.5ei + 0.1b$$

$$es_2 = ei - 0.1b$$

donde:

$i = x$  ó  $y$

$ei =$  excentricidad calculada

$b =$  es la mayor dimensión de la planta, perpendicular a la dirección del movimiento.

El momento torsionante será igual a:

$$Mtx = V_x ex$$

$$Mty = V_y ey$$

$$V_R = FR (0.5 v \cdot A_T + 0.3P) \leq 1.5FR v \cdot A_T$$

**CÁLCULO DE LAS EXCENTRICIDADES**

	X	Y
	cm	cm
Coordenadas Centro Torsión (xt , yt)	922.50	812.00
Coordenadas Centro Cortante (xc , yc)	922.50	686.00

$esx = Yc - Yt$   
 $esy = Xc - Xt$

$e1 = 1.5es + 0.1b$   
 $e2 = es - 0.1b$

Dirección	es cm	by cm	e1 cm	e2 cm	Vx kg	Mt1 ton-m	Mt2 ton-m
x	0.00	1,270	127.00	-127.00	153,826	195.36	-195.36
y	-126.00	1,845	4.50	58.50	153,826	6.92	89.99

### CÁLCULO DEL CENTRO DE RIGIDECES

Este centro es el punto por el que debe pasar la línea de acción de la fuerza cortante sísmica para que el movimiento relativo de los dos niveles consecutivos que limitan el entrepiso sea exclusivamente de traslación. En caso contrario existe rotación ó torsión entre dichos niveles. La expresión para calcular el centro de torsión, está dada por:

$$X_t = \frac{\sum (R_y \cdot X)}{\sum R_y}$$
$$Y_t = \frac{\sum (R_x \cdot Y)}{\sum R_x}$$

donde:

$R_y$  = rigidez del muro  $i$  en dirección  $y$

$R_x$  = rigidez del muro  $i$  en dirección  $x$

$X$  = distancia en  $x$  del muro  $i$  con respecto al eje

$Y$  = distancia en  $y$  del muro  $i$  con respecto al eje  $y$

$\sum R_y, \sum R_x$  = sumatoria de las rigideces para cada una de las direcciones

**CALCULO DEL CENTRO DE RIGIDECES EN "Y"**

Muro No.	Long. cm	Coordenadas		Rx kg/cm	Rx*y
		x	y		
		m			
1	180	4.500	0.000	21,097	0
2	180	13.450	0.000	21,097	0
3	50	0.250	5.000	2,265	11,326
4	190	2.650	5.000	22,952	114,762
5	190	15.800	5.000	22,952	114,762
6	50	18.200	5.000	2,265	11,326
7	495	9.2250	6.300	86,508	545,001
8	60	3.300	7.000	3,178	22,249
9	60	15.150	7.000	3,178	22,249
10	360	1.800	7.925	64,059	507,668
11	320	6.250	7.925	55,763	441,921
12	320	12.200	7.925	55,763	441,921
13	360	16.650	7.925	64,059	607,668
14	60	3.300	8.950	3,178	28,447
15	60	15.150	8.950	3,178	28,447
16	270	6.000	9.175	38,726	355,312
17	270	12.450	9.175	38,726	355,312
18	125	7.375	10.075	11,659	117,465
19	125	11.075	10.075	11,659	117,465
20	50	0.250	10.850	2,265	24,577
21	190	2.650	10.850	22,952	249,033
22	190	15.800	10.850	22,952	249,033
23	50	18.200	10.850	2,265	24,577
24	315	5.175	12.700	48,056	610,307
25	315	13.275	12.700	48,056	610,307
		Suma		678,812	5,511,137

$$y_t = (\text{sum } Rx * y) / \text{Sum } Rx$$

$$y_t = 8.12 \quad m$$

CALCULO DEL CENTRO DE RIGIDECES EN "X"

Muro No.	Long. cm	Coordenadas		Ry kg/cm	Ry * x
		x	y		
		m			
26	585	0.000	7.9250	105,899	0
27	305	3.600	1.5250	45,964	165,472
28	200	3.600	6.0000	24,840	89,424
29	200	3.600	9.8500	24,840	89,424
30	245	4.650	7.1500	40,352	187,638
31	60	4.650	9.4750	3,178	14,780
32	240	7.200	1.2000	39,335	283,212
33	290	7.200	4.8000	42,845	308,486
34	90	6.750	9.6250	6,614	44,647
35	170	6.750	11.8500	19,278	130,128
38	90	7.350	9.6250	6,614	48,615
37	255	8.000	11.4250	35,672	285,378
38	255	10.450	11.4250	35,672	372,775
39	240	11.250	1.2000	39,335	442,518
40	290	11.250	4.8000	42,845	482,010
41	90	11.250	9.6250	6,614	74,411
42	90	11.100	9.6250	6,614	73,419
43	170	11.700	11.8500	19,278	225,556
44	245	13.800	7.1500	40,352	556,860
45	60	13.800	9.4750	3,178	43,863
46	305	14.850	1.5250	45,964	682,571
47	200	14.850	6.0000	24,840	368,874
48	200	14.850	9.8500	24,840	368,874
49	585	18.450	7.9250	105,899	1,953,845
50	290	9.225	7.7000	49,570	457,284
		Suma		840,438	7,750,064

$$x_t = (\text{sum Ry} \cdot x) / \text{Sum Ry}$$

$$x_t = 9.22 \quad \text{m}$$

## CÁLCULO DEL CORTANTE ÚLTIMO

La fuerza cortante que debe ser resistida por un elemento resistente es igual a la suma de dos efectos.

a) A la fuerza cortante del piso supuesta actuando en el centro de torsión.

$$V_D = V_x \frac{R_x}{\sum R_x} \text{ ó}$$

$$V_D = V_y \frac{R_y}{\sum R_y}$$

b) Al debido al momento torsionante del piso.

$$V_{tx} = \frac{R_x y_i}{(\sum R_x y_i^2 + \sum R_y x_i^2)} M_{tx}$$

$$V_{ty} = \frac{R_y x_i}{(\sum R_x y_i^2 + \sum R_y x_i^2)} M_{ty}$$

donde:

$R_y, R_x$  = rigidez del muro dirección x y y

$V_{tx}, V_{ty}$  = Fuerza sísmica por torsión

$x_i, y_i$  = distancias de los muros con respecto al centro de torsión del entrepiso en cuestión.

$M_t$  = Momento torsionante en el entrepiso considerando que es igual al producto de la fuerza cortante en el entrepiso por la más desfavorable de las siguientes excentricidades:

$$e_1 = 1.5 es + 0.1b$$

$$e = es - 0.1b$$

$$es_x = Y_C - Y_R$$

$$es_y = X_C - X_R$$

donde:

es=excentricidad calculada como la distancia entre la línea de acción del cortante y el centro de torsión.

b=La mayor dimensión en planta del entrepiso medida perpendicularmente a la dirección del mismo.

### CÁLCULO DE LAS RIGIDECES DE LOS MUROS

Para calcular las rigideces de los muros además de tomar en cuenta el área transversal de la sección de los muros AT se deberá considerar la rigidez que proporcionan los patines de los muros. El ancho  $b$  de los patines se considera:

$$b = [6t \text{ ó } \frac{Hs}{16}] \Rightarrow \text{Para muros de que forman secciones T ó I.}$$

$$b = \left[ \frac{1}{16} Hs \text{ ó } 6t \right] \Rightarrow \text{Para muros que forman secciones L ó C.}$$

La rigidez por muro es igual a:

$$R_{xy} = \frac{1}{H \left( \frac{H^2}{3EI_x} + \frac{1}{AG} \right)}$$

donde:

$$E = 350 \text{ f*m}$$

$$G = 0.3E$$

$$A = tL$$

$$I_s = \frac{tL^3}{12}$$

$$I_p = \frac{tbL^2}{2}$$

$$I = \frac{tL^3}{12} + \frac{tbL^2}{2}$$

Las variables que interviene en el cálculo del cortante último son:

cte E sismo =	600 f*m	(Sección 2.4.5.)
FR=	0.6	
K=	0.02	
pi	3.14	
cte Egravit.=	350 f*m	(Sección 2.4.5.)
F.C.=	1.4	
Wmuros=	504 kg/ml	
xt=	9.225 m	
yt=	8.120 m	
Mtx=	195.36 ton-m	
Mty=	89.99 ton-m	
Vx=	153,826 kg	
Vy=	153,826 kg	

CÁLCULO DEL LAS FUERZAS LATERALES ACTUANTES O ÚLTIMAS  
DIRECCIÓN X

Muro No.	Longitud Muro	Area Tributaria m²	Forma	clave C/L=1 T/l=2	b patin cm	AT (b)(L)	is cm²	ib	It cm²	H <sup>3</sup> /3EI	1/AG	Rxi kg	Posicion del centroide x m y m	dly m	Rxi ° dly	Rxi ° dly²	Vdx kg	Vbx kg	Vu kg		
1	180	2.515	L	1	62.5	2.700	7.29E+06	3.65E+06	1.09E+07	1.7E-07	1.083E-07	14.523	4.50	0.00	-8.12	-117.930	957.590	4.740	-1524	3.741	
2	180	2.515	L	1	62.5	2.700	7.29E+06	3.65E+06	1.09E+07	1.7E-07	1.083E-07	14.523	13.45	0.00	-8.12	-117.930	957.590	4.740	-1584	3.741	
3	50	0.001	L	1	62.5	750	1.56E+05	2.81E+05	4.38E+05	4.2E-06	3.899E-07	876	0.25	5.00	-3.12	-2.733	8.526	286	-31	280	
4	190	2.494	C	1	62.5	2.850	8.57E+06	4.06E+06	1.26E+07	1.4E-07	1.026E-07	16.179	2.65	5.00	-3.12	-50.479	157.494	5.280	-573	5.178	
5	190	2.494	C	1	62.5	2.850	8.57E+06	4.06E+06	1.26E+07	1.4E-07	1.026E-07	16.179	15.80	5.00	-3.12	-50.479	157.494	5.280	-573	5.178	
6	50	0.001	L	1	62.5	750	1.56E+05	2.81E+05	4.38E+05	4.2E-06	3.899E-07	876	18.20	5.00	-3.12	-2.733	8.526	286	-31	280	
7	248	3.500	C	1	62.5	3.713	1.90E+07	6.89E+06	2.58E+07	7.1E-08	7.876E-08	26.760	9.23	6.30	-1.82	-48.703	88.640	8.733	-853	8.998	
8	60	0.001	C	1	62.5	900	2.70E+05	4.05E+05	6.75E+05	2.7E-06	3.249E-07	1.319	3.30	7.00	-1.12	-1.477	1.655	431	-17	455	
9	60	0.001	C	1	62.5	900	2.70E+05	4.05E+05	6.75E+05	2.7E-06	3.249E-07	1.319	15.15	7.00	-1.12	-1.477	1.655	431	-17	455	
10	360	8.225	T	2	167	5.400	5.83E+07	1.46E+07	7.29E+07	2.5E-08	5.415E-08	50.495	1.80	7.93	-0.19	-9.846	1.920	16.479	-112	18.004	
11	320	6.853	T	2	167	4.800	4.10E+07	1.15E+07	5.25E+07	3.5E-08	6.092E-08	41.780	6.25	7.93	-0.19	-8.147	1.589	13.635	-93	14.897	
12	320	6.853	T	2	167	4.800	4.10E+07	1.15E+07	5.25E+07	3.5E-08	6.092E-08	41.780	12.20	7.93	-0.19	-8.147	1.589	13.635	-93	14.897	
13	360	8.225	T	2	167	5.400	5.83E+07	1.46E+07	7.29E+07	2.5E-08	5.415E-08	50.495	16.65	7.93	-0.19	-9.846	1.920	16.479	-112	18.004	
14	60	0.001	C	1	62.5	900	2.70E+05	4.05E+05	6.75E+05	2.7E-06	3.249E-07	1.319	3.30	8.95	0.83	1.095	909	431	12	487	
15	60	0.001	C	1	62.5	900	2.70E+05	4.05E+05	6.75E+05	2.7E-06	3.249E-07	1.319	15.15	8.95	0.83	1.095	909	431	12	487	
16	270	5.473	C	1	62.5	4.050	2.46E+07	8.20E+06	3.28E+07	5.6E-08	7.22E-08	31.273	6.00	9.18	1.06	32.993	34.808	10.206	375	11.639	
17	270	5.473	C	1	62.5	4.050	2.46E+07	8.20E+06	3.28E+07	5.6E-08	7.22E-08	31.273	12.45	9.18	1.06	32.993	34.808	10.206	375	11.639	
18	125	0.625	L	1	62.5	1.875	2.44E+06	1.76E+06	4.20E+06	4.4E-07	1.559E-07	6.767	7.38	10.08	1.96	13.229	25.862	2.208	150	2.594	
19	125	0.625	L	1	62.5	1.875	2.44E+06	1.76E+06	4.20E+06	4.4E-07	1.559E-07	6.767	11.08	10.08	1.96	13.229	25.862	2.208	150	2.594	
20	50	0.001	L	1	62.5	750	1.56E+05	2.81E+05	4.38E+05	4.2E-06	3.899E-07	876	0.25	10.85	2.73	2.391	6.528	286	27	344	
21	190	2.494	C	1	62.5	2.850	8.57E+06	4.06E+06	1.26E+07	1.4E-07	1.026E-07	16.179	2.65	10.85	2.73	44.169	120.581	5.280	502	6.360	
22	190	2.494	C	1	62.5	2.850	8.57E+06	4.06E+06	1.26E+07	1.4E-07	1.026E-07	16.179	15.80	10.85	2.73	44.169	120.581	5.280	502	6.360	
23	50	0.001	L	1	62.5	750	1.56E+05	2.81E+05	4.38E+05	4.2E-06	3.899E-07	876	18.20	10.85	2.73	2.391	6.528	286	27	344	
24	315	2.971	L	1	62.5	4.725	3.91E+07	1.12E+07	5.02E+07	3.6E-08	6.188E-08	40.707	5.18	12.70	4.58	186.437	853.883	13.285	2.117	16.942	
25	315	2.971	L	1	62.5	4.725	3.91E+07	1.12E+07	5.02E+07	3.6E-08	6.188E-08	40.707	13.28	12.70	4.58	186.437	853.883	13.285	2.117	16.942	
											Suma	471.347									4,431.329

**CÁLCULO DEL LAS FUERZAS LATERALES ACTUANTES O ÚLTIMAS**  
DIRECCIÓN "Y"

Muro No	Longitud Muro	Area Tributaria m <sup>2</sup>	Forma	clave C/L=1 T/L=2	b patin cm	A (b)(L)	Is cm <sup>4</sup>	Ib	It cm <sup>4</sup>	H <sup>3</sup> /3EI	1/AG	R <sub>ly</sub> kg	Posicion centrada x m y m	dx m	R <sub>ly</sub> * dx <sup>2</sup>	R <sub>ly</sub> * dx	V <sub>dy</sub> kg	V <sub>ly</sub> kg	V <sub>uy</sub> 11*(V <sub>dy</sub> +V <sub>ly</sub> ) kg	
10	293	5,688	C	1	62.5	4,388	3.13E+07	9.63E+06	4.09E+07	4.5E-08	6.6643E-08	35,933	0.00	7.93	-9.23	-331,483	3,057,930	10,467	-3,764	7,374
27	305	5,743	L	1	62.5	4,575	3.55E+07	1.05E+07	4.59E+07	4E-08	6.3912E-08	38,573	3.60	1.53	-5.63	-216,973	1,220,472	11,236	-2,464	9,650
28	208	7,014	C	1	62.5	3,000	1.00E+07	4.50E+06	1.45E+07	1.3E-07	9.7466E-08	17,897	3.60	6.00	-5.63	-100,671	566,277	5,213	-1,143	4,477
29	200	5,714	C	1	62.5	3,000	1.00E+07	4.50E+06	1.45E+07	1.3E-07	9.7466E-08	17,897	3.60	9.85	-5.63	-100,671	566,277	5,213	-1,143	4,477
30	245	3,153	T	2	166.7	3,675	1.84E+07	6.75E+06	2.51E+07	7.3E-08	7.9564E-08	26,269	4.65	7.15	-4.58	-120,182	549,831	7,652	-1,365	6,916
31	60	0,001	C	1	62.5	900	2.70E+05	4.05E+05	6.75E+05	2.7E-06	3.2489E-07	1,319	4.65	9.48	-4.58	-6,035	27,610	384	-69	347
32	240	5,293	L	2	166.7	3,600	1.73E+07	6.48E+06	2.38E+07	7.7E-08	8.1222E-08	25,295	7.20	1.20	-2.03	-51,222	103,724	7,368	-582	7,465
33	290	7,133	L	1	62.5	4,350	3.05E+07	9.46E+06	3.99E+07	4.6E-08	6.7218E-08	35,409	7.20	4.80	-2.03	-71,704	145,200	10,314	-814	10,450
34	90	1,235	C	1	62.5	1,350	9.11E+05	9.11E+05	1.82E+06	1E-06	2.1659E-07	3,281	6.75	11.85	-2.48	-8,119	20,095	956	-92	950
35	170	4,749	L	1	62.5	2,550	6.14E+06	3.25E+06	9.39E+06	1.9E-07	1.1467E-07	12,935	6.75	11.85	-2.48	-32,015	79,236	3,768	-364	3,745
36	90	0,001	C	1	62.5	1,350	9.11E+05	9.11E+05	1.82E+06	1E-06	2.1659E-07	3,281	7.35	9.63	-1.88	-6,151	11,533	956	-70	974
37	255	1,398	L	1	62.5	3,825	2.07E+07	7.32E+06	2.80E+07	6.5E-08	7.6444E-08	28,246	8.00	11.43	-1.23	-34,601	42,387	8,228	-393	8,618
38	255	1,398	L	1	62.5	3,825	2.07E+07	7.32E+06	2.80E+07	6.5E-08	7.6444E-08	28,246	10.45	11.43	1.23	34,601	42,387	8,228	393	9,483
39	240	5,293	L	2	166.7	3,600	1.73E+07	6.48E+06	2.38E+07	7.7E-08	8.1222E-08	25,295	11.25	1.20	2.03	51,222	103,724	7,368	582	8,745
40	250	7,133	L	1	62.5	4,350	3.05E+07	9.46E+06	3.99E+07	4.6E-08	6.7218E-08	35,409	11.25	4.80	2.03	71,704	145,200	10,314	814	12,241
41	90	0,001	C	1	62.5	1,350	9.11E+05	9.11E+05	1.82E+06	1E-06	2.1659E-07	3,281	11.25	9.63	2.03	6,643	13,452	956	75	1,134
42	90	1,235	C	1	62.5	1,350	9.11E+05	9.11E+05	1.82E+06	1E-06	2.1659E-07	3,281	11.10	9.63	1.88	6,151	11,533	956	70	1,128
43	170	4,749	L	1	62.5	2,550	6.14E+06	3.25E+06	9.39E+06	1.9E-07	1.1467E-07	12,935	11.70	11.85	2.48	32,015	79,236	3,768	364	4,545
44	245	3,153	T	2	166.7	3,675	1.84E+07	6.75E+06	2.51E+07	7.3E-08	7.9564E-08	26,269	13.80	7.15	4.58	120,182	549,831	7,652	1,365	9,918
45	60	0,001	C	1	62.5	900	2.70E+05	4.05E+05	6.75E+05	2.7E-06	3.2489E-07	1,319	13.80	9.48	4.58	6,035	27,610	384	69	498
46	305	5,743	L	1	62.5	4,575	3.55E+07	1.05E+07	4.59E+07	4E-08	6.3912E-08	38,573	14.85	1.53	5.63	216,973	1,220,472	11,236	2,464	15,070
47	200	7,014	C	1	62.5	3,000	1.00E+07	4.50E+06	1.45E+07	1.3E-07	9.7466E-08	17,897	14.85	6.00	5.63	100,671	566,277	5,213	1,143	6,992
48	200	5,714	C	1	62.5	3,000	1.00E+07	4.50E+06	1.45E+07	1.3E-07	9.7466E-08	17,897	14.85	9.85	5.63	100,671	566,277	5,213	1,143	6,992
49	293	5,688	C	1	62.5	4,388	3.13E+07	9.63E+06	4.09E+07	4.5E-08	6.6643E-08	35,933	18.45	7.93	9.23	331,483	3,057,930	10,467	3,764	15,654
50	290	1,950	I	2	166.7	4,350	3.05E+07	9.46E+06	3.99E+07	4.6E-08	6.7218E-08	35,409	9.23	7.70	0.00	0	0	10,314	0	11,346
												528,079								12,774,502

## FUERZA CORTANTE RESISTENTE DE MUROS

La fuerza cortante resistente de diseño se determinará como sigue:

a). Para muros diafragma:

$$VR = FR(0.85v^*A_T)$$

b). Para otros muros:

$$VR = FR(0.5v^*AT + 0.3P) \leq 1.5FRv^*AT$$

en que:

$P$  es la carga vertical que actúa sobre el muro, sin multiplicar por el factor de carga.

$v^*$  es el esfuerzo cortante medio de diseño

$FR$  el factor de resistencia,  $FR$ , se tomará como:  
0.7 para muros diafragma, muros confinados y muros con relleno interior.  
0.4 para muros no confinados ni reforzados.

Las variables que intervienen para el cálculo del momento resistente son:

$$W_m = 430 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{muro}} = 504 \text{ kg/ml}$$

$$F.R. = 0.7$$

$$v^* = 3.5 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Sección 4.3.2.)}$$

$$W_{\text{v sismo}} = 90 \text{ kg/m}^2$$

$$V_r = F.R. (.5 v^*AT + .3P) < 1.5F.R.v^*AT \text{ (Sección 4.3.2.)}$$

$$P = [(W_m + W_{\text{v sismo}})At + \text{Long. muro} \cdot W_{\text{muro}}] \cdot 5$$

**CÁLCULO DEL CORTANTE RESISTENTE**  
DIRECCIÓN X

Muro No.	Longitud Muro	Área Tributaria m <sup>2</sup>	P kg	VR kg	Vu kg	VR>Vu
1	180	2.515	11,075	5,633	3,326	VERDADERO
2	180	2.515	11,075	5,633	3,326	VERDADERO
3	50	0.001	1,263	1,184	127	VERDADERO
4	190	2.494	11,272	5,858	4,707	VERDADERO
5	190	2.494	11,272	5,858	4,707	VERDADERO
6	50	0.001	1,263	1,184	127	VERDADERO
7	248	3.500	15,337	7,769	8,910	FALSO
8	60	0.001	1,515	1,421	231	VERDADERO
9	60	0.001	1,515	1,421	231	VERDADERO
10	360	8.225	30,457	13,011	19,361	FALSO
11	320	6.853	25,882	11,315	15,685	FALSO
12	255	8.853	24,244	9,777	15,685	FALSO
13	360	8.225	30,457	13,011	19,361	FALSO
14	60	0.001	1,515	1,421	247	VERDADERO
15	60	0.001	1,515	1,421	247	VERDADERO
16	270	5.473	21,034	9,378	11,803	FALSO
17	270	5.473	21,034	9,378	11,803	FALSO
18	125	0.625	4,775	3,300	1,978	VERDADERO
19	125	0.625	4,775	3,300	1,978	VERDADERO
20	50	0.001	1,263	1,184	156	VERDADERO
21	190	2.494	11,272	5,858	5,791	VERDADERO
22	190	2.494	11,272	5,858	5,791	VERDADERO
23	50	0.001	1,263	1,184	156	VERDADERO
24	315	2.971	15,663	9,077	17,803	FALSO
25	315	2.971	15,663	9,077	17,803	FALSO

**CÁLCULO DEL CORTANTE RESISTENTE**  
DIRECCIÓN Y

Muro No.	Longitud Muro -	Area Tributaria m <sup>2</sup>	P kg	VR kg	Vu	VR>Vu
26	293	5.688	22,160	10,028	7,747	VERDADERO
27	305	5.743	22,618	10,354	10,215	VERDADERO
28	200	7.014	23,276	8,563	4,213	VERDADERO
29	200	5.714	19,896	7,853	4,213	VERDADERO
30	245	3.153	14,372	7,520	6,935	VERDADERO
31	60	0.001	1,515	1,421	179	VERDADERO
32	240	5.293	19,810	8,570	7,436	VERDADERO
33	290	7.133	25,854	10,758	10,929	FALSO
34	90	1.235	5,479	2,804	619	VERDADERO
35	170	4.749	16,631	6,616	3,313	VERDADERO
36	90	0.001	2,271	2,131	635	VERDADERO
37	255	1.398	10,061	6,798	8,729	FALSO
38	255	1.398	10,061	6,798	9,599	FALSO
39	240	5.293	19,810	8,570	8,703	FALSO
40	290	7.133	25,854	10,758	12,791	FALSO
41	90	0.001	2,271	2,131	739	VERDADERO
42	90	1.235	5,479	2,804	735	VERDADERO
43	170	4.749	16,631	6,616	4,016	VERDADERO
44	245	3.153	14,372	7,520	9,924	FALSO
45	60	0.001	1,515	1,421	256	VERDADERO
46	305	5.743	22,618	10,354	15,912	FALSO
47	200	7.014	23,276	8,563	6,562	VERDADERO
48	200	5.714	19,896	7,853	6,562	VERDADERO
49	293	5.688	22,160	10,028	16,371	FALSO
50	290	1.950	12,378	7,928	11,860	FALSO

### CÁLCULO DE MOMENTO ÚLTIMO DE VOLTEO DE MUROS

Los momentos de volteo en los muros se calcularán suponiendo que cada muro es un voladizo independiente, sujeto a un momento flexionante, igual al producto de la fuerza lateral actuante en cada muro por el brazo de palanca  $h_v$ .

Para cada uno de los entrepisos, actúa una fuerza lateral  $F_i$  a una distancia  $h_i$ , medida a partir del nivel del desplante. El momento de volteo para nuestro edificio con 5 entrepisos será:

$$M = F_1 h_1 + F_2 h_2 + F_3 h_3 + F_4 h_4 + F_5 h_5$$

$$h_v = \frac{M}{F_T}$$

$$F_T = \sum F_i = cW = \text{cortante en la base}$$

$$Mu = 1.1Vh_v$$

$$h_v = \frac{M}{F_T}$$

$$F_T = \sum F_i = cW = \text{cortante en la base}$$

$$Mu = 1.1Vh_v$$

Para nuestro proyecto se tiene:

$$M = 54,369 \times 12.5 + 39,783 \times 10 + 29,837 \times 7.5 + 19,891 \times 5 + 9,946 \times 2.5 = 912,343$$

$$h_v = 1,425,537 / 153,826 = 9.27 \text{ m}$$

Las variables que intervienen para el cálculo del momento último son:

Fx	Fy	h
kg	kg	(m)
54,369	54,369	12.50
39,763	39,763	10.00
29,837	29,837	7.50
19,981	19,981	5.00
9,946	9,946	2.50

Las fuerzas  $F_{xy}$ , se obtuvieron del cálculo del cortante sísmico.

**CÁLCULO DEL MOMENTO ÚLTIMO  
DIRECCIÓN X**

Muro No.	Long. cm	Vu kg	hv m	J =	Mu = Vu*hv*J kg-m
1	180	3,326	9.27	0.8	24,664
2	180	3,326	9.27	0.8	24,664
3	50	127	9.27	0.8	942
4	190	4,707	9.27	0.8	34,908
5	190	4,707	9.27	0.8	34,908
6	50	127	9.27	0.8	942
7	248	8,910	9.27	0.8	66,076
8	60	231	9.27	0.8	1,713
9	60	231	9.27	0.8	1,713
10	360	19,361	9.27	0.8	143,583
11	320	15,685	9.27	0.8	116,318
12	320	15,685	9.27	0.8	116,318
13	360	19,361	9.27	0.8	143,583
14	60	247	9.27	0.8	1,835
15	60	247	9.27	0.8	1,835
16	270	11,803	9.27	0.8	87,528
17	270	11,803	9.27	0.8	87,528
18	125	1,978	9.27	0.8	14,666
19	125	1,978	9.27	0.8	14,666
20	50	156	9.27	0.8	1,159
21	190	5,791	9.27	0.8	42,949
22	190	5,791	9.27	0.8	42,949
23	50	156	9.27	0.8	1,159
24	315	17,803	9.27	0.8	132,024
25	315	17,803	9.27	0.8	132,024

**CÁLCULO DEL MOMENTO ACTUANTE**  
**DIRECCIÓN "Y"**

Muro No.	Long. cm	Vu kg	hv m	J -	Mu = Vu * hv kg-m
26	293	7,747	9.27	0.8	57,453
27	305	10,215	9.27	0.8	75,758
28	200	4,213	9.27	0.8	31,242
29	200	4,213	9.27	0.8	31,242
30	245	6,935	9.27	0.8	51,428
31	60	179	9.27	0.8	1,327
32	240	7,436	9.27	0.8	55,144
33	290	10,929	9.27	0.8	81,053
34	90	619	9.27	0.8	4,594
35	170	3,313	9.27	0.8	24,571
36	90	635	9.27	0.8	4,712
37	255	8,729	9.27	0.8	64,734
38	255	9,599	9.27	0.8	71,188
39	240	8,703	9.27	0.8	64,538
40	290	12,791	9.27	0.8	94,860
41	90	739	9.27	0.8	5,480
42	90	735	9.27	0.8	5,451
43	170	4,016	9.27	0.8	29,786
44	245	9,924	9.27	0.8	73,599
45	60	256	9.27	0.8	1,900
46	305	15,912	9.27	0.8	118,004
47	200	6,562	9.27	0.8	48,664
48	200	6,562	9.27	0.8	48,664
49	293	16,371	9.27	0.8	121,409
50	290	11,860	9.27	0.8	87,957

## CÁLCULO DEL MOMENTO RESISTENTE EN LOS MUROS

La resistencia a flexión en el plano del muro se calculará para muros sin refuerzo, de acuerdo la teoría de resistencia de materiales suponiendo una distribución lineal de esfuerzos en la mampostería. Se considerará que la mampostería no resiste tensiones y que la falla ocurre cuando aparece en la sección crítica un esfuerzo de compresión igual a  $f^*m$ .

Para muros reforzados con barras simétricamente en sus extremos, las fórmulas simplificadas siguientes dan valores aproximados y conservadores del momento resistente de diseño:

Para flexión simple, el momento resistente se calculará como:

$$M_o = F R A_s f_y d'$$

donde:

- $d'$  es la distancia entre los centroides del acero colocado en ambos extremos del muro.  
 $A_s$  es el área de acero colocada en el extremo del muro.

Cuando exista carga axial sobre el muro, el momento de la sección se modificará de acuerdo con la ecuación:

$$M_R = M_o + 0.3 P_u d \quad \text{si } P_u \leq \frac{P_R}{3}$$

$$M_R = (1.5 M_o + 0.15 P_R d) \left(1 - \frac{P_u}{P_R}\right); \quad \text{si } P_u \geq \frac{P_R}{3}$$

donde:

- $P_u$  es la carga axial de diseño total sobre el muro que se considera positiva si es de compresión.  
 $d$  es el peralte efectivo del refuerzo de tensión  
 $P_R$  es la resistencia a compresión axial  
 $F_R$  se tomará igual a 0.8 si  $P_u \leq P_R/3$  e igual a 0.6 en caso contrario

Las variables que se usaron para obtener el momento resistente son:

- $f_y = 420 \text{ kg/cm}^2$   
varilla del No. 3 con Área de acero igual a  $0.71 \text{ cm}^2$   
Carga axial P de diseño multiplicada por 1.1

**CÁLCULO DEL MOMENTO RESISTENTE**  
DIRECCIÓN X

Muro No.	d' cm	d cm	Pu kg	Armado castillos	PR kg	FR2AsFv	PRT	1-Pu/PR	FR	Mc kg-cm	MR kg-m	Mu kg-m	MR > Mu
1	180	187.5	12,183	4*3	14,686	14,314	29,000	0.58	0.8	1,717,632	24,029	24,664	FALSO
2	180	187.5	12,183	4*3	14,686	14,314	29,000	0.58	0.8	1,717,632	24,029	24,664	FALSO
3	50	57.5	1,389	4*3	4,080	14,314	18,393	0.92	0.6	357,840	3,818	942	VERDADERO
4	190	197.5	12,400	4*3	15,502	14,314	29,816	0.58	0.8	1,813,056	25,477	34,908	FALSO
5	190	197.5	12,400	4*3	15,502	14,314	29,816	0.58	0.8	1,813,056	25,477	34,908	FALSO
6	50	57.5	1,389	4*3	4,080	14,314	18,393	0.92	0.6	357,840	3,818	942	VERDADERO
7	248	255	16,871	4*3	20,194	14,314	34,507	0.51	0.8	2,361,744	36,524	66,076	FALSO
8	60	67.5	1,666	4*3	4,895	14,314	19,209	0.91	0.6	429,408	4,631	1,713	VERDADERO
9	60	67.5	1,666	4*3	4,895	14,314	19,209	0.91	0.6	429,408	4,631	1,713	VERDADERO
10	360	367.5	33,503	4*3	29,373	14,314	43,686	0.23	0.8	3,435,264	71,289	143,583	FALSO
11	320	327.5	28,470	4*3	26,109	14,314	40,423	0.30	0.8	3,053,568	58,507	116,318	FALSO
12	320	327.5	26,668	4*3	20,806	14,314	35,119	0.24	0.8	3,053,568	56,737	116,318	FALSO
13	360	367.5	33,503	4*3	29,373	14,314	43,686	0.23	0.8	3,435,264	71,289	143,583	FALSO
14	60	67.5	1,666	4*3	4,895	14,314	19,209	0.91	0.6	429,408	4,631	1,835	VERDADERO
15	60	67.5	1,666	4*3	4,895	14,314	19,209	0.91	0.6	429,408	4,631	1,835	VERDADERO
16	270	277.5	23,137	4*3	22,030	14,314	36,343	0.36	0.8	2,576,448	45,026	87,528	FALSO
17	270	277.5	23,137	4*3	22,030	14,314	36,343	0.36	0.8	2,576,448	45,026	87,528	FALSO
18	125	132.5	5,253	4*3	10,199	14,314	24,512	0.79	0.6	894,600	11,034	14,666	FALSO
19	125	132.5	5,253	4*3	10,199	14,314	24,512	0.79	0.6	894,600	11,034	14,666	FALSO
20	50	57.5	1,389	4*3	4,080	14,314	18,393	0.92	0.6	357,840	3,818	1,159	VERDADERO
21	190	197.5	12,400	4*3	15,502	14,314	29,816	0.58	0.8	1,813,056	25,477	42,949	FALSO
22	190	197.5	12,400	4*3	15,502	14,314	29,816	0.58	0.8	1,813,056	25,477	42,949	FALSO
23	50	57.5	1,389	4*3	4,080	14,314	18,393	0.92	0.6	357,840	3,818	1,159	VERDADERO
24	315	322.5	17,229	4*3	25,701	14,314	40,015	0.57	0.8	3,005,856	46,727	132,024	FALSO
25	315	322.5	17,229	4*3	25,701	14,314	40,015	0.57	0.8	3,005,856	46,727	132,024	FALSO

CÁLCULO DEL MOMENTO RESISTENTE  
DIRECCIÓN Y

Muro No.	d cm	d cm	Pu kg	Armado castillos	PR kg	FR2AsFv	PT	1-Pu/PR	FR	Mo kg-cm	MR kg-m	Mu kg-m	MR > Mu
26	293	300	24,376	4#3	23,865	14,314	38,179	0.36	0.8	2,791,152	49,850	57,453	FALSO
27	305	313	10,354	4#3	24,885	14,314	39,199	0.74	0.6	2,182,824	31,535	75,758	FALSO
28	200	208	8,563	4#3	16,318	14,314	30,632	0.72	0.6	1,431,360	19,644	31,242	FALSO
29	200	208	7,853	4#3	16,318	14,314	30,632	0.74	0.6	1,431,360	19,202	31,242	FALSO
30	245	253	7,520	4#3	19,990	14,314	34,303	0.78	0.6	1,753,416	23,231	51,428	FALSO
31	60	68	1,421	4#3	4,895	14,314	19,209	0.93	0.6	429,408	4,582	1,327	VERDADERO
32	240	248	8,570	4#3	19,582	14,314	33,895	0.75	0.6	1,717,632	23,540	55,144	FALSO
33	290	298	10,758	4#3	23,661	14,314	37,975	0.72	0.6	2,075,472	30,356	81,053	FALSO
34	90	98	2,804	4#3	7,343	14,314	21,657	0.87	0.6	644,112	7,261	4,594	VERDADERO
35	170	178	6,616	4#3	13,870	14,314	28,184	0.77	0.6	1,216,656	15,690	24,571	FALSO
36	90	98	2,131	4#3	7,343	14,314	21,657	0.90	0.6	644,112	7,064	4,712	VERDADERO
37	255	263	6,798	4#3	20,806	14,314	35,119	0.81	0.6	1,824,984	23,604	64,734	FALSO
38	255	263	6,798	4#3	20,806	14,314	35,119	0.81	0.6	1,824,984	23,604	71,188	FALSO
39	240	248	8,570	4#3	19,582	14,314	33,895	0.75	0.6	1,717,632	23,540	64,538	FALSO
40	290	298	10,758	4#3	23,661	14,314	37,975	0.72	0.6	2,075,472	30,356	94,860	FALSO
41	90	98	2,131	4#3	7,343	14,314	21,657	0.90	0.6	644,112	7,064	5,480	VERDADERO
42	90	98	2,804	4#3	7,343	14,314	21,657	0.87	0.6	644,112	7,261	5,451	VERDADERO
43	170	178	6,616	4#3	13,870	14,314	28,184	0.77	0.6	1,216,656	15,690	29,786	FALSO
44	245	253	7,520	4#3	19,990	14,314	34,303	0.78	0.6	1,753,416	23,231	73,599	FALSO
45	60	68	1,421	4#3	4,895	14,314	19,209	0.93	0.6	429,408	4,582	1,900	VERDADERO
46	305	313	10,354	4#3	24,885	14,314	39,199	0.74	0.6	2,182,824	31,535	118,004	FALSO
47	200	208	8,563	4#3	16,318	14,314	30,632	0.72	0.6	1,431,360	19,644	48,664	FALSO
48	200	208	7,853	4#3	16,318	14,314	30,632	0.74	0.6	1,431,360	19,202	48,664	FALSO
49	293	300	10,028	4#3	23,865	14,314	38,179	0.74	0.6	2,093,364	29,959	121,409	FALSO
50	290	298	7,928	4#3	23,661	14,314	37,975	0.79	0.6	2,075,472	27,831	87,957	FALSO

CARGA SOBRE MUROS DE PLANTA BAJA  
 PARA MOMENTO RESISTENTE  
 DIRECCIÓN X

Muro No. -	Longitud Muro cm	AT Tributaria m <sup>2</sup>	P kg	1.1*P kg
1	180	2.515	11,075	12,183
2	180	2.515	11,075	12,183
3	50	0.001	1,263	1,389
4	190	2.494	11,272	12,400
5	190	2.494	11,272	12,400
6	50	0.001	1,263	1,389
7	248	3.500	15,337	16,871
8	60	0.001	1,515	1,666
9	60	0.001	1,515	1,666
10	360	8.225	30,457	33,503
11	320	6.853	25,882	28,470
12	255	6.853	24,244	26,668
13	360	8.225	30,457	33,503
14	60	0.001	1,515	1,666
15	60	0.001	1,515	1,666
16	270	5.473	21,034	23,137
17	270	5.473	21,034	23,137
18	125	0.625	4,775	5,253
19	125	0.625	4,775	5,253
20	50	0.001	1,263	1,389
21	190	2.494	11,272	12,400
22	190	2.494	11,272	12,400
23	50	0.001	1,263	1,389
24	315	2.971	15,663	17,229
25	315	2.971	15,663	17,229

CARGA SOBRE MUROS DE PLANTA BAJA  
 PARA MOMENTO RESISTENTE  
 DIRECCIÓN Y

Muro No.	Longitud Muro cm	Área Tributaria m <sup>2</sup>	P kg	1.1*P kg
26	293	5.688	22,160	24,376
27	305	5.743	22,618	10,354
28	200	7.014	23,276	8,563
29	200	5.714	19,896	7,853
30	245	3.153	14,372	7,520
31	60	0.001	1,515	1,421
32	240	5.293	19,810	8,570
33	290	7.133	25,854	10,758
34	90	1.235	5,479	2,804
35	170	4.749	16,631	6,616
36	90	0.001	2,271	2,131
37	255	1.398	10,061	6,798
38	255	1.398	10,061	6,798
39	240	5.293	19,810	8,570
40	290	7.133	25,854	10,758
41	90	0.001	2,271	2,131
42	90	1.235	5,479	2,804
43	170	4.749	16,631	6,616
44	245	3.153	14,372	7,520
45	60	0.001	1,515	1,421
46	305	5.743	22,618	10,354
47	200	7.014	23,276	8,563
48	200	5.714	19,896	7,853
49	293	5.688	22,160	10,028
50	290	1.950	12,378	7,928

## **5. Diseño con el reglamento de construcción del Distrito Federal de 1976 para muros de mampostería**

Las normas de mampostería de 1976 representaron un cambio radical en la práctica del diseño anterior, ya que están presentadas en un formato basado en las propiedades mecánicas del material y en los resultados experimentales, así como en la evidencia del comportamiento de estructuras reales, siendo éstas un modelo para las recomendaciones y reglamentos en otros países. En la nueva versión, se reorganizaron las disposiciones para hacerlas más claras, la simplificación de algunos métodos de diseño que resultaban de un grado de complejidad, por la incertidumbre de algunos de los parámetros tomados en cuenta para el cálculo de las propiedades de la mampostería y se ajustaron algunos valores de diseño.

VARIABLES:

Edificio para vivienda :	Tipo B
Ubicación de la construcción	Zona III
Número de niveles	5
Altura a entre ejes	250 cm
Altura libre entrepiso	240 cm
Area total de construcción	163.002 m <sup>2</sup>
Espesor de muro	15 cm
Tipo de pieza	Tabique barro recocido
Resistencia a compresión pza.	19 kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia al corte	3 kg/cm <sup>2</sup>
Longitud total de muros	102.3 ml

ANÁLISIS DE CARGA:

CARGAS EN LOSA DE AZOTEA				
Concepto	Análisis Gravitacional		Análisis Sísmico	
	Peso	U.	Peso	U.
Losa de concreto (0.10 m)	240	kg/m <sup>2</sup>	240	kg/m <sup>2</sup>
Relleno de pendientes	90	kg/m <sup>2</sup>	90	kg/m <sup>2</sup>
Enladrillado	50	kg/m <sup>2</sup>	50	kg/m <sup>2</sup>
Plafond yeso	30	kg/m <sup>2</sup>	30	kg/m <sup>2</sup>
Carga adicional por reglamento	20	kg/m <sup>2</sup>	20	kg/m <sup>2</sup>
Carga muerta	430	kg/m <sup>2</sup>	430	kg/m <sup>2</sup>
Carga viva	100	kg/m <sup>2</sup>	70	kg/m <sup>2</sup>
Carga total	530	kg/m <sup>2</sup>	500	kg/m <sup>2</sup>

CARGAS EN LOSA DE ENTREPISO				
Concepto	Análisis Gravitacional		Análisis Sísmico	
	Peso	U.	Peso	U.
Losa de concreto (0.10 m)	240	kg/m <sup>2</sup>	240	kg/m <sup>2</sup>
Piso de cerámica	50	kg/m <sup>2</sup>	50	kg/m <sup>2</sup>
Plafond yeso	30	kg/m <sup>2</sup>	30	kg/m <sup>2</sup>
Carga adicional por reglamento	20	kg/m <sup>2</sup>	20	kg/m <sup>2</sup>
carga muerta	<b>340</b>	kg/m <sup>2</sup>	<b>340</b>	kg/m <sup>2</sup>
Carga viva	170	kg/m <sup>2</sup>	90	kg/m <sup>2</sup>
Carga total	<b>510</b>	kg/m <sup>2</sup>	<b>430</b>	kg/m <sup>2</sup>

PESO DE MUROS		
Concepto	Peso	U.
Peso de muros (0.12 m)	180	kg/m <sup>2</sup>
Aplanado yeso (0.03 m)	30	kg/m <sup>2</sup>
	210	kg/m <sup>2</sup>
Peso por m/l	504	kg/ml

PESO DE LA ESTRUCTURA POR ANÁLISIS GRAVITACIONAL							
Nivel No.	Área Entrepiso m <sup>2</sup>	Peso Entrepiso kg/m <sup>2</sup>	Peso de muros por M.L.	Longitud de muros m	Peso por losa kg	Peso Muros kg	Peso Total kg
5	161.04	530	504	102.3	85,351.2	51,559.2	136,910.4
4	161.04	510	504	102.3	82,130.4	51,559.2	133,689.6
3	161.04	510	504	102.3	82,130.4	51,559.2	133,689.6
2	161.04	510	504	102.3	82,130.4	51,559.2	133,689.6
1	161.04	510	504	102.3	82,130.4	51,559.2	133,689.6
Peso total de la estructura							671,668.8

PESO DE LA ESTRUCTURA POR ANÁLISIS SÍSMICO							
Nivel No.	Área Entrepiso m <sup>2</sup>	Peso Entrepiso kg/m <sup>2</sup>	Peso de muros por M.L.	Longitud de muros m	Peso por losa kg	Peso Muros kg	Peso Total kg
5	161.04	500	504	102.3	80,520.0	51,559.2	132,079.2
4	161.04	430	504	102.3	69,247.2	51,559.2	120,806.4
3	161.04	430	504	102.3	69,247.2	51,559.2	120,806.4
2	161.04	430	504	102.3	69,247.2	51,559.2	120,806.4
1	161.04	430	504	102.3	69,247.2	51,559.2	120,806.4
Peso total de la estructura							615,304.8

## CÁLCULO DE LA CARGA ACTUANTE

La expresión para el cálculo de las carga actuante está dada por:

$$P_u = F.C \left[ (W_m + W_{mv}) A_{trib} + W_{muros} * Long. \right] * 5niveles$$

donde:

$$F.C = 1.4$$

$$W_{muro} = 504 \text{ kg/m}$$

$$W_m = 430 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{mv} = 120 + \frac{420}{\sqrt{5 * A_{trib}}}$$

**CÁLCULO DE LA CARGA ACTUANTE  
DIRECCION "X"**

<b>Muro No.</b>	<b>Long. cm</b>	<b>Area Trib. m<sup>2</sup></b>	<b>Wmv Kg/m<sup>2</sup></b>	<b>PU kg</b>
1	180	2.515	238.44	18,118
2	180	2.515	238.44	18,118
3	50	0.001	0.00	1,767
4	190	2.494	238.94	18,381
5	190	2.494	238.94	18,381
6	50	0.001	0.00	1,767
7	248	3.500	220.40	24,667
8	60	0.001	0.00	2,120
9	60	0.001	0.00	2,120
10	360	8.225	185.49	48,138
11	320	6.853	191.75	41,116
12	255	6.853	191.75	38,822
13	360	8.225	185.49	48,138
14	60	0.001	0.00	2,120
15	60	0.001	0.00	2,120
16	270	5.473	200.29	33,673
17	270	5.473	200.29	33,673
18	125	0.625	357.59	7,856
19	125	0.625	357.59	7,856
20	50	0.001	0.00	1,767
21	190	2.494	238.94	18,381
22	190	2.494	238.94	18,381
23	50	0.001	0.00	1,767
24	315	2.971	228.97	24,818
25	315	2.971	228.97	24,818

**CÁLCULO DE LA CARGA ACTUANTE  
DIRECCION "Y"**

<b>Muro No.</b>	<b>Long. cm</b>	<b>Area Trib. m<sup>2</sup></b>	<b>Wmv kg/m<sup>2</sup></b>	<b>PU kg</b>
26	293	2.048	251.27	20,084
27	305	2.048	251.27	20,525
28	200	2.048	251.27	16,820
29	200	2.048	251.27	16,820
30	245	4.577	207.79	29,079
31	60	4.577	207.79	22,552
32	240	5.131	202.92	31,198
33	290	5.131	202.92	32,962
34	90	6.709	192.51	32,412
35	170	6.709	192.51	35,234
36	90	1.194	291.87	9,210
37	255	1.194	291.87	15,032
38	255	2.959	229.19	22,651
39	240	2.959	229.19	22,122
40	290	8.062	186.15	45,005
41	90	8.062	186.15	37,949
42	90	4.172	211.95	21,925
43	170	4.172	211.95	24,747
44	245	3.160	225.66	23,148
45	60	3.160	225.66	16,622
46	305	1.049	303.35	16,148
47	200	1.049	303.35	12,444
48	200	1.290	285.36	13,517
49	293	1.290	285.36	16,780
50	290	2.000	252.82	19,791

## CÁLCULO DE LA CARGA RESISTENTE

La carga vertical resistente se calculará como:

$$PR = F_R F_E f_m^* A_T$$

$PR$  es la carga vertical total resistente de diseño

$F_R$  se tomará como 0.6 para muros confinados o reforzados interiormente y 0.3 para muros no reforzados

$f_m^*$  las resistencias de diseño en compresión de la mampostería

$F_E$  es un factor de reducción por excentricidad y esbeltez que podrá tomarse como 0.7 para muros interiores y como 0.6 para muros externos, siempre y cuando se cumplan las condiciones de regularidad mencionadas en el capítulo II. Cuando estas condiciones no se cumplan, el factor de excentricidad se tomará como el menor del que se especifica en este párrafo y el que se obtiene con la ecuación siguiente

$$F_E = (1 - 2e'/l)(1 - (H'/30t)^2)$$

$A_T$  es el área de la sección transversal del muro

De acuerdo a las condiciones de regularidad, el edificio en no estudio cumple con todas las condiciones que el reglamento para diseño por sismo establece es por eso que para el cálculo de la resistencia de los muros para carga vertical, el factor de excentricidad que afecta a la fórmula, toma directamente los valores de 0.7 y 0.6 para los muros interiores y exteriores respectivamente. Para el desarrollo del cálculo de la carga resistente de los muros del edificio que se presenta en este proyecto el factor de excentricidad se calculó con la fórmula :

$$F_E = (1 - 2e'/l)(1 - (H'/30t)^2)$$

tomandolo como ejemplo ilustrativo, y suponiendo que no se cumplen las condiciones de regularidad.

Las fórmulas usadas para el cálculo por excentricidad son:

Para muros exteriores:

$W_{mv}$  = carga viva

$P_u$  = Carga última

Atrib = Área tributaria del muro

$e' = Fa(ec + ea)$

$ea = \frac{t}{24}$  excentricidad accidental

$ec = ec_1 \frac{P_1}{P_u}$  excentricidad calculada

$ec_1 = t/6$

$P_1 = 1.4(W_m + W_{mv}) A_{trib}$  Peso que soporta el muro

$Fa = \frac{Cm}{1 - \frac{P_u}{P_c}}$  (factor de amplificación)

$Cm = 0.6 + 0.4 \frac{ea}{ea + ec}$

$EI = EI(.25 + \frac{P_u}{P_{R0}})$

$E = 350 f'_m$  Módulo de elasticidad

$I = \frac{H^3}{12}$  Momento de inercia del muro

$P_{R0} = f'_m I$  Carga resistente a compresión

$P_c = \pi^2 \frac{EI}{(H')^2}$  Carga crítica

$H' = 0.8H$  Longitud de pandeo

$F_k = (1 - \frac{2e'}{t})(1 - (\frac{H'}{30t})^2)$

Para el cálculo del factor de excentricidad para muros interiores, las fórmulas no cambian, excepto para el valor de  $Cm=1$ .

Las variables que intervienen para el cálculo de la Carga Resistente son:

$$\text{Hejes} = 250 \text{ cm}$$

$$\text{Hs} = 1000 \text{ cm}$$

$$\text{H} = 240 \text{ cm}$$

$$\text{H}' = 192 \text{ cm}$$

$$\text{b} = 15 \text{ cm}$$

$$\text{t} = 15 \text{ cm}$$

$$f^*m = 15 + 4 = 19 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Sección 2.4.1.d)}$$

$$\text{Wm} = 430 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{FR} = 0.6$$

$$\text{F.C.} = 1.4$$

$$\text{Wmuros} = 504 \text{ kg/ml}$$

$$\text{Cte. gravitaconal } E = 250 \times f^*m \text{ (Sección 2.4.4.)}$$

$$\text{Cte. sísmica } E = 400 \times f^*m \text{ (Sección 2.4.4.)}$$

CALCULO DE LA CARGA RESISTENTE  
DIRECCION X

No. Muro	Long. m.	A. Trib. m <sup>2</sup>	Pu Kg.	Carga viva kg/m <sup>2</sup>	Long. cm.	Tipo muro Ext=1 Int=2	E Kg/cm <sup>2</sup>	I cm <sup>4</sup>	EI	PRo Kg.	Pc Kg.	P1 Kg.	ec1 cm.	ec cm.	ea cm.	Cm	Fa	e cm.	FE	PR	PR>Pu?
1	180	2.515	18,118	238.44	180	1	4,750	50.625	145,046,584	51,300	44,184	2,354	2.5	0.3	0.8	0.88	1.50	1.65	0.78	23,998	VERDADERO
2	180	2.515	18,118	238.44	180	1	4,750	50.625	145,046,584	51,300	44,184	2,354	2.5	0.3	0.8	0.88	1.50	1.65	0.78	23,998	VERDADERO
3	50	.001	1,767	0.00	50	1	4,750	14.063	24,982,078	14,250	7,610	1	2.5	0	0.8	1.00	1.30	1.02	0.86	7,391	VERDADERO
4	190	2.494	18,381	238.94	190	1	4,750	53.438	149,620,302	54,150	45,577	2,336	2.5	0.3	0.8	0.88	1.48	1.63	0.78	25,443	VERDADERO
5	190	2.494	18,381	238.94	190	1	4,750	53.438	149,620,302	54,150	45,577	2,336	2.5	0.3	0.8	0.88	1.48	1.63	0.78	25,443	VERDADERO
6	50	.001	1,767	0.00	50	1	4,750	14.063	24,982,078	14,250	7,610	1	2.5	0	0.8	1.00	1.30	1.02	0.86	7,391	VERDADERO
7	248	3.500	24,667	220.40	248	1	4,750	69.609	198,285,729	70,538	60,401	3,187	2.5	0.3	0.8	0.88	1.49	1.65	0.78	33,034	VERDADERO
8	60	.001	2,120	0.00	60	1	4,750	16.875	29,975,672	17,100	9,131	1	2.5	0	0.8	1.00	1.30	1.02	0.86	8,870	VERDADERO
9	60	.001	2,120	0.00	60	2	4,750	16.875	29,975,672	17,100	9,131	1	0	0	0.8	1.00	1.30	1.02	0.86	8,870	VERDADERO
10	360	8.225	48,138	185.49	360	2	4,750	###	345,880,416	102,600	105,361	7,087	0	0	0.8	1.00	1.84	1.44	0.81	49,772	VERDADERO
11	320	6.853	41,116	191.75	320	2	4,750	90.000	299,604,306	91,200	91,265	5,965	0	0	0.8	1.00	1.82	1.42	0.81	44,363	VERDADERO
12	255	6.853	38,822	191.75	255	2	4,750	71.719	267,145,946	72,675	81,377	5,965	0	0	0.8	1.00	1.91	1.49	0.80	34,933	FALSO
13	360	8.225	48,138	185.49	360	2	4,750	###	345,880,416	102,600	105,361	7,087	0	0	0.8	1.00	1.84	1.44	0.81	49,772	VERDADERO
14	60	.001	2,120	0.00	60	2	4,750	16.875	29,975,672	17,100	9,131	1	0	0	0.8	1.00	1.30	1.02	0.86	8,870	VERDADERO
15	60	.001	2,120	0.00	60	2	4,750	16.875	29,975,672	17,100	9,131	1	0	0	0.8	1.00	1.30	1.02	0.86	8,870	VERDADERO
16	270	5.473	33,673	200.29	270	2	4,750	75.938	248,015,954	76,950	75,550	4,829	0	0	0.8	1.00	1.80	1.41	0.81	37,507	VERDADERO
17	270	5.473	33,673	200.29	270	2	4,750	75.938	248,015,954	76,950	75,550	4,829	0	0	0.8	1.00	1.80	1.41	0.81	37,507	VERDADERO
18	125	.625	7,856	357.59	125	2	4,750	35.156	78,571,626	35,625	23,934	689	0	0	0.8	1.00	1.49	1.16	0.85	18,066	VERDADERO
19	125	.625	7,856	357.59	125	1	4,750	35.156	78,571,626	35,625	23,934	689	2.5	0.2	0.8	0.91	1.36	1.36	0.82	17,508	VERDADERO
20	50	.001	1,767	0.00	50	1	4,750	14.063	24,982,078	14,250	7,610	1	2.5	0	0.8	1.00	1.30	1.02	0.86	7,391	VERDADERO
21	190	2.494	18,381	238.94	190	1	4,750	53.438	149,620,302	54,150	45,577	2,336	2.5	0.3	0.8	0.88	1.48	1.63	0.78	25,443	VERDADERO
22	190	2.494	18,381	238.94	190	1	4,750	53.438	149,620,302	54,150	45,577	2,336	2.5	0.3	0.8	0.88	1.48	1.63	0.78	25,443	VERDADERO
23	50	.001	1,767	0.00	50	1	4,750	14.063	24,982,078	14,250	7,610	1	2.5	0	0.8	1.00	1.30	1.02	0.86	7,391	VERDADERO
24	315	2.971	24,818	228.97	315	1	4,750	88.594	221,538,658	89,775	67,485	2,741	2.5	0.3	0.8	0.90	1.42	1.50	0.80	43,123	VERDADERO
25	315	2.971	24,818	228.97	315	1	4,750	88.594	221,538,658	89,775	67,485	2,741	2.5	0.3	0.8	0.90	1.42	1.50	0.80	43,123	VERDADERO

CALCULO DE LA CARGA RESISTENTE  
DIRECCION Y

No. muro	Long. Muro m.	Area Muro m <sup>2</sup>	Pu Kg.	Carga viva kg/m <sup>2</sup>	Long. Muro cm.	Tipo muro Ext = 1 Int = 2	E Kg/cm <sup>2</sup>	I cm <sup>4</sup>	EI	PRo Kg.	Pc Kg.	P1 Kg.	ec1 cm.	ec cm.	ea cm.	Cm	Fa	e' cm.	FE	PR kg	PR > Pu?
26	293	5.688	20,084	251.27	293	1	4,750	82,266	191,832,517	83,363	58,436	5,425	2.5	0.7	0.8	0.81	1.24	1.81	0.76	37,974	VERDADERO
27	305	5.743	20,525	251.27	305	1	4,750	85,781	188,074,509	86,925	60,337	5,478	2.5	0.7	0.8	0.82	1.24	1.79	0.76	39,716	VERDADERO
28	200	7.014	16,820	251.27	200	1	4,750	56,250	145,641,775	57,000	44,365	6,690	2.5	1	0.8	0.78	1.25	2.22	0.70	24,090	VERDADERO
29	200	5.714	16,820	251.27	200	1	4,750	56,250	145,641,775	57,000	44,365	5,450	2.5	0.8	0.8	0.80	1.28	2.04	0.73	24,902	VERDADERO
30	245	3.153	29,079	207.79	245	2	4,750	68,906	218,132,096	69,825	66,447	2,815	0	0	0.8	1.00	1.78	1.39	0.82	34,147	VERDADERO
31	60	.001	22,552	207.79	60	2	4,750	16,875	125,750,612	17,100	38,306	1	0	0	0.8	1.00	2.43	1.90	0.75	7,665	FALSO
32	240	5.293	31,198	202.92	240	2	4,750	67,500	226,398,468	68,400	68,965	4,690	0	0	0.8	1.00	1.83	1.42	0.81	33,246	VERDADERO
33	290	7.133	32,962	202.92	290	2	4,750	81,563	251,366,437	82,650	76,571	6,321	0	0	0.8	1.00	1.76	1.37	0.82	40,534	VERDADERO
34	90	1.235	32,412	192.51	90	1	4,750	25,313	181,988,359	25,650	55,437	1,076	2.5	0.1	0.8	0.96	2.32	2.00	0.73	11,290	FALSO
35	170	4.749	35,234	192.51	170	1	4,750	47,813	221,937,109	48,450	67,606	4,139	2.5	0.3	0.8	0.89	1.86	2.00	0.73	21,330	FALSO
36	90	.001	9,210	291.87	90	2	4,750	25,313	73,232,644	25,650	22,308	1	0	0	0.8	1.00	1.70	1.33	0.82	12,664	VERDADERO
37	255	1.398	15,032	291.87	255	2	4,750	71,719	155,626,941	72,675	47,407	1,413	0	0	0.8	1.00	1.46	1.14	0.85	36,965	VERDADERO
38	255	1.398	22,651	229.19	255	2	4,750	71,719	191,343,369	72,675	58,287	1,290	0	0	0.8	1.00	1.64	1.28	0.83	36,188	VERDADERO
39	240	5.293	22,122	229.19	240	2	4,750	67,500	183,852,978	68,400	56,005	4,885	0	0	0.8	1.00	1.65	1.29	0.83	33,985	VERDADERO
40	290	7.133	45,005	186.15	290	1	4,750	81,563	307,815,058	82,650	93,766	6,153	2.5	0.3	0.8	0.88	1.69	1.89	0.75	37,065	FALSO
41	90	.001	37,949	186.15	90	1	4,750	25,313	207,943,183	25,650	63,343	1	2.5	0	0.8	1.00	2.49	1.95	0.74	11,397	FALSO
42	90	1.235	21,925	211.95	90	1	4,750	25,313	132,831,787	25,650	40,463	1,110	2.5	0.1	0.8	0.94	2.06	1.87	0.75	11,556	FALSO
43	170	4.749	24,747	211.95	170	1	4,750	47,813	172,780,537	48,450	52,632	4,268	2.5	0.4	0.8	0.86	1.62	1.96	0.74	21,471	FALSO
44	245	3.153	23,148	225.66	245	2	4,750	68,906	190,334,347	69,825	57,979	2,894	0	0	0.8	1.00	1.66	1.30	0.83	34,642	VERDADERO
45	60	.001	16,622	225.66	60	2	4,750	16,875	97,952,862	17,100	29,838	1	0	0	0.8	1.00	2.26	1.76	0.77	7,851	FALSO
46	305	5.743	16,148	303.35	305	2	4,750	85,781	177,558,562	86,925	54,087	5,896	0	0	0.8	1.00	1.43	1.11	0.85	44,422	VERDADERO
47	200	7.014	12,444	303.35	200	2	4,750	56,250	125,125,827	57,000	38,116	7,201	0	0	0.8	1.00	1.48	1.16	0.85	28,919	VERDADERO
48	200	5.714	13,517	285.36	200	1	4,750	56,250	130,156,058	57,000	39,648	5,723	2.5	1.1	0.8	0.77	1.17	2.15	0.71	24,410	VERDADERO
49	293	5.688	16,780	285.36	293	1	4,750	82,266	176,346,800	83,363	53,718	5,697	2.5	0.8	0.8	0.79	1.15	1.87	0.75	37,514	VERDADERO
50	290	1.950	19,791	252.82	290	1	4,750	81,563	189,623,997	82,650	57,763	1,864	2.5	0.2	0.8	0.91	1.38	1.40	0.81	40,324	VERDADERO

## OBTENCIÓN DE LAS FUERZAS SÍSMICAS

Para calcular las fuerzas cortantes a diferentes niveles de una estructura, se supondrá un conjunto de fuerzas horizontales actuando sobre cada uno de los puntos donde se concentran las masas. Cada una de estas fuerzas se tomará igual al peso de la masa que corresponda, multiplicando por un coeficiente proporcional a la altura, siendo esta última, la altura de la masa en cuestión sobre el desplante (o nivel a partir del cual las deformaciones pueden ser apreciables). El coeficiente se tomará de tal manera que la relación  $V_0/W_0 = c/Q$ , siendo  $V_0$  la fuerza cortante basal,  $W_0$  el peso de la construcción, incluyendo las cargas muertas y vivas que fija el RCDF, y  $Q$  el factor de comportamiento sísmico que fijan las normas técnicas para sismo.

Cálculo de las fuerzas sísmicas:

$$F_i = c_i W \frac{W_i h_i}{\sum W_i h_i}$$

donde:

$F_i$  = fuerza sísmica en el piso  $i$ .

$W_i$  = peso del piso  $i$ .

$W$  = peso total de la construcción a nivel de desplante sobre la cimentación.

$h_i$  = altura del nivel  $i$ , a partir del desplante sobre la cimentación.

$c_i$  = coeficiente sísmico, especificado en el reglamento, reducido por ductilidad  $Q$ .

Para el proyecto que se estudia en este informe, los datos son:

Coeficiente sísmico  $c = 0.4$

Por no cumplir las condiciones de regularidad, establecidas por las normas de diseño para sismo (ver capítulo 2), el coeficiente de comportamiento sísmico, deberá reducirse por 0.8.

Coeficiente sísmico  $c=0.24$

Factor de comportamiento  $Q=2$

Coeficiente reducido  $c' = \frac{c}{Q} = \frac{0.24}{2} = 0.12$

La fuerza máxima cortante horizontal máxima,  $V_{xy}$ , en la base de la construcción será:

$$V = \frac{c}{Q} W_s = (0.12)(615,304) = 73,837 \text{ kg}$$

donde  $W_s$  es el peso total de la estructura.

por lo que se tiene  $V_x = V_y = 73,837 \text{ kg}$



## CÁLCULO DE LAS EXCENTRICIDADES

$$ey = X_R - X_C$$

$$ex = Y_R - Y_C$$

donde:

$X_R$  y  $Y_R$  son el centro de rigideces

$X_C$  y  $Y_C$  son el centro de cortantes

De acuerdo a las normas técnicas para sismo, la excentricidad calculada  $ex$  o  $ey$  debe sustituirse por la que resulte, para cada muro más desfavorable con las siguientes expresiones:

$$es_1 = 1.5ei + 0.1b$$

$$es_2 = ei - 0.1b$$

donde:

$i = x$  ó  $y$

$ei =$  excentricidad calculada

$b =$  es la mayor dimensión de la planta, perpendicular a la dirección del movimiento.

El momento torsionante será igual a:

$$Mtx = V_x \cdot ex$$

$$Mty = V_y \cdot ey$$

$$V_R = FR (0.5 v \cdot A_T + 0.3P) \leq 1.5FR v \cdot A_T$$

**CÁLCULO DE LAS EXCENTRICIDADES**

	X	Y
	cm	cm
Coordendas Centro Torsión	922.50	812.00
Coordendas Centro Cortante	922.50	686.00

$$e1 = 1.5es + 0.1b$$

$$e2 = es - 0.1b$$

sentido	es cm	by cm	e1 cm	e2 cm	V kg	Mt1 ton-m	Mt2 ton-m
x	0.00	1270.00	127.00	-127.00	73,837	93.77	-93.77
y	-126.00	1845.00	4.50	58.50	73,837	3.32	43.19

### CÁLCULO DEL CORTANTE ÚLTIMO

La fuerza cortante que debe ser resistida por un elemento resistente es igual a la suma de dos efectos.

a) A la fuerza cortante del piso supuesta actuando en el centro de torsión.

$$V_D = V_x \frac{R_x}{\sum R_x} \text{ ó}$$

$$V_D = V_y \frac{R_y}{\sum R_y}$$

b) Al debido al momento torsionante del piso.

$$V_{tx} = \frac{R_x y_i}{(\sum R_x y_i^2 + \sum R_y x_i^2)} M_{tx}$$

$$V_{ty} = \frac{R_y x_i}{(\sum R_x y_i^2 + \sum R_y x_i^2)} M_{ty}$$

donde:

$R_y, R_x$  = rigidez del muro dirección  $x$  y  $y$

$V_{tx}, V_{ty}$  = Fuerza sísmica por torsión

$x_i, y_i$  = distancias de los muros con respecto al centro de torsión del entrepiso en cuestión.

$M_t$  = Momento torsionante en el entrepiso considerando que es igual al producto de la fuerza cortante en el entrepiso por la más desfavorable de los siguientes excentricidades:

$$e_1 = 1.5es + 0.1b$$

$$e = es - 0.1b$$

$$es_x = Y_C - Y_R$$

$$es_y = X_C - X_R$$

donde:

es=excentricidad calculada como la distancia entre la línea de acción del cortante y el centro de torsión.

b=La mayor dimensión en planta del entrepiso medida perpendicularmente a la dirección del mismo.

### CÁLCULO DE LAS RIGIDECES DE LOS MUROS

Para calcular las rigideces de los muros además de tomar en cuenta el área transversal de la sección de los muros AT se deberá considerar la rigidez que proporcionan los patines de los muros. El ancho  $b$  de los patines se considera:

$$b = [6t \text{ ó } \frac{Hs}{16}] \Rightarrow \text{Para muros de que forman secciones T ó I.}$$

$$b = \left[ \frac{1}{16} Hs \text{ ó } 6t \right] \Rightarrow \text{Para muros que forman secciones L ó C.}$$

La rigidez por muro es igual a:

$$R_{xy} = \frac{1}{H \left( \frac{H^2}{3EI_t} + \frac{1}{AG} \right)}$$

donde:

$$E = 350 \text{ f}^*m \text{ (Sección 2.4.4.)}$$

$$G = 0.3E \text{ (Sección 2.4.4.)}$$

$$A = tL$$

$$I_s = \frac{tL^3}{12}$$

$$I_p = \frac{tbL^2}{2}$$

$$I_t = \frac{tL^3}{12} + \frac{tbL^2}{2}$$



**CÁLCULO DEL CORTANTE ÚLTIMO**  
**DIRECCION X**

Muro No.	Long cm	Lo C=1 To I=2	A Trib m <sup>2</sup>	b (patin) cm	AT cm <sup>2</sup>	E Kg/cm <sup>2</sup>	G Kg/cm <sup>2</sup>	lb cm <sup>4</sup>	ls cm <sup>4</sup>	H cm <sup>4</sup>	H=23EI	I/AG	Rx Kg/cm	Vdx Kg	Coordenadas		Rx * y	Rx * y <sup>2</sup>	Vtx Kg	Vu kg												
															x	y																
1	180	1.000	2.515	62.50	2.700	11400.00	3420	3.65E+06	7.29E+06	1.09E+07	1.6712E-07	1.08295E-07	14.523	2.275	4.43	-825.46	-11988426	9.9E+09	-585	1.860												
2	180	1.000	2.515	62.50	2.700	11400.00	3420	3.65E+06	7.29E+06	1.09E+07	1.6712E-07	1.08295E-07	14.523	2.275	14.03	-825.46	-11988426	9.9E+09	-585	1.860												
3	50	1.000	.001	62.50	750	11400.00	3420	2.81E+05	1.56E+05	4.38E+05	4.1771E-06	3.89864E-07	876	137	0.25	-325.46	-285053	92772469	-14	136												
4	190	1.000	2.494	62.50	2.850	11400.00	3420	4.06E+06	8.57E+06	1.26E+07	1.4464E-07	1.02596E-07	16.179	2.534	18.20	-325.46	-5265606	1.71E+09	-257	2.505												
5	190	1.000	2.494	62.50	2.850	11400.00	3420	4.06E+06	8.57E+06	1.26E+07	1.4464E-07	1.02596E-07	16.179	2.534	2.65	-325.46	-5265606	1.71E+09	-257	2.505												
6	50	1.000	.001	62.50	750	11400.00	3420	2.81E+05	1.56E+05	4.38E+05	4.1771E-06	3.89864E-07	876	137	15.80	-325.46	-285053	92772469	-14	136												
7	248	2.000	3.500	166.67	3.713	11400.00	3420	6.99E+06	1.90E+07	2.58E+07	7.0718E-08	7.87603E-08	26.760	4.192	8.21	-200.46	-5364239	1.08E+09	-262	4.323												
8	60	2.000	.001	166.67	900	11400.00	3420	4.05E+05	2.70E+05	6.75E+05	2.7074E-06	3.24886E-07	1.319	207	10.24	-200.46	-264432	53007195	-13	213												
9	60	1.000	.001	62.50	900	11400.00	3420	4.05E+05	2.70E+05	6.75E+05	2.7074E-06	3.24886E-07	1.319	207	3.28	-125.46	-165496	20762636	-8	218												
10	360	1.000	8.225	62.50	5.400	11400.00	3420	1.46E+07	5.89E+07	7.29E+07	2.5068E-08	5.41477E-08	50.495	7.910	15.18	-125.46	-6334930	7.95E+08	-309	8.361												
11	320	2.000	6.853	166.67	4.800	11400.00	3420	1.15E+07	4.10E+07	5.25E+07	3.4823E-08	6.09162E-08	41.780	6.545	1.80	-32.96	-1376962	45380693	-67	7.126												
12	320	2.000	6.853	166.67	4.800	11400.00	3420	1.15E+07	4.10E+07	5.25E+07	3.4823E-08	6.09162E-08	41.780	6.545	16.65	-32.96	-1376962	45380693	-67	7.126												
13	360	2.000	8.225	166.67	5.400	11400.00	3420	1.46E+07	5.89E+07	7.29E+07	2.5068E-08	5.41477E-08	50.495	7.910	5.93	-32.96	-1664163	54846023	-81	8.612												
14	60	2.000	.001	166.67	900	11400.00	3420	4.05E+05	2.70E+05	6.75E+05	2.7074E-06	3.24886E-07	1.319	207	12.53	-32.96	-43475	1432816	-2	225												
15	60	1.000	.001	62.50	900	11400.00	3420	4.05E+05	2.70E+05	6.75E+05	2.7074E-06	3.24886E-07	1.319	207	3.28	8.88	78546	4676828	4	232												
16	270	1.000	5.473	62.50	4.050	11400.00	3420	8.20E+06	2.46E+07	3.28E+07	5.5708E-08	7.2197E-08	31.273	4.899	15.18	8.85	1862104	1.11E+08	91	5.489												
17	270	1.000	5.473	62.50	4.050	11400.00	3420	8.20E+06	2.46E+07	3.28E+07	5.5708E-08	7.2197E-08	31.273	4.899	5.93	92.04	2878488	2.65E+08	140	5.543												
18	125	1.000	.625	62.50	1.875	11400.00	3420	1.76E+06	2.44E+06	4.20E+06	4.352E-07	1.55945E-07	6.767	1.060	12.53	92.04	622814	57325590	30	1.199												
19	125	1.000	.625	62.50	1.875	11400.00	3420	1.76E+06	2.44E+06	4.20E+06	4.352E-07	1.55945E-07	6.767	1.060	18.20	259.54	1756214	4.56E+08	86	1.260												
20	50	1.000	.001	62.50	750	11400.00	3420	2.81E+05	1.56E+05	4.38E+05	4.1771E-06	3.89864E-07	876	137	10.85	259.54	227322	58999696	11	163												
21	190	1.000	2.494	62.50	2.850	11400.00	3420	4.06E+06	8.57E+06	1.26E+07	1.4464E-07	1.02596E-07	16.179	2.534	2.65	10.85	4199172	1.09E+09	205	3.013												
22	190	1.000	2.494	62.50	2.850	11400.00	3420	4.06E+06	8.57E+06	1.26E+07	1.4464E-07	1.02596E-07	16.179	2.534	15.80	10.85	4199172	1.09E+09	205	3.013												
23	50	1.000	.001	62.50	750	11400.00	3420	2.81E+05	1.56E+05	4.38E+05	4.1771E-06	3.89864E-07	876	137	7.38	189.54	166012	31466358	8	160												
24	315	1.000	2.971	62.50	4.725	11400.00	3420	1.12E+07	3.91E+07	5.02E+07	3.639E-08	6.18631E-08	40.707	6.377	11.08	189.54	7715696	1.46E+09	376	7.428												
25	315	1.000	2.971	62.50	4.725	11400.00	3420	1.12E+07	3.91E+07	5.02E+07	3.639E-08	6.18631E-08	40.707	6.377	5.18	444.54	18095946	8.04E+09	882	7.985												
													Suma=	471,347	5.18	12.70	-9867343.2	3.82E+10														

## CÁLCULO DE MOMENTO ÚLTIMO DE VOLTEO DE MUROS

Los momentos de volteo en los muros se calcularán suponiendo que cada muro es un voladizo independiente, sujeto a un momento flexionante, igual al producto de la fuerza lateral actuante en cada muro por el brazo de palanca  $h_v$ .

Para cada uno de los entrepisos, actúa una fuerza lateral  $F_i$  a una distancia  $h_i$ , medida a partir del nivel del desplante. El momento de volteo para nuestro edificio con 5 entrepisos será:

$$M = F_1 h_1 + F_2 h_2 + F_3 h_3 + F_4 h_4 + F_5 h_5$$

$$h_v = \frac{M}{F_T}$$

$$F_T = \sum F_i = cW = \text{cortante en la base}$$

$$M_u = 1.1 V h_v$$

$$h_v = \frac{M}{F_T}$$

$$F_T = \sum F_i = cW = \text{cortante en la base}$$

$$M_u = 1.1 V h_v$$

Para nuestro proyecto se tiene:

$$M = 54,369 \times 12.5 + 39,783 \times 10 + 29,837 \times 7.5 + 19,891 \times 5 + 9,946 \times 2.5 = 912,343$$

$$h_v = 1,425,537 / 153,826 = 9.27 \text{ m}$$

Las variables que intervienen para el cálculo del momento último son:

Fx	Fy	h
kg	kg	(m)
54,369	54,369	12.50
39,763	39,763	10.00
29,837	29,837	7.50
19,981	19,981	5.00
9,946	9,946	2.50

Las fuerzas Fxy, se obtuvieron del cálculo del cortante sísmico.

**CÁLCULO DEL MOMENTO ÚLTIMO**  
DIRECCIÓN X

Muro No.	Long m	Vu kg	hv m	J	Mu kg-m
1	293	1,860	9.27	0.80	13,791
2	305	1,860	9.27	0.80	13,791
3	200	136	9.27	0.80	1,006
4	200	2,505	9.27	0.80	18,581
5	245	2,505	9.27	0.80	18,581
6	60	136	9.27	0.80	1,006
7	240	4,323	9.27	0.80	32,063
8	290	213	9.27	0.80	1,581
9	90	218	9.27	0.80	1,620
10	170	8,361	9.27	0.80	62,007
11	90	7,126	9.27	0.80	52,843
12	255	7,126	9.27	0.80	52,843
13	255	8,612	9.27	0.80	63,865
14	240	225	9.27	0.80	1,668
15	290	232	9.27	0.80	1,717
16	90	5,489	9.27	0.80	40,704
17	90	5,543	9.27	0.80	41,109
18	170	1,199	9.27	0.80	8,895
19	245	1,260	9.27	0.80	9,345
20	60	163	9.27	0.80	1,210
21	305	3,013	9.27	0.80	22,345
22	200	3,013	9.27	0.80	22,345
23	200	160	9.27	0.80	1,185
24	293	7,428	9.27	0.80	55,088
25	290	7,985	9.27	0.80	59,216

**CÁLCULO DEL MOMENTO ÚLTIMO**  
DIRECCIÓN Y

Muro No.	Long cm	Vuy kg	hv m	J	Mu kg-m
26	293	4,896	9.27	0.84	38,125
27	305	6,610	9.27	0.84	51,467
28	200	2,439	9.27	0.84	18,989
29	200	3,067	9.27	0.84	23,880
30	245	3,759	9.27	0.84	29,272
31	60	217	9.27	0.84	1,690
32	240	3,620	9.27	0.84	28,186
33	290	5,825	9.27	0.84	45,358
34	90	469	9.27	0.84	3,656
35	170	2,128	9.27	0.84	16,569
36	90	476	9.27	0.84	3,707
37	255	4,590	9.27	0.84	35,742
38	255	4,099	9.27	0.84	31,914
39	240	4,111	9.27	0.84	32,008
40	290	5,310	9.27	0.84	41,345
41	90	517	9.27	0.84	4,027
42	90	492	9.27	0.84	3,830
43	170	2,039	9.27	0.84	15,880
44	245	3,917	9.27	0.84	30,498
45	60	209	9.27	0.84	1,628
46	305	5,751	9.27	0.84	44,782
47	200	2,837	9.27	0.84	22,090
48	200	2,711	9.27	0.84	21,110
49	293	5,610	9.27	0.84	43,687
50	290	5,321	9.27	0.84	41,437

## CÁLCULO DEL MOMENTO RESISTENTE EN LOS MUROS

La resistencia a flexión en el plano del muro se calculará para muros sin refuerzo, de acuerdo la teoría de resistencia de materiales suponiendo una distribución lineal de esfuerzos en la mampostería. Se considerará que la mampostería no resiste tensiones y que la falla ocurre cuando aparece en la sección crítica un esfuerzo de compresión igual a  $f^*m$ .

Para muros reforzados con barras simétricamente en sus extremos, las fórmulas simplificadas siguientes dan valores aproximados y conservadores del momento resistente de diseño:

Para flexión simple, el momento resistente se calculará como:

$$M_o = FR A_s f_y d'$$

donde:

$d'$  es la distancia entre los centroides del acero colocado en ambos extremos del muro.

$A_s$  es el área de acero colocada en el extremo del muro.

Cuando exista carga axial sobre el muro, el momento de la sección se modificará de acuerdo con la ecuación:

$$M_R = M_o + 0.3 P_u d \quad \text{si } P_u \leq \frac{P_R}{3}$$
$$M_R = (1.5 M_o + 0.15 P_R d) \left(1 - \frac{P_u}{P_R}\right); \quad \text{si } P_u \geq \frac{P_R}{3}$$

donde:

$P_u$  es la carga axial de diseño total sobre el muro que se considera positiva si es de compresión.

$d$  es el peralte efectivo del refuerzo de tensión

$P_R$  es la resistencia a compresión axial

$F_R$  se tomará igual a 0.6

Las variables que se usaron para obtener el momento resistente son:

$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

varilla del No. 3 con Área de acero igual a  $0.71 \text{ cm}^2$

Carga axial  $P$  de diseño multiplicada por 1.1

**CÁLCULO DEL MOMENTO RESISTENTE**  
**DIRECCIÓN X**

Muro No.	Long m	d' cm	d cm	Pu kg	Armado castillos	PR	FR2ASfV	PRI	1-PUPR	FR	Mo kg-cm	MR kg-m	Mu kg-m	MR > MU
1	180	180	181	3,298	4 vars#3	23,998	14,314	38,312	0.91	0.6	2,304,288	24,834	13,791	VERDADERO
2	180	180	187	3,298	4 vars#3	23,998	14,314	38,312	0.91	0.6	2,304,288	24,893	13,791	VERDADERO
3	50	50	57	1,389	4 vars#3	7,391	14,314	21,705	0.94	0.6	640,080	6,638	1,006	VERDADERO
4	190	190	197	12,400	4 vars#3	25,443	14,314	39,757	0.69	0.8	3,243,072	39,759	18,581	VERDADERO
5	190	190	197	12,400	4 vars#3	25,443	14,314	39,757	0.69	0.8	3,243,072	39,759	18,581	VERDADERO
6	50	50	57	1,389	4 vars#3	7,391	14,314	21,705	0.94	0.6	640,080	6,638	1,006	VERDADERO
7	248	248	255	16,871	4 vars#3	33,034	14,314	47,348	0.64	0.8	4,224,528	55,126	32,063	VERDADERO
8	60	60	67	1,666	4 vars#3	8,870	14,314	23,184	0.93	0.6	768,096	8,016	1,581	VERDADERO
9	60	60	67	1,666	4 vars#3	8,870	14,314	23,184	0.93	0.6	768,096	8,016	1,620	VERDADERO
10	360	360	367	33,503	4 vars#3	49,772	14,314	64,086	0.48	0.8	6,144,768	98,334	62,007	VERDADERO
11	320	320	327	28,470	4 vars#3	44,363	14,314	58,677	0.51	0.8	5,462,016	82,549	52,843	VERDADERO
12	320	320	327	26,668	4 vars#3	34,933	14,314	49,247	0.46	0.8	5,462,016	80,782	52,843	VERDADERO
13	360	360	367	33,503	4 vars#3	49,772	14,314	64,086	0.48	0.8	6,144,768	98,334	63,865	VERDADERO
14	60	60	67	1,666	4 vars#3	8,870	14,314	23,184	0.93	0.6	768,096	8,016	1,668	VERDADERO
15	60	60	67	1,666	4 vars#3	8,870	14,314	23,184	0.93	0.6	768,096	8,016	1,717	VERDADERO
16	270	270	277	23,137	4 vars#3	37,507	14,314	51,821	0.55	0.8	4,608,576	65,313	40,704	VERDADERO
17	270	270	277	23,137	4 vars#3	37,507	14,314	51,821	0.55	0.8	4,608,576	65,313	41,109	VERDADERO
18	125	125	132	5,253	4 vars#3	18,066	14,314	32,379	0.84	0.5	1,600,200	18,082	8,895	VERDADERO
19	125	125	132	5,253	4 vars#3	17,508	14,314	31,821	0.83	0.6	1,600,200	18,082	9,345	VERDADERO
20	50	50	57	1,389	4 vars#3	7,391	14,314	21,705	0.94	0.6	640,080	6,638	1,210	VERDADERO
21	190	190	197	12,400	4 vars#3	25,443	14,314	39,757	0.69	0.8	3,243,072	39,759	22,345	VERDADERO
22	190	190	197	12,400	4 vars#3	25,443	14,314	39,757	0.69	0.8	3,243,072	39,759	22,345	VERDADERO
23	50	50	57	1,389	4 vars#3	7,391	14,314	21,705	0.94	0.6	640,080	6,638	1,125	VERDADERO
24	315	315	322	17,229	4 vars#3	43,123	14,314	57,436	0.70	0.8	5,376,672	70,410	55,088	VERDADERO
25	315	315	322	17,229	4 vars#3	43,123	14,314	57,436	0.70	0.8	5,376,672	70,410	59,216	VERDADERO

**CÁLCULO DEL MOMENTO RESISTENTE  
DIRECCIÓN Y**

Muro No.	Long m.	d' cm.	d cm.	P kg	Armado castillos	PR kg	FRZastly	Prt	1-Pu/PR	FR	Mo kg.cm.	MR kg.cm.	Mu kg.cm.	MR > MU
26	293	293	300	24,376	4 vars#3	37,974	14,314	52,288	0.53	0.8	4,992,624	71,864	38,125	VERDADERO
27	305	305	313	10,354	4 vars#3	39,716	14,314	54,029	0.81	0.6	3,904,488	48,752	51,467	FALSD
28	200	200	208	8,563	4 vars#3	24,090	14,314	38,403	0.78	0.6	2,560,320	30,934	18,989	VERDADERO
29	200	200	208	7,853	4 vars#3	24,902	14,314	39,215	0.80	0.6	2,560,320	30,492	23,880	VERDADERO
30	245	245	253	7,520	4 vars#3	34,147	14,314	48,461	0.84	0.6	3,136,392	37,060	29,272	VERDADERO
31	60	60	68	1,421	4 vars#3	7,665	14,314	21,979	0.94	0.6	768,096	7,969	1,690	VERDADERO
32	240	240	248	8,570	4 vars#3	33,246	14,314	47,560	0.82	0.6	3,072,384	37,087	28,186	VERDADERO
33	290	290	298	10,758	4 vars#3	40,534	14,314	54,848	0.80	0.6	3,712,464	46,726	45,358	VERDADERO
34	90	90	98	2,804	4 vars#3	11,290	14,314	25,604	0.89	0.6	1,152,144	12,342	3,656	VERDADERO
35	170	170	178	6,616	4 vars#3	21,330	14,314	35,643	0.81	0.6	2,176,272	25,286	16,569	VERDADERO
36	90	90	98	2,131	4 vars#3	12,664	14,314	26,977	0.92	0.6	1,152,144	12,145	3,707	VERDADERO
37	255	255	263	6,798	4 vars#3	36,965	14,314	51,278	0.87	0.6	3,264,408	37,998	35,742	VERDADERO
38	255	255	263	6,798	4 vars#3	36,188	14,314	50,501	0.87	0.6	3,264,408	37,998	31,914	VERDADERO
39	240	240	248	8,570	4 vars#3	33,985	14,314	48,299	0.82	0.6	3,072,384	37,087	32,008	VERDADERO
40	290	290	298	10,758	4 vars#3	37,065	14,314	51,379	0.79	0.6	3,712,464	46,726	41,345	VERDADERO
41	90	90	98	2,131	4 vars#3	11,397	14,314	25,711	0.92	0.6	1,152,144	12,145	4,027	VERDADERO
42	90	90	98	2,804	4 vars#3	11,556	14,314	25,870	0.89	0.6	1,152,144	12,342	3,830	VERDADERO
43	170	170	178	6,616	4 vars#3	21,471	14,314	35,785	0.82	0.6	2,176,272	25,286	15,880	VERDADERO
44	245	245	253	7,520	4 vars#3	34,642	14,314	48,956	0.85	0.6	3,136,392	37,060	30,498	VERDADERO
45	60	60	68	1,421	4 vars#3	7,851	14,314	22,165	0.94	0.6	768,096	7,969	1,628	VERDADERO
46	305	305	313	10,354	4 vars#3	44,422	14,314	58,736	0.82	0.6	3,904,488	48,752	44,782	VERDADERO
47	200	200	208	8,563	4 vars#3	28,919	14,314	43,233	0.80	0.6	2,560,320	30,934	22,090	VERDADERO
48	200	200	208	7,853	4 vars#3	24,410	14,314	38,723	0.80	0.6	2,560,320	30,492	21,110	VERDADERO
49	293	293	300	10,028	4 vars#3	37,514	14,314	51,827	0.81	0.6	3,744,468	46,470	43,687	VERDADERO
50	290	290	298	7,928	4 vars#3	40,324	14,314	54,637	0.85	0.6	3,712,464	44,200	41,437	VERDADERO

# 6. Comparación de resultados

A continuación se describen los cambios efectuados a las normas de Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería de 1976. Se analizará cada uno de los capítulos que integran a las Normas de Diseño para Mampostería de 1987.

El procedimiento de diseño descrito es el general del reglamento, en el que se requiere que los efectos de las acciones de diseño, multiplicados por factores de carga iguales para todos los materiales, no excedan de la resistencia de diseño, que incluye un factor de reducción de resistencia que es particular del material y del estado límite específico. Además de la revisión cuantitativa de la seguridad ante los distintos estados límite, se imponen requisitos geométricos y de refuerzo que están basados principalmente en la experiencia de comportamiento de estructuras reales.

## 6.1 MATERIALES PARA MAMPOSTERÍA DE PIEDRAS ARTIFICIALES

### 6.1.2. Piezas

Los muros de piezas macizas tienen un comportamiento menos frágil que los de piezas huecas, en los que la falla de las paredes da lugar a un pérdida brusca

de capacidad. Es por ello que en las normas de diseño por sismo se especifica, que para muros de piezas macizas que cumplan con los requisitos de refuerzo para muros diafragma, confinados o con refuerzo interior, se reduzcan las fuerzas sísmicas por un factor de comportamiento  $Q=2$ , mientras que para las piezas huecas debe usarse  $Q=1.5$  lo que implica fuerzas de diseño 33% mayores que en el caso anterior.

#### 6.1.2. Morteros

No se ha modificado esta sección con respecto a la versión de 1976

#### 6.1.3. Acero de refuerzo

No se ha modificado esta sección con respecto a la versión de 1976

#### 6.1.4. Mampostería

En esta sección se han incluido ahora las recomendaciones sobre resistencia al corte de la mampostería que en la versión anterior se encontraban en capítulos sobre diseño por cargas laterales. Debido al buen comportamiento de los edificios de mampostería en los sismos de 1985, fueron incrementados los coeficientes para la obtención de los módulos de elasticidad por lo que se modificaron las fórmulas para determinarlos:

Para mampostería de tabiques y bloques de concreto:

$$E=800 f'm \text{ para cargas de corta duración}$$

$$E=350 f'm \text{ para cargas sostenidas}$$

Para mampostería de tabique de barro otras piezas, excepto las de concreto:

$$E=600 f'm \text{ para cargas de corta duración}$$

$$E=350 f'm \text{ para cargas sostenidas}$$

### 6.2. SISTEMAS ESTRUCTURALES A BASE DE MUROS DE MAMPOSTERÍA

#### 6.2.1 Tipo de muros

En este capítulo, que no existía en la versión anterior, se han agrupado los requisitos antes dispersos en diversas secciones, que deben cumplir los muros para ser catalogados en algunas de las cuatro categorías consideradas en las normas

### 6.3. PROCEDIMIENTO DE DISEÑO

Este capítulo se reorganizó e incluye las diferentes opciones que se permiten para el análisis y el dimensionamiento por cargas verticales y horizontales.

#### 6.3.1. Cargas verticales

La expresión para el cálculo de la carga vertical resistente es la misma de la versión anterior; en donde la capacidad es igual al área transversal del muro por el esfuerzo resistente en compresión de la mampostería; el producto es afectado por un coeficiente de reducción que toma en cuenta las diferencias en excentricidad y esbeltez entre un muro a escala natural y la pila en que se basa la determinación de  $f^*m$ . El resultado se multiplica por el factor de resistencia que se considera igual a 0.6 para muros confinados o reforzados y 0.3 para muros no reforzados, ya que en estos últimos se requiere de un factor de seguridad muy superior por el carácter frágil de su falla y por su sensibilidad a los efectos accidentales.

Cuando se cumplen los requisitos de regularidad y de relaciones geométricas, anteriormente mencionadas en el capítulo II, se podrá usar FE igual a 0.7 para muros interiores y 0.6 para muros exteriores, en caso contrario FE debe determinarse con una expresión que es más sencilla que la versión anterior. La expresión de la versión anterior se ha eliminado porque daba lugar a la posibilidad de resultados poco confiables cuando no se elegían adecuadamente los parámetros de momento de inercia, módulo de elasticidad y otros. Entre los resultados más comunes era el de obtener resistencias negativas.

#### 6.3.2. Resistencia a carga laterales

Las expresiones para el cálculo de la resistencia a fuerza cortante de muros no han cambiado con respecto a la versión anterior.

El factor de reducción se ha incrementado de 0.6 a 0.7, tomando en cuenta que en los sismos de 1985 la mampostería mostró tener una resistencia significativamente superior a la calculada.

#### 6.3.3. Resistencia a momento de volteo.

Para la resistencia a flexión se considerará que la mampostería no resiste tensiones y que la falla ocurre cuando aparece en la sección crítica un esfuerzo de compresión igual a  $f^*m$ .

No se modificaron las expresiones para el cálculo del momento resistente, en el cual interviene la carga axial resistente PR, el la que para la determinación de esta última podrá tomarse en cuenta, en forma aditiva, la contribución de la mampostería y la del refuerzo.

#### **6.4 CONSTRUCCIÓN**

No se modificó esta sección.

#### **6.5 MAMPOSTERÍA**

Tampoco este capítulo ha sido modificado con respecto a la versión anterior.

# 7. Conclusiones

## CONCLUSIONES GENERALES

En términos generales, la evaluación de los efectos de los sismos de 1985 indican que el comportamiento de las construcciones de mampostería fue satisfactorio.

De acuerdo a los estudios que se llevaron se tiene que causaron daño a las estructuras a base de mampostería en los sismos de 1985 son:

- 1.- Falla de muros de relleno en edificios con estructuras de concreto y acero. Estos elementos fallaron por la incompatibilidad entre la flexibilidad de la estructura principal y la fragilidad de los elementos de mampostería, ya que estos últimos no eran considerados como elementos estructurales y por tanto no fueron tomados en cuenta en el diseño. La falla de los elementos de mampostería en algunos casos, ayudó a disipar la energía

introducida en la estructura por el movimiento en la base y evitó el colapso de la estructura principal.

2. Falla de viviendas débiles. Un número importante de fallas se presentaron en viviendas de adobe o de piedra de uno o dos pisos. Estos daños se debieron a las condiciones extremas de deterioro de los materiales que constituían los muros y techos, debido al intemperismo y filtraciones. Estas viviendas no se consideran representativas de las construcciones que se obtendrían aplicando las normas de 1976.

3.- Agrietamiento de viviendas de bloque y tabique. Estos agrietamientos, de acuerdo a los estudios realizados existían previamente al sismo y fueron debidos a hundimientos diferenciales. Se le atribuye al sismo, los casos en donde las estructuras mostraban una debilidad manifiesta ante carga laterales, en general por la escasés de muros en alguna de las direcciones x o y.

Los registros del movimiento del terreno obtenidos en la zona del lago indican que las aceleraciones fueron sustancialmente superiores a las previstas en el reglamento anterior, lo que condujo a que en la nueva versión se impusiera un incremento en los coeficientes sísmicos tanto en dicha zona en la de transición así también se incrementaron a los coeficientes de comportamiento sísmico (Q) y a los factores de reducción de resistencia (FR) y los requisitos de calidad de materiales de refuerzo y de construcción.

En estructuras de concreto, los factores antes mencionados se modificaron a manera de obtener un incremento sustancial de la seguridad con respecto a lo escrito en el reglamento anterior, en estructuras de acero, los cambios han sido menores, pero también tendientes a obtener un incremento adicional de resistencia; por el contrario en estructuras de mampostería, los cambios han sido en sentido opuesto, tendientes a reducir el efecto del incremento en el coeficiente sísmico que se consideró excesivo para este material. Así se aumentó el factor de reducción para el cálculo de la capacidad a fuerza cortante, de 0.6 a 0.7 y se permiten esfuerzos cortantes resistentes mayores cuando se coloca refuerzo horizontal en los muros.

#### CONCLUSIONES CON RESPECTO A LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS CÁLCULOS DE CADA UNO DE LOS PARÁMETROS (CARGA VERTICAL, FUERZA LATERAL Y MOMENTO DE VOLTEO)

La resistencia ante carga vertical, resultó ser insuficiente para algunos de los muros tanto en el diseño de 1976 como en el diseño de 1987; este problema se soluciona, haciendo los muros dobles o adicionándole un aplanado de mortero cemento-arena reforzada con malla electrosoldada, el aplanado deberá ser de por lo menos 5 cm en ambas caras del muro, con lo que se lograría un muro de aproximadamente 25 cm de espesor. Otra alternativa, será diseñando los

castillos como columnas, tal que éstas tomen la carga vertical, o hacer un los extremos de los muros, muretes de concreto de aproximadamente 20 x 50 cm de ancho.

La resistencia ante carga horizontal, resultó ser insuficiente, pero al incrementar el espesor de los muros o considerar los castillos como columnas o hacer unos muretes de concreto, no se tendrán problemas ante carga lateral, aunado a esto a que se tiene una estructura casi simétrica, al cortante adicionado por torsión que es muy pequeño y la contribución que proporciona la carga vertical a cada muro de 0.3P.

Si los muros se confinan con castillos de 15 x 15, armados con 4 varillas el número 3 y estribos del número 3 a cada 20 cm, se tienen problemas por momento de volteo en algunos muros; esto se soluciona incrementando el área del acero de refuerzo y aumentando la sección del castillo. Es conveniente que se revise la resistencia por momento de volteo por lo menos en el segundo nivel de la estructura, para obtener un parámetro de hasta donde se suspenderá el incremento mencionado anteriormente.