

**RECOMENDACIONES
PROVISIONALES
PARA EL ANALISIS
SISMICO
DE ESTRUCTURAS:
EJEMPLOS DE APLICACION**

SANTO DOMINGO, D.N.
Noviembre, 1981.

DNRS DEPARTAMENTO DE
NORMAS.
REGLAMENTOS Y
SISTEMAS



**SECRETARIA DE ESTADO
DE OBRAS PUBLICAS
Y COMUNICACIONES**

DNRS DEPARTAMENTO DE
NORMAS,
REGLAMENTOS Y
SISTEMAS

PRESENTACION

Estos "EJEMPLOS DE APLICACION DE LAS RECOMENDACIONES PROVISIONALES PARA EL ANALISIS SISMICO DE ESTRUCTURAS" constituyen un complemento conveniente y necesario para lograr una mejor comprensión y una intensificación de la utilización de las "RECOMENDACIONES PROVISIONALES PARA EL ANALISIS SISMICO DE ESTRUCTURAS" puestas en vigencia en diciembre de 1979.

Consta de cuatro (4) ejemplos cuidadosamente seleccionados con miras a cubrir la aplicación de la mayor parte del contenido de las "RECOMENDACIONES PROVISIONALES PARA EL ANALISIS SISMICO DE ESTRUCTURAS". Esos ejemplos se detallan a continuación:

1. Edificio de 11 pisos con estructura aporticada (Método Cuasi Estático).
2. Edificio de 4 pisos con estructura formada por muros de bloques como elementos sismo-resistentes (Método Cuasi-Estático).
3. Edificio de 4 pisos con estructura formada por muros de bloques como elementos sismo-resistentes (Método Simplificado).
4. Edificio de 10 pisos con estructura constituida por una combinación de pórticos y muros de hormigón armado (Método Cuasi-Estático).

Actualmente se trabaja en la preparación de ejemplos de aplicación del Método Dinámico, el cual por su carácter especializado y su aplicación a casos pocos frecuentes no fue considerado como prioritario en esta primera etapa.

Estos ejemplos fueron desarrollados no tanto con el objeto de llegar a resultados sino fundamentalmente con la finalidad de ilustrar paso a paso cada una de las diferentes etapas que caracterizan el análisis sísmico de una estructura.

La organización de los ejemplos, los comentarios y citas intercaladas, los sub-títulos e ilustraciones permiten que los mismos sean utilizados incluso en la enseñanza universitaria. Prescindir de muchos de estos elementos permitiría a un calculista experimentado que simplemente busque resultados, desarrollar cualquiera de ellos con una inversión de tiempo y esfuerzo menor que la utilizada por los técnicos del Departamento de Normas, Reglamentos y Sistemas de la Secretaría de Estado de Obras Públicas y Comunicaciones que trabajaron en su elaboración.

Departamento de Normas, Reglamentos y Sistemas.
Secretaría de Estado de Obras Públicas y Comunicaciones.

I N D I C E

	PAGINA
1.- GENERALIDADES.....	1
2.- NOTACION GENERAL.....	2
3.- EJEMPLO N°1. EDIFICIO CON ESTRUCTURA CONSTITUIDA POR PORTICOS DE ONCE (11) PISOS, UBICADO EN LA CIUDAD DE SANTIAGO DE LOS CABALLEROS, DESTINADO A OFICINAS Y LOCALIZADO SOBRE SUELO ALUVIONAL RECIENTE.....	4
4.- EJEMPLO N°2. EDIFICIO CON ESTRUCTURA FORMADA POR MUROS DE BLOQUES COMO ELEMENTOS SISMO-RESISTENTES, DE CUATRO (4) PISOS, UBICADO EN SANTO DOMINGO DE GUZMAN, D. N. DESTINADO A APARTAMENTOS FAMILIARES Y LOCALIZADOS SOBRE UN SUELO NO DEFINIDO (METODO CUASI-ESTATICO)..	15
5.- EJEMPLO N°3. EDIFICIO CON ESTRUCTURA FORMADA POR MUROS DE BLOQUES COMO ELEMENTOS SISMO-RESISTENTES, DE CUATRO (4) PISOS UBICADO EN SANTO DOMINGO DE GUZMAN, D. N. DESTINADO A APARTAMENTOS FAMILIARES Y LOCALIZADO SOBRE UN SUELO NO DEFINIDO (METODO SIMPLIFICADO)...	30
6.- EJEMPLO N°4. EDIFICIO CON ESTRUCTURA CONSTITUIDA POR PORTICOS Y MUROS DE HORMIGON ARMADO DE DIEZ (10) PISOS, UBICADO EN SANTO DOMINGO DE GUZMAN, D. N. Y DESTINADO A APARTAMENTOS FAMILIARES, LOCALIZADO SOBRE UN SUELO NO DEFINIDO.....	35

RECOMENDACIONES PROVISIONALES PARA EL ANALISIS SISMICO DE ESTRUCTURAS, EJEMPLOS DE APLICACION

1. GENERALIDADES

- 1.1 La filosofía de las Recomendaciones Provisionales para el Análisis Sísmico de Estructuras consiste en minimizar las fuerzas sísmicas por medio de un sistema estructural dúctil que contenga elementos cuya resistencia se desarrolle a través de articulaciones plásticas.
- 1.2. Los ejemplos tienen como objetivo principal ilustrar al estructuralista cómo se aplican las Recomendaciones Provisionales para el Análisis Sísmico de Estructuras.
- 1.3. Deberá considerarse para fines de diseño la posible inversión de signos en las fuerzas axiales, cortantes y momentos flexores.
- 1.4. La resistencia a la fluencia del acero del refuerzo que se utiliza en las estructuras que resisten cargas sísmicas no debe exceder cuatro mil doscientos kilogramos por centímetro cuadrado. ($f_y \leq 4200 \text{ kgs/cm}^2$).

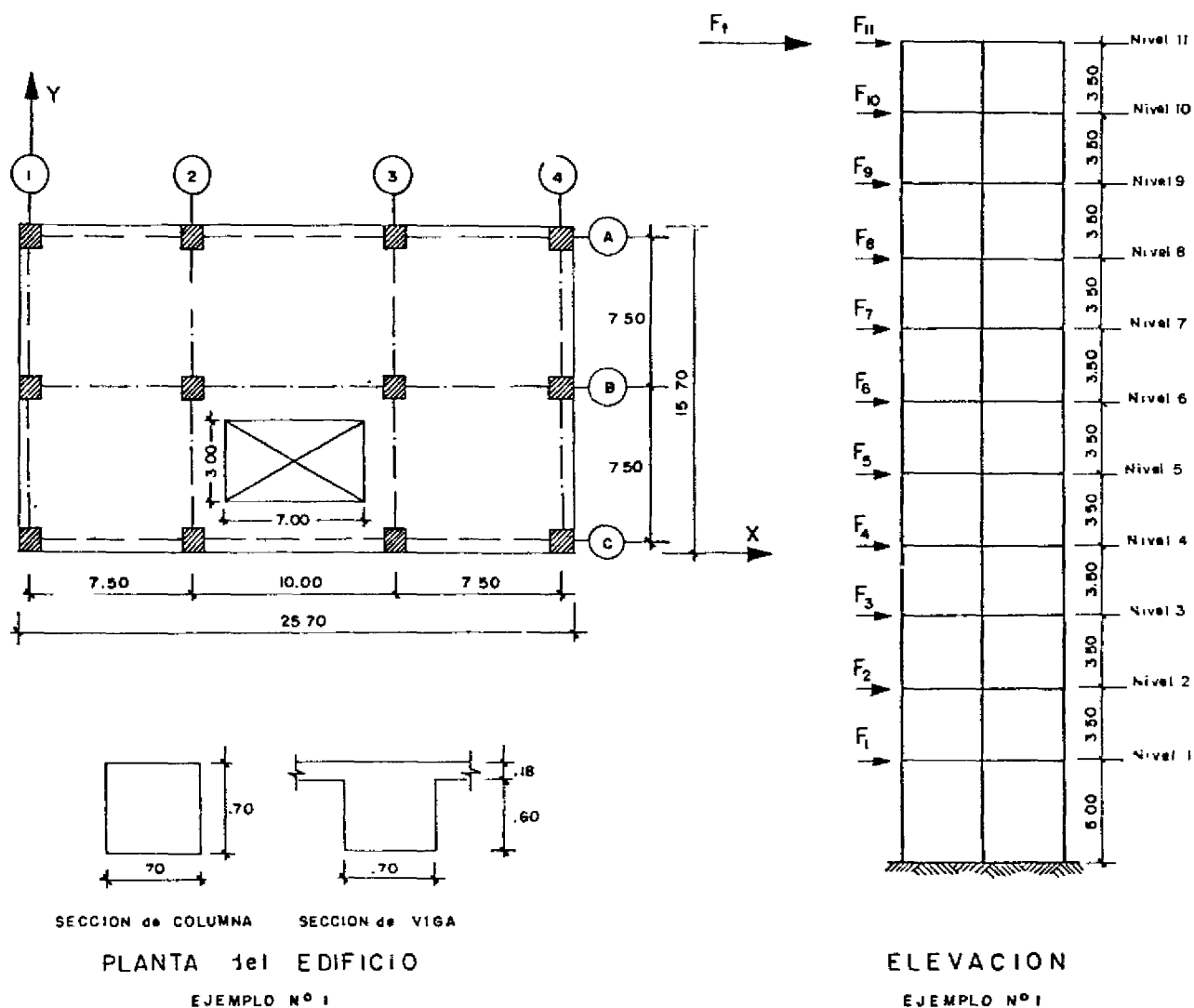
2 NOTACION GENERAL

A_i	Area en metros cuadrados del piso "i" de la edificación.
A'	Area en centímetros cuadrados del muro considerado.
C	Coefficiente Sísmico Espectral.
C_b	Coefficiente de Corte Basal.
D	Dimensión en planta del edificio en la dirección de la sollicitación analizada:
d_i	Densidad muro-área en el piso "i" de la edificación.
E	Módulo de elasticidad.
e	Excentricidad geométrica.
e_a	Excentricidad accidental.
e_n	Excentricidad normativa.
F_i	Fuerza lateral en el piso "i".
F_t	Fuerza lateral en el tope.
f_m'	Resistencia nominal a compresión de los muros de mampostería.
G	Módulo de elasticidad cortante.
H	Altura total del edificio.
h_i	Altura total del piso considerado ("i") medida desde el nivel de base.
h_{ij}	Altura del piso "i" al piso "j".
I	Momento de inercia del muro.
K	Rigidez de los elementos sustentantes.
K_0	Coefficiente que depende del tipo estructural elegido para la determinación del período de vibración de la estructura.
K_{cn}	Rigidez de la columna en el entrepiso n.
K_{vn}	Rigidez de la viga del entrepiso n.
L	Longitud en planta del muro considerado.

M_{ti}	Momento torsor en un piso "i".
m, n, o	Subíndices que indican tres pisos consecutivos de abajo hacia arriba.
N	Número de pisos de la edificación.
R_d	Coeficiente de reducción por capacidad de disipación de energía.
RPAS	Recomendaciones Provisionales para el Análisis Sísmico de Estructuras.
S	Coeficiente de sitio y perfil del suelo.
T	Período de vibración de la estructura en segundos.
t	Espesor nominal del muro.
U	Coeficiente que depende de la función o uso de la edificación.
V	Cortante basal.
V_i	Fuerza cortante directa en el piso "i".
V_t	Fuerza cortante producida por un momento torsor.
v_m	Esfuerzo cortante resistido por la mampostería.
W	Carga permanente del edificio más un porcentaje de la carga viva.
W_{mi}	Carga permanente total correspondiente al piso "i".
W_{vi}	Sobrecarga total correspondiente al piso "i".
W'_{vi}	Porción de la sobrecarga total para el análisis sísmico correspondiente al piso "i".
X_{cm}, Y_{cm}	Coordenadas del centro de masa de un piso.
X_{cr}, Y_{cr}	Coordenadas del centro de rigidez de un piso.
Z	Coeficiente de zonificación sísmica.
$\emptyset_i$	Coeficiente de reducción de la sobrecarga en función del uso.

3. EJEMPLO N° 1

3.1 A continuación se presenta un edificio con estructura constituida por pórticos de once (11) pisos, ubicado en la ciudad de Santiago de los Caballeros, destinado a oficinas y localizado sobre suelo aluvional reciente.



3.2 Datos

- a) Uso : Edificio de oficinas.
- b) Ubicación: Santiago de los Caballeros.
- c) Número de pisos: once (11).
- ch) Altura primer entrepiso : 5.00 M.
- d) Altura otros entrepisos : 3.50 M.
- e) Altura total del edificio : 40.00 M.
- f) Tipo de suelo : Aluvional reciente.

3.3 Cargas Permanentes

3.3.1 Techo (espesor losa 0.18 M).

- a) Peso propio de la losa $0.18 \times 2.4 = 0.432 \text{ Ton/M}^2$
 - b) Fino e impermeabilizante $0.05 \times 2.0 = 0.100 \text{ Ton/M}^2$
 - c) Pañete $0.01 \times 2.0 = 0.020 \text{ Ton/M}^2$
-
- $W_m = 0.552 \text{ Ton/M}^2$

3.3.2 Entrepisos (espesor losa 0.18 M.).

- a) Peso propio de la losa $0.18 \times 2.4 = 0.432 \text{ Ton/M}^2$
 - b) Mosaicos $0.03 \times 2.3 = 0.069 \text{ Ton/M}^2$
 - c) Morteros $0.04 \times 1.8 = 0.072 \text{ Ton/M}^2$
 - ch) Pañete $0.04 \times 2.0 = 0.020 \text{ Ton/M}^2$
 - d) Panderetes $\quad \quad \quad = 0.100 \text{ Ton/M}^2$
-
- $W_m = 0.693 \text{ Ton/M}^2$

3.4 Cargas Vivas

- a) Techo $W_v = 0.10 \text{ Ton/M}^2$
- b) Entrepisos $W_v = 0.25 \text{ Ton/M}^2$

3.5 Verificación de las Limitaciones del Método Cuasi-Estático

a) Altura del edificio: $H = 40.00 \text{ M.} < 45.00 \text{ M.}$

b) Número de pisos: 11 pisos < 15 pisos.

(Véase acápite 6.2.2. de las Recomendaciones Provisionales para el Análisis Sísmico de Estructuras).

3.6 Determinación del Coeficiente de Corte Basal

3.6.1 Coeficiente de Zonificación Sísmica, Z .

En la tabla IX de las Recomendaciones Provisionales para el Análisis Sísmico de Estructuras, se observa que la ciudad de Santiago de los Caballeros está ubicada en la Zona I.

El coeficiente de zonificación sísmica para la Zona I se encuentra en la tabla I, $Z = 1.00$.

3.6.2 Coeficiente de uso, U .

Los edificios destinados a oficinas están clasificados en el grupo "B". El coeficiente de uso para las edificaciones que pertenecen al grupo B se encuentra en la tabla II, $U = 1.00$.

3.6.3 Coeficiente de sitio, S .

En la tabla III se encuentra que los suelos aluviales recientes pertenecen al tipo 3, $S = 1.50$.

3.6.4 Coeficiente de reducción por capacidad de disipación de energía, R_d .

Según la sección 5.1 de las Recomendaciones Provisionales para el Análisis Sísmico de Estructuras, las construcciones en las cuales las fuerzas sísmicas se resisten por medio de pórticos en ambas direcciones se clasifican en el tipo I, de la tabla IV, $R_d = 7$.

3.6.5 Período de vibración de la estructura, T.

El período de vibración de la estructura se determina para la dirección Y-Y y para la dirección X-X independientemente, para las estructuras tipo I el valor de K_0 se encuentra en la tabla V, $K_0 = 0.13$.

a) Período de vibración para la dirección Y-Y.

$$T = \frac{0.13 \times 40.00}{\sqrt{15.70}} = 1.31 \text{ segundos.}$$

b) Período de vibración para la dirección X-X.

$$T = \frac{0.13 \times 40.00}{\sqrt{25.70}} = 1.03 \text{ segundos.}$$

3.6.6 Coeficiente sísmico espectral, C.

En el acápite 6.3.1 de las Recomendaciones Provisionales para el Análisis Sísmico de Estructuras, se presenta el valor de C en función del período de vibración de la estructura.

a) Para la dirección Y-Y.

$$C = \frac{0.4}{(1.31)^{2/3}} = 0.334$$

b) Para la dirección X-X.

$$C = \frac{0.4}{(1.03)^{2/3}} = 0.392$$

3.6.7 Producto C x S.

El acápite 6.4.3 de las Recomendaciones Provisionales para el Análisis Sísmico de Estructuras indica que el producto C x S no será mayor que 0.635.

a) Para la dirección Y-Y.

$$C \times S = 0.334 \times 1.50 = 0.50.$$

b) Para la dirección X-X.

$$C \times S = 0.392 \times 1.50 = 0.59.$$

3.6.8 Coeficiente de corte basal, C_b .

El coeficiente de corte basal debe determinarse para la dirección Y-Y y para la dirección X-X.

a) Para la dirección Y-Y.

$$C_b = \frac{1.0 \times 1.0 \times 0.50}{7} = 0.071.$$

b) Para la dirección X-X.

$$C_b = \frac{1.0 \times 1.0 \times 0.59}{7} = 0.084$$

NOTA: El valor del coeficiente de corte basal no será menor que 0.03 (véase acápite 6.4.2 de las Recomendaciones Provisionales para el Análisis Sísmico de Estructuras).

3.7 Determinación de la Carga Permanente y Carga Viva del Edificio

a) Carga permanente por piso

$$W_{m11} = (25.7 \times 15.7 - 3 \times 7)(0.552) + (12 \times 0.7 \times 0.7 \times 2.4)(0.5 \times 3.5) \\ + (0.7 \times 0.6 \times 2.4)(14 \times 6.8 + 3 \times 9.3)$$

$$W_{m11} = 382.49 \times 0.552 + 14.11 \times 1.75 + 1.01 \times 123.10 = 360.16 \text{ Ton.}$$

$$W_{m10} = 382.49 \times 0.693 + 14.11 \times 3.5 + 1.01 \times 123.10 = 438.75 \text{ Ton.}$$

$$W_{m9} = 382.49 \times 0.693 + 14.11 \times 3.5 + 1.01 \times 123.10 = 438.75 \text{ Ton.}$$

$$W_{m8} = 382.49 \times 0.693 + 14.11 \times 3.5 + 1.01 \times 123.10 = 438.75 \text{ Ton.}$$

$$W_{m7} = 382.49 \times 0.693 + 14.11 \times 3.5 + 1.01 \times 123.10 = 438.75 \text{ Ton.}$$

$$W_{m6} = 382.49 \times 0.693 + 14.11 \times 3.5 + 1.01 \times 123.10 = 438.75 \text{ Ton.}$$

$$W_{m5} = 382.49 \times 0.693 + 14.11 \times 3.5 + 1.01 \times 123.10 = 438.75 \text{ Ton.}$$

$$W_{m4} = 382.49 \times 0.693 + 14.11 \times 3.5 + 1.01 \times 123.10 = 438.75 \text{ Ton.}$$

$$W_{m3} = 382.49 \times 0.693 + 14.11 \times 3.5 + 1.01 \times 123.10 = 438.75 \text{ Ton.}$$

$$W_{m2} = 382.49 \times 0.693 + 14.11 \times 3.5 + 1.01 \times 123.10 = 438.75 \text{ Ton.}$$

$$W_{m1} = 382.49 \times 0.693 + 14.11(0.5)(3.5+5) + 1.01 \times 123.10 = 449.36 \text{ Ton.}$$

b) Carga viva por piso

$$W_{v11} = 382.49 \times 0.10 = 38.25 \text{ Ton.}$$

$$W_{v10} = 382.49 \times 0.25 = 95.62 \text{ Ton.}$$

$$W_{v9} = 382.49 \times 0.25 = 95.62 \text{ Ton.}$$

$$W_{v8} = 382.49 \times 0.25 = 95.62 \text{ Ton.}$$

$$W_{v7} = 382.49 \times 0.25 = 95.62 \text{ Ton.}$$

$$W_{v6} = 382.49 \times 0.25 = 95.62 \text{ Ton.}$$

$$W_{v5} = 382.49 \times 0.25 = 95.62 \text{ Ton.}$$

$$W_{v4} = 382.49 \times 0.25 = 95.62 \text{ Ton.}$$

$$W_{v3} = 382.49 \times 0.25 = 95.62 \text{ Ton.}$$

$$W_{v2} = 382.49 \times 0.25 = 95.62 \text{ Ton.}$$

$$W_{v1} = 382.49 \times 0.25 = 95.62 \text{ Ton.}$$

c) Coeficiente de reducción para la carga viva

(Véase tabla VIII de las Recomendaciones Provisionales para el Análisis Sísmico de Estructuras).

$$\phi_i = 0.20 \text{ en entrepisos.}$$

$$\phi_i = 0.10 \text{ en techo.}$$

$$W'_{vi} = 0.20 W_{vi} \text{ en entrepisos.}$$

$$W'_{vt} = 0.10 W_{vt} \text{ en techo.}$$

ch) Carga permanente más porcentaje de carga viva

$$W_{11} = 360.16 + 38.25 \times 0.10 = 360.16 + 3.83 = 363.99 \text{ Ton.}$$

$$W_{10} = 438.75 + 95.62 \times 0.20 = 438.75 + 19.12 = 457.87 \text{ Ton.}$$

$$W_9 = 438.75 + 95.62 \times 0.20 = 438.75 + 19.12 = 457.87 \text{ Ton.}$$

$$W_8 = 438.75 + 95.62 \times 0.20 = 438.75 + 19.12 = 457.87 \text{ Ton.}$$

$$W_7 = 438.75 + 95.62 \times 0.20 = 438.75 + 19.12 = 457.87 \text{ Ton.}$$

$$W_6 = 438.75 + 95.62 \times 0.20 = 438.75 + 19.12 = 457.87 \text{ Ton.}$$

$$W_5 = 438.75 + 95.62 \times 0.20 = 438.75 + 19.12 = 457.87 \text{ Ton.}$$

$$W_4 = 438.75 + 95.62 \times 0.20 = 438.75 + 19.12 = 457.87 \text{ Ton.}$$

$$W_3 = 438.75 + 95.62 \times 0.20 = 438.75 + 19.12 = 457.87 \text{ Ton.}$$

$$W_2 = 438.75 + 95.62 \times 0.20 = 438.75 + 19.12 = 457.87 \text{ Ton.}$$

$$W_1 = 449.36 + 95.62 \times 0.20 = 449.36 + 19.12 = 468.48 \text{ Ton.}$$

d) Carga total del edificio a ser considerada en el Análisis Sísmico

$$W = 4953.30 \text{ Ton}$$

3.8 Cortante Basal, V

El cortante basal debe determinarse para la dirección X-X y para la dirección Y-Y, según la expresión

$$V = C_b W.$$

a) Para la dirección Y-Y

$$V_y = 0.071 \times 4953.30 = 351.68 \text{ Ton.}$$

b) Para la dirección X-X

$$V_x = 0.084 \times 4953.30 = 416.08 \text{ Ton.}$$

3.9 Determinación de las Fuerzas Horizontales "F_i" y para los Cortantes "V_i" en Cada Piso

3.9.1 La fuerza "F_i" en cada piso de la estructura será calculada con la expresión:

$$F_i = \frac{(V - F_t) W_i h_i}{\sum_{i=1}^N W_i h_i}$$

(Véase subacápíte 6.5.2.3 de las Recomendaciones Provisionales para el Análisis Sísmico de Estructuras).

3.9.2 Cuando se refiera al cortante "V_i", se deberá tener presente la expresión:

$$V_i = F_t + \sum_{i=i}^N F_i$$

(Véase subacápíte 6.5.2.6 de las Recomendaciones Provisionales para el Análisis Sísmico de Estructuras).

3.9.3 La fuerza en el tope " F_t " se calculará de acuerdo al subacápite 6.5.2.4 de las Recomendaciones Provisionales para el Análisis Sísmico de Estructuras.

3.9.4 Análisis para las direcciones X-X e Y-Y

3.9.4.1 Fuerza concentrada en el tope

$$F_{tx} = 0.07 \times 1.03 \times 416.08 = 30.00 < (0.25V_x = 104 \text{ Ton.})$$

$$F_{ty} = 0.07 \times 1.31 \times 351.68 = 32.25 < (0.25V_y = 87.92 \text{ Ton.})$$

3.9.4.2 En la tabla No. 1 se han calculado los valores de las fuerzas " F_1 " en cada piso y los cortantes " V_1 " en cada piso.

-La columna 1 indica los niveles de cada piso de la estructura analizada.

-La columna 2 indica las cargas permanentes más el porcentaje de carga viva en toneladas.

-La columna 3 indica la altura de cada piso, medida desde el nivel de base en metros.

-La columna 4 indica el producto ($W_i h_i$) de la columna 2 por la columna 3.

-La columna 5 indica los valores de las fuerzas " F_{ix} " calculados por la fórmula indicada en el acápite 3.9.1, de este manual, para la dirección X-X.

-La columna 6 indica los valores de los cortantes " V_{ix} " calculados por la fórmula indicada en el acápite 3.9.2 de este manual, para la dirección X-X.

- La columna 7 indica los valores de las fuerzas " F_{fy} " calculados por la fórmula indicada en el acápite 3.9.1. de este manual, para la dirección Y-Y.
- La columna 8 indica los valores de los cortantes " V_{fy} " calculados por la fórmula indicada en el acápite 3.9.2. de este manual, para la dirección Y-Y.

TABLA N°. 1

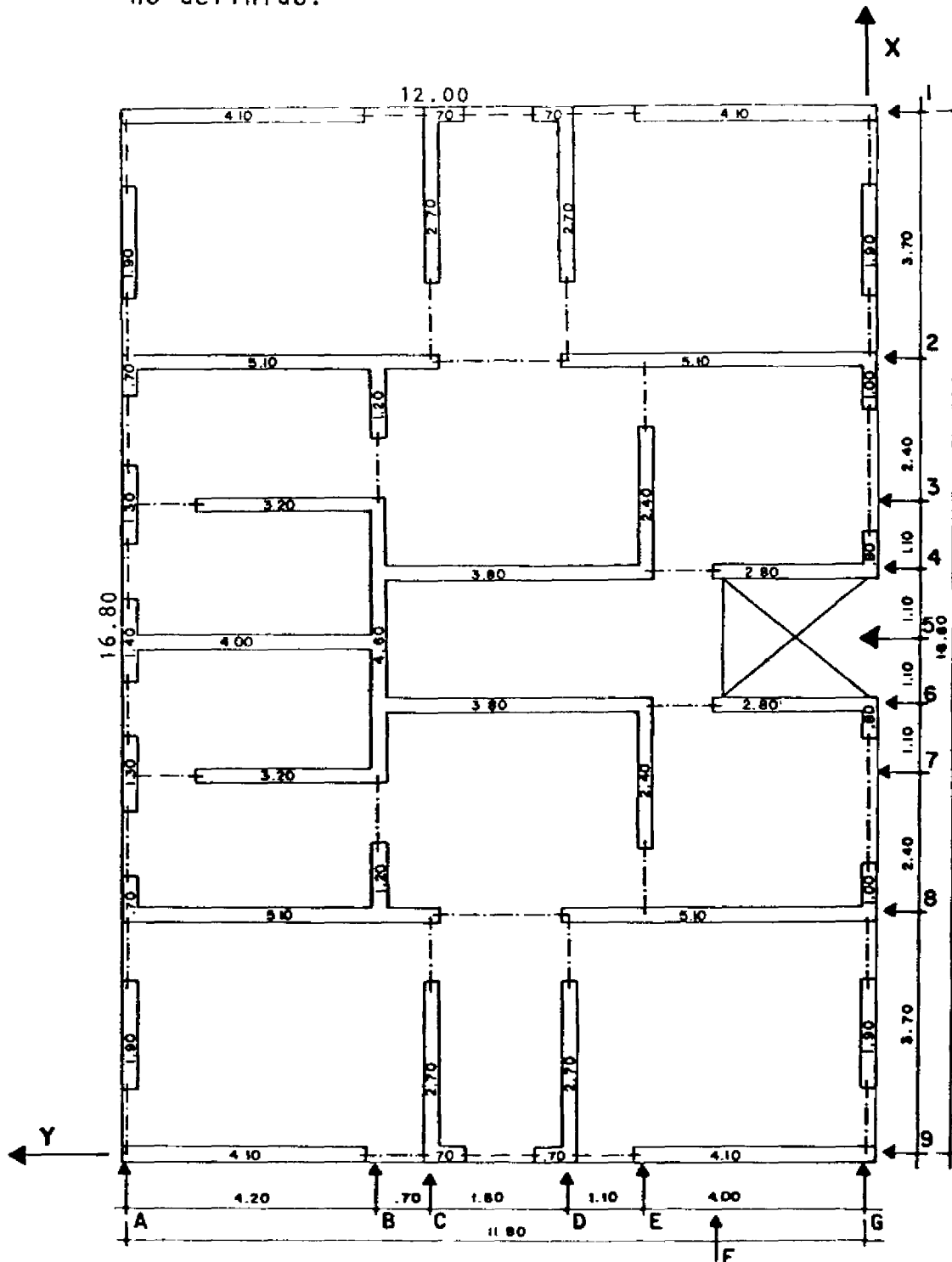
(1) NIVEL	(2) PESO TOTAL W_i (ton.)	(3) ALTURA h_i (mts.)	(4) PESO x ALTURA $W_i h_i$	(5) DIRECCION X - Y		(6) DIRECCION X - Y		(7) DIRECCION X - Y		(8) CORTANTE V_{iy}
				FUERZA F_{ix}	CORTANTE V_{ix}	FUERZA F_{iy}	CORTANTE V_{iy}	FUERZA F_{ix}	CORTANTE V_{iy}	
11	363.99	40.00	14559.60	81.28*	81.28	74.68*	74.68			74.68
10	457.87	36.50	16712.26	58.86	140.14	48.70	123.38			123.38
9	457.87	33.00	15109.71	53.22	193.36	44.03	167.41			167.41
8	457.87	29.50	13507.17	47.57	240.93	39.36	206.77			206.77
7	457.87	26.00	11904.62	41.93	282.86	34.69	241.46			241.46
6	457.87	22.50	10302.08	36.28	319.14	30.02	271.48			271.48
5	457.87	19.00	8699.53	30.64	349.78	25.35	296.83			296.83
4	457.87	15.50	7096.99	24.99	374.77	20.68	317.51			317.51
3	457.87	12.00	5494.44	19.35	394.12	16.01	333.52			333.52
2	457.87	8.50	3891.90	13.71	407.83	11.34	344.86			344.86
1	468.48	5.00	2342.40	8.25	416.08	6.82	351.68			351.68

$$\sum W_i h_i = 109620.70$$

* La fuerza en el nivel once (11) incluye la fuerza concentrada en el tope.

4. EJEMPLO N^o. 2

4.1 Edificio con estructura formada por muros de bloques como elementos sismo-resistentes, de cuatro (4) pisos ubicado en Santo Domingo de Guzmán D.N., destinado a apartamentos familiares y localizado sobre un suelo no definido.



4.2 DATOS

- a) Uso : Apartamentos Familiares.
- b) Ubicación: Santo Domingo de Guzmán, D. N.
- c) Número de pisos: Cuatro (4).
- ch) Altura entrepisos: 2.62 M.
- d) Altura total del edificio: 10.48 M.
- e) Tipo de suelo: Suelo no definido.
- f) Módulo de elasticidad de los muros: $E = 600 \times f_m' = 21,000 \text{ Kg./cm}^2$.
- g) Módulo de elasticidad cortante de los muros:
 $G = 0.4 E = 8,400 \text{ Kg./cm}^2$.

4.3 Cargas Permanentes

4.3.1 Techo (espesor losas: 0.10 M.)

- a) Peso propio de la losa $0.10 \times 2.4 = 0.24 \text{ Ton/M}^2$.
 - b) Fino e impermeabilizante $0.05 \times 2.0 = 0.10 \text{ Ton/M}^2$.
 - c) Pañete $0.01 \times 2.0 = \underline{0.02 \text{ Ton/M}^2}$.
- $W_m = 0.36 \text{ Ton/M}^2$.

4.3.2 Entrepisos (espesor losas: 0.10 M.)

- a) Peso propio de la losa $0.10 \times 2.4 = 0.24 \text{ Ton/M}^2$.
 - b) Relleno y mosaicos $0.07 \times 2.0 = 0.14 \text{ Ton/M}^2$.
 - c) Pañete $0.10 \times 2.0 = 0.02 \text{ Ton/M}^2$.
 - ch) Panderetes $\underline{= 0.10 \text{ Ton/M}^2}$.
- $W_m = 0.50 \text{ Ton/M}^2$.

4.4 Cargas Vivas

- a) Techo $W_V = 0.100 \text{ Ton/M}^2$.
- b) Entrepisos : $W_V = 0.200 \text{ Ton/M}^2$.

4.5 Verificación de las Limitaciones del Método Cuasi-Estático

- a) Altura del edificio: $H = 10.48 \text{ M.} < 45.00 \text{ M.}$
- b) Número de pisos: $N = 4 \text{ pisos} < 15 \text{ pisos}$
(Véase acápite 6.2.2 de las Recomendaciones Provisionales para el Análisis Sísmico de Estructuras).

4.6 Determinación del Coeficiente de Corte Basal

4.6.1 Coeficiente de zonificación sísmica, Z.

En la tabla IX de las Recomendaciones Provisionales para el Análisis Sísmico de Estructuras se observa que la ciudad de Santo Domingo de Guzmán está ubicada en la Zona II. El coeficiente de zonificación sísmica para la Zona II se encuentra en la tabla I, $Z = 2/3$.

4.6.2 Coeficiente de uso, U.

Los edificios destinados a apartamentos familiares están clasificados en el grupo B. El coeficiente de uso para las edificaciones que pertenecen a este grupo se encuentra en la tabla II, $U = 1.00$.

4.6.3 Coeficiente de sitio, S.

En la tabla III de las R.P.A.S. se encuentra que los suelos no definidos pertenecen al tipo 4, $S = 1.35$.

4.6.4 Densidad muro - área.

Como la planta del primer piso se repite en los tres pisos restantes, sólo se requerirá determinar la longitud total de muros de carga y el área correspondiente a un piso.

- Longitud total de muros de carga:

$$\sum L = 63.20 + 39.20 = 102.40 \text{ M.}$$

- Área de un piso:

$$A_i = 16.80 \times 12.00 - 2.00 \times 2.70 = 196.20 \text{ M}^2.$$

- La densidad muro - área será:

$$d_i = \frac{102.40}{196.20} = 0.52 > 0.10.$$

4.6.5 Coeficiente de reducción por capacidad de disipación de energía, R_d .

Según el acápite 5.2.2 de las Recomendaciones Provisionales para el Análisis Sísmico de Estructuras, las construcciones en las cuales las fuerzas sísmicas se resisten por medio de muros de bloques se clasifican en el Tipo II - B. de la tabla IV, $R_d = 3.5$.

4.6.6 Período de vibración de la estructura, T .

El período de vibración de la estructura se determina para ambas direcciones independientemente, para estructuras Tipo II y para $d_i > 0.10$ se obtiene de la tabla V, $K_0 = 0.07$.

- a) Período de vibración de la estructura en dirección X-X.

$$T_x = \frac{0.07 \times 10.48}{\sqrt{16.80}} = 0.18 \text{ segundos.}$$

- b) Período de vibración de la estructura en dirección Y-Y.

$$T_y = \frac{0.07 \times 10.48}{\sqrt{12.00}} = 0.21 \text{ segundos.}$$

4.6.7 Coeficiente sísmico espectral, C.

El acápite 6.3.1 de las Recomendaciones Provisionales para el Análisis Sísmico de Estructuras especifica que para períodos de vibración inferiores a 0.5 segundos se use un coeficiente espectral constante.

$$C_x = C_y = 0.635$$

4.6.8 Producto C x S.

El acápite 6.4.3 de las Recomendaciones Provisionales para el Análisis Sísmico de Estructuras indica que el producto C x S no será mayor que 0.635.

$$C \times S = 0.635 \times 1.35 = 0.857.$$

Use $C \times S = 0.635$.

4.6.9 Coeficiente de corte basal, C_b .

El coeficiente de corte basal será igual para ambas direcciones:

$$C_b = \frac{2/3 \times 1 \times 0.635}{3.5} = 0.121$$

NOTA: El coeficiente de corte basal no será menor que 0.03.

(Véase acápite 6.4.2 de las Recomendaciones Provisionales para el Análisis Sísmico de Estructuras).

4.7 Determinación del Peso Total del Edificio

a) Carga permanente por piso.

$$W_{m4} = 0.36 \times 196.20 + 1.8 \times 102.40 \times 0.15 \times 1.26 = 105.47 \text{ Ton.}$$

$$W_{m3} = 0.5 \times 196.20 + 1.8 \times 102.40 \times \frac{(0.20 + 0.15)}{2} \times 2.52 = 179.39 \text{ Ton.}$$

$$W_{m2} = 0.50 \times 196.20 + 1.8 \times 102.40 \times 0.20 \times 2.52 = 191.00 \text{ Ton.}$$

$$W_{m1} = 0.50 \times 196.20 + 1.8 \times 102.40 \times 0.20 \times 2.52 = 191.00 \text{ Ton.}$$

b) Carga viva por piso.

$$W_{v4} = 0.10 \times 196.20 = 19.62 \text{ Ton.}$$

$$W_{v3} = 0.20 \times 196.20 = 39.24 \text{ Ton.}$$

$$W_{v2} = 0.20 \times 196.20 = 39.24 \text{ Ton.}$$

$$W_{v1} = 0.20 \times 196.20 = 39.24 \text{ Ton.}$$

c) Coeficiente de reducción para la carga viva.

(Véase tabla VIII de las Recomendaciones Provisionales para el Análisis Sísmico de Estructuras).

- En techo $\emptyset = 0.10$.

- En entrepiso $\emptyset = 0.15$.

$$W'_{v4} = 0.10 \times 19.62 = 1.96 \text{ Ton.}$$

$$W'_{v3} = 0.15 \times 39.24 = 5.89 \text{ Ton.}$$

$$W'_{v2} = 0.15 \times 39.24 = 5.89 \text{ Ton.}$$

$$W'_{v1} = 0.15 \times 39.24 = 5.89 \text{ Ton.}$$

ch) Carga permanente más porcentaje de carga viva por piso.

$$W_4 = 105.47 + 1.96 = 107.43 \text{ Ton.}$$

$$W_3 = 179.39 + 5.89 = 185.28 \text{ Ton.}$$

$$W_2 = 191.00 + 5.89 = 196.89 \text{ Ton.}$$

$$W_1 = 191.00 + 5.89 = 196.89 \text{ Ton.}$$

d) Carga total del edificio a ser considerada en el análisis.

$$W = 686.49 \text{ Ton.}$$

4.8 Cortante Basal, V

El cortante basal será igual para ambas direcciones y se determinará por la expresión: $V = C_b W$

$$V = 0.121 \times 686.49 = 83.07 \text{ ton.}$$

4.9 Determinación de las Fuerzas Horizontales "F_i" y los Cortantes "V_i" en Cada Piso

NOTA 1 :

La fuerza "F_i" en cada piso de la estructura será calculada por la expresión siguiente:

$$F_i = \frac{(V - F_t) W_i h_i}{\sum_{i=1}^N W_i h_i}$$

(Véase subacápite 6.5.2.3 de las Recomendaciones Provisionales para el Análisis Sísmico de Estructuras).

NOTA 2:

Cuando se calcule el cortante " V_i ", se deberá tener presente la expresión siguiente:

$$W_i = F_t + \sum_{i=1}^N F_i$$

(Véase subacápite 6.5.2.6 de las Recomendaciones Provisionales para el Análisis Sísmico de Estructuras).

NOTA 3:

La fuerza en el tope " F_t " se calculará de acuerdo al subacápite 6.5.2.4 de las Recomendaciones Provisionales para el Análisis Sísmico de Estructuras.

4.9.1 Fuerza concentrada en el tope, F_t .

La fuerza concentrada en el tope será $F_t = 0$, por ser el período de vibración de la estructura menor que 0.7 segundos. (Véase subacápite 6.5.2.5, de las Recomendaciones Provisionales para el Análisis Sísmico de Estructuras).

4.9.2 Valores tabulados de " F_i " y " V_i ".

En la tabla siguiente, se presentan los valores calculados para las fuerzas " F_i " en cada piso y los cortantes " V_i " en cada piso.

PISO	PESO TOTAL W_i (Ton.)	ALTURA h_i (m.)	PESO X ALTURA $W_i h_i$	FUERZA F_i (Ton)	CONSTANTE V_i (Ton).
4	107.43	10.48	1125.87	22.65	22.65
3	185.28	7.86	1456.30	29.29	51.94
2	196.89	5.24	1031.70	20.75	72.69
1	196.89	2.62	515.85	10.38	83.07

$$\sum W_i h_i = 4129.72$$

4.10 Determinación del Centro de Masa del Primer Piso

Para los fines de este ejemplo se calculará el centro de masa a partir de las áreas.

ELEMENTOS	A R E A (A) M^2	X M	AX M^3	Y M	AY M^3
1	16.8 x 12.00 =201.60	8.30	1,673.28	5.90	1,189.44
2	2.00 x 2.70 =-5.40	8.30	-44.82	1.25	-6.75
	$\sum A=196.20$		$\sum AX=1,628.46$		$\sum AY=1,182.69$

$$x_{cm} = \frac{1,628.46}{196.20} = 8.30 \text{ M.}$$

4.11 Determinación del Centro de Rigidez del Primer Piso

Para determinar el centro de rigidez se calculará la rigidez de cada muro de acuerdo a la expresión siguiente:

$$K = \frac{I}{\Delta T}, \text{ donde } \Delta T = \frac{Ph^3}{3E I} + \frac{1.2 Ph}{A' G}$$

Se considera $G = 0.4E$ y $P = 1 \text{ Ton.}$
se tiene:

$$K = \frac{3E}{h \left(\frac{h^2}{12} + \frac{9}{A'} \right)}$$

4.11.1 El valor de la coordenada del centro de rigidez que corresponde a la dirección X se denominará X_{cr} y se determinará por la expresión: *

$$X_{cr} = \frac{\sum KX}{\sum K} \text{ de donde } X_{cr} = \frac{17,302,147}{2,084,500} = 8.30 \text{ M.}$$

4.11.2 El valor de la coordenada del centro de rigidez que corresponde a la dirección Y se denominará Y_{cr} y se determinará por la expresión: **

$$Y_{cr} = \frac{\sum KY}{\sum K} \text{ de donde } Y_{cr} = \frac{4,501,767}{713,579} = 6.31 \text{ M}$$

* Véase Tabla 11, página 29 de este Manual.

** Véase Tabla 1, Página 28 de este Manual.

4.12 Determinación de la Fuerza Cortante Directa en los Muros del Primer Piso

La fuerza cortante directa en el muro i se calculará por la expresión:

$$V_{di} = V_i \frac{K}{\sum K}$$

4.13 Determinación del Momento Torsor en el Piso I y el Cortante Producido por dicho Momento Torsor

El momento torsor será determinado por la expresión siguiente:

$$M_{ti} = V_i e_{in}$$

(Véase subacápites 6.5.2.10 y 6.5.2.11 de las Recomendaciones Provisionales para el Análisis Sísmico de Estructuras).

La excentricidad normativa e_{in} será calculada por la expresión:

$$e_{in} = 1.5 e_i \pm e_a.$$

4.13.1 Excentricidad geométrica.

$$e_x = X_{cm} - X_{cr} = 8.30 - 8.30 = 0.00 \text{ M.}$$

$$e_y = Y_{cm} - Y_{cr} = 6.03 - 6.31 = -0.28 \text{ M.}$$

4.13.2 Excentricidad accidental.

$$e_{ax} = 0.05 \times 16.80 = 0.84 \text{ M.}$$

$$e_{ay} = 0.05 \times 12.00 = 0.60 \text{ M.}$$

4.13.3 Excentricidad normativa.

$$e_{nx} = 1.5 e_x + e_{ax} = 1.5 \times 0.00 + 0.84 = 0.84 \text{ M.}$$

$$e'_{nx} = 1.5 e_x - e_{ax} = 1.5 \times 0.00 - 0.84 = -0.84 \text{ M.}$$

$$e_{ny} = 1.5 e_y + e_{ay} = 1.5 \times (-0.28) + 0.60 = 0.18 \text{ M.}$$

$$e'_{ny} = 1.5 e_y - e_{ay} = 1.5 \times (-0.28) - 0.60 = -1.02 \text{ M.}$$

4.13.4 Momento torsor.

$$M_{tx} = 83.07 \times (-1.02) = -84.73 \text{ Ton. M.}$$

$$M'_{tx} = 83.07 \times 0.18 = 14.95 \text{ Ton. M.}$$

$$M_{ty} = 83.07 \times 0.84 = 69.78 \text{ Ton. M.}$$

$$M'_{ty} = 83.07 \times (-0.84) = -69.78 \text{ Ton. M.}$$

4.13.5 La fuerza cortante producida por el momento torsor se calculará por la fórmula:

$$V_t = \frac{M_t \sum K_d}{\sum K d_x^2 + \sum K d_y^2}$$

4.13.6 La fuerza cortante en el muro i será igual a la suma de la fuerza cortante directa y la fuerza cortante producida por el momento torsor.

NOTA: La fuerza cortante producida por el momento torsor que reduzca la fuerza cortante directa deberá despreciarse. (Véase subacápito 6.5.2.13 de las Recomendaciones Provisionales para el Análisis Sísmico de Estructuras).

4.14 Explicación de las Tablas N^o. 1 y N^o. 2

- a) La columna (1) indica los muros de bloques que resistirán las fuerzas cortantes horizontales.
- b) La columna (2) indica la longitud de cada muro.
- c) La columna (3) indica el momento de inercia del muro.
- ch) La columna (4) indica el área (se refiere a área bruta) del muro.
- d) La columna (5) indica la rigidez (K) del muro calculada por la fórmula de la sección 4.11 de este manual.
- e) La columna (6) indica la distancia de cada muro al eje de referencia (X-X, Y-Y).
- f) La columna (7) indica el producto de la columna (6) por la columna (5).
- g) La columna (8) indica los valores de la fuerza cortante directa para cada muro calculada por la fórmula de la sección 4.12 de este manual.
- h) La columna (9) indica la distancia desde el centro de rigidez al centro de gravedad de cada muro.
- i) La columna (10) indica el producto de la columna (5) por la columna (9).
- j) La columna (11) indica el producto de la columna (9) elevada al cuadrado por la columna (5).
- k) Las columnas (12) y (13) indican las fuerzas cortantes producidas por los momentos torsores calculados por la fórmula indicada en el acápite 4.13.5, de este manual.
- l) La columna (14) indica la fuerza cortante en cada muro según se indica en el acápite 4.13.6, de este manual.

T A B L A I

MURO (1)	Lx (2)	Iy (3)	A' (4)	K (5)	SOLICITACIONES EN MUROS X - X					(PRIMER NIVEL)			
					Y (6)	YK (7)	Vd (8)	dy (9)	K(dy) (10)	K(dy) ² (11)	Vt1 (12)	Vt2 (13)	V (14)
A-1-2	190	11,431,667	3,800	28,717	11.80	338,860	3.34	5.49	157,656	865,533	-0.21	0.04	3.38
A-2	70	571,667	1,400	1,900	11.80	22,420	0.22	5.49	10,431	57,266	-0.01	0.00	0.22
A-3	130	3,661,667	2,600	10,827	11.80	127,758	1.26	5.49	59,440	326,327	-0.08	0.01	1.27
A-5	140	4,573,333	2,800	13,195	11.80	155,701	1.54	5.49	72,440	397,699	-0.10	0.02	1.56
A-7	130	3,661,667	2,600	10,827	11.80	127,758	1.26	5.49	59,440	326,327	-0.08	0.01	1.27
A-8	70	517,667	1,400	1,900	11.80	22,420	0.22	5.49	10,431	57,266	-0.01	0.00	0.22
A-8-9	190	11,431,667	3,800	28,717	11.80	338,860	3.34	5.49	157,656	865,533	-0.21	0.04	3.38
B-2	120	2,880,000	2,400	8,717	7.60	66,249	1.01	1.29	11,245	14,506	-0.01	0.00	1.01
B-3-7	460	162,226,667	9,200	171,584	7.60	1,304,038	19.97	1.29	221,343	285,532	-0.29	0.05	20.02
B-8	120	2,880,000	2,400	8,717	7.60	66,249	1.01	1.29	11,245	14,506	-0.01	0.00	1.01
C-1	270	32,805,000	5,400	63,966	6.90	441,365	7.45	0.59	37,740	22,267	-0.05	0.01	7.46
C-9	270	32,805,000	5,400	63,966	6.90	441,365	7.45	0.59	37,740	22,267	-0.05	0.01	7.46
D-1	270	32,805,000	5,400	63,966	5.10	326,226	7.45	-1.21	-77,399	93,653	0.10	-0.02	7.55
D-9	270	32,805,000	5,400	63,966	5.10	326,226	7.45	-1.21	-77,399	93,653	0.10	-0.02	7.55
E-3-4	240	23,040,000	4,800	49,534	4.00	198,136	5.77	-2.31	-114,423	264,318	0.15	-0.03	5.92
E-6-7	240	23,040,000	4,800	49,534	4.00	198,136	5.77	-2.31	-114,423	264,318	0.15	-0.03	5.92
G-1-2	190	11,431,667	3,800	28,717	0.00	-	3.34	-6.31	-181,204	1,143,399	0.24	-0.04	3.58
G-2	100	1,666,667	2,000	5,263	0.00	-	0.61	-6.31	-33,210	209,552	0.04	-0.01	0.65
G-4	80	853,333	1,600	2,793	0.00	-	0.33	-6.31	-17,624	111,206	0.02	0.00	0.35
G-6	80	853,333	1,600	2,793	0.00	-	0.33	-6.31	-17,624	111,206	0.02	0.00	0.35
G-8	100	1,666,667	2,000	5,263	0.00	-	0.61	-6.31	-33,210	209,552	0.04	-0.01	0.65
G-8-9	190	11,431,667	3,800	28,717	0.00	-	3.34	-6.31	-181,204	1,143,399	0.24	-0.04	3.58

$$\sum K (d_y)^2 = 6,899,285$$

$$\sum K = 713,579 \quad \sum YK = 4,501,767$$

$$Y_{cr} = \frac{4,501,767}{713,579} = 6.31 \text{ M.}$$

T A B L A II

SOLICITACIONES EN MUROS Y - Y (PRIMER NIVEL)

MURO (1)	L _y (2)	I _x (3)	A (4)	K (5)	X (6)	X.K (7)	V _d (8)	d _x (9)	K d _x (10)	K(d _x) ² (11)	V _{t1} (12)	V _{t2} (13)	V (14)
1-A-B	410	114,868,333	8,200	141,850	0.00	-	5.65	-8.30	-1,177,355	9,772,046	-1.27	1.27	6.92
1-C	70	571,667	1,400	1,900	0.00	-	0.08	-8.30	-15,770	130,891	-0.02	0.02	0.10
1-D	70	571,667	1,400	1,900	0.00	-	0.08	-8.30	-15,770	130,891	-0.02	0.02	0.10
1-E-G	410	114,868,333	8,200	141,850	0.00	-	5.65	-8.30	-1,177,355	9,772,046	-1.27	1.27	6.92
2-A-C	510	221,085,000	10,200	201,584	3.70	745,860	8.03	-4.60	-927,286	4,265,517	-1.00	1.00	9.03
2-D-G	510	221,085,000	10,200	201,584	3.70	745,860	8.03	-4.60	-927,286	4,265,517	-1.00	1.00	9.03
3-B	320	54,613,333	6,400	90,290	6.10	550,769	3.60	-2.20	-198,638	437,004	-0.21	0.21	3.81
4-B-E	380	91,453,333	7,600	124,280	7.20	894,816	4.95	-1.10	-136,708	150,379	-0.15	0.15	5.10
4-F-G	280	36,586,667	5,600	69,030	7.20	497,816	2.75	-1.10	-75,933	83,526	-0.08	0.08	2.83
5-A-B	400	106,666,667	8,000	135,964	8.30	1,128,501	5.42	0.00	0	0	0	0	5.42
6-B-E	380	91,453,333	7,600	124,280	9.40	1,168,232	4.95	1.10	136,708	150,379	0.15	-0.15	5.10
6-F-G	280	36,586,667	5,600	69,030	9.40	648,882	2.75	1.10	75,933	83,526	0.08	-0.08	2.83
7-B	320	54,613,333	6,400	90,290	10.50	948,045	3.60	2.20	198,638	437,004	0.21	-0.21	3.81
8-A-C	510	221,085,000	10,200	201,584	12.90	2,600,433	8.03	4.60	927,286	4,265,517	1.00	-1.00	9.03
8-D-G	510	221,085,000	10,200	201,584	12.90	2,600,433	8.03	4.60	927,286	4,265,517	1.00	-1.00	9.03
9-A-B	410	114,868,333	8,200	141,850	16.60	2,354,710	5.65	8.30	1,177,355	9,772,046	1.27	-1.27	6.92
9-C	70	571,667	1,400	1,900	16.60	31,540	0.08	8.30	15,770	130,891	0.02	-0.02	0.10
9-D	70	571,667	1,400	1,900	16.60	31,540	0.08	8.30	15,770	130,891	0.02	-0.02	0.10
9-E-G	410	114,868,667	8,200	141,850	16.60	2,354,710	5.65	8.30	1,177,355	9,772,046	1.27	-1.27	6.92

$$\sum (K d_x^2) = 58,015,634$$

$$\sum K = 2084500 \quad \sum X.K = 17,302,147$$

$$X_{cr} = \frac{17,302,147}{2,084,500} = 8.30 \text{ M.}$$

5. EJEMPLO N^o. 3 (METODO SIMPLIFICADO)

5.1 Edificio con estructura formada por muros de bloques como elementos sismo-resistentes, de cuatro (4) pisos ubicado en Santo Domingo de Guzmán, D. N. destinado a apartamentos familiares y localizado sobre un suelo no definido. *

5.2 Datos

- a) Uso : Apartamentos familiares.
- b) Ubicación : Santo Domingo de Guzmán, D. N.
- c) Número de pisos : Cuatro (4).
- ch) Altura entrepisos : 2.62 Mts.
- d) Altura total del edificio : 10.48 Mts.
- e) Tipo de suelo : No definido.
- f) Longitud total de muros en la dirección X-X:

$$\sum L_x = 39.20 \text{ M.}$$
- g) Longitud total de muros en la dirección Y-Y:

$$\sum L_y = 63.20 \text{ M.}$$
- h) Tipo estructural : 1-B.
- i) Area total de un piso : $A = 196.20 \text{ M}^2$.

5.3 Cargas Permanentes

- a) Techo : $W_m = 0.36 \text{ Ton/M}^2$.
- b) Entrepisos: $W_m = 0.50 \text{ Ton/M}^2$.

5.4 Cargas Vivas

- a) Techo : $W_v = 0.10 \text{ Ton/M}^2$.
- b) Entrepisos: $W_v = 0.20 \text{ Ton/M}^2$.

* Ver figura ejemplo N^o. 2 página 15 de este manual.

5.5 Verificación de las Limitaciones del Método Simplificado

(Véase sección 6.2 de las Recomendaciones Provisionales para el Análisis Sísmico de Estructuras).

a) Número de pisos: 4 (R.P.A.S.-6.2.1.1).

b) Tipo estructural: 11-B (R.P.A.S.-6.2.1.1.).

$$c) \sum L_x = 39.80 \text{ M.} > 0.50 (4 \times 16.8) = 33.60 \text{ M.}$$

$$\sum L_y = 63.20 \text{ M.} > 0.50 (6 \times 11.8 + 4.0) = 37.4 \text{ M.} \\ \text{(R.P.A.S.-6.2.1.2).}$$

$$ch) \frac{H}{D_{\min}} = \frac{10.48}{12.00} = 0.873 < 1.5 \quad \text{(R.P.A.S.-6.2.1.3)}$$

$$d) \frac{h}{T_{\min}} = \frac{262}{15} = 17.47 < 20 \quad \text{(R.P.A.S.-6.2.1.4)}$$

5.6 Determinación del Coeficiente de Corte Basal, C_b

a) Coeficiente de zona, $Z = 2/3$ (R.P.A.S.-Tablas IX y I).

b) Coeficiente de uso, $U = 1.0$ (R.P.A.S.-Tabla II).

c) Coeficiente de sitio, $S = 1.35$ (R.P.A.S.-Tabla III).

ch) Densidad muro-área,

$$d = \frac{63.20 + 39.2}{196.20} = 0.52 > 0.10 \quad \text{(R.P.A.S.-2.2.6).}$$

d) Coeficiente de reducción por capacidad de disipación de energía, $R_d = 3.5$ (R.P.A.S.-Tabla IV).

- e) Período de vibración de la estructura para las direcciones X-X e Y-Y respectivamente:

$$T_x = \frac{0.07 \times 10.48}{\sqrt{16.80}} = 0.18 \text{ segundos (R.P.A.S.-6.5.1.2).}$$

$$T_y = \frac{0.07 \times 10.48}{\sqrt{12.00}} = 0.21 \text{ segundos (R.P.A.S.-6.5.1.2).}$$

- f) Coeficiente sísmico espectral $C_x = C_y = 0.635$ (R.P.A.S.-6.3.1).

- g) Producto $C \times S = 0.635$ (R.P.A.S.-6.4.3)*.

- h) Coeficiente de corte base 1, $C_{bx} = C_{by} = \frac{2/3 \times 1 \times 0.635}{3.5} = 0.121$. (R.P.A.S.-6.4.1).

5.7 Determinación de la Carga Total del Edificio a ser Considerada en el Análisis Sísmico

- a) Carga permanente por piso

$$W_{m4} = 0.36 \times 196.2 + 1.8 \times 102.4 \times 0.15 \times 1.26 = 105.47 \text{ Ton.}$$

$$W_{m3} = 0.50 \times 196.2 + 1.8 \times 102.4 \times \frac{(0.2 + 0.15)}{2} \times 2.52 = 179.39 \text{ Ton.}$$

$$W_{m2} = 0.50 \times 196.2 + 1.8 \times 102.4 \times 0.20 \times 2.52 = 191.00 \text{ Ton.}$$

$$W_{m1} = 0.50 \times 196.2 + 1.8 \times 102.4 \times 0.20 \times 2.52 = 191.00 \text{ Ton.}$$

- b) Carga viva por piso

$$W_{v4} = 0.10 \times 196.2 = 19.62 \text{ Ton.}$$

$$W_{v3} = 0.20 \times 196.2 = 39.24 \text{ Ton.}$$

$$W_{v2} = 0.20 \times 196.2 = 39.24 \text{ Ton.}$$

$$W_{v1} = 0.20 \times 196.2 = 39.24 \text{ Ton.}$$

- c) Carga permanente más porcentaje de carga viva por piso.

$$W_4 = 105.47 + (0.10 \times 19.62) = 107.43 \text{ Ton.}$$

$$W_3 = 179.39 + (0.15 \times 39.24) = 185.28 \text{ Ton.}$$

$$W_2 = 191.00 + (0.15 \times 39.24) = 196.89 \text{ Ton.}$$

$$W_1 = 191.00 + (0.15 \times 39.24) = 196.89 \text{ Ton.}$$

- ch) Carga total $W = 686.49 \text{ Ton.}$

5.8 Cortante Basal, V

$$V = 0.121 \times 686.49 = 83.07 \text{ Ton. (P.P.A.S.-6.5.1.1).}$$

5.8.1 Resistencia a la fuerza cortante (Teoría Elástica).

Como todos los pisos son iguales se analizará sólo el primer piso.

- a) Dirección X-X.

$$\sum L_x = 39.20 \text{ M.} \quad v_x = \frac{83.070}{20(0.8 \times 3,920)} = 1.32 \text{ kgs/cm}^2.$$

- b) Dirección Y-Y.

$$\sum L_y = 63.20 \text{ M.} \quad v_y = \frac{83.070}{20(0.8 \times 6,320)} = 0.82 \text{ kgs/cm}^2.$$

- c) Esfuerzo cortante resistido por los muros (v_m).

$$v_m = 0.85 \times 0.291 \sqrt{45} = 1.66 \text{ kgs/cm}^2.$$

- ch) v_x y v_y son menores que v_m , por lo tanto satisfacen los requisitos de las R.P.A.S. para la aplicación del Método Simplificado.

NOTA: Se ha tomado $f'_m = 45 \text{ Kgs/cm}^2$ considerando una separación de huecos llenos igual a 0.10 M. la cual satisface la cuantía de los muros de bloques armados en dos direcciones.

5.8.2 Resistencia a la fuerza cortante considerando la Teoría de Rotura para fines de diseño.

Como todos los pisos son iguales se analizará el primer piso.

a) Dirección X-X.

$$\sum L_x = 39.20 \text{ M.} \quad v_x = \frac{1.4 \times 83,070}{20(0.8 \times 3,920)} = 1.85 \text{ Kgs/cm}^2.$$

b) Dirección Y-Y.

$$\sum L_y = 63.20 \text{ M.} \quad v_y = \frac{1.4 \times 83,070}{20(0.8 \times 6,320)} = 1.15 \text{ Kgs/cm}^2.$$

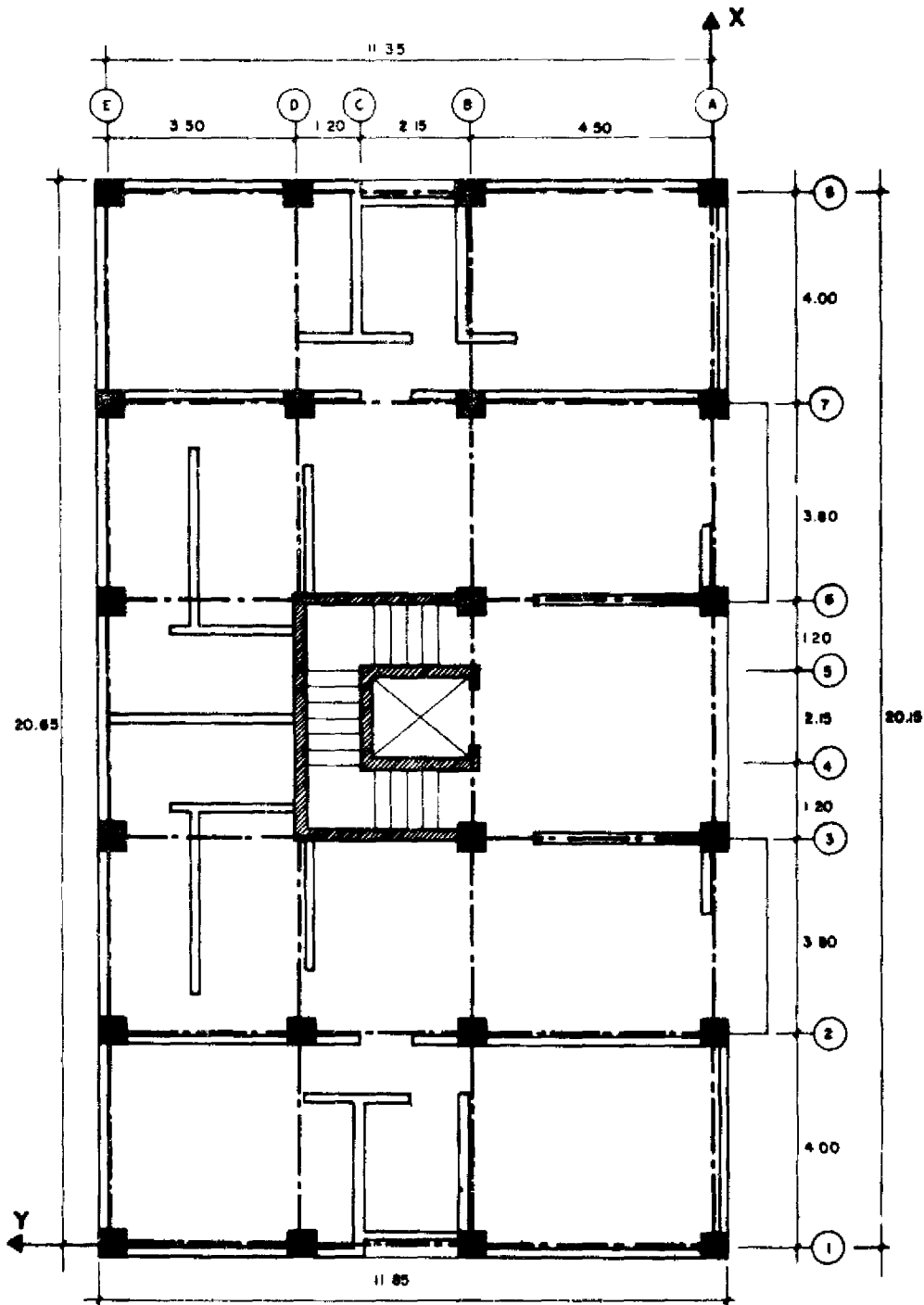
c) Esfuerzo cortante resistido por los muros (v_m).

$$v_m = 0.85 \times 0.85 \times 0.53 \sqrt{45} = 2.57 \text{ Kgs/cm}^2.$$

ch) v_x y v_y son menores que v_m , por tanto se satisfacen los requisitos de las R.P.A.S. para la aplicación del Método Simplificado.

6. EJEMPLO N^o. 4

6.1 A continuación se presenta un edificio con estructura constituida por pórticos y muros de hormigón de 10 pisos ubicado en Santo Domingo de Guzmán y destinado a apartamentos familiares, localizado sobre un suelo no definitivo.



6.2 Datos

- a) Uso : Apartamentos Familiares.
- b) Ubicación : Santo Domingo de Guzmán.
- c) Número de pisos : Diez (10).
- ch) Altura del primer entrepiso : 3.00 M.
- d) Altura de otros entrepisos : 2.60 M.
- e) Altura total del edificio : 26.40 M.
- f) Tipo de suelo : Suelo no definido.
- g) Módulo de elasticidad: $E = 200,000 \text{ kgs/cm}^2$.
- h) Módulo de elasticidad cortante: $G = 0.4E = 80,000 \text{ kgs/cm}^2$.

6.3 Cargas Permanentes

6.3.1 Techo (espesor losa: 0.10 M.).

- a) Peso propio de la losa $0.10 \times 2.4 = 0.24 \text{ Ton/M}^2$.
 - b) Fino e impermeabilizante $0.05 \times 2.0 = 0.10 \text{ Ton/M}^2$.
 - c) Pañete $0.01 \times 2.0 = 0.02 \text{ Ton/M}^2$.
-
- $W_m = 0.36 \text{ Ton/M}^2$.

6.3.2 Entrepisos (espesor losa: 0.10 M.).

- a) Peso propio de la losa $0.10 \times 2.4 = 0.24 \text{ Ton/M}^2$.
 - b) Mosaicos y rellenos $= 0.14 \text{ Ton/M}^2$.
 - c) Pañete $= 0.02 \text{ Ton/M}^2$.
-
- $W_m = 0.4 \text{ Ton/M}^2$.

6.4 Cargas Vivas

a) Techo $W_v = 0.10 \text{ Ton/M}^2$.

b) Entrepiso $W_v = 0.20 \text{ Ton/M}^2$.

6.5 Verificación de las Limitaciones del Método Cuasi-Estático

a. Altura del edificio : $H = 26.40 \text{ M.} < 45.00 \text{ M.}$

b) Número de pisos : $N = 10 \text{ pisos} < 15 \text{ pisos.}$

(Véase acápite 6.2.2 de las Recomendaciones Provisionales para el Análisis Sísmico de Estructuras).

6.6 Determinación del Coeficiente de Corte Basal, C_b

6.6.1 Coeficiente de zonificación sísmica, Z .

En la tabla IX de las Recomendaciones Provisionales para el Análisis Sísmico de Estructuras se observa que la ciudad de Santo Domingo de Guzmán está ubicada en la Zona II.

El coeficiente de zonificación sísmica para la Zona II se encuentra en la tabla I, $Z = 2/3$.

6.6.2 Coeficiente de uso, U .

Los edificios destinados a apartamentos familiares están clasificados en el grupo "B". El coeficiente de uso para las edificaciones que pertenecen al grupo B se encuentra en la tabla II de las R.P.A.S., $U = 1.00$.

6.6.3 Coeficiente de sitio, S .

En la tabla III de las R.P.A.S. se encuentra que los suelos no definidos pertenecen al tipo 4, $S = 1.35$.

6.6.4 Coeficiente de reducción por capacidad de disipación de energía, R_d .

Según la sección 5.3 de las Recomendaciones Provisionales para el Análisis Sísmico de Estructuras, las construcciones cuya resistencia a las fuerzas sísmicas en la dirección del análisis dependa de una combinación de pórticos y muros de hormigón armado se clasificarán en el tipo III de la tabla IV, $R_d = 6.5$.

6.6.5 Período de vibración de la estructura, T .

El período de vibración de la estructura se determinará para la dirección Y-Y y para la dirección X-X independientemente. Para las estructuras tipo III el valor de K_o se encuentra en la tabla V, $K_o = 0.09$.

a) Período de vibración para la dirección Y-Y.

$$T_y = \frac{K_o H}{\sqrt{D_y}} = \frac{0.09 \times 26.40}{\sqrt{11.85}} = 0.69 \text{ segundos.}$$

b) Período de vibración para la dirección X-X.

$$T_x = \frac{K_o H}{\sqrt{D_x}} = \frac{0.09 \times 26.40}{\sqrt{20.65}} = 0.523 \text{ segundos.}$$

6.6.6 Coeficiente sísmico espectral, C .

El acápite 6.3.1 de las Recomendaciones Provisionales para el Análisis Sísmico de Estructuras presenta el valor de C en función del período de vibración de la estructura:

$$\text{a) Para la dirección Y-Y } C_y = \frac{0.4}{(0.69)^{2/3}} = 0.512$$

$$\text{b) Para la dirección X-X } C_x = \frac{0.4}{(0.523)^{2/3}} = 0.616$$

6.6.7 Productos C x S.

El acápite 6.4.3 de las Recomendaciones Provisionales para el Análisis Sísmico de Estructuras, indica que el producto C x S no será mayor que 0.635.

$$\text{a) Para la dirección Y-Y, } C \times S = 0.512 \times 1.35 = 0.691$$

$$\text{b) Para la dirección X-X, } C \times S = 0.616 \times 1.35 = 0.832$$

Use C x S = 0.635 para ambas direcciones.

6.6.8 Coeficiente de corte basal, C_b .

El coeficiente de corte basal será igual para ambas direcciones, su valor será:

$$C_b = \frac{(2/3) \times 1 \times 0.635}{6.5} = 0.065$$

NOTA:

El coeficiente de corte basal no será menor que 0.03 (véase acápite 6.4.2 de las Recomendaciones Provisionales para el Análisis Sísmico de Estructuras).

6.7 Determinación de la Carga Permanente Total del Edificio más Porcentaje de Carga Viva

a) Carga permanente por piso.

En la tabla siguiente están tabuladas las cargas permanentes por piso.

NIVEL	MUROS DE BLOQUES DE 0.15M	MUROS DE BLOQUES DE 0.10M	MUROS DE HORMIGON	COLUMNAS	VIGAS	LOSAS	CARGAS PERMANENTES
							W_m
10	13.20	12.87	10.74	17.16	25.90	88.82	168.69
9	26.40	25.74	21.47	34.32	25.90	98.69	232.52
8	26.40	25.74	21.47	34.32	25.90	98.69	232.52
7	26.40	25.74	21.47	34.32	25.90	98.69	232.52
6	26.40	25.74	21.47	34.32	25.90	98.69	232.52
5	26.40	25.74	21.47	34.32	25.90	98.69	232.52
4	26.40	25.74	21.47	34.32	25.90	98.69	232.52
3	26.40	25.74	21.47	34.32	25.90	98.69	232.52
2	26.40	25.74	21.47	34.32	25.90	98.69	232.52
1	28.80	28.08	23.12	36.96	25.90	98.69	241.55

b)	Carga viva por piso.
W_{v10}	$= 246.72 \times 0.10 = 24.67 \text{ Ton.}$
W_{v9}	$= 246.72 \times 0.20 = 49.34 \text{ Ton.}$
W_{v8}	$= 246.72 \times 0.20 = 49.34 \text{ Ton.}$
W_{v7}	$= 246.72 \times 0.20 = 49.34 \text{ Ton.}$
W_{v6}	$= 246.72 \times 0.20 = 49.34 \text{ Ton.}$
W_{v5}	$= 246.72 \times 0.20 = 49.34 \text{ Ton.}$
W_{v4}	$= 246.72 \times 0.20 = 49.34 \text{ Ton.}$
W_{v3}	$= 246.72 \times 0.20 = 49.34 \text{ Ton.}$
W_{v2}	$= 246.72 \times 0.20 = 49.34 \text{ Ton.}$
W_{v1}	$= 246.72 \times 0.20 = 49.34 \text{ Ton.}$

c) Coeficiente de reducción para la carga viva (véase tabla N^o.VIII de las Recomendaciones Provisionales para el Análisis Sísmico de Estructuras).

$$\emptyset_i = 0.15 \text{ en entrepisos} \quad \emptyset_i = 0.10 \text{ en techo.}$$

$$W'_{vi} = 0.15 W_{vi} \text{ en entrepisos} \quad W'_{vt} = 0.10 W_{vt} \text{ en techo.}$$

ch) Carga permanente más porcentaje de carga viva.

$$W_{10} = 168.69 + 0.10 \times 24.67 = 171.16 \text{ Ton.}$$

$$W_9 = 232.52 + 0.15 \times 49.34 = 239.92 \text{ Ton.}$$

$$W_8 = 232.52 + 0.15 \times 49.34 = 239.92 \text{ Ton.}$$

$$W_7 = 232.52 + 0.15 \times 49.34 = 239.92 \text{ Ton.}$$

$$W_6 = 232.52 + 0.15 \times 49.34 = 239.92 \text{ Ton.}$$

$$W_5 = 232.52 + 0.15 \times 49.34 = 239.92 \text{ Ton.}$$

$$W_4 = 232.52 + 0.15 \times 49.34 = 239.92 \text{ Ton.}$$

$$W_3 = 232.52 + 0.15 \times 49.34 = 239.92 \text{ Ton.}$$

$$W_2 = 232.52 + 0.15 \times 49.34 = 239.92 \text{ Ton.}$$

$$W_1 = 241.55 + 0.15 \times 49.34 = 248.95 \text{ Ton.}$$

d) Carga total del edificio a ser considerada en el Análisis Sísmico.

$$W = 2339.47 \text{ Ton.}$$

6.8 Cortante Basal

El cortante basal será igual para ambas direcciones y su valor será:

$$V = C_b W = 0.065 \times 2339.47 = 152.07 \text{ Ton.}$$

6.9 Determinación de las Fuerzas Horizontales "F_i" y los Cortantes "V_i" en Cada Piso

6.9.1 La fuerza "F_i" en cada piso de la estructura será calculada con la expresión siguiente:

$$F_i = \frac{(V - F_t) W_i h_i}{\sum_{j=1}^N W_j h_j}$$

(Véase subacápite 6.5.2.3 de las Recomendaciones Provisionales para el Análisis Sísmico de Estructuras).

6.9.2 Cuando se refiera al cortante "V_i" se deberá tener presente la expresión:

$$V_i = F_i + \sum_{j=i}^N F_j$$

(Véase subacápite 6.5.2.6 de las Recomendaciones Provisionales para el Análisis Sísmico de Estructuras).

6.9.3 La fuerza en el tope "F_t" se calculará de acuerdo al subacápite 6.5.2.4, (véase las Recomendaciones Provisionales para el Análisis Sísmico de Estructuras).

6.9.4 Análisis para la dirección Y-Y.

6.9.4.1 Fuerza concentrada en el tope

$$F_t = 0$$

6.9.5 Análisis para la dirección X-X.

6.9.5.1 Fuerza concentrada en el tope.

$$F_t = 0.$$

6.9.6 En la tabla siguiente se presentan los valores calculados para las fuerzas " F_i " en cada piso.

TABLA I							
	PESO TOTAL	ALTURA	PESO X ALTURA	DIRECCION Y-Y		DIRECCION X -X	
				FUERZA	CORTANTE	FUERZA	CORTANTE
NIVEL	W_i (TON.)	h_i (M)	$W_i h_i$	F_{iy}	V_{iy}	F_{ix}	V_{ix}
10	171.16	26.40	4518.62	20.52	20.52	20.52	20.52
9	239.92	23.80	5710.10	25.94	46.46	25.94	46.46
8	239.92	21.20	5086.30	23.10	69.56	23.10	69.56
7	239.92	18.60	4462.51	20.27	89.83	20.27	89.83
6	239.92	16.00	3838.72	17.44	107.27	17.44	107.27
5	239.92	13.40	3214.93	14.60	121.87	14.60	121.87
4	239.92	10.80	2591.14	11.77	133.64	11.77	133.64
3	239.92	8.20	1967.34	8.94	142.58	8.94	142.58
2	239.92	5.60	1343.55	6.10	148.68	6.10	148.68
1	248.95	3.00	746.85	3.39	152.07	3.39	152.07

$$\sum W_i h_i = 33,480.06$$