

FOTO 6.3 UNION VIGA DE CARGA - COLUMNA

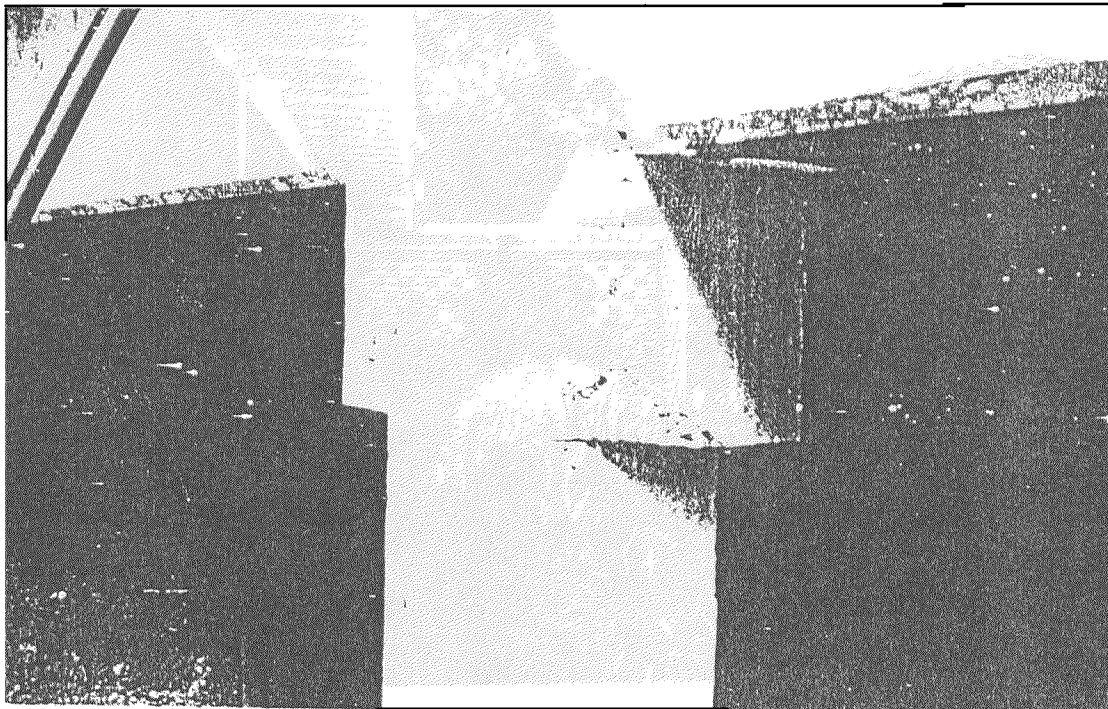


FOTO 6.4 DETALLE DEL ARMADO DE UNA MENSULA

6.2.- ESTRUCTURA EN SU ESTADO ACTUAL

6.2.1.- PESOS Y MASAS

A continuación se presenta una estimación de los pesos y masa del edificio de Anatomía Patológica

A.- CARGAS PERMANENTES

PLANTA BAJA

Peso vigas "TT35,5 x 122" = 284,45 kg/ml

p.p. viga pretensada prefabricada 240 kg/m²

Sobrepiso (e =12 cm)	}	3cm granito	84 kg/m ²
		9 concreto	216 kg/m ²

Paredes	}	Bloque Concreto (e = 15cm).....	270 kg/m ²
		Bloque Hueco	160 kg/m ²

PLANTA TECHO

p.p. viga pretensada prefabricada 240 kg/m²

Relleno por pendiente (e = 5 cm) 120 kg/m²

Manto impermeabilizante 15 kg/m²

B.- CARGA VARIABLE

Salas de operaciones y laboratorios 300 kg/m²

Habitaciones 175 kg/m²

Depósito de cadáveres 600 kg/m²

Corredores y vestíbulos	300 kg/m ²
Techos y terrazas no accesibles	100 kg/m ²

C.- CALCULO DE LOS PESOS

PLANTA BAJA

$$\text{Viga pretensada} \quad 240 \text{ kg/m}^2 \times (79 \times 23,6\text{m}^2) = 447456 \text{ kg}$$

$$\text{Sobrepiso} \quad 300 \text{ kg/m}^2 \times (79 \times 23,60\text{m}^2) = 559320 \text{ kg}$$

$$\text{Paredes bloques concreto} \quad 450 \text{ kg/m}^2 \times (79 \times 23,60\text{m}^2) = 838980 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{PESO} = & (447456 + 559320 + 838980) + 0,25 [(5 \times 6 \text{ m}^2) \times 600 \text{ kg/m}^2 \\ & + (1834,4 \text{ m}^2) \times 300 \text{ kg/m}^2] = 1.987.836 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\text{Masa} \cong 202.634 \text{ kg/m/seg}^2$$

PLANTA TECHO

$$\text{Viga pretensada} \quad 240 \text{ kg/m}^2 \times (79 \times 24,8 \text{ m}^2) = 470.208 \text{ kg}$$

$$\text{Relleno por pendiente} \quad 120 \text{ kg/m}^2 \times (79 \times 24,8 \text{ m}^2) = 235.104 \text{ kg}$$

$$\text{Manto impermeabilizado} \quad 15 \text{ kg/m}^2 \times (79 \times 24,8 \text{ m}^2) = 29.388 \text{ kg}$$

$$\text{PESO} = 734 700 \text{ kg}$$

$$\text{Masa} \cong 74.893 \text{ kg/m/seg}^2$$

PESO Y MASA TOTAL

Peso Total = 2 722,5 Ton

Masa Total = 277,5 Ton/m/seg²

6.2.2.- MODELAJE ESTRUCTURAL

La configuración actual del edificio ha sido modelada como un sistema estructural aporticado, o sea Tipo I de acuerdo a la Norma COVENIN 1756-82. Esta consideración es válida para la dirección longitudinal, pero debatible para la dirección transversal.

En los pórticos de carga las vigas no son continuas y se conectan entre sí a través de la columna (véase Foto 6.3 y Figura 6.2). En la dirección transversal existen vigas prefabricadas pretensadas del tipo Prevenca (TT 35,5x122 cm), las cuales actúan como entrepiso y con el sobrepiso y el piso conforman un diagrama horizontal.

En los esquemas que se presentan en el Anexo D-1 se da la numeración de nodos y miembros usados en el análisis dinámico realizado al edificio.

El análisis dinámico de la estructura en su estado actual se realizó con el programa de cálculo automatizado SAP 90 (Wilson, 1988) con tres grados de libertad por nivel, usando el espectro de respuesta dado en la Figura 4.2 para una ductilidad de 2. Esta ductilidad se adoptó siguiendo lo indicado en la Tabla 5.3 de la Norma Covenin 1756 para un nivel de diseño uno (ND1), estructura tipo I de para la dirección longitudinal y estructura tipo IV para la dirección transversal.

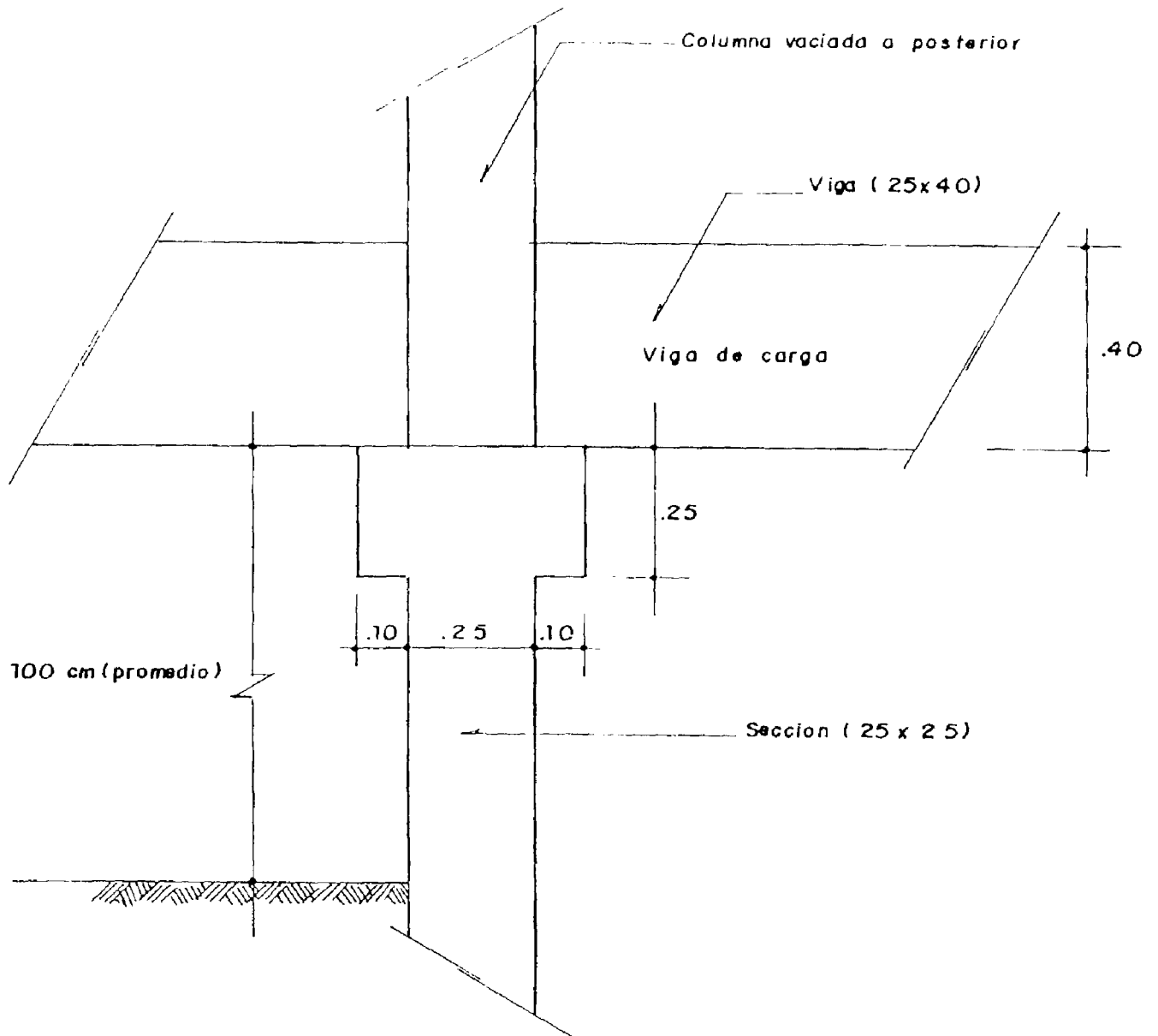


FIGURA 6.2 DETALLE DE LA UNION DE LAS VIGAS DE CARGA

Tomando en consideración las incertidumbres en el tipo de unión viga-columna, se estudiaron dos modelos uno con las juntas articuladas y otro con las juntas rígidas

6.2.3.- PROPIEDADES DINAMICAS

Como resultado del análisis dinámico, las propiedades de los modelos con juntas articuladas y juntas rígidas se presentan en las Tablas 6.1 y 6.2, respectivamente (véase Anexo D2). Del análisis de dichas tablas notamos que el período fundamental es similar, así como el porcentaje de masa participativa, por tanto adoptamos como modelo el de juntas articuladas por ser más conservador

6.2.4.- SOLICITACIONES EN LOS ELEMENTOS Y DESPLAZAMIENTOS

Las solicitaciones en los elementos del modelo, las reacciones en la base de la estructura (juntas 1 a la 78) y los desplazamientos nodales se dan en los Anexos D-3 a D-6. Las juntas 190 y 290 son juntas maestras donde se concentran las masas de los niveles de Planta Baja y Techo, respectivamente.

En el análisis la estructura se consideró empotrada en el nivel del subsuelo (juntas 1 a la 78) por lo que se deprecia la interacción suelo-estructura de cimentación.

Para evaluar la simultaneidad de direcciones de la acción sísmica se consideraron las siguientes combinaciones

TABLA 6.1
PROPIEDADES DINAMICAS DEL MODELO DE JUNTAS
ARTICULADAS

MODO #	PORCENTAJE DE MASA PARTICIPATIVA		PERIODO T (seg)
	DIRECCION X	DIRECCION Y	
1	0,00	49,13	1,10
2	49,16	0,00	1,10
3	0,00	0,02	0,90
4	0,00	50,76	0,18
5	50,84	0,00	0,18
6	0,00	0,09	0,16

TABLA 6.2
PROPIEDADES DINAMICAS DEL MODELO DE JUNTAS
RIGIDAS

MODO #	PORCENTAJE DE MASA PARTICIPATIVA		PERIODO T (seg)
	DIRECCION X	DIRECCION Y	
1	0,00	49,15	1,10
2	0,00	0,01	0,71
3	50,98	0,00	0,38
4	0,00	50,79	0,18
5	0,00	0,05	0,16
6	49,02	0,00	0,14

1) $100\% S_x + 30\% S_y$

2) $30\% S_x + 100\% S_y$

6.2.4.1.- CORTANTES

Los cortes basales para las combinaciones consideradas son:

i) $100\% S_x + 30\% S_y$

$$V_{ox} = 754,6 \text{ Ton}$$

$$V_{oy} = 230,2 \text{ Ton}$$

ii) $30\% S_x + 100\% S_y$

$$V_{ox} = 249,2 \text{ Ton}$$

$$V_{oy} = 754,3 \text{ Ton}$$

Los correspondientes cortantes sísmicos se dan a continuación:

i) $100\% S_x + 30\% S_y$

$$C_x = 0,28$$

$$C_y = 0,08$$

ii) 30% Sx + 100% Sy

$$C_x = 0,09$$

$$C_y = 0,28$$

6.2.4.2.- DERIVAS

La deriva del nivel Planta Baja es igual a:

$$\delta = \frac{0,027389}{1,00} = 2,74\%$$

La deriva del nivel del Techo es igual a:

$$\delta = \frac{(0,203693 - 0,027387)}{3} = 5,88\%$$

Los valores obtenidos indican una gran deformabilidad y desplazamientos que la estructura no es capaz de absorber dado que el sistema estructural posee baja hiperestaticidad. Las derivas exceden los valores permitidos en las normas vigentes.

6.3.- ESTRUCTURA REFORZADA

El análisis dinámico de la estructura reforzada se realizó con el programa de cálculo automatizado SAP 90 con tres grados de libertad por nivel, usando el espectro de diseño dado en la Figura 4.2 con una ductilidad de 2.

Los resultados del análisis de la estructura en su estado actual reflejan que las fuerzas cortantes inducidas en los elementos portantes a nivel de subplanta baja, así como el sistema de vinculación a los elementos de la losa de planta baja, reflejan una elevada vulnerabilidad de este tipo de configuración estructural a las acciones sísmicas.

Para reducir esta vulnerabilidad a niveles aceptables se han analizado alternativas de intervención que satisfacen los lineamientos generales establecidos en los códigos de diseño sismorresistente. Entre estas se han considerado: muros de mampostería reforzada, muros de concreto armado, contrafuertes y diagonales metálicas.

De las alternativas estudiadas, la que mejor satisface las condiciones de seguridad, economía y que no perturba el funcionamiento de la instalación hospitalaria, consiste en disponer muros de mampostería reforzada en los ejes A, D, G, J y M en el tramo 1-6 y en los ejes 1, 3, 4 y 6 en los tramos A-C, F-H y K-M (Figura 6.3). La capacidad de los muros se ha estimado con arreglo a los criterios establecidos en el Título D, Mampostería Estructural, del Código Colombiano de Construcciones Sismorresistentes (Decreto 1400, 7 Junio 1984), vigente. Por sus características se ha asignado a la estructura reforzada la ductilidad $D = 2$.

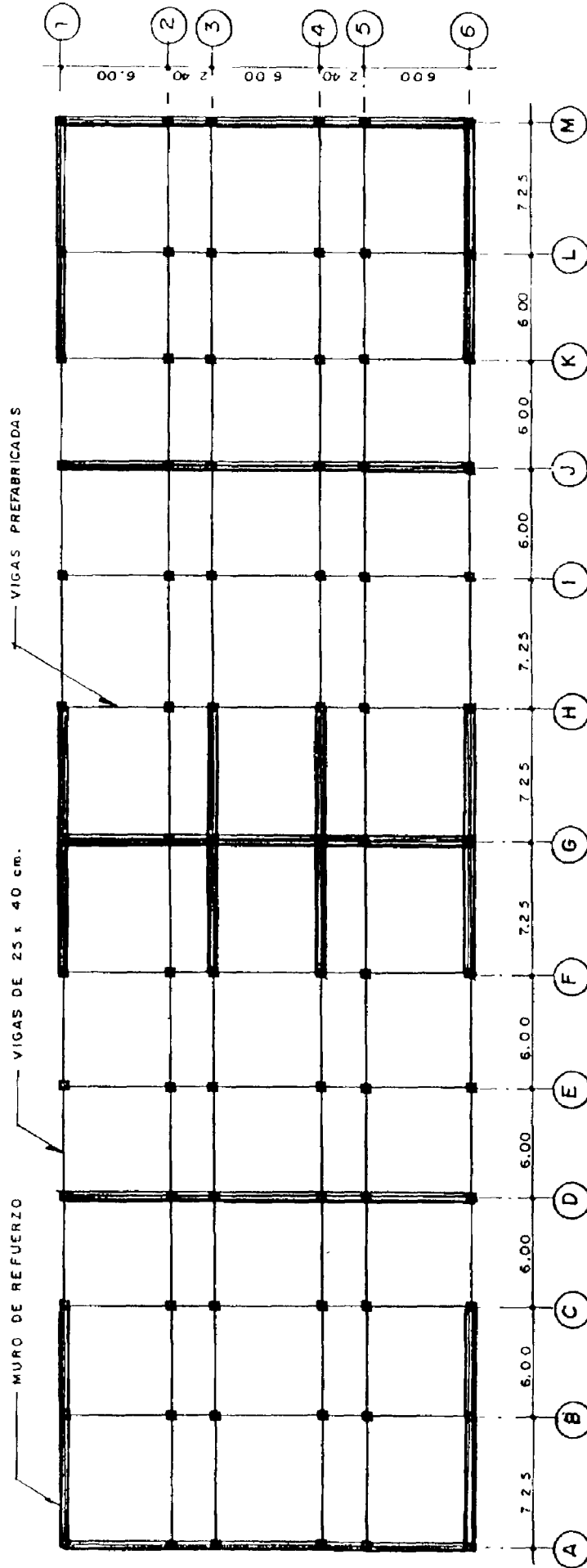


FIGURA 6.3 UBICACION DE MUROS DE MAMPOSTERIA REFORZADA EN EL NIVEL SUBPLANTA BAJA

6.3.1.- MODELAJE ESTRUCTURAL

De acuerdo a las evaluaciones preliminares, al modelo de la estructura en su estado actual (véase Sección 6.2.2), se le añadieron, en el nivel subplanta baja, los muros de mampostería reforzada indicados en la Figura 6.3, los cuales deben transferir el corte a las fundaciones y vigas de riostra.

En la dirección longitudinal se añadieron 111 metros de muros y en la dirección transversal 114 metros; el ancho de los muros es 30 cm

En la Figura 6.4 se presenta un esquema de la ubicación de un muro en el nivel subplanta baja con indicación genérica del acero de refuerzo.

Los mecanismos para transferir corte son: (a) a lo largo de las vigas de riostra (superficie a hacer rugosa); (b) en el tope por medio de clavos disparados, llaves o similar; (c) en los extremos de las columnas

A continuación se presentan resultados del análisis dinámico de la estructura reforzada.

6.3.2.- PROPIEDADES DINAMICAS

Las propiedades dinámicas del modelo reforzado se dan en la Tabla 6.3 (véase el Anexo D-7) En dicha tabla podemos notar que el período fundamental disminuyó de 1,10 segundos a 0,66 segundos, reflejando el aumento de rigidez de la estructura.

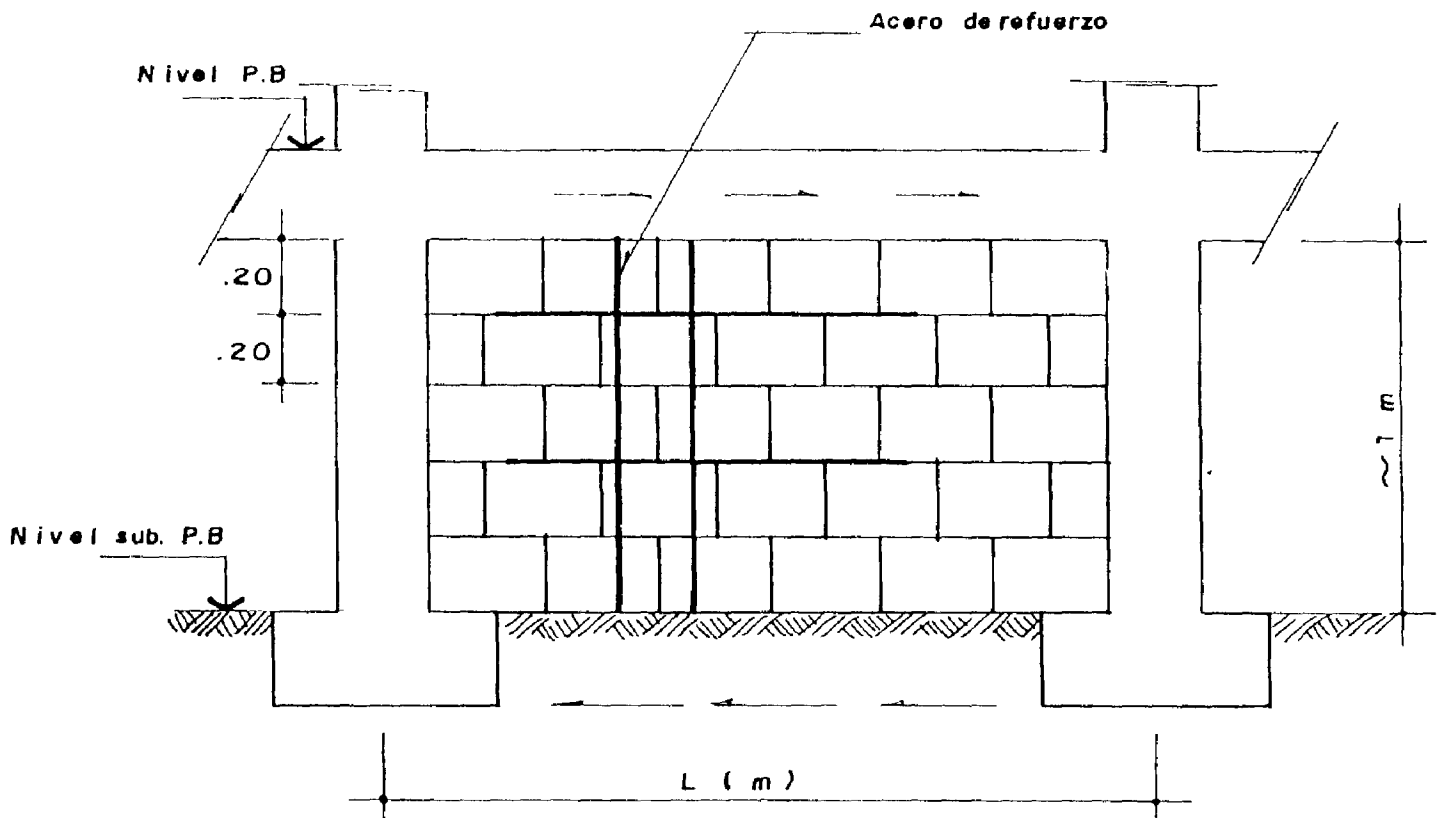


FIGURA 6.4 ESQUEMA DE MURO DE MAMPOSTERIA REFORZADA A NIVEL DE SUBPLANTA BAJA

TABLA 6.3

PROPIEDADES DINAMICAS DE LA ESTRUCTURA REFORZADA

MODO #	PORCENTAJE DE MASA PARTICIPATIVA		PERIODO T (seg)
	DIRECCION X	DIRECCION Y	
1	0,00	30,06	0,66
2	0,00	0,01	0,48
3	30,08	0,00	0,32
4	0,00	69,92	0,01
5	0,00	0,01	0,01
6	69,92	0,00	0,01

6.3.3.- CORTANTES EN LOS MUROS

Las fuerzas cortantes en los muros de mampostería reforzada, empleados como refuerzo, para la dirección transversal y la combinación 30% Sx + 100% Sy se dan en la Tabla 6.4 (véase Anexos D-8 y D-9).

TABLA 6.4

FUERZA CORTANTE EN MUROS EN DIRECCION TRANSVERSAL

MURO	FUERZA CORTANTE (ton)	PORCENTAJE DEL CORTE BASAL
EJE A	252,64	13,22
EJE D	249,20	13,04
EJE G	252,82	13,23
EJE J	253,68	13,27
EJE M	261,60	13,69

El corte basal en la dirección transversal es de 1911,26 ton, de las cuales los muros toman un 66,45% y las columnas el restante 33,55%.

Para la dirección longitudinal y la combinación 100% S_x + 30% S_y , los muros dispuestos en esa dirección toman los cortes que se indican en la Tabla 6 5 (véase Anexos D-10 y D-11).

TABLA 6.5

FUERZA CORTANTE EN MUROS EN DIRECCION LONGITUDINAL

MURO	FUERZA CORTANTE / MURO (ton)	PORCENTAJE DEL CORTE BASAL
1 (A - C) , 1 (K - M) 6 (A - C), 6 (K - M)	92,68	7,83
1 (F - H), 3 (F - H) 4 (F - H), 6 (F - H)	123,11	10,40

El corte basal en la dirección longitudinal es de 1184,24 Ton, del cual los muros toman un 72,92% y las columnas el restante 27,08%.

Las solicitaciones en los diferentes elementos del modelo, reacciones en la base (juntas 1 a 78) y desplazamientos modales para las combinaciones utilizadas se dan en los Anexos D-8 a D-11.

6.3.4.- DERIVAS

Para la combinación 100% Sx + 30% Sy, se obtienen las siguientes derivas:

a) Nivel Planta Baja

$$\delta_x = \frac{0,00001402}{1,00} \times 2 = 0,003\%$$

$$\delta_y = \frac{0,00001865}{1,00} \times 2 = 0,004\%$$

b) Nivel de Techo

$$\delta_x = \frac{(0,010797 - 0,00001402)}{3,00} \times 2 = 0,72\%$$

$$\delta_y = \frac{(0,012665 - 0,00001865)}{3,00} \times 2 = 0,84\%$$

Para la combinación 30% Sx + 100% Sy, se obtienen las siguientes derivas:

a) Nivel Planta Baja

$$\delta_x = \frac{0,00008843}{1,00} \times 2 = 0,002\%$$

$$\delta_y = \frac{0,00004133}{1,00} \times 2 = 0,008\%$$

b) Nivel de Techo

$$\delta_x = \frac{(0,003239 - 0,00008843)}{3,00} \times 2 = 0,22\%$$

$$\delta_y = \frac{(0,042218 - 0,00004133)}{3,00} \times 2 = 2,81\%$$

En resumen, todas las derivas son inferiores a los valores establecidos en la Norma COVENIN 1756 (2,4%) excepto en un caso, a nivel de techo, donde es ligeramente superior. Es de hacer notar que en la solución definitiva todos los desplazamientos estarán por debajo de lo estipulado en las normas.

6.3.5.- VERIFICACION DE LA SEGURIDAD

La solución propuesta, satisface los límites de la deriva establecida en la Norma COVENIN 1756, esto es inferior al 2,4% .

Los muros de reforzamiento son confinados, parcialmente reforzados, y por su rigidez se les asigna la totalidad de la fuerza cortante (1911,26 Ton) El área total de muros en la dirección transversal es igual a $22,8 \times 5 \times 0,30 \text{ m}^2 = 34,2 \text{ m}^2$, la cual conduce a un esfuerzo unitario de $5,6 \text{ kg/cm}^2$, comparable con los valores aceptables para mampostería de ese tipo.

En la dirección longitudinal la longitud de muros es igual a 111 m y el área es igual a $33,3 \text{ m}^2$. La fuerza cortante en esa dirección es igual a 1184,24 Ton, lo cual da lugar a esfuerzos unitarios de $3,6 \text{ kg/cm}^2$, inferiores a los de la dirección transversal

En base a los resultados obtenidos, el reforzamiento propuesto resulta adecuado para reducir la vulnerabilidad a sismos del Edificio de Anatomía Patológica. Es de destacar que este reforzamiento deberá ser optimizado en el proyecto final a nivel de la Ingeniería de Detalle.