



CAPITULO V

5. ANALISIS SISMICO DE LA ESTRUCTURA



5.1. INTRODUCCIÓN DEL ANÁLISIS DEL EDIFICIO

La estructura consiste de marcos arriostrados concéntricamente marcos especiales de momento de concreto reforzado y marcos de gravedad, separados a 7.2m de longitud en ambas direcciones, El edificio es cerrado con aislantes no estructurales como son paneles de vidrio, paneles Covintec y con muros de concreto reforzado en el sótano los cuales soportaran las cargas gravitacionales en combinación con las cargas sísmicas y las presiones del suelo, además sobre los cuales se anclaran los marcos arriostrados y algunos marcos de gravedad.

El techo y los entrepisos son diseñados para resistir las cargas gravitacionales, este sistema estructural está compuesto de una losa de concreto sobre una lamina de acero apoyado sobre vigas de acero separados a una distancia de 2.4 m. Debido a que los marcos resisten las cargas laterales en cada dirección del edificio, la lamina de acero actúa como un diafragma para distribuir los efectos de las excentricidades causadas por los efectos sísmicos y las irregularidades del edificio.

El edificio tiene juntas de expansión que divide la estructura en tres cuerpos que actúan de manera independiente; Ala norte, Ala sur y las escaleras centrales las cuales comunican a cada uno de los cuerpos.

5.2. Especificación técnica de los materiales.

1. Concreto

Losa de fundación y vigas: Resistencia a la compresión, $F'_c = 3000Psi$

Peso volumétrico del concreto reforzado. $\gamma = 150 lbs/ft^3$.

Modulo de elasticidad del concreto. $E_c = 3604996.53Psi$

2. Acero de refuerzo

Tipo ASTM A615, Grado 40, con esfuerzo de fluencia $F_y = 40 Ksi$ para losa de fundación y vigas.

Tipo ASTM A615, Grado 60, con esfuerzo de fluencia $F_y = 60 Ksi$ para Muros y columnas.



Modulo de elasticidad del acero $E = 29000\text{Ksi}$.

Peso volumétrico del acero $\gamma = 490 \text{ lbs/ft}^3$.

3. Acero estructural

Perfiles de acero de patín o ala ancha ASTM A992. $F_y = 50 \text{ Ksi}$; $E = 29000\text{Ksi}$.

Perfiles cuadrados o rectangulares huecos de acero: ASTM A500 Grado B.
 $F_y = 46 \text{ Ksi}$ $E = 29000\text{Ksi}$.

Placas de acero, ASTM A36 y ASTM A572 Grado B donde sea especificado en los planos.

4. Pernos

Todos los pernos serán ASTM A325.

Los pernos de alta resistencia son ASTM A307.

5. Soldadura

Electrodo bajo hidrogeno según Norma ASW A5.5, E70XX.

6. Suelo

Según estudio de suelo del sitio donde se empleara el proyecto, la presión recomendada para el diseño de los cimientos de la estructura es de 3 kg/cm^2 .

Tomando en cuenta que habrá un sótano 4.46 metros de profundidad en el edificio, se recomienda que el nivel de desplante este a una profundidad de 6.10 metros.



5.3.1 Modelo de la estructura en ETABS

El análisis de la estructura es desarrollado en ETABSv9.6.0, Las siguientes condiciones se consideran en el modelo:

El diafragma de entrepiso y techo es modelado como infinitamente rígido en el plano, e infinitamente flexible fuera del plano. Pesos adicionales son considerados para representar los elementos de cerramientos y otros pesos concentrados.

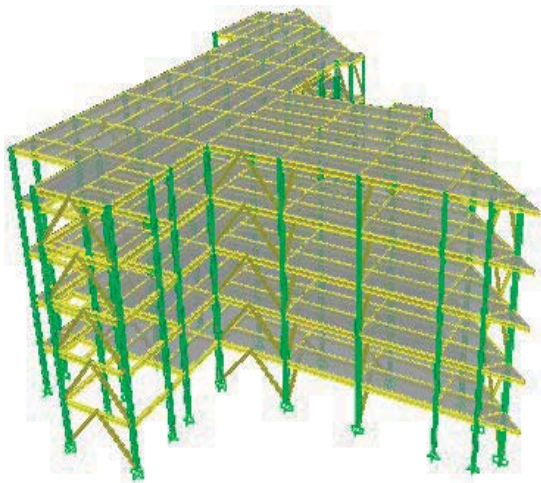
Las deformaciones por flexión, cortante, axial y torsión son incluidos en todas las columnas. Las deformaciones por flexión, cortante, axial y torsión son incluidas en las vigas. Debido a la consideración de acción diafragmática, las deformaciones por axial en las vigas son ignoradas.

Las columnas de los marcos especiales arriostrados concéntricamente y las columnas de concreto son modeladas como empotradas, las columnas de marcos gravitacionales son modeladas como articuladas en la base.

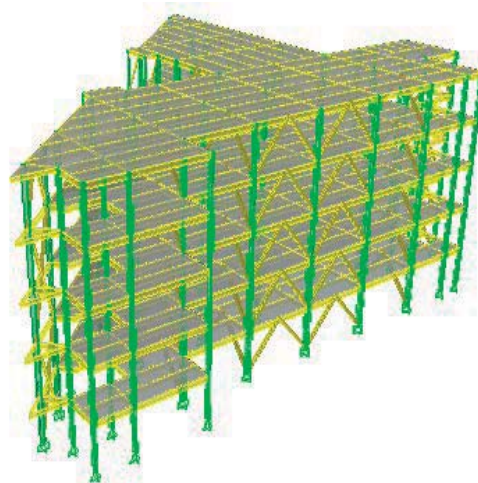
Se realizan 2 modelos uno sin los muros de sotano incluidos y otro con los muros incluidos, considerando que los desplazamientos en la parte superior de los muros son nulos debido a que el suelo esta lo suficientemente compacto y proporciona suficiente rigidez para restringir los desplazamientos en la parte superior.



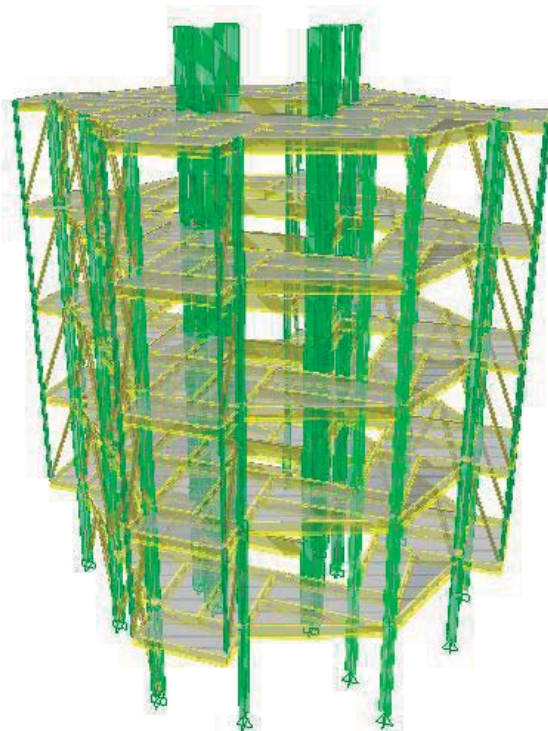
Ala Norte



Ala sur



Escalera Central





5.3.2. Cargas consideradas en el modelo

Estas son las cargas de todos los elementos no estructurales y las cargas vivas de diseño y cargas vivas reducidas para el cálculo de las fuerzas sísmicas y periodo fundamental de la estructura.

Cargas según el RNC-07

Descripcion	W(kg/m ²)	W(lb/ft ²)	
Cielo Falso	16	3.272	
Lámparas y acce.	5	1.022	
Aires	16	3.272	
Carga Viva	250	51.123	Para aulas de clase
CV Reducida	200	40.898	Para aulas de clases
Carga Viva	500	102.246	Para pasillos
CV Reducida	250	51.123	Para pasillos
Carga Viva	100	20.449	Techos con pendiente menores al 5%
CV Reducida	40	8.180	Techos con pendiente menores al 5%

Ala Norte y Ala Sur			
Entrepiso	CM(lbs/ft ²)	Cv(lbs/ft ²)	Cvr(lbs/ft ²)
Cubierta	25.163	20.449	8.180
5° Piso	52.036	153.369	92.021
4° Piso	53.515	153.369	92.021
3° Piso	53.508	153.369	92.021
2° Piso	54.315	153.369	92.021

Escalera Central			
Entrepiso	CM(lbs/ft ²)	Cv(lbs/ft ²)	Cvr(lbs/ft ²)
Cubierta	25.164	20.449	8.180
5° Piso	52.035	102.246	51.123
4° Piso	53.515	102.246	51.123
3° Piso	53.508	102.246	51.123
2° Piso	54.315	102.246	51.123



5.4. Clasificación de la estructura (Secc.2.3.1)

5.4.1 Grupos

Nuestro edificio es una estructura del grupo A por ser para uso educativo para lo cual se requiere que permanezca operativa luego de un sismo intenso.

5.4.2 Elección del tipo de análisis

Por considerarse una estructura irregular es necesario realizar un análisis dinámico para obtener las fuerzas de diseño.

5.4.3. Determinación del espectro de diseño (Secc.2.3.2).

El edificio está ubicado en la ciudad de Managua que se encuentra localizada en la zona sísmica C en el mapa de zonificación sísmica de Nicaragua. El coeficiente a_0 para esta zona es $0.30g$.

En el anexo C.1 se muestra el cálculo de la velocidad de onda cortante (V_s). La velocidad de onda cortante obtenidas en los 4 sondes muestran que el suelo se debe clasificar como moderadamente blando, entonces el factor de amplificación por tipo de suelo es 2.

5.4.4. Determinación del factor de reducción por ductilidad (Secc.2.3.4).

Para el factor de comportamiento sísmico, usaremos un valor de $Q=4$ puesto que el sistema resistente a cargas sísmicas está compuesto de marcos arriostrados concéntricamente y se debe cumplir con los requisitos definidos para dicho factor.

El factor de ductilidad debe calcularse en función del periodo fundamental de la estructura como se especifica en el ART.21 del RNC-07. debido a que el periodo fundamental para la estructura es mayor a 0.1 seg se usara un factor de reducción por ductilidad de $Q'=4$



5.5. Condiciones de irregularidad (Secc.2.3.4.2).

- 1) Su planta es sensiblemente simétrica con respecto a dos ejes ortogonales.



No cumple



Cumple.

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

Ala Norte y Sur.

$$\frac{21.73 \text{ m}}{46.8 \text{ m}} = 0.46 > 2.5 \text{ **Cumple**}$$

Escalera central.

$$\frac{24.64 \text{ m}}{20.96 \text{ m}} = 1.18 > 2.5 \text{ **Cumple**}$$

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

Ala Norte y Sur.

$$\frac{56.04 \text{ m}}{46.8 \text{ m}} = 1.2 > 2.5 \text{ **Cumple**}$$

Escalera central.

$$\frac{20.96 \text{ m}}{20.96 \text{ m}} = 1 > 2.5 \text{ **Cumple**}$$

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

Ala Norte y Sur

20% de longitud total (x) = 11.2 m

20% de longitud total (y) = 9.36 m

Longitud saliente (x) = 28.8 m

No cumple.

Escalera central.

No existen esquinas entrantes ni salientes.

Cumple

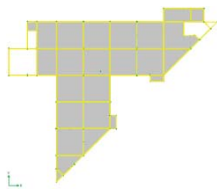
- 5) En cada nivel tiene un sistema de techo o piso rígido y resistente.

Cumplen.



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

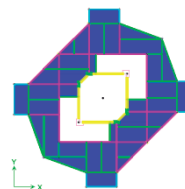
Ala Norte y sur.



Área total = 508.60 m²
 20% del área total = 101.71 m²
 Área de aberturas = 92.94 m²

Cumple

Escalera central.



Área total = 214.73 m²
 20% del área total = 42.95 m²
 Área de aberturas = 62.46 m²

No Cumple

- 7) El peso de cada nivel, incluyendo la carga viva que debe considerarse para diseño sísmico, no es mayor que 110 por ciento correspondiente al piso inmediato inferior, ni es menor que 70 por ciento de dicho peso, excepción hecha del último nivel de la construcción

	Ala Norte y Sur.			Escalera Central.		
	Peso (Ton)	% inmed inf.	Cumple	Peso (Ton)	% inmed inf.	Cumple
Cubierta	696.77			200.176		
5° Piso	1161.703	59.98	excepción	242.65	82.50	excepción
4° Piso	1174.791	98.89	Si	281.574	86.18	Si
3° Piso	1187.301	98.95	Si	288.099	97.74	Si
2° Piso	1210.76	98,06	Si	286.671	100.5	Si

- 8) Ningún piso tiene un área, delimitada por los paños exteriores de sus elementos resistentes verticales, mayor que 110 por ciento de 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.



Cumplen todos los entresijos en Ala Norte, Sur y Escalera Central son típicos, $A_1=A_2=A_3$.

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

10) La rigidez al corte de ningún entresijo excede en más de 50 por ciento de la del entresijo inmediatamente inferior. El último entresijo queda excluido de este requisito.

Cumplen con esta condición ya que la rigidez al corte depende de las siguientes variables, modulo de rigidez (G), altura de entresijo y área de la sección de cada elemento y estas son mayores en los niveles inferiores, por lo que la rigidez por entresijo aumenta en los niveles inferiores, sin variaciones bruscas.

11) La resistencia al corte de ningún entresijo excede en más de 50 por ciento de la del entresijo inmediatamente inferior. El último entresijo queda excluido de este requisito.

Cumplen con esta condición debidos a que la disposición de los elementos verticales resistentes a fuerzas cortantes, son típicos en todos los niveles sin variaciones bruscas de sección transversal.

12) En ningún entresijo la excentricidad torsional calculada estáticamente, e , excede del 10% de la dimensión en planta de ese entresijo medida paralelamente a la excentricidad mencionada. El cálculo del centro de masa se muestra en el anexo B.2, el cálculo del centro de torsión se realizo con la ayuda del software ETABS las excentricidades calculadas son las siguientes:

Ala Norte						
	ex(m)	10% Longitud	Cumple	ey(m)	10% Longitud	cumple
Techo	1.44	5.60	Si	1.97	4.68	Si
5to	1.03	5.60	Si	1.65	4.68	Si
4to	1.03	5.60	Si	1.65	4.68	Si
3er	1.20	5.60	Si	1.51	4.68	Si
2do	1.41	5.60	Si	1.78	4.68	Si



Escalera Central						
Techo	0.014	2.09	Si	-0.015	2.09	Si
5to	0.006	2.09	Si	-0.009	2.09	Si
4to	0.006	2.09	Si	-0.009	2.09	Si
3er	0.006	2.09	Si	-0.009	2.09	Si
2do	0.006	2.09	Si	-0.009	2.09	Si

Resumen de las irregularidades encontradas en el edificio.

Ala Norte y Sur		Escalera Central	
Irregularidad	Cumple	Irregularidad	Cumple
1	No	1	Si
2	Si	2	Si
3	Si	3	Si
4	No	4	Si
5	Si	5	Si
6	Si	6	No
7	Si	7	Si
8	Si	8	Si
9	Si	9	Si
10	Si	10	Si
11	Si	11	Si
12	Si	12	Si

La estructura del ala norte y sur se considera irregulares, las condiciones de irregularidad #1 y #4 no se cumplen, por lo tanto se debe afectar el factor de reducción por ductilidad Q' por factor de 0.8; $Q'=3.2$

La Escalera Central se considera una estructura irregular no cumple la condición #6 por lo tanto el factor por ductilidad Q' se debe afectar por el factor de 0.9; $Q'=3.6$

5.5 Factor de reducción por sobre-resistencia (Secc.2.3.5).

Se aplicara un factor de reducción por sobre resistencia en el cálculo de las fuerzas sísmicas y tiene un valor único de $\Omega = 2$



5.6. Calculo del coeficiente sísmico (Secc.2.3.6).

Factor de reducción por ductilidad $Q' = 3.2$ para Ala norte y sur

Factor de reducción por ductilidad $Q' = 3.6$ para escalera central.

Para Ala norte y Sur

$$C_s = \frac{2 * 2.7 * 0.30}{3.2 * 2} = 0.25$$

C_s no debe ser $< 2 * 0.30 = 0.60$

Para escalera Central

$$C_s = \frac{2 * 2.7 * 0.30}{3.6 * 2} = 0.23$$

Entonces $C_s = 0.60$

Calculo del periodo fundamental de la estructura basado en la teoría de RAYLEIGH'S

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\sum W_i X_i^2}{g \sum F_{si} X_i}} \quad \text{Ec. 2.9}$$

W_i = peso de la i -esima masa

X_i =desplazamiento del nivel i relativo a la base de la estructura en la dirección de la fuerza

F_{si} = fuerza cortante que actúa en el i -esimo nivel

g = aceleración de la gravedad

Con la ayuda del programa Etabs se obtuvieron las fuerzas cortantes, el peso de la estructura de cada nivel a si como los desplazamientos generados por dichas fuerzas con los cuales se calcula el periodo fundamental de la estructura.

Para Ala norte y sur

Entrepiso	W_i (ton)	F_{si} (ton)	X_i (cm)	Y_i (cm)	$W_i x_i^2$	$F_{si} x_i$	$W_i Y_i^2$	$F_{si} Y_i$
Cubierta	543.48	445.96	7.0734	7.1413	27191.93	3154.45	27716.48	3184.73
Entrepiso 5	1003.45	678.77	5.8568	5.7001	34420.45	3975.42	32603.23	3869.06
Entrepiso 4	1011.81	508.93	4.2535	3.9992	18305.93	2164.73	16182.49	2035.31
Entrepiso 3	1031.37	337.52	2.5717	2.3286	6821.11	868.00	5592.48	785.95
Entrepiso 2	1030.05	163.15	1.0256	0.8705	1083.46	167.33	780.54	142.02
			Σ		87822.88	10329.93	82875.22	10017.08



$$g = 981 \text{ cm/seg}^2$$

$$T_x = 0.585 \text{ seg} \quad T_y = 0.577$$

Para la escalera central

Entrepiso	Wi(ton)	Fsi(ton)	Xi	Yi	Wi xi2	Fsi xi	Wi Yi2	Fsi Yi
Cubierta	176.3	127.54	16.42	16.42	47523.53	2093.99	47520.63	2093.93
Entrepiso 5	203.22	129.62	13.60	13.60	37587.57	1762.83	37588.12	1762.84
Entrepiso 4	205.44	97.6	10.01	10.01	20597.04	977.26	20595.39	977.22
Entrepiso 3	210.2	64.77	5.92	5.92	7361.28	383.30	7360.78	383.28
Entrepiso 2	205.11	31	1.95	1.95	780.81	60.48	780.73	60.48
			Σ		113850.23	5277.86	113845.66	5277.76

$$T_x = 0.932 \text{ seg} \quad T_y = 0.932 \text{ seg}$$

Según FEMA 450 el periodo de la estructura no debe exceder el máximo permisible $C_u T_a$, donde T_a es el periodo aproximado calculado en dependencia del sistema resistente a fuerzas sísmicas y la altura máxima del edificio.

Para el cálculo del periodo aproximado se usara la siguiente ecuación.

$$T_a = C_r h_n^x$$

Ec.2.10

	Altura máxima del edificio (m)	De la tabla N° 1 Anexo A, Valores de Período Aproximados de los Parámetros de:	
		C_r	x
Para el ala norte y ala sur	21.73	0.0488	0.75
Para le escalera central	24.69	0.0488	0.75

$$T_{a_{\text{Ala Norte y Sur}}} = 0.488 * 21.73^{0.75} = 0.49 \text{ seg}$$

$$T_{a_{\text{Escalera central}}} = 0.0488 * 24.69^{0.75} = 0.54 \text{ seg}$$

El periodo máximo permisible $C_u T_a$ donde C_u se obtiene de la tabla N°2 anexo A, Considerando conservadoramente valores de respuesta espectral S_{D1} mayores a 0.4, $C_u = 1.4$.



$$T_{Ala Norte y Sur} = C_u * T_a = 0.69 \text{seg}$$

$$T_{Escalera central} = C_u * T_a = 0.76 \text{seg}$$

Este límite en el periodo previene el uso de un cortante basal bajo para el diseño de edificios que son demasiado flexibles. El coeficiente C_u tiene 2 efectos: primero remover lo conservadoras que son los límites bajos de las formulas empíricas para el cálculo de T_a . Segundo el periodo es incrementado en regiones de baja sismicidad, los edificios en dichas aéreas generalmente son más flexibles (y tienen mayores periodos) que edificios en regiones con mas alta sismicidad.

Los periodos obtenidos con el Software Etabs son los siguientes:

$$T_{Ala Norte y Sur} = 0.583 \text{seg}$$

$$T_{Escalera central} = 1.25 \text{seg}$$

Para el Ala norte y Sur los periodos obtenidos se encuentran por debajo del periodo máximo permisible $C_u T_a$ razón por la cual estos pueden ser usados para la obtención de las fuerzas de diseño sin embargo para la escalera central los periodos obtenidos exceden el máximo permisible por lo que se debe usar el periodo máximo permisible para obtener las fuerzas máximas de diseño.

En el Ala norte y Sur se usara un periodo de $T = 0.583 \text{ seg}$, para la escalera central $T = 0.76 \text{ seg}$.

Reducción de las fuerzas sísmicas según el capítulo 32 del RNC-07 tomando en encuentra el valor aproximado del periodo fundamental de vibración de la estructura.

5.6.1 Coeficiente sísmico reducido para Ala norte y Sur (Secc.2.4.1)

Aceleración de diseño sísmico (a):

Con $T_a = 0.1 \text{ seg}$, $T_b = 0.6 \text{ seg}$ y $T_c = 2 \text{ seg}$ (Los valores T_a , T_b , T_c son definidos en RNC-07) y $T = 0.583 \text{ seg}$

Debido a que $T_a < T < T_b$ se obtiene el valor de “ a ”:

$$a = S_d = 2 * 2.7 * 0.30 = 1.62$$



Debido a que la estructura cabe dentro del grupo A las aceleraciones de diseño deben afectarse con un factor de 1.5. Por lo tanto el coeficiente sísmico es:

$$C_s = \frac{1.62 * 1.5}{3.2 * 2} = 0.38$$

5.6.2. Coeficiente sísmico reducido para la Escalera Central

T=0.76 seg entonces $T_b < T < T_c$

Por tanto $a = S_d \frac{T_b}{T} = 2 * 2.7 * 0.30 * \frac{0.6}{0.76} = 1.28$

$$C_s = \frac{1.28 * 1.5}{3.6 * 2} = 0.27$$

5.7. Desplazamientos producto de las fuerzas sísmicas con muros y sin muros en el nivel 00 del Ala norte y Ala sur.

Desplazamientos (in) en el nivel 0-0				
Dirección del Sismo	Dirección X-X		Dirección Y-Y	
	Con muros	Sin muros	Con muros	Sin muros
SXPOS	0.1643	0.1437	-0.0116	-0.0117
SXNEG	0.1634	0.1413	-0.0075	-0.0073
SYPOS	-0.0099	-0.011	0.1509	0.1249
SYNEG	-0.0088	-0.0081	0.146	0.1196
SISMOX	0.005	0	-0.006	0
SISMOY	0.005	0	-0.006	0

Donde:

SISMOX= sismo en dirección x-x.

SISMOY= Sismo en dirección y-y.

SXPOS= sismo en dirección x-x con excentricidad positiva.

SXNEG= Sismo en dirección x-x con excentricidad negativa.

SYPOS= Sismo en dirección y-y con excentricidad positiva.

SYNEG= Sismo en dirección y-y con excentricidad negativa.

Debido a que los desplazamientos con muros y sin muros varían muy poco y son aproximadamente cero, se permite analizar la estructura en el modelo sin muros considerando que los desplazamientos en la parte superior de los muros son nulos para su posterior diseño.



El Método estático equivalente deberá ser usado para un análisis preliminar de la estructura, sin embargo es recomendable utilizar software de Estructuras para desarrollar un análisis modal y obtener respuestas más reales de las estructura es por esa razón que el análisis dinámico para el diseño final del edificio se realizara usando el software de estructura ETABS v9.6.1

5.8. ANALISIS DINAMICO

5.8.1. Periodos de vibración y masas efectivas por dirección (ton-seg²/cm)

Ala norte y Ala sur

Modo	Periodo	UX	UY	SumUX	SumUY
1	0.587898	47.154	24.6523	47.154	24.6523
2	0.580595	29.7131	45.2501	76.8671	69.9024
3	0.492471	0.315	4.4068	77.1822	74.3092
4	0.208781	14.2859	1.389	91.468	75.6982
5	0.203116	2.0328	15.7354	93.5008	91.4336

Escalera Central

Modo	Periodo	UX	UY	SumUX	SumUY
1	1.246434	38.7576	38.754	38.7576	38.754
2	0.375068	28.7777	28.3413	67.5353	67.0953
3	0.367976	10.7476	11.2937	78.2829	78.3891
4	0.330875	7.3549	7.2262	85.6378	85.6153
5	0.162604	2.4666	2.4727	88.1044	88.088
6	0.131286	0.489	0.5168	88.5934	88.6048
7	0.127136	6.9275	6.9414	95.5209	95.5461

Según el RNC 07 art 33 si en el análisis modal se reconoce explícitamente el acoplamiento entre los grados de libertad de traslación horizontal y de rotación con respecto a un eje vertical deberá incluirse el efecto de los modos naturales, que ordenados según valores decrecientes de sus periodos de vibración sean necesarios para que la suma de los pesos efectivos en cada dirección de análisis sea mayor o igual al 90% del peso total de la estructura.



Por cada dirección los primeros 5 modo para el Ala norte y Ala sur, los primeros 7 modos para la Escalera central cumplen con el 90% del peso total de la estructura mínimo requerido para el análisis dinámico.

En el edificio los 2 primeros periodos de vibración según ETABS v 9.6.0, son los desplazamientos laterales y el movimiento por torsión es el tercer periodo de vibración, es decir el periodo fundamental de la estructura es predominado por los movimientos traslacionales.

5.8.2 Cortantes dinámicos Ala norte y Ala sur

Entrepiso	Vx(ton)	Vy(ton)
Cubierta	324.6	339.36
Entrepiso 5	782.35	796.45
Entrepiso 4	1103.16	1107.45
Entrepiso 3	1316.85	1313.06
Entrepiso 2	1423.17	1414.76

5.8.3. Cortantes dinámicos Escalera Central

NIVEL	VX(Ton)	VY(Ton)
Cubierta	58.88	58.86
Entrepiso 5	114.24	114.23
Entrepiso 4	159.08	159.11
Entrepiso 3	193.92	193.96
Entrepiso 2	212.04	212.08

Nota: En el entrepiso 2 se encuentra en el nivel 00

5.8.4. Cortante basal obtenido en el análisis dinámico.

Ala norte y Ala sur

$$V_x = 1423.17 \text{ ton}$$

$$V_y = 1414.76 \text{ ton}$$

Escalera Central

$$V_x = 212.04 \text{ ton}$$

$$V_y = 212.08 \text{ ton}$$



5.8.5 Cortante basal mínimo según (Secc.2.6.3).

El cortante basal obtenido del análisis modal espectral no debe ser menor que el 85% del calculado del Método Estático Equivalente.

5.8.6. Cortante Basal Estático

a) Ala norte y Ala sur

$$V_x = V_y = 1744.18 \text{ ton}$$

$$0.80 * 1744.18 \text{ ton} = 1395.344 \text{ ton} < 1414.76 \text{ ton O.K}$$

b) Escalera Central

$$V_x = V_y = 261.6 \text{ ton}$$

$$0.80 * 261.6 \text{ ton} = 209.28 \text{ ton} < 212.04 \text{ ton O.K}$$

5.8.7. Revisión de desplazamientos laterales (Secc.2.5)

a) Calculo de los desplazamientos en el estado límite de servicio.(Secc.2.5.1)

Para el análisis dinámico tomando en cuenta el efecto del periodo estructural

Para Ala norte y Sur

	$\Omega = 2$				$Q' = 3.2$			
Entrepiso	$\delta x(\text{cm})$	$\delta y(\text{cm})$	$\delta u_x(\text{cm})$	$\delta u_y(\text{cm})$	H(cm)	ΔX	ΔY	0.002 ΔH
Cubierta	3.39	3.55	8.67	9.10	2173	1.44	1.98	0.884
Entrepiso 5	2.82	2.78	7.22	7.12	1731	2.02	2.12	0.884
Entrepiso 4	2.03	1.95	5.20	5.00	1289	2.07	2.07	0.884
Entrepiso 3	1.22	1.14	3.13	2.93	847	1.86	1.82	0.884
Entrepiso 2	0.50	0.43	1.27	1.11	405	1.27	1.11	0.81

Para Escalera Central

Ω	2			Q'	3.6			
Entrepiso	$\delta x(\text{cm})$	$\delta y(\text{cm})$	$\delta u_x(\text{cm})$	$\delta u_y(\text{cm})$	H(cm)	ΔX	ΔY	0.002 ΔH
Cubierta	5.2998	5.3056	15.26	15.28	2173	2.65	2.66	0.884
Entrepiso 5	4.3805	4.3806	12.62	12.62	1731	3.29	3.29	0.884
Entrepiso 4	3.2389	3.2391	9.33	9.33	1289	3.78	3.78	0.884
Entrepiso 3	1.9256	1.9255	5.55	5.55	847	3.71	3.71	0.884
Entrepiso 2	0.6389	0.6389	1.84	1.84	405	1.84	1.84	0.81



Como se puede apreciar los desplazamientos laterales en el estado limite de servicio exceden el máximo permisible por lo que el daño a los elementos no estructurales no está limitado es decir la estructura es demasiado flexible.

b) Calculo de los desplazamientos laterales para el estado límite de colapso (Secc.2.5.3)

La distorsión máxima permisible para marcos contra-venteados concéntricamente es 0.015.

Ala norte y Sur

Entrepiso	$\Omega = 2$				$Q = 4$			Distorsión X	Distorsión Y
	$\delta x(cm)$	$\delta y(cm)$	$\delta u_x(cm)$	$\delta u_y(cm)$	ΔX	ΔY	$\Delta H(cm)$		
Cubierta	3.39	3.55	27.08	28.42	4.51	6.18	442	0.010	0.014
Entrepiso 5	2.82	2.78	22.57	22.25	6.31	6.62	442	0.014	0.015
Entrepiso 4	2.03	1.95	16.26	15.63	6.47	6.47	442	0.015	0.015
Entrepiso 3	1.22	1.14	9.78	9.15	5.82	7.77	442	0.013	0.018
Entrepiso 2	0.50	0.43	3.97	1.38	3.97	1.38	405	0.010	0.003

Escalera central

Q = 4									
$\Omega = 2$									
Entrepiso	$\delta x(cm)$	$\delta y(cm)$	$\delta u_x(cm)$	$\delta u_y(cm)$	ΔX	ΔY	ΔH	Distorsión X	Distorsión Y
Cubierta	5.2998	5.3056	42.40	42.44	7.35	7.40	442	0.017	0.017
Entrepiso 5	4.3805	4.3806	35.044	35.04	9.13	9.13	442	0.021	0.021
Entrepiso 4	3.2389	3.2391	25.9112	25.91	10.51	10.51	442	0.024	0.024
Entrepiso 3	1.9256	1.9255	15.4048	15.40	10.29	13.36	442	0.023	0.030
Entrepiso 2	0.6389	0.6389	5.1112	2.04	5.11	2.04	405	0.013	0.005

Como se puede apreciar para el Ala norte en el entrepiso 3 en la dirección y, para la escalera central en la mayoría de los entrepisos la distorsión obtenida excede la máxima permisible por lo que el edificio no ofrece seguridad contra el colapso.



5.8.7. Efectos de segundo Orden (Secc.2.4.4).

Ala norte y Sur

Entrepiso	$\delta x(\text{cm})$	$\delta y(\text{cm})$	$\Delta H(\text{cm})$	$V_x(\text{ton})$	$V_y(\text{ton})$	$P(\text{ton})$
Cubierta	27.08	28.42	442	231.79	243.25	705.57
Entrepiso 5	22.57	22.25	442	558.63	572.42	2105.39
Entrepiso 4	16.26	15.63	442	787.76	796.45	3515.53
Entrepiso 3	9.78	9.15	442	940.41	944.62	4949.15
Entrepiso 2	3.97	1.38	405	1016.31	1017.79	6381.19

Entrepiso	$\delta x/\Delta H$	$\delta y/\Delta H$	$0.08V_x/P$	$0.08V_y/P$	Observación
Cubierta	0.0613	0.0643	0.0263	0.0276	Deben considerarse los efectos de Segundo orden
Entrepiso 5	0.0511	0.0503	0.0212	0.0218	Deben considerarse los efectos de Segundo orden
Entrepiso 4	0.0368	0.0354	0.0179	0.0181	Deben considerarse los efectos de Segundo orden
Entrepiso 3	0.0221	0.0207	0.0152	0.0153	Deben considerarse los efectos de Segundo orden
Entrepiso 2	0.0098	0.0034	0.0127	0.0128	Los efectos de segundo orden pueden despreciarse

Escalera Central

Entrepiso	$\delta x(\text{cm})$	$\delta y(\text{cm})$	$\Delta H(\text{cm})$	$V_x(\text{ton})$	$V_y(\text{ton})$	$P(\text{ton})$
Cubierta	42.40	42.44	442	52.57	52.56	220.79
Entrepiso 5	35.04	35.04	442	102	101.99	501.68
Entrepiso 4	25.91	25.91	442	142.04	142.06	785.22
Entrepiso 3	15.40	15.40	442	173.14	173.18	1074.48
Entrepiso 2	5.11	2.04	405	189.32	189.36	1357.63

Entrepiso	$\delta x/\Delta H$	$\delta y/\Delta H$	$0.08V_x/P$	$0.08V_y/P$	Observación
Cubierta	0.0120	0.0120	0.0190	0.0190	Deben considerarse los efectos de Segundo orden
Entrepiso 5	0.0099	0.0099	0.0163	0.0163	Deben considerarse los efectos de Segundo orden
Entrepiso 4	0.0073	0.0073	0.0145	0.0145	Deben considerarse los efectos de Segundo orden
Entrepiso 3	0.0044	0.0044	0.0129	0.0129	Deben considerarse los efectos de Segundo orden
Entrepiso 2	0.0016	0.0016	0.0112	0.0112	Deben considerarse los efectos de Segundo orden

5.8.8. Comportamiento Asimétrico (Secc.2.4.6).

En ambas direcciones ortogonales los elementos resistentes a fuerzas sísmicas son marcos arriostrados concéntricamente la diferencia en los periodos obtenidos para cada dirección es pequeña por lo que los valores de las aceleraciones de diseño para cada dirección varían muy poco y se pueden despreciar los efectos de los comportamientos asimétricos.



Juntas de separación (RNC-07 Art 38).

La dimensión de las juntas y la separación de los bloques en cada nivel no serán menores de 5 cm, pero no menos el desplazamiento en el estado limite de colapso más 0.003 veces la altura de dicho nivel sobre el terreno.

Ala norte y Sur

Entrepiso	$\delta x(\text{cm})$	$\delta y(\text{cm})$	Elevación (cm)	Dimension X(cm)	Dimension y (cm)
Cubierta	27.08	28.42	2173	33.6	34.9
Entrepiso 5	22.57	22.25	1731	27.8	27.4
Entrepiso 4	16.26	15.63	1289	20.1	19.5
Entrepiso 3	9.78	9.15	847	12.3	11.7
Entrepiso 2	3.97	1.38	405	5.2	2.6

Escalera Central

Entrepiso	$\delta x(\text{cm})$	$\delta y(\text{cm})$	Elevación (cm)	Dimension X(cm)	Dimension y (cm)
Cubierta	42.40	42.44	2173	48.9	49.0
Entrepiso 5	35.04	35.04	1731	40.2	40.2
Entrepiso 4	25.91	25.91	1289	29.8	29.8
Entrepiso 3	15.40	15.40	847	17.9	17.9
Entrepiso 2	5.11	2.04	405	6.3	3.3

5.8.9. Separación entre cuerpos del edificio

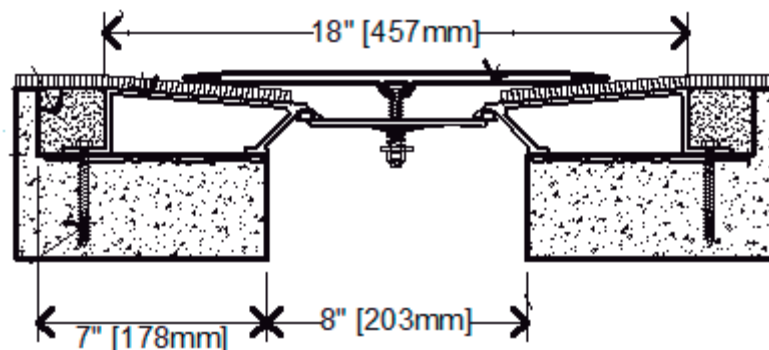
La separación entre cuerpos de un mismo edificio será cuando menos igual a la suma de las que correspondan a cada una.

Podrá dejarse una separación igual a la mitad de la suma de ambas separaciones si los dos cuerpos tienen la misma altura y estructuración y además las losas coinciden a la misma altura, en todos los niveles.

Entrepiso	Separación X	Separación Y	Separación permisible X	Separation permisible y
Cubierta	82.5	83.9	41.26	41.95
Entrepiso 5	68.0	67.7	34.00	33.84
Entrepiso 4	49.9	49.3	24.95	24.64
Entrepiso 3	30.3	29.6	15.14	14.82
Entrepiso 2	11.5	5.9	5.75	2.93



Junta sísmica utilizada en el edificio



Como puede apreciarse el ancho de la junta sísmica es de 20.3 cm, por tanto esta permite un desplazamiento de 10.15 cm para cada cuerpo el cual es menor al máximo desplazamiento esperado (42.44 cm en la escalera central), además es menor a la máxima separación que debe existir entre los cuerpos según el RNC-07 art.38 por lo que la junta sísmica utilizada no es adecuada para garantizar la independencia de los cuerpos ante un evento sísmico.