ÍNDICE

1. SISMO 2
    1.1. Datos generales de sismo 2
    1.2. Espectro de cálculo 3
        1.2.1. Espectro elástico de aceleraciones 3
        1.2.2. Espectro de diseño de aceleraciones 3
    1.3. Coeficientes de participación 4
    1.4. Centro de masas, centro de rigidez y excentricidades de cada planta 5
    1.5. Corrección por cortante basal 5
        1.5.1. Cortante dinámico CQC 5
        1.5.2. Cortante basal estático 6
        1.5.3. Verificación de la condición de cortante basal 6
    1.6. Cortante sísmico combinado por planta 6
        1.6.1. Cortante sísmico combinado y fuerza sísmica equivalente por planta 6

SISMO

Norma utilizada: NSR-10
Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (2010)

Método de cálculo: Análisis dinámico espectral (NSR-10, A.3.4.2.2)

1.1. Datos generales de sismo

Caracterización del emplazamiento

A_a: Aceleración horizontal pico efectiva (NSR-10, A.2.2)	A_a :	0.15	g
A_v: Velocidad horizontal pico efectiva (NSR-10, A.2.2)	A_v :	0.20	g
V_m: Velocidad media de onda de cortante (NSR-10, A.2.4.3)	V_m :	180.00	m/s

Sistema estructural

R_{0X}: Coeficiente de disipación de energía básico (X) (NSR-10, A.3)	R_{0X} :	2.00
R_{0Y}: Coeficiente de disipación de energía básico (Y) (NSR-10, A.3)	R_{0Y} :	2.00
F_a: Coeficiente de irregularidad en altura (NSR-10, A.3.3.5)	F_a :	1.00
F_p: Coeficiente de irregularidad en planta (NSR-10, A.3.3.4)	F_p :	1.00
F_{rX}: Coeficiente por ausencia de redundancia (X) (NSR-10, A.3.3.8)	F_{rX} :	1.00
F_{rY}: Coeficiente por ausencia de redundancia (Y) (NSR-10, A.3.3.8)	F_{rY} :	1.00

Geometría en altura (NSR-10, A.3.3.4 y A.3.3.5): Regular

Estimación del periodo fundamental de la estructura: Según norma
Tipología estructural (X): IV
Tipología estructural (Y): IV

h: Altura del edificio	h :	0.10	m

Tipo de edificación (NSR-10, A.2.5): IV

Parámetros de cálculo
Número de modos de vibración que intervienen en el análisis: Según norma

Fracción de sobrecarga de uso	:	0.00
Fracción de sobrecarga de nieve	:	0.00
Factor multiplicador del espectro	:	1.00

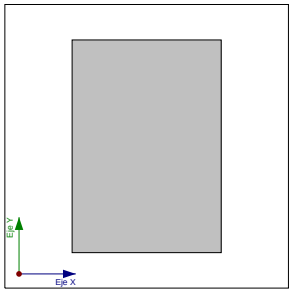
Efectos de la componente sísmica vertical
No se consideran

Verificación de la condición de cortante basal: Según norma

No se realiza análisis de los efectos de 2º orden

Criterio de armado a aplicar por ductilidad: Moderado (DMO)

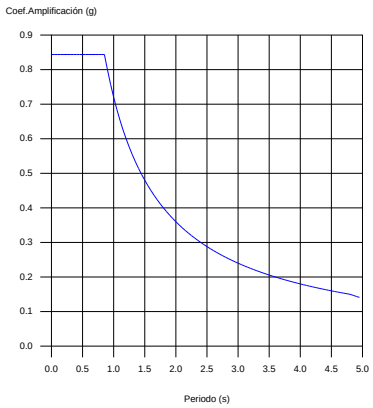
Direcciones de análisis
Acción sísmica según X
Acción sísmica según Y



Proyección en planta de la obra

1.2. Espectro de cálculo

1.2.1. Espectro elástico de aceleraciones



Coef.Amplificación:

$$S_{ae} = 2.5 \cdot A_a \cdot F_a \cdot I \qquad T \le T_C$$

$$S_{ae} = \frac{1.2 \cdot A_v \cdot F_v \cdot I}{T} \qquad T_C \le T \le T_L$$

$$S_{ae} = \frac{1.2 \cdot A_v \cdot F_v \cdot T_L \cdot I}{T^2} \qquad T \ge T_L$$

El valor máximo de las ordenadas espectrales es 0.844 g.

NSR-10 (A.2.6.1)

Parámetros necesarios para la definición del espectro

A_a: Aceleración horizontal pico efectiva (NSR-10, A.2.2) — A_a : *0.15* g

A_v: Velocidad horizontal pico efectiva (NSR-10, A.2.2) — A_v : *0.20* g

F_a: Coeficiente de amplificación de la aceleración en zona de periodos cortos (NSR-10, Tabla A.2.4-3) — F_a : *1.50*

Tipo de perfil de suelo (NSR-10, A.2.4) — Suelo : *D*

A_a: Aceleración horizontal pico efectiva (NSR-10, A.2.2) — A_a : *0.15* g

F_v: Coeficiente de amplificación de la aceleración en zona de periodos intermedios (NSR-10, Tabla A.2.4-4) — F_v : *2.00*

Tipo de perfil de suelo (NSR-10, A.2.4) — Suelo : *D*

A_v: Velocidad horizontal pico efectiva (NSR-10, A.2.2) — A_v : *0.20* g

I: Coeficiente de importancia (NSR-10, A.2.5) — I : *1.50*

Tipo de edificación: IV

T_c: Periodo correspondiente a la transición entre la zona de aceleración constante y la parte descendente del mismo (NSR-10, A.2.6.1) — T_c : *0.85* s

$$T_C = 0.48 \frac{A_v \cdot F_v}{A_a \cdot F_a}$$

T_l: Periodo correspondiente al inicio de la zona de desplazamiento aproximadamente constante (NSR-10, A.2.6.1) — T_l : *4.80* s

$$T_L = 2.4 \cdot F_v$$

1.2.2. Espectro de diseño de aceleraciones

El espectro de diseño sísmico se obtiene reduciendo el espectro elástico por el coeficiente (R) correspondiente a cada dirección de análisis.

$$S_a = \frac{S_{ae}}{R} \qquad R \ge 1$$

Coeficiente de capacidad de disipación de energía (NSR-10, A.3.3.3)

R_X: Coeficiente de capacidad de disipación de energía de diseño (X)

$$R_X = \text{MIN}(R_{Xi}, 1.25 \cdot R_{Yi})$$

R_Y: Coeficiente de capacidad de disipación de energía de diseño (Y)

$$R_Y = \text{MIN}(R_{Yi}, 1.25 \cdot R_{Xi})$$

R_{Xi}: Coeficiente de capacidad de disipación de energía (X) — R_{Xi} : *2.00*

$$R_X = \phi_a \cdot \phi_p \cdot \phi_r \cdot R_{0X}$$

R_{Yi}: Coeficiente de capacidad de disipación de energía (Y) — R_{Yi} : *2.00*

$$R_Y = \phi_a \cdot \phi_p \cdot \phi_r \cdot R_{0Y}$$

Donde:

R_{0X}: Coeficiente de disipación de energía básico (X) (NSR-10, A.3) — R_{0X} : *2.00*

R_{0Y}: Coeficiente de disipación de energía básico (Y) (NSR-10, A.3) — R_{0Y} : *2.00*

F_a: Coeficiente de irregularidad en altura (NSR-10, A.3.3.5) — F_a : *1.00*

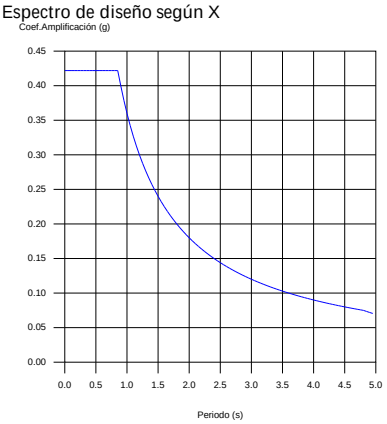
F_p: Coeficiente de irregularidad en planta (NSR-10, A.3.3.4) — F_p : *1.00*

F_{rX}: Coeficiente por ausencia de redundancia (X) (NSR-10, A.3.3.8) — F_{rX} : *1.00*

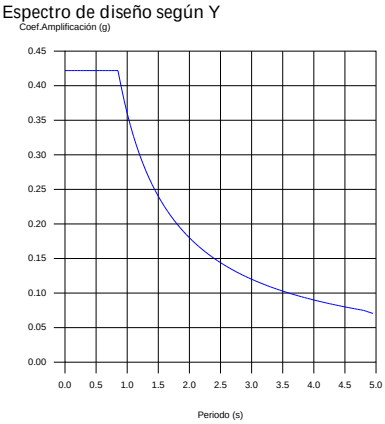
F_{rY}: Coeficiente por ausencia de redundancia (Y) (NSR-10, A.3.3.8) — F_{rY} : *1.00*

NSR-10 (A.3.7)

Espectro de diseño según X



Espectro de diseño según Y



1.3. Coeficientes de participación

Modo	T	L_x	L_y	L_{gz}	M_x	M_y	Hipótesis X(1)	Hipótesis Y(1)
Modo 1	0.273	0.9984	0.0062	0.0561	100 %	0 %	R = 2 A = 4.139 m / s² D = 7.80649 mm	R = 2 A = 4.139 m / s² D = 7.80649 mm
Modo 2	0.237	0.0041	0.9989	0.0459	0 %	100 %	R = 2 A = 4.139 m / s² D = 5.90353 mm	R = 2 A = 4.139 m / s² D = 5.90353 mm
Modo 3	0.011	0.0537	0.0566	1	0 %	0 %	R = 2 A = 4.139 m / s² D = 0.01252 mm	R = 2 A = 4.139 m / s² D = 0.01252 mm
Total					100 %	100 %		

T: Periodo de vibración en segundos.

L_x, L_y: Coeficientes de participación normalizados en cada dirección del análisis.

L_{gz}: Coeficiente de participación normalizado correspondiente al grado de libertad rotacional.

M_x, M_y: Porcentaje de masa desplazada por cada modo en cada dirección del análisis.

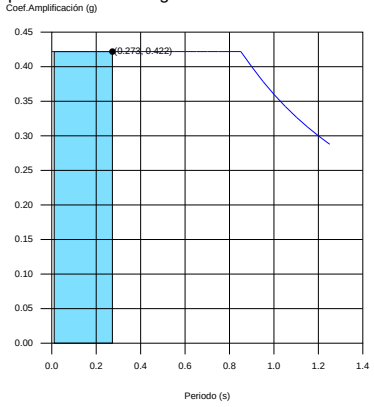
R: Relación entre la aceleración de cálculo usando la ductilidad asignada a la estructura y la aceleración de cálculo obtenida sin ductilidad.

A: Aceleración de cálculo, incluyendo la ductilidad.

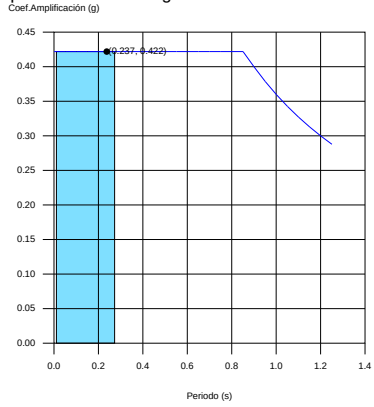
D: Coeficiente del modo. Equivale al desplazamiento máximo del grado de libertad dinámico.

Representación de los periodos modales

Espectro de diseño según X



Espectro de diseño según Y



Se representa el rango de periodos abarcado por los modos estudiados, con indicación de los modos en los que se desplaza más del 30% de la masa:

Hipótesis Sismo X1		
Hipótesis modal	T (s)	A (g)
Modo 1	0.273	0.422

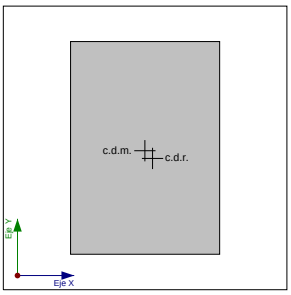
Hipótesis Sismo Y1		
Hipótesis modal	T (s)	A (g)
Modo 2	0.237	0.422

1.4. Centro de masas, centro de rigidez y excentricidades de cada planta

Planta	c.d.m. (m)	c.d.r. (m)	e_X (m)	e_Y (m)
N -4.9	(4.14, 5.79)	(4.58, 5.35)	-0.43	0.43

c.d.m.: Coordenadas del centro de masas de la planta (X,Y)
c.d.r.: Coordenadas del centro de rigidez de la planta (X,Y)
e_x: Excentricidad del centro de masas respecto al centro de rigidez (X)
e_y: Excentricidad del centro de masas respecto al centro de rigidez (Y)

Representación gráfica del centro de masas y del centro de rigidez por planta



N -4.9

1.5. Corrección por cortante basal

1.5.1. Cortante dinámico CQC

El cortante basal dinámico (V_d), por dirección e hipótesis sísmica, se obtiene mediante la combinación cuadrática completa (CQC) de los cortantes en la base por hipótesis modal.

Hipótesis sísmica (X)	Hipótesis modal	V_X (t)	$V_{d,X}$ (t)
Sismo X1	Modo 1	118.1228	118.1238
	Modo 2	0.0030	
	Modo 3	0.0012	

Hipótesis sísmica (Y)	Hipótesis modal	V_Y (t)	$V_{d,Y}$ (t)
Sismo Y1	Modo 1	0.0046	180.6728
	Modo 2	180.6713	
	Modo 3	0.0024	

$V_{d,X}$: Cortante basal dinámico en dirección X, por hipótesis sísmica
$V_{d,Y}$: Cortante basal dinámico en dirección Y, por hipótesis sísmica

1.5.2. Cortante basal estático

El cortante sísmico en la base de la estructura se determina para cada una de las direcciones de análisis:

$V_{s,X}$: Cortante sísmico en la base (X) (NSR-10, A.4.3.1) $V_{s,X}$: 75.6066 t

$$V_{s,x} = S_{d,x}(T_a) \cdot W$$

$S_{d,X}(T_a)$: Aceleración espectral horizontal de diseño (X) $S_{d,X}(T_a)$: 0.422 g

$T_{a,X}$: Periodo fundamental aproximado (X) (NSR-10, A.4.2.2) $T_{a,X}$: 0.01 s

$$T_a = 0.049 \cdot h^{0.75}$$

Tipología estructural (X): IV

h: Altura del edificio h : 0.10 m

$V_{S,Y}$: Cortante sísmico en la base (Y) (NSR-10, A.4.3.1) $V_{s,Y}$: 75.6066 t

$$V_{s,y} = S_{d,y}(T_a) \cdot W$$

$S_{d,Y}(T_a)$: Aceleración espectral horizontal de diseño (Y) $S_{d,Y}(T_a)$: 0.422 g

$T_{a,Y}$: Periodo fundamental aproximado (Y) (NSR-10, A.4.2.2) $T_{a,Y}$: 0.01 s

$$T_a = 0.049 \cdot h^{0.75}$$

Tipología estructural (Y): IV

h: Altura del edificio h : 0.10 m

W: Peso sísmico total de la estructura W : 179.2157 t

El peso sísmico total de la estructura es la suma de los pesos sísmicos de todas las plantas.

$$W = \sum_{i=1}^{n} w_i$$

w_i: Peso sísmico total de la planta "i"

Suma de la totalidad de la carga permanente y de la fracción de la sobrecarga de uso considerada en el cálculo de la acción sísmica.

Planta	w_i (t)
N -4.9	179.2157
W=åw_i	179.2157

1.5.3. Verificación de la condición de cortante basal

Cuando el valor del cortante dinámico total en la base (V_d), obtenido después de realizar la combinación modal, para cualquiera de las direcciones de análisis, es menor que el 80 % del cortante basal sísmico estático (V_s), todos los parámetros de la respuesta dinámica se multiplican por el factor de modificación: $0.80 \cdot V_s / V_d$.

Geometría en altura (NSR-10, A.3.3.4 y A.3.3.5): Regular

NSR-10 (A.5.4.5)

Hipótesis sísmica	Condición de cortante basal mínimo		Factor de modificación
Sismo X1	$V_{d,X1} \geq 0.80 \cdot V_{s,X}$	118.1238 t ≥ 60.4853 t	N.P.
Sismo Y1	$V_{d,Y1} \geq 0.80 \cdot V_{s,Y}$	180.6728 t ≥ 60.4853 t	N.P.

$V_{d,X}$: Cortante basal dinámico en dirección X, por hipótesis sísmica

$V_{s,X}$: Cortante basal estático en dirección X, por hipótesis sísmica

$V_{d,Y}$: Cortante basal dinámico en dirección Y, por hipótesis sísmica

$V_{s,Y}$: Cortante basal estático en dirección Y, por hipótesis sísmica

N.P.: No procede

1.6. Cortante sísmico combinado por planta

El valor máximo del cortante por planta en una hipótesis sísmica dada se obtiene mediante la Combinación Cuadrática Completa (CQC) de los correspondientes cortantes modales.

Si la obra tiene vigas con vinculación exterior o estructuras 3D integradas, los esfuerzos de dichos elementos no se muestran en el siguiente listado.

1.6.1. Cortante sísmico combinado y fuerza sísmica equivalente por planta

Los valores que se muestran en las siguientes tablas no están ajustados por el factor de modificación calculado en el apartado 'Corrección por cortante basal'.

Hipótesis sísmica: Sismo X1

Planta	Q_x (t)	$F_{eq,X}$ (t)	Q_Y (t)	$F_{eq,Y}$ (t)
N -4.9	118.1238	118.1238	1.2061	1.2061

Hipótesis sísmica: Sismo Y1

Planta	Q_X (t)	$F_{eq,X}$ (t)	Q_Y (t)	$F_{eq,Y}$ (t)
N -4.9	1.2063	1.2063	180.6728	180.6728