MEMORIA DE CALCULO ESTRUCTURAL DE MUROS DE CONTENCION

PROYECTO:

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MANTENIMIENTO DE LA VÍA TOLEDO - LABATECA, SECTOR TOLEDO - PUENTE PUERTO RICO, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER.

DEPARTAMENTO DEL NORTE DE SATANDER
TOLEDO - NORTE DE SANTANDER - COLOMBIA

Solicitante:
Union Temporal Consultoria PPR.

Calculo:

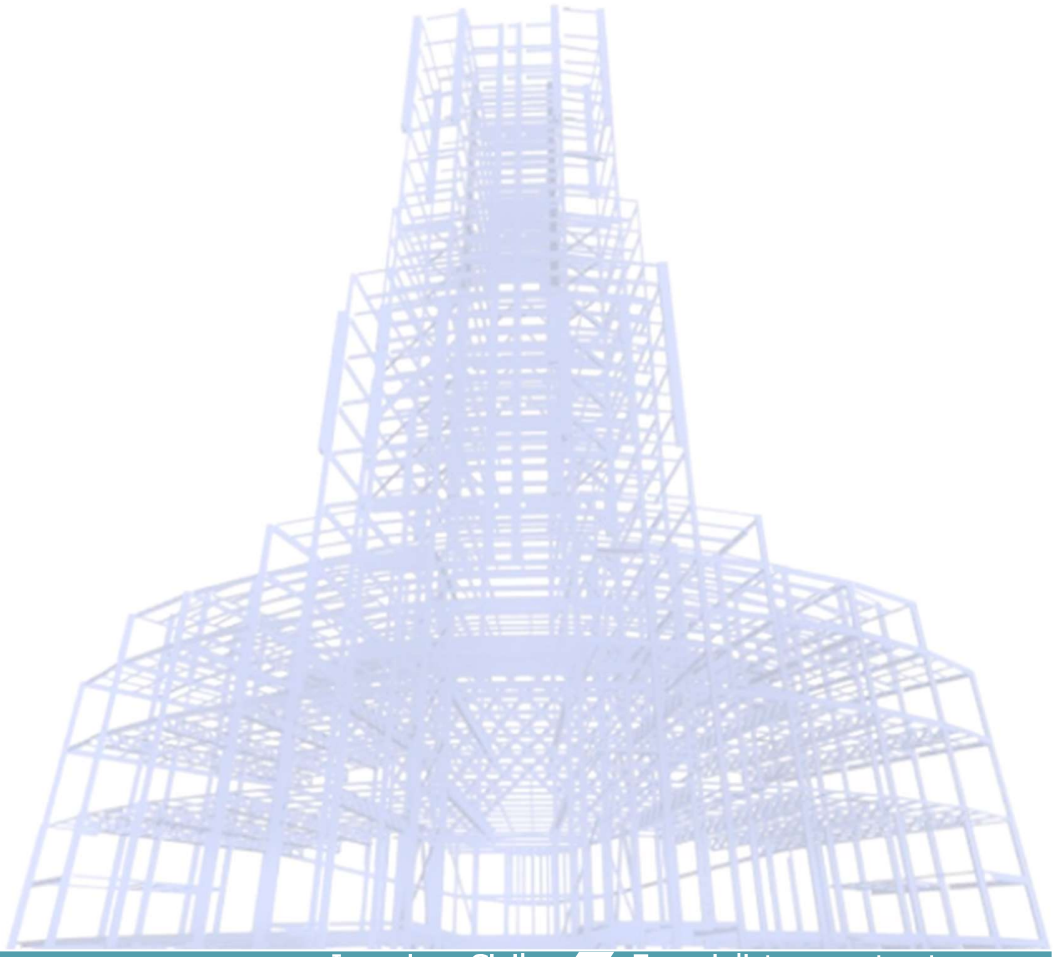
Ingeniero civil Sergio Andres Ospina
Esp. Estructuras
MAT. 54202-403382NTS

Agosto 2025

DISEÑO ESTRUCTURAL DE OBRAS DE CONTENCION

Tabla de contenido

1. **DESCRIPCION DEL PROYECTO** 3
2. **LOCALIZACION GENERAL** 4
3. **MODELO Y METODOS DE ANALISIS** 6
4. **PARAMETROS GEOTECNICOS.** 6
5. **ANALISIS ESTRUCTURAL** 7
6. **CONCLUSIONES**..... 25



1. DESCRIPCION DEL PROYECTO

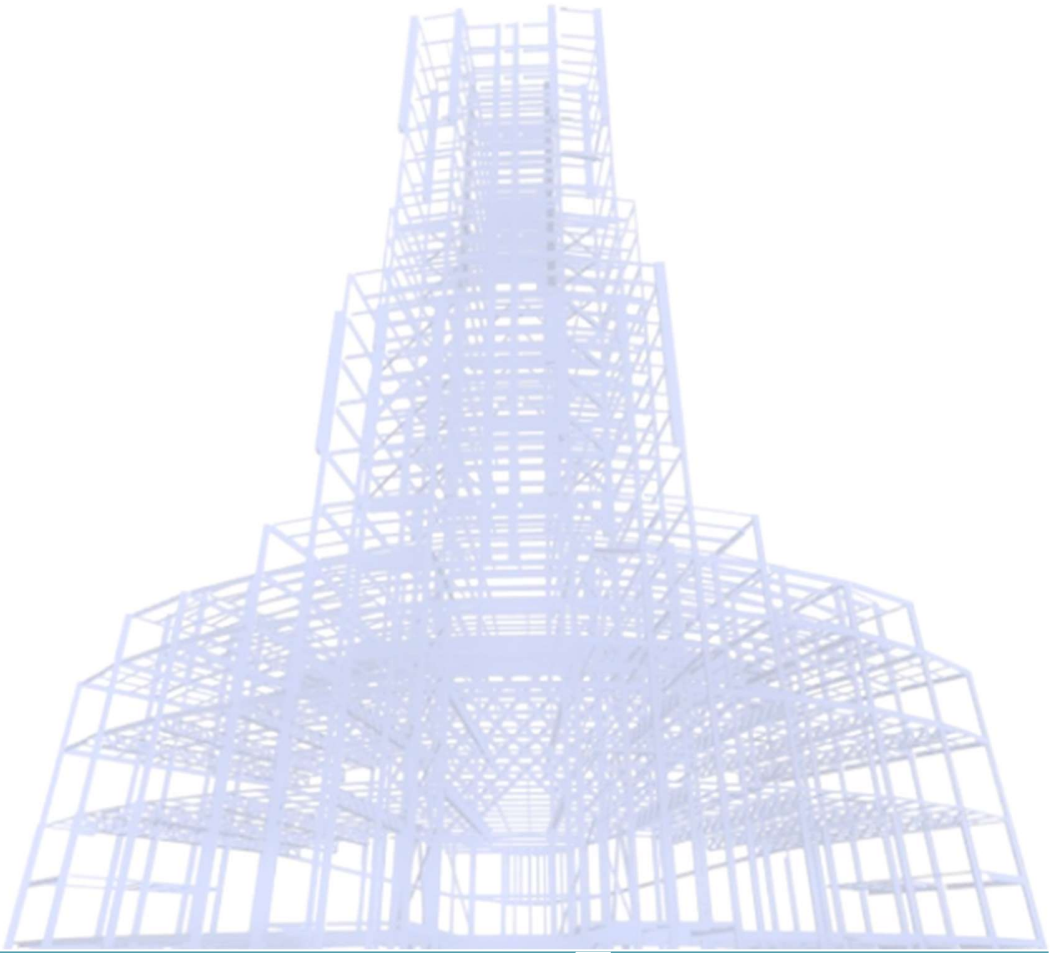
1.1. Informacion del proyecto.

El siguiente estudio corresponde al análisis y diseño estructural de las obras de contención que servirán para conformar la vía entre Toledo y Labateca, en el departamento de Norte de Santander.

Está conformado por un muro de contención de concreto reforzado en voladizo y un muro constituido por gaviones.

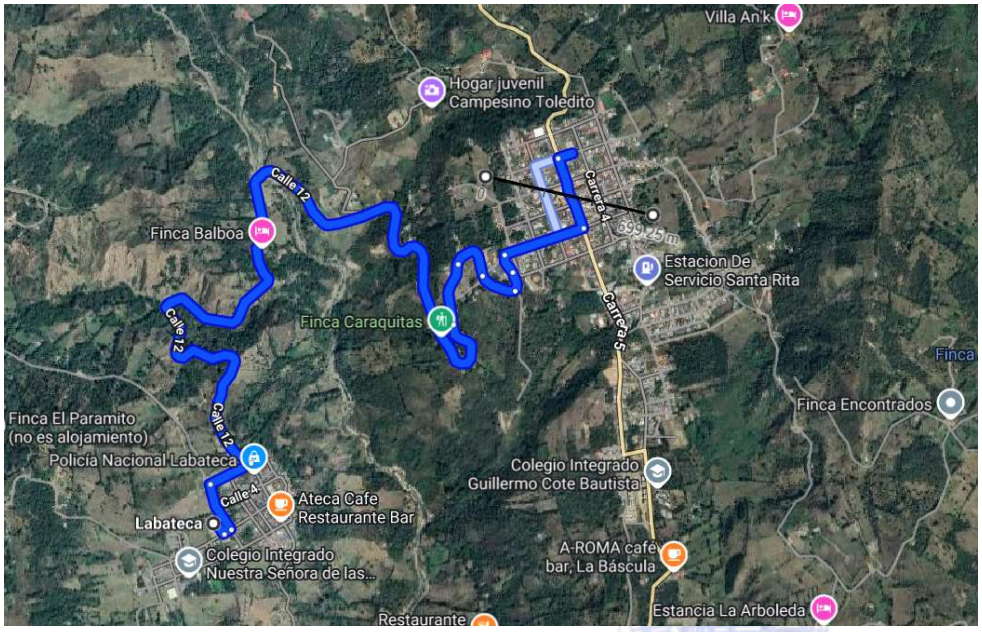
1.2. Normas y Decretos.

En el presente estudio se realizará teniendo en cuenta todos los requisitos contemplados en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, dando cumplimiento a la Ley 400 de 1997 y sus decretos complementarios.



2. LOCALIZACION GENERAL

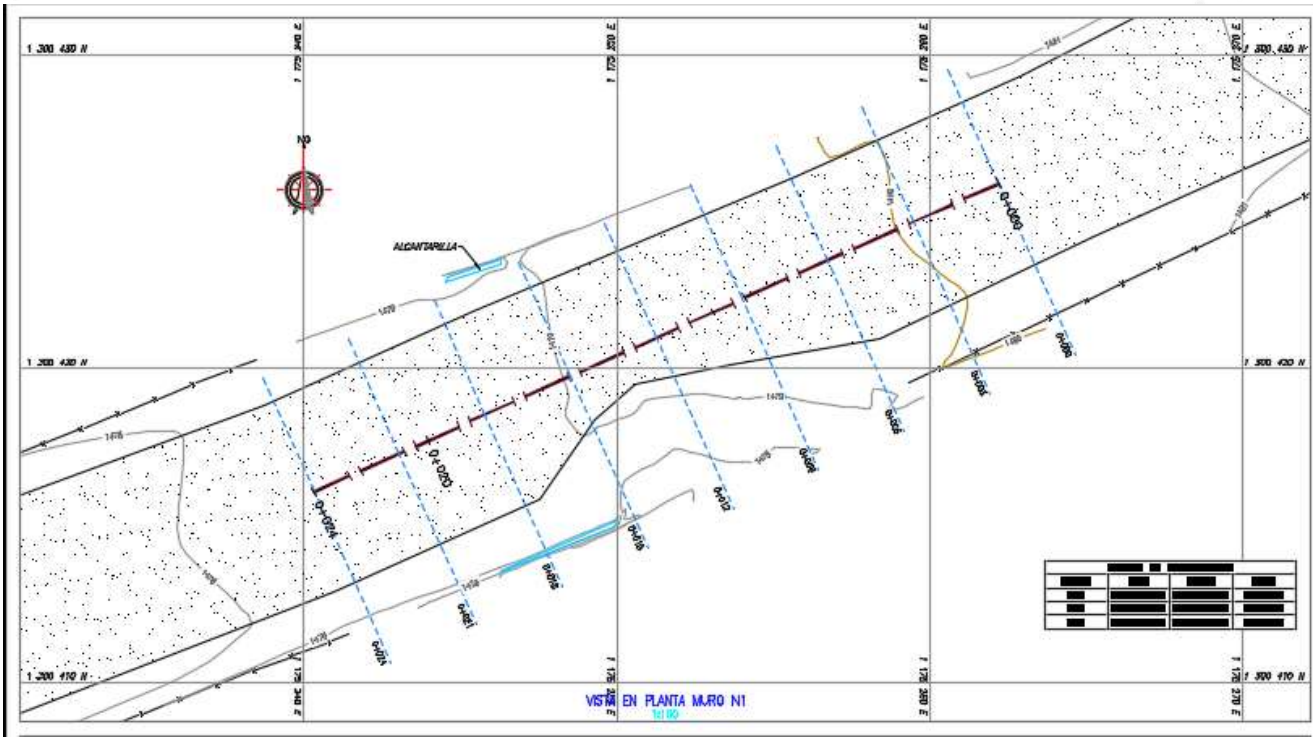
El proyecto esta localizado en la via que comunica los municipios de Toledo y Labateca de Norte de Santander

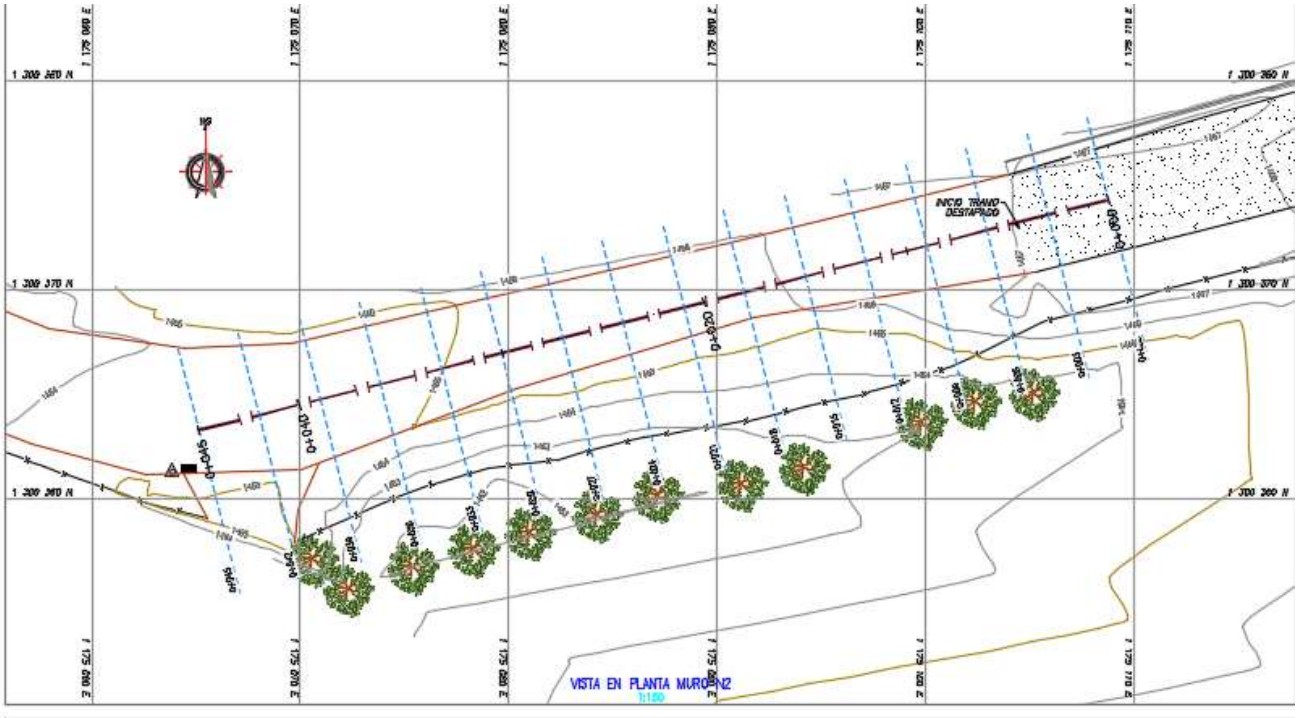


	A	B	C	D
1	CUADRO DE COORDENADAS			
2	PUNTO	ESTE	NORTE	COTA
3	D26	1175309.586	1300443.432	1484.724
4	D27	1175211.770	1300402.129	1475.905
5	D28	1175063.853	1300361.259	1464.593

INGENIERO ESTRUCTURAL

Sergio Andrés Ospina





3. MODELO Y METODOS DE ANALISIS

El análisis de la estructura se realizó desarrollando un modelo en hojas de Excel, cumpliendo con los módulos de fundaciones de la NSR-10. Este modelo requiere información en la que se ingresan datos como la geometría del muro, constantes de diseño y características de los materiales, en este caso, concreto reforzado.

4. PARAMETROS GEOTECNICOS.

DATOS DEL SUELO DE CIMENTACIÓN		
Cohesión c' kg/cm^2 :		0.00
Angúlo de fricción (°) :		36.06
Peso unitario del suelo (γ), g/cm^3 :	1.815	
Profundidad del nivel freático (*Nf*), m :		NO
Peso unitario del suelo saturado (γ_{sat}), g/cm^3 :	2.005	

$$q_u = c'N_cF_{cs}F_{cd}F_{ci} + qN_qF_{qs}F_{qd}F_{qi} + \frac{1}{2}\gamma BN_\gamma F_{\gamma s}F_{\gamma d}F_{\gamma i}$$

FORMULA INTEGRADA DE NEWMARK

m2+n2+1	40.313
m2+n2+2	41.313
m2*n2	9.766
Iz=Wo=	0.137

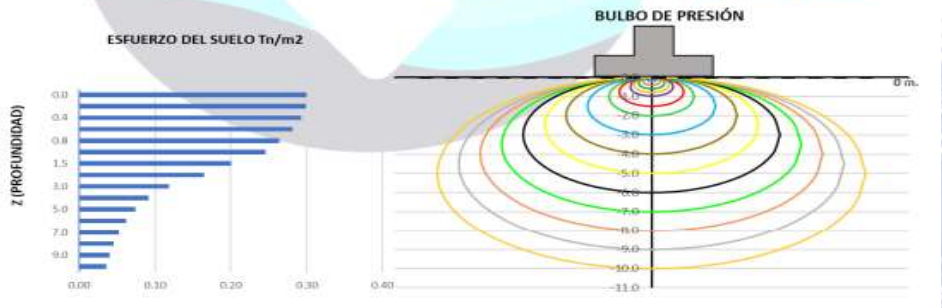
$$\Delta\sigma = \int_{-y}^{0}\int_{-x}^{0}\frac{3q_o\,(dx\,dy)z^3}{2\pi(x^2+y^2+z^2)^{5/2}} = q_oI$$

$$I = \text{factor de influencia} = \frac{1}{4\pi}\left(\frac{2mn\sqrt{m^2+n^2+1}}{m^2+n^2+m^2n^2+1}\,\frac{m^2+n^2+2}{m^2+n^2+1} + \tan^{-1}\frac{2mn\sqrt{m^2+n^2+1}}{m^2+n^2+1-m^2n^2}\right)$$

m= 0.500
n= 6.250

ESFUERZO BAJO UNA CARGA RECTANGULAR (MÉTODO BOUSSINESQ) - CENTRO DE LA CIMENTACIÓN

Z (Profundidad)	m	n	m2+n2+1	m2+n2+2	m2*n2	Iz	Δσ(Tn/m2)	Condición del suelo
0.0	100.00	1250.00	1572501.00	1572502.00	15625000000.00	0.25	0.24	No Requiere Mejoramiento
0.2	5.00	62.50	3932.25	3933.25	97656.25	0.25	0.24	No Requiere Mejoramiento
0.4	2.50	31.25	983.81	984.81	6103.52	0.24	0.23	No Requiere Mejoramiento
0.6	1.67	20.83	437.81	438.81	1205.63	0.23	0.22	No Requiere Mejoramiento
0.8	1.25	15.63	246.70	247.70	381.47	0.22	0.21	No Requiere Mejoramiento
1.0	1.00	12.50	158.25	159.25	156.25	0.20	0.20	No Requiere Mejoramiento
1.5	0.67	8.33	70.89	71.89	30.86	0.17	0.16	No Requiere Mejoramiento
2.0	0.50	6.25	40.31	41.31	9.77	0.14	0.13	No Requiere Mejoramiento
3.0	0.33	4.17	18.47	19.47	1.93	0.10	0.09	No Requiere Mejoramiento
4.0	0.25	3.13	10.83	11.83	0.61	0.08	0.07	No Requiere Mejoramiento
5.0	0.20	2.50	7.29	8.29	0.25	0.06	0.06	No Requiere Mejoramiento
6.0	0.17	2.08	5.37	6.37	0.12	0.05	0.05	No Requiere Mejoramiento
7.0	0.14	1.79	4.21	5.21	0.07	0.04	0.04	No Requiere Mejoramiento
8.0	0.13	1.56	3.46	4.46	0.04	0.04	0.04	No Requiere Mejoramiento
9.0	0.11	1.39	2.94	3.94	0.02	0.03	0.03	No Requiere Mejoramiento
10.0	0.10	1.25	2.57	3.57	0.02	0.03	0.03	No Requiere Mejoramiento



5. ANALISIS ESTRUCTURAL

5.1. DESCRIPCION GENERAL DE LA ESTRUCTURA

En la via **TOLEDO – LABATECA** del departamento de Norte de Santander, se realiza el diseño de dos muros de contención en el proyecto **ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MANTENIMIENTO DE LA VÍA TOLEDO - LABATECA, SECTOR TOLEDO - PUENTE PUERTO RICO, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER.**

Las estructuras de Contencion (muro) uno es en contreto reforzado, el cual consta de una losa en la base monolitica, con un muro vertical con forma de T invertida, el otro muro consta de unos gaviones debidamente instalados y trabados entre si.

5.2. JUSTIFICACION DE LAS ESTRUCTURAS PROYECTADAS

En el informe geotécnico se hace referencia a la necesidad de la ejecución de dos muros, constituidos por GAVIONES y CONCRETO REFORZADO.

5.3. PARAMETROS GENERALES

El análisis de la estructura se hará de acuerdo con los requerimientos del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10.

5.3.1. TIPO DE ESTRUCTURAS:

MURO 1: MURO EN GAVIONES
MURO 2 : MURO EN VOLADIZO

5.3.2. MATERIALES

Descripcion criterios utilizados:

MATERIALES

Concreto Estructural

	columnas	pantallas	vigas	viguetas	ciment.	otros	
F`c (KGF/CM²):	280	280	280	210	280	210	(C.1)
Es (KGF/CM²):	2E+05	2E+05	2E+05	2E+05	2E+05	181142	

Acero de Refuerzo : Fy = 420MPa NTC 2289 (ASTM A706M) Para todos los diametros y grafil milimetricos. (C.3.5)

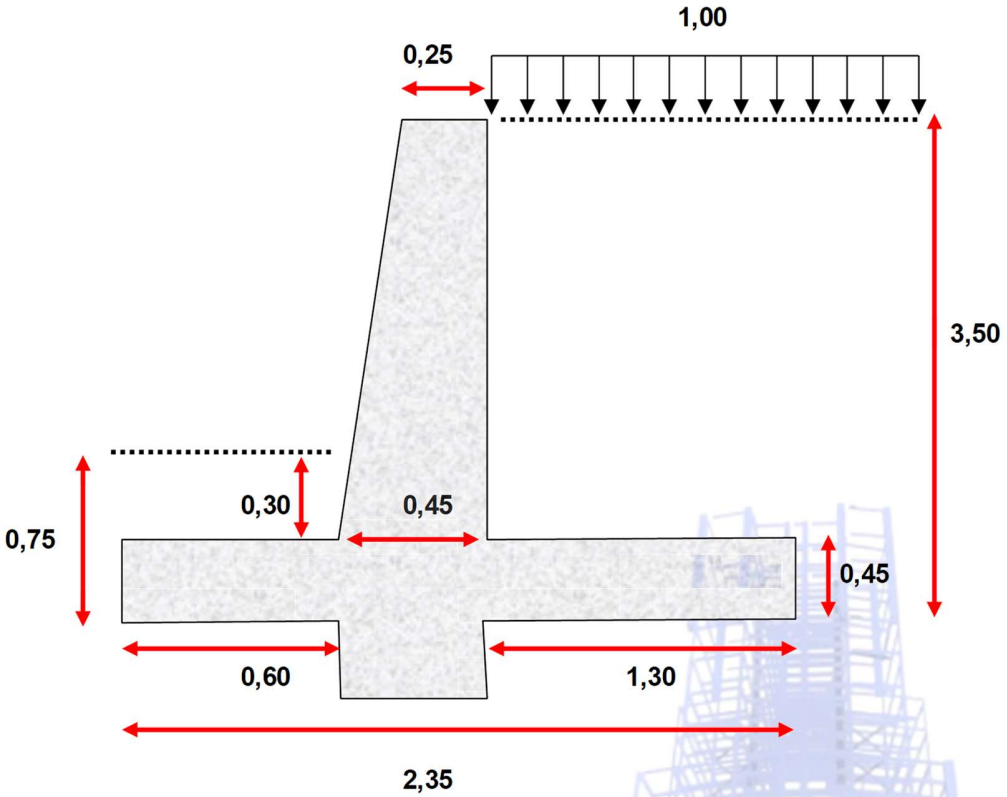
Agregado : Tamaño máximo 3/4" NTC 174 (ASTM C33) (C.3.3)

5.3.2.1. CONCRETO

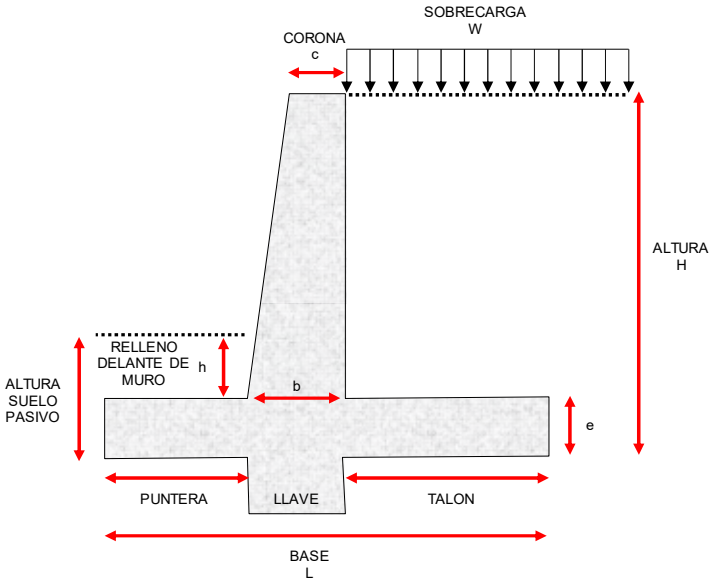
La dosificacion del concreto (NSR-10: C.5.2): **C.5.2.1 –** La dosificacion de los materiales para concretos debe establecerse para lograr:

(a) Trabajabilidad y consistencia que permitan colocar fácilmente el concreto dentro del encofrado y alrededor del refuerzo bajo las condiciones de colocación que vayan a emplearse, sin segregación ni exudación excesiva.
(b) Resistencia a exposiciones especiales, según lo requerido en el Capítulo C.4.
(c) Conformidad con los requisitos del ensayo de resistencia de C.5.6.

5.4. **DISEÑO DE MURO DE CONTENCION**



CALCULO DE MURO EN VOLADIZO

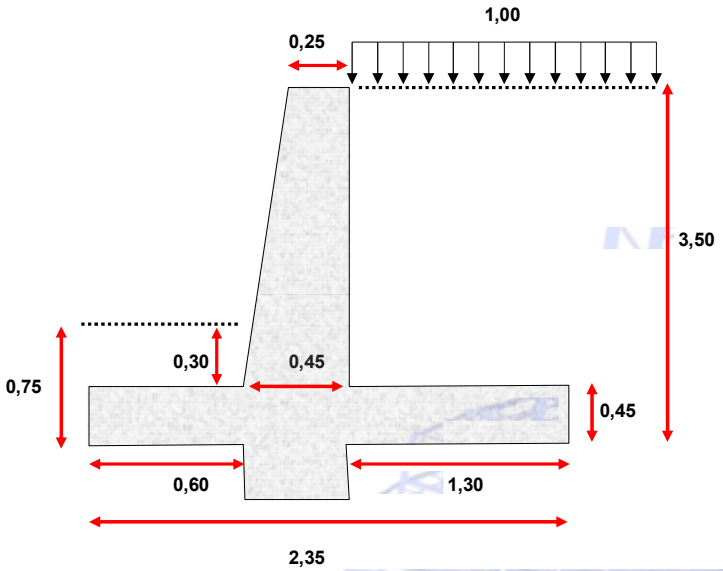


DATOS

Fc	280,00	Kg/cm2
Fy	4200,00	Kg/cm2
Ø	31,00	grados
µ	0,30	
ɣ	1,80	Tn/m3
ALTURA (H)	3,50	m
SOBRECARGA (W)	1,00	Tn/m2
h	0,30	m

PREDIMENSIONAMIENTO

ESPESOR DE ZAPATA (e)	0,45	0,45
c	0,25	0,25
b	0,45	0,45
BASE (L)	2,35	2,35
PUNTERA	0,60	0,60
TALON	1,30	1,30



NOTA IMPORTANTE:
B =(0.5-0.66)H
c=H/24 o 0.25 el mayor de los dos
espesor zapata=H/12 minimo
b=H/12
Puntera=1/3 del ancho de la base

CALCULO DE LOS EMPUJES

EMPUJE ACTIVO

Ø	0,541	radianes
1-SenØ	0,48496193	
1+SenØ	1,51503807	
Ka	**0,320**	

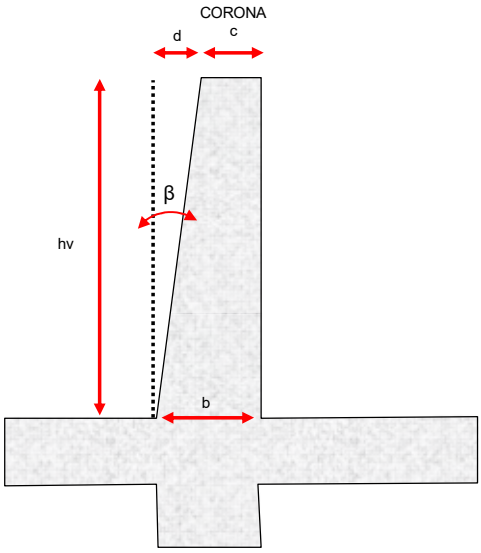
E a	**3,529**	
Pto. Aplicación	**1,167**	m

EMPUJE POR SOBRECARGA

h s = W / ɣ =	0,556	m

E sobrecarga	**1,120**	
Pto aplicación	**1,750**	m

EMPUJE DINAMICO





MONONOBE-OKABE

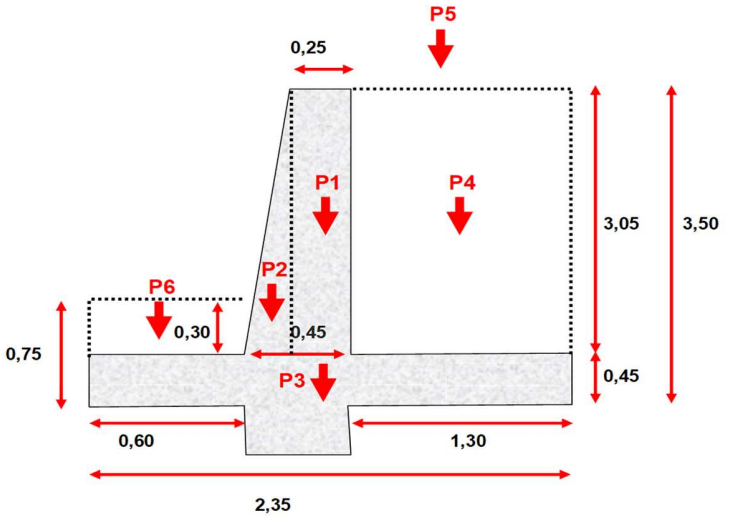
hv	3,05		
d	0,2		
i	0		
delta (δ)	0		
phi (Ø)	31	= 0,541	radianes
a	**0,25**		
Kh	0,125		
Kv	0		
teta (θ)	0,124	= 7,13	grados
beta (β)	0,0655	= 3,75	grados
Cos2(phi-teta-beta)	0,882		
Cos(delta+beta+teta)	0,982		
Sen(phi+delta)	0,515		
Sen(phi-teta-i)	0,405		
Cos(i-beta)	0,998		
Cos(teta)	0,992		
Cos2(beta)	0,996		

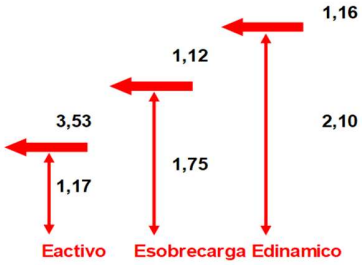
K ae	**0,426**	
E ae	**4,692**	Empuje activo dinamico
Δ E ea	**1,16**	Diferencia de empujes
Pto aplicacion	**2,10**	m

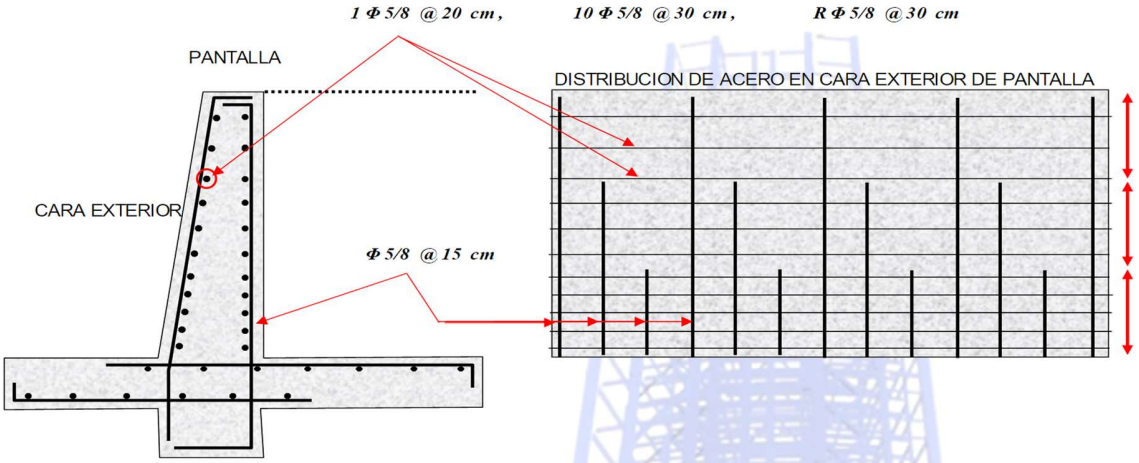
$$\sqrt{\frac{Sen(phi+delta)*Sen(phi-teta-i)}{Cos(delta+beta+teta)*Cos(i-beta)}} = 0,461$$

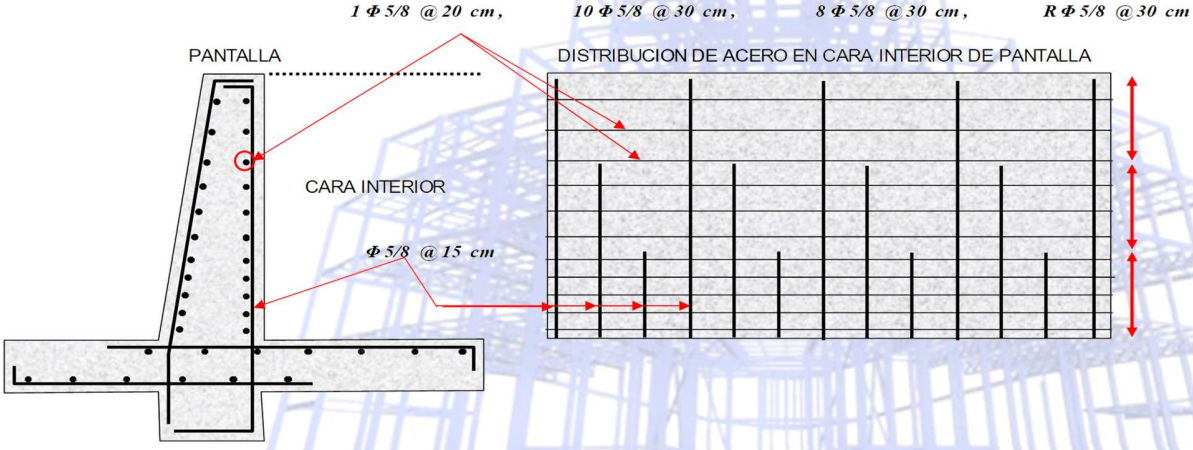
ψ = 2,135

ANALISIS DE ESTABILIDAD









5.4.1. 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)

5.4.1.1. Datos generales de sismo

Caracterización del emplazamiento

Aa: Aceleración horizontal pico efectiva (NSR-10, A.2.2)	Aa :	0.35	g
Av: Velocidad horizontal pico efectiva (NSR-10, A.2.2)	Av :	0.30	g
Vm: Velocidad media de onda de cortante (NSR-10, A.2.4.3)	Vm :	180.00	m/s

Sistema estructural

R0X: Coeficiente de disipación de energía básico (X) (NSR-10, A.3)	R0X :	5.00
R0Y: Coeficiente de disipación de energía básico (Y) (NSR-10, A.3)	R0Y :	5.00
Fa: Coeficiente de irregularidad en altura (NSR-10, A.3.3.5)	Fa :	0.80
Fp: Coeficiente de irregularidad en planta (NSR-10, A.3.3.4)	Fp :	0.80
FrX: Coeficiente por ausencia de redundancia (X) (NSR-10, A.3.3.8)	FrX :	0.75
FrY: Coeficiente por ausencia de redundancia (Y) (NSR-10, A.3.3.8)	FrY :	0.75

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): I

Tipología estructural (Y): I

h: Altura del edificio h : 3.00 m

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

Parámetros de cálculo

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

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

Verificación de la condición de cortante basal: Según norma

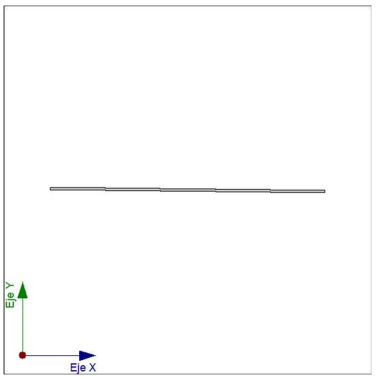
No se realiza análisis de los efectos de 2º orden

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

Direcciones de análisis

Acción sísmica según X

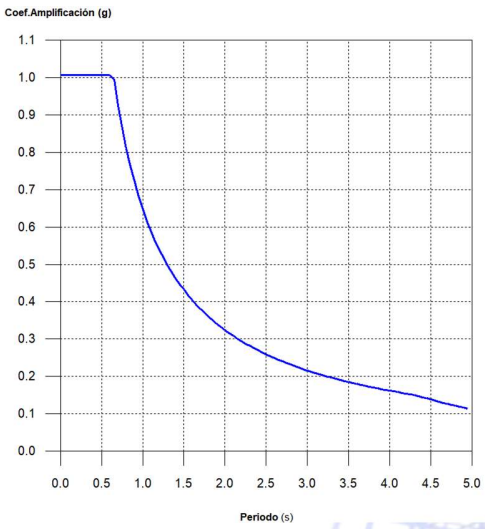
Acción sísmica según Y



Proyección en planta de la obra

5.4.1.2. Espectro de cálculo

5.4.1.2.1. 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 1.006 g.

NSR-10 (A.2.6.1)

Parámetros necesarios para la definición del espectro

Aa: Aceleración horizontal pico efectiva (NSR-10, A.2.2) Aa : 0.35 g

Av: Velocidad horizontal pico efectiva (NSR-10, A.2.2) Av : 0.30 g

Fa: Coeficiente de amplificación de la aceleración en zona de periodos cortos (NSR-10, Tabla A.2.4-3) Fa : 1.0

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

Aa: Aceleración horizontal pico efectiva (NSR-10, A.2.2) Aa : 0.35 g

Fv: Coeficiente de amplificación de la aceleración en zona de periodos intermedios (NSR-10, Tabla A.2.4-4) Fv : 1.80

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

Av: Velocidad horizontal pico efectiva (NSR-10, A.2.2) Av : 0.30 g

I: Coeficiente de importancia (NSR-10, A.2.5) I : 1.00

Tipo de edificación: I

Tc: Periodo correspondiente a la transición entre la zona de aceleración constante y la parte descendente del mismo (NSR-10, A.2.6.1) Tc : 0.64 s

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

Tl: Periodo correspondiente al inicio de la zona de desplazamiento aproximadamente constante (NSR-10, A.2.6.1) Tl : 4.32 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.

$$S_a = \frac{S_{ae}}{R}$$

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

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

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

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

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

RXi: Coeficiente de capacidad de disipación de energía (X) RXi : 2.40

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

RYi: Coeficiente de capacidad de disipación de energía (Y) RYi : 2.40

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

Donde:

R0X: Coeficiente de disipación de energía básico (X) (NSR-10, A.3) R0X : 5.00

R0Y: Coeficiente de disipación de energía básico (Y) (NSR-10, A.3) R0Y : 5.00

Fa: Coeficiente de irregularidad en altura (NSR-10, A.3.3.5) Fa : 0.80

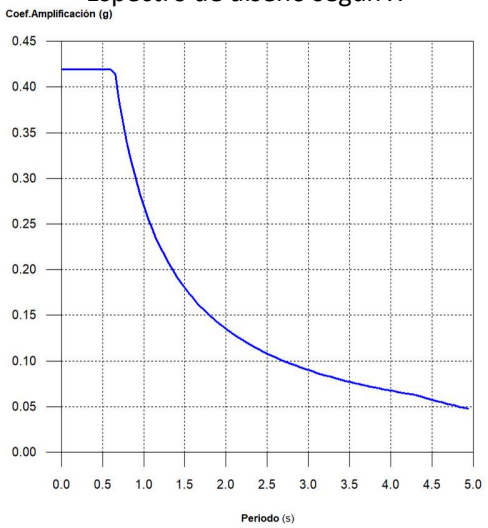
Fp: Coeficiente de irregularidad en planta (NSR-10, A.3.3.4) Fp : 0.80

FrX: Coeficiente por ausencia de redundancia (X) (NSR-10, A.3.3.8) FrX : 0.75

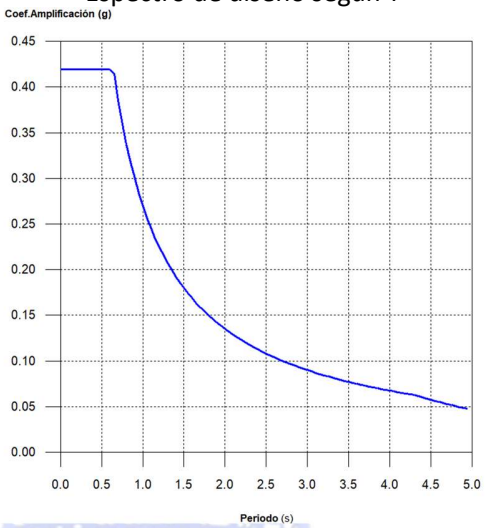
FrY: Coeficiente por ausencia de redundancia (Y) (NSR-10, A.3.3.8) FrY : 0.75

NSR-10 (A.3.7)

Espectro de diseño según X



Espectro de diseño según Y



5.4.1.3. Coeficientes de participación

Modo	T	Lx	Ly	Lgz	Mx	My	Condición X(1)	Condición Y(1)
Modo 1	0.035	0.0007	0.0647	0.9979	0.02 %	50.04 %	R = 2.4 A = 4.113 m/s² D = 0.12728 mm	R = 2.4 A = 4.113 m/s² D = 0.12728 mm
Modo 2	0.035	0.0007	0.0646	0.9979	0.02 %	49.94 %	R = 2.4 A = 4.113 m/s² D = 0.12723 mm	R = 2.4 A = 4.113 m/s² D = 0.12723 mm

Modo	T	Lx	Ly	Lgz	Mx	My	Condición X(1)	Condición Y(1)
Modo 3	0.006	0.0089	0.779	0.6269	0 %	0.01 %	R = 2.4 A = 4.113 m/s² D = 0.00427 mm	R = 2.4 A = 4.113 m/s² D = 0.00427 mm
Modo 4	0.006	0.0082	0.718	0.696	0 %	0.01 %	R = 2.4 A = 4.113 m/s² D = 0.00426 mm	R = 2.4 A = 4.113 m/s² D = 0.00426 mm
Modo 5	0.003	0.9876	0.0113	0.1565	99.52 %	0 %	R = 2.4 A = 4.113 m/s² D = 0.00071 mm	R = 2.4 A = 4.113 m/s² D = 0.00071 mm
Total					99.56 %	100 %		

T: Periodo de vibración en segundos.

Lx, Ly: Coeficientes de participación normalizados en cada dirección del análisis.

Lgz: Coeficiente de participación normalizado correspondiente al grado de libertad rotacional.

Mx, My: Porcentaje de masa desplazada por cada modo en cada dirección del análisis.

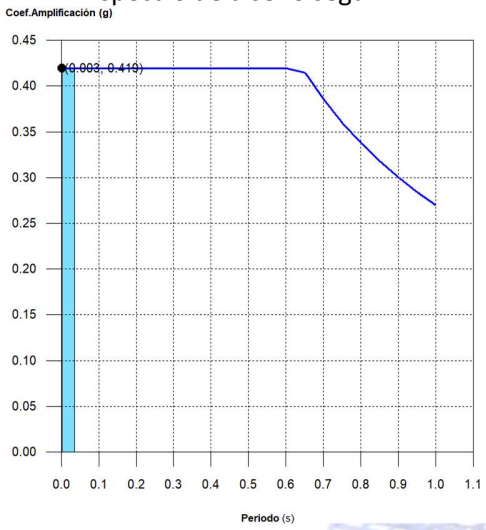
R: Relación entre la aceleración de cálculo usando la ductilidad asignada a la estructura y la aceleración de cálculo obtenida sin ductilidad.

A: Aceleración de cálculo, incluyendo la ductilidad.

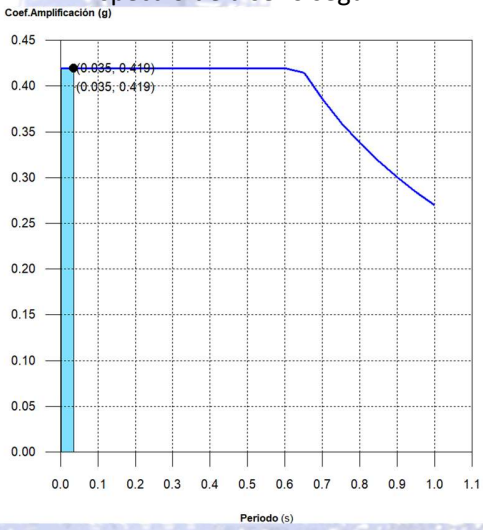
D: Coeficiente del modo. Equivale al desplazamiento máximo del grado de libertad dinámico.

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:

Condición Sismo X1		
Hipótesis modal	T (s)	A (g)
Modo 5	0.003	0.419

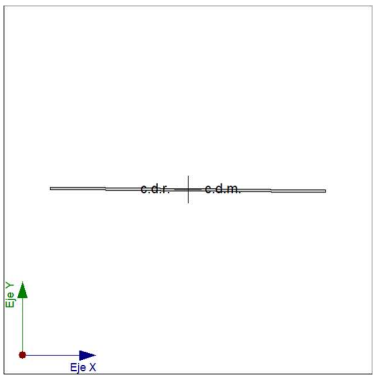
Condición Sismo Y1		
Hipótesis modal	T (s)	A (g)
Modo 1	0.035	0.419
Modo 2	0.035	0.419

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

Planta	c.d.m. (m)	c.d.r. (m)	eX (m)	eY (m)
Losa 1	(8.22, 0.18)	(8.22, 0.18)	0.00	0.00

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)
eX: Excentricidad del centro de masas respecto al centro de rigidez (X)
eY: Excentricidad del centro de masas respecto al centro de rigidez (Y)

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



Losa 1

5.4.1.5. Corrección por cortante basal

5.4.1.5.1. Cortante dinámico CQC

El cortante basal dinámico (Vd), 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	VX (t)	Vd,X (t)
Sismo X1	Modo 1	0.0001	0.3729
	Modo 2	0.0001	
	Modo 3	0.0000	
	Modo 4	0.0000	
	Modo 5	0.3729	

Hipótesis sísmica (Y)	Hipótesis modal	VY (t)	Vd,Y (t)
Sismo Y1	Modo 1	0.5016	1.0023
	Modo 2	0.5007	
	Modo 3	0.0001	
	Modo 4	0.0001	
	Modo 5	0.0000	

Vd,X: Cortante basal dinámico en dirección X, por hipótesis sísmica
Vd,Y: Cortante basal dinámico en dirección Y, por hipótesis sísmica

5.4.1.5.2. Cortante basal estático

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

VS,X: Cortante sísmico en la base (X) (NSR-10, A.4.3.1) VS,X : 19.9517 t

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

Sd,X(Ta): Aceleración espectral horizontal de diseño (X) Sd,X(Ta) : 0.419 g

Ta,X: Periodo fundamental aproximado (X) (NSR-10, A.4.2.2) Ta,X : 0.13 s

$$T_a = 0.047 \cdot h^{0.9}$$

Tipología estructural (X): I

h: Altura del edificio h : 3.00 m

VS,Y: Cortante sísmico en la base (Y) (NSR-10, A.4.3.1) VS,Y : 19.9517 t

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

Sd,Y(Ta): Aceleración espectral horizontal de diseño (Y) Sd,Y(Ta) : 0.419 g

Ta,Y: Periodo fundamental aproximado (Y) (NSR-10, A.4.2.2) Ta,Y : 0.13 s

$$T_a = 0.047 \cdot h^{0.9}$$

Tipología estructural (Y): I

h: Altura del edificio h : 3.00 m

W: Peso sísmico total de la estructura W : 47.5866 t

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

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

wi: 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	wi (t)
Losa 1	47.5866
W=åwi	47.5866

5.4.1.5.3. Verificación de la condición de cortante basal

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

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	Vd,X1 ³ 0.80·Vs,X 0.3729 t ³ 15.9613 t	42.81
Sismo Y1	Vd,Y1 ³ 0.80·Vs,Y 1.0023 t ³ 15.9613 t	15.92

Vd,X: Cortante basal dinámico en dirección X, por hipótesis sísmica

Vs,X: Cortante basal estático en dirección X, por hipótesis sísmica

Vd,Y: Cortante basal dinámico en dirección Y, por hipótesis sísmica

Vs,Y: Cortante basal estático en dirección Y, por hipótesis sísmica

5.4.1.6. 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.

5.4.1.6.1. 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	QX (t)	Feq,X (t)	QY (t)	Feq,Y (t)
Losa 1	0.3729	0.3729	0.0123	0.0123

Hipótesis sísmica: Sismo Y1

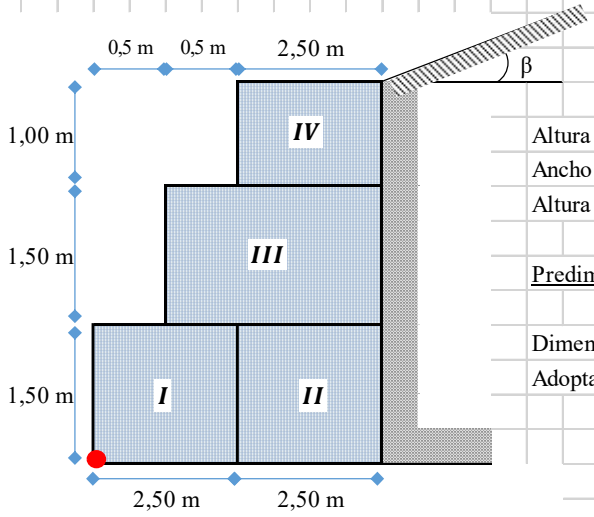
Planta	QX (t)	Feq,X (t)	QY (t)	Feq,Y (t)
Losa 1	0.0123	0.0123	1.0023	1.0023

5.5. DISEÑO DE MURO EN GAVION

DATOS PARA EL DISEÑO:

- Peso del terreno	:	γ_s =	1,97 tn/m³
- Peso de la piedra	:	γ_r =	2,70 tn/m³
- Ángulo de fricción	:	Ø =	28,00°
- Ángulo que forma el relleno	:	β =	8,53°
- Capacidad portante	:	σ_s =	6,80 kg/cm²

GEOMETRÍA DEL MURO:



Altura de cada bloque	:	h_B =	1,00 m
Ancho de cada bloque	:	b_B =	1,00 m
Altura total del muro	:	H_T =	4,00 m

Predimensionado de la base: $B = \frac{1}{2}(1 + H_T)$

Dimensión de la base	:	A_B =	2,50 m
Adoptamos una base de	:	B =	5,00 m

CÁLCULO DEL EMPUJE ACTIVO:

- **EMPUJE ACTIVO:**

Coeficiente de empuje activo:

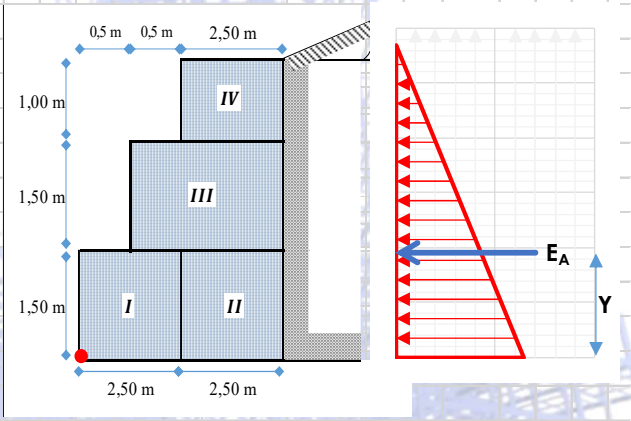
$$Ka = \cos\beta * \left(\frac{\cos\beta - \sqrt{\cos\beta^2 - \cos\emptyset^2}}{\cos\beta + \sqrt{\cos\beta^2 - \cos\emptyset^2}}\right)$$

Ka = 0,37473244

Cálculo del empuje activo:

$$E_A = \frac{1}{2} * K_a * \gamma_S * {H_T}^2$$

E_A = 5,9058 tn



Altura de aplicación del empuje activo:

$$Y = \frac{H_T}{3} = \quad 1{,}333 \text{ m}$$

ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD:

- **CÁLCULO DEL PESO TOTAL Y MOMENTO RESISTENTE:**

FIG.	TIPO	ÁREA (m²)	PESO UNITARIO	PESO PARCIAL	BRAZO X (m)	MOMENTO (tn-m)
I	Gavión	3,750	2,70 tn/m³	10,13 tn/m	1,250	12,6563
II	Gavión	3,750	2,70 tn/m³	10,13 tn/m	3,750	37,9688
III	Gavión	4,500	2,70 tn/m³	12,15 tn/m	2,000	24,3000
IV	Gavión	2,500	2,70 tn/m³	6,75 tn/m	2,250	15,1875
			Σ =	39,15 tn/m	Σ =	90,113

P = 39,15 tn M_r = 90,1 tn-m

- **CÁLCULO DE LAS FUERZAS ACTUANTES EN EL MURO DE CONTENCIÓN:**

Momento producido por el empuje activo : $M_A = E_A * Y$

M_A = 5,906 tn x 1,333 m

M_A = 7,874 tn-m

- **VERIFICACIÓN POR DESLIZAMIENTO:** FSD = 1,50

$$\frac{f * P}{E_A} \geq FSD \quad ; \quad \text{donde:} \quad f = tg\emptyset \leq 0.60$$

f = 0,450

FSD = 2,98 > 1,50 … Conforme

- **VERIFICACIÓN POR VOLTEO:** FSD = 2,00

$$\frac{M_r}{M_A} \geq FSV$$

FSV = 11,44 > 2,00 … Conforme

- **VERIFICACIÓN DE PRESIONES SOBRE EL TERRENO:**

Punto de aplicación de la fuerza resultante:

$$X_0 = \frac{M_r - M_A}{P} = \quad 2{,}10 \text{ m}$$

Excentricidad de la fuerza resultante:

$$e = \frac{B}{2} - X_o \qquad e = \quad 0{,}3994 \text{ m}$$

Se debe cumplir que: $e < \frac{B}{6} = 0{,}83$ m ... Ok: cae dentro del tercio central

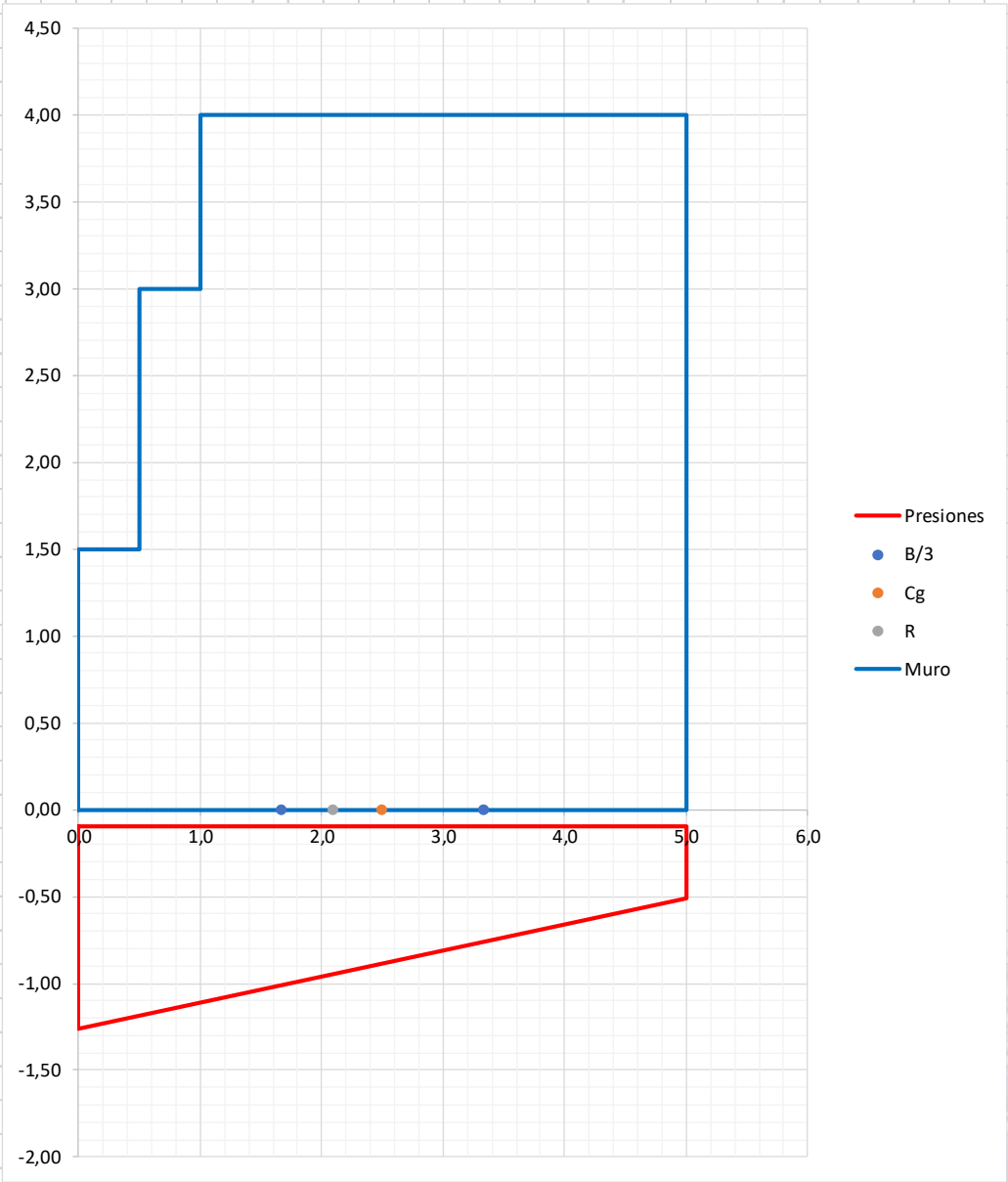
Verificamos las presiones de contacto entre el suelo y el muro:

$$\sigma = \frac{P}{B}\left[1 \pm \frac{6 * e}{B}\right]$$

$\sigma_1 = 1{,}16$ kg/cm² < $\sigma_s = 6{,}80$ kg/cm² ... Conforme

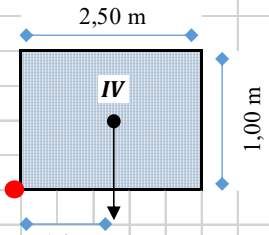
$\sigma_2 = 0{,}41$ kg/cm² < $\sigma_s = 6{,}80$ kg/cm² ... Conforme

- **ESQUEMA DE PRESIONES:**



VERIFICACIÓN ENTRE BLOQUE Y BLOQUE:

- **PRIMER BLOQUE:**



Fuerzas estabilizantes :

Peso (IV) = 2,50 x 1,00 x 2,70 = 6,75000 tn

Momento (IV) = 6,75 tn x 1,25 = 8,43750 tn-m

Fuerzas desestabilizantes :

Empuje = $E_A = \frac{1}{2} * K_a * \gamma_S * {H_T}^2$ = 0,3691 tn

Momento = $M_A = E_A * Y$ = 0,12304 tn-m

Verificación por deslizamiento : FSD = 1,50

$\frac{f * P}{E_A} \geq FSD$ f = 0,500

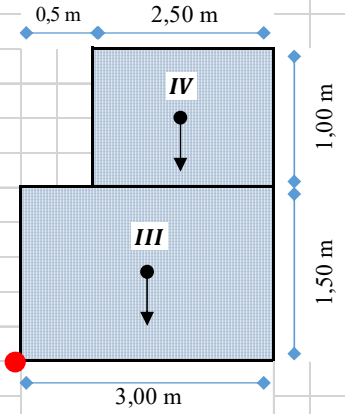
FSD = 9,14 > 1,50 ... Conforme

Verificación por volteo : FSV = 2,00

$\frac{M_r}{M_A} \geq FSV$

FSV = 68,58 > 2,00 ... Conforme

- **SEGUNDO BLOQUE:**



Fuerzas estabilizantes :

Peso (IV) = 2,50 x 1,00 x 2,70 = 6,75000 tn

Peso (II) = 1,50 x 3,00 x 2,70 = 12,15000 tn

∑ = 18,90000 tn

Momento (IV) = 6,75 tn x 1,75 m = 11,81250 tn-m

Momento (III) = 12,15 tn x 1,50 m = 18,22500 tn-m

∑ = 30,0375 tn-m

Fuerzas desestabilizantes :

Empuje = $E_A = \frac{1}{2} * K_a * \gamma_S * {H_T}^2$ = 2,3069 tn

Momento = $M_A = E_A * Y$ = 1,92246 tn-m

Verificación por deslizamiento : FSD = 1,50

$\frac{f * P}{E_A} \geq FSD$ f = 0,500

FSD = 4,10 > 1,50 ... Conforme

Verificación por volteo : FSV = 2,00

$\frac{M_r}{M_A} \geq FSV$

FSV = 15,62 > 2,00 ... Conforme

6. CONCLUSIONES

- Para cumplir con las condiciones del terreno en el muro 1 (muro en gavion) se recomienda realizar un mejoramiento no inferior a los 1.6m, esto con el fin de brindar una estabilidad adecuada a la obra.
- En la modelacion de los gaviones se opta manejar la distribucion con un enmallado comercial, el cual se manejara de secciones de 2m x 1m.
- Realizar las costuras correspondientes con el fin de enlazar cada módulo de gavión entre sí.
- La instalación de los módulos de gavión se debe realizar de forma intercalada.
- Realizar la instalación de la piedra de forma regulada, utilizando piedras uniformes para evitar el abultamiento en los módulos; de igual manera, utilizar la formaleta correspondiente.
- Para la instalación del muro reforzado, se recomienda realizar el mejoramiento del terreno donde se ejecutará la obra, procediendo con un solado de limpieza entre 5 y 7 cm, con el fin de proteger el acero.
- Para el relleno del muro, se debe contar con los resultados del concreto, el cual alcanzará la resistencia de diseño.
- Realizar la compactación del relleno en capas inferiores a 15 cm, teniendo en cuenta si la compactación se realiza con saltarín.
- El concreto utilizado para el muro en voladizo sera de 21 Mpa.



FIRMA:
NOMBRE: SERGIO ANDRES OSPINA GOMEZ
CÉDULA DE CIUDADANÍA: 1.098.737.435 DE OCAÑA
PROFESIÓN: INGENIERO CIVIL – ESPECIALISTA EN ESTRUCTURAS
MATRICULA PROFESIONAL: 54202-403382NTS

INGENIERO ESTRUCTURAL

Sergio Andrés Ospina







