PROYECTO:

“REALIZAR LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LAOPTIMIZACIÓN DE LA CAPTACIÓN Y SISTEMA DE BOMBEO, RED DE IMPULSIÓN Y RED DE CONDUCCIÓN DEL ACUEDUCTO DE LA VEREDA DE QUIRVAQUIRA DEL MUNICIPIO DE ARCABUCO, CONFORME AL INDICADOR DE PRODUCTO “ACUEDUCTOS OPTIMIZADOS” DEL PLAN DEDESARROLLO “POR LA DIGNIDAD DE ARCABUCO 2024-2027

DISEÑO ESTRUCTURAL TANQUE DE ALMACENAMIENTO

OCTUBRE 2025

Luis Orlando Barón
Ingeniero civil
Especialista en estructuras

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN....3
2. OBJETIVO....4
3. LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO....4
4. CRITERIOS Y PARÁMETROS DE DISEÑO....5
5. NORMATIVIDAD APLICABLE....6
5.1.1 CONCRETO....6
5.1.2 ACERO DE REFUERZO.....6
5.1.3 RECUBRIMIENTO....6
5.2 HIPÓTESIS DE CARGAS....7
5.2.1 PESO PROPIO (D)....7
5.2.2 PESO PROPIO (D)....7
5.2.3 CARGA VIVA (L)....7
5.2.4 EMPUJES DEL SUELO (H)....9
5.2.5 EMPUJES HIDROSTÁTICOS (F)....9
5.2.6 CARGA SÍSMICA (E)....9
5.3 COMBINACIONES DE CARGA....16
5.4 PARAMETROS GEOTÉCNICOS....18
6. METODOLOGÍA DE DISEÑO....18
7. DISEÑO ESTRUCTURAL DEL TANQUE....20
7.1 PARÁMETROS GEOTÉCNICOS....20
7.2 DATOS DE ENTRADA....21
7.3 EVALUACIÓN DE CARGAS....25
7.4 ASIGNACIÓN DE CARGAS....30
7.5 MODELACIÓN DEL SUELO....36
7.6 CÁLCULO DEL REFUERZO PLACA DE FONDO....37
7.7 CÁLCULO DEL REFUERZO MUROS SENTIDO X....40
7.8 CÁLCULO DEL REFUERZO MUROS SENTIDO Y....43
7.9 CÁLCULO DE LA PLACA SUPERFICIAL....46
7.10 CÁLCULO DEL CORTANTE CRITICO TANQUE....50
7.11 CHEQUEO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO....52
7.12 COMPROBACIONES NSR-10 ESTRUCTURAS AMBIENTALES....53
8. RECOMENDACIONES GENERALES....54

LISTA DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1-SECCIÓN TRANSVERSAL TANQUE DE ALMACENAMIENTO.....5
ILUSTRACIÓN 2 CARGAS ESTÁTICAS ACTUANTES EN LA ESTRUCTURA 7
ILUSTRACIÓN 3 CARGAS DINÁMICAS ACTUANTES EN LA ESTRUCTURA 10
ILUSTRACIÓN 4 DISTRIBUCIÓN DE CARGAS SÍSMICAS EN EL TANQUE.....15
ILUSTRACIÓN 5-MODELO ESTRUCTURAL TANQUE DE ALMACENAMIENTO. 19
ILUSTRACIÓN 6 PARAMETROS SÍSMICOS NSR-10.....21
ILUSTRACIÓN 7 ESPECTRO DE DISEÑO NSR-10.....21
ILUSTRACIÓN 8-CARGA MUERTA (DC) T-M.....30
ILUSTRACIÓN 9-CARGA DE PRESIÓN VERTICAL POR PESO DEL AGUA (F) T/M^2 31
ILUSTRACIÓN 10-EMPUJE DEL TERRENO (H) T/M^2 31
ILUSTRACIÓN 11-CARGA MUERTA SOBRE LA CUBIERTA (D) T/M.....32
ILUSTRACIÓN 12- CARGA VIVA SOBRE LA CUBIERTA (L) T/M 32
ILUSTRACIÓN 13-CARGA CONVECTIVA SENTIDO X (PCX) T/M 33
ILUSTRACIÓN 14- CARGA CONVECTIVA SENTIDO Y (PCY) T/M 33
ILUSTRACIÓN 15 CARGA IMPULSIVA SENTIDO X (PIX) T/M 34
ILUSTRACIÓN 16 CARGA IMPULSIVA SENTIDO Y (PIY) T/M 35
ILUSTRACIÓN 17 CARGA HIDRODINAMICA POR ACELERACION VERTICAL (PVX) T/M 35
ILUSTRACIÓN 18 CARGA HIDROSTATICA PRODUCIDA POR EL FLUIDO EN REPOSO (F) T/M 36
ILUSTRACIÓN 19 ASIGNACION DE RIGIDEZ DEL SUELO K 37
ILUSTRACIÓN 20-DIAGRAMA DE MOMENTOS ENVOLVENTE DISEÑO PLACA DE FONDO (T-M).....37
ILUSTRACIÓN 21- DIAGRAMA DE MOMENTOS ENVOLVENTE DISEÑO MUROS X (T-M).....40
ILUSTRACIÓN 22- DIAGRAMA DE MOMENTOS ENVOLVENTE DISEÑO MUROS Y (T-M).....43
ILUSTRACIÓN 23-DIAGRAMA DE MOMENTOS PLACA SUPERFICIAL 46

1. INTRODUCCIÓN

El municipio de Arcabuco está formulando el proyecto **"OPTIMIZACIÓN DE LA CAPTACIÓN Y SISTEMA DE BOMBEO, RED DE IMPULSIÓN Y RED DE CONDUCCIÓN DEL ACUEDUCTO DE LA VEREDA DE QUIRVAQUIRA DEL MUNICIPIO DE ARCABUCO, CONFORME AL INDICADOR DE PRODUCTO "ACUEDUCTOS OPTIMIZADOS"** Dentro el desarrollo del proyecto se encuentra el diseño estructural de un tanque de almacenamiento de agua potable y posterior bombeo, el diseño estructural está conformado por el presente informe que contiene las memorias de cálculo y sus respectivos planos con todos los detalles. El diseño se realizó con base en las especificaciones y dimensiones dadas por el componente hidráulico, efectuando una modelación en el programa de diseño estructural, el cual permite analizar e incorporar los diferentes casos de carga que está sometida la estructura.

Los análisis y diseño se realizan considerando los parámetros y especificaciones dadas en la Norma Colombiana de Diseño y construcción sismorresistente NSR-10; Títulos A, B y C. Se tuvieron en cuenta todas las posibles cargas actuantes en la estructura para determinar las dimensiones y tipo de refuerzo necesario para que pueda soportar estas solicitaciones en condiciones normales de servicio.

EL ESTADO LIMITE UTILIZADO PARA EL DISEÑO ES EL DE LOS EFUERZOS ADMISIBLES.

2. OBJETIVO

Realizar el análisis y diseño estructural del **"DISEÑO TANQUE DE ALMACENAMIENTO".**, según las recomendaciones geotécnicas del estudio de suelos y dimensiones internas del componente hidráulico. Suministrar el dimensionamiento de los elementos que componen el tanque, muros, placa superior y placa de base y placa de acceso, así mismo, suministrar el refuerzo necesario para garantizar la durabilidad y serviciabilidad de la estructura para los distintos casos de carga a los que puede estar sometida en el transcurso de su vida útil.

3. LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

El tanque de almacenamiento se encuentra localizado en el municipio de arcabuco, sector rural **LA VEREDA DE QUIRVAQUIRA**



Fuente: Estudio geotécnico

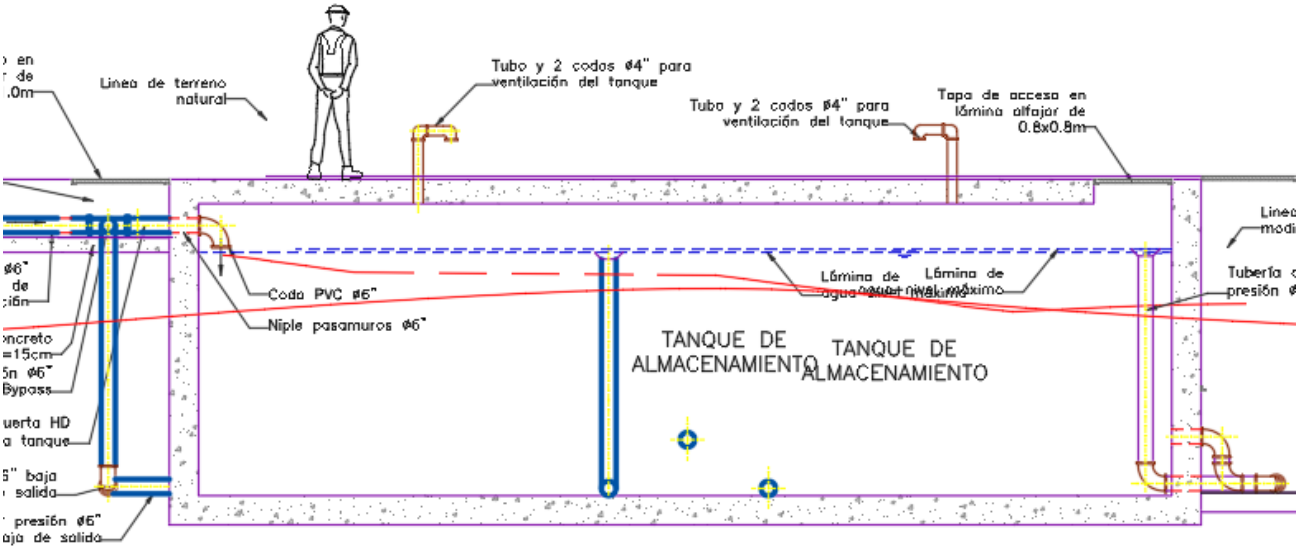
4. CRITERIOS Y PARÁMETROS DE DISEÑO

El sistema estructural corresponde a una placa de cimentación, muros perimetrales y una placa aligerada con casetón que servirá de cubierta. El sistema de resistencia sísmica corresponde a los muros que actúan como muros de cortante en la dirección paralela a su plano y en conjunto actúan como un diafragma rígido, soportando las fuerzas sísmicas en ambas direcciones horizontales.
El material empleado en el diseño del tanque es concreto reforzado con resistencia mínima a la compresión de 4000 psi, la dosificación requiere tratamiento especial debido al tipo de obra; acero de refuerzo a momento y a cortante con resistencia a la fluencia de 60000 psi, para el diseño de la cimentación teniendo en cuenta las características del proyecto se empleó un tipo de cimentación que corresponde a la placa de fondo en concreto con refuerzo en ambas caras.

Debe tenerse especial cuidado en la construcción de este tipo de estructuras con el fin de evitar la corrosión del refuerzo y obtener un concreto lo más impermeable posible; y entiéndase que impermeable es la habilidad de una estructura para retener o excluir líquidos, lo cual está razonablemente asegurado si:

-Todo el concreto está bien compactado; es decir muy bien vibrado.
-El ancho de grieta sea minimizado.
-Las juntas están bien diseñadas, construidas y selladas.
PARA EL RESPECTIVO DISEÑO SE USARÁ EL METODO DE LOS ESFUERZOS ADMISIBLES.

Ilustración 1-Sección Transversal tanque de almacenamiento



Fuente: Elaboración propia

5. NORMATIVIDAD APLICABLE

Las estructuras se dimensionan y diseñan dando cumplimiento a lo establecido en las siguientes normas, códigos y/o reglamentos de diseño y construcción aplicables en el desarrollo de este proyecto.

- Reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10.
- Resolución 330 del 8 de junio de 2017, por la cual se adopta el "Reglamento Técnico Para El Sector De Agua Potable Y Saneamiento Básico."
- ACI 350.3/350.3R-06 "Seismic Design of Liquid-Containing Concrete Structures" del American Concrete Institute

MATERIALES

5.1.1 Concreto

- Concreto para muros y placas: f´c= 28 MPa Relación A/C <= 0.45
- Concreta placa de cubierta f'c= 28 MPa relación A/C <=0.45 NS-029-EAAB
- Concreto tapas removibles f'c= 42 MPa relación A/C <=0.45
- Módulo de elasticidad E=4700 * raíz (28 MPa) = 24 870 MPa
- Módulo de elasticidad E=4700 * raíz (42 MPa) = 30 459 MPa
- Concreto de limpieza: f'c=14,5 MPa

5.1.2 Acero de refuerzo.

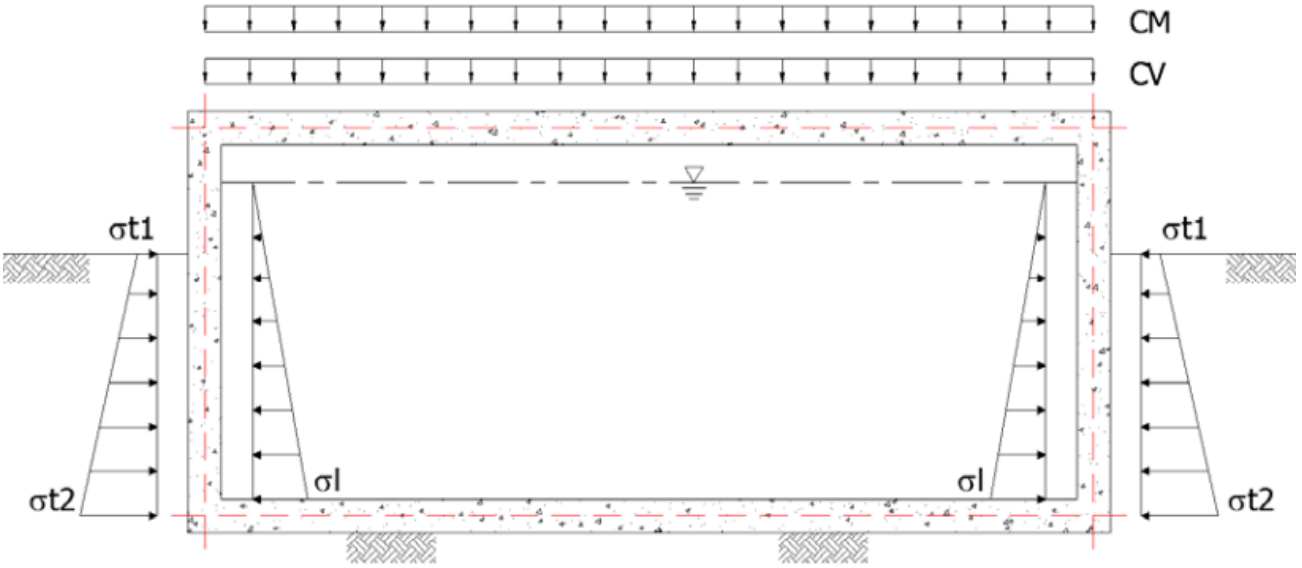
- Acero de refuerzo corrugado: ASTM A – 706M, fy = 420 MPa.
- Acero Malla Electrosoldada: ASTM A – 1064, fy = 490 MPa.

5.1.3 Recubrimiento

- El recubrimiento mínimo del acero de refuerzo será de 0,075 m para elementos fundidos directamente contra el terreno y para las caras internas que estén en contacto con el agua.

5.2 HIPÓTESIS DE CARGAS

Ilustración 2 cargas estáticas actuantes en la estructura



5.2.1 Peso propio (D)

Corresponde al peso de cada uno de los elementos que forman la estructura, este depende del tipo de material, para este caso todos los muros son en concreto reforzado cuyo peso específico es 2400 kg/m³. ADICIONAL SE LE COLOCA UNA SOBRECARGA DE 1t/m2 PARA USO DE BOMBAS DE SUCCION ENCIMA DE LA TAPA.

5.2.2 Peso propio (D)

De acuerdo al numeral B.2.2 del reglamento NSR-10, el patrón de carga denominado D corresponde al peso propio de los componentes estructurales y accesorios no estructurales, por los tanto dentro de estas cargas se incluyeron: Rellenos, y peso de la estructura

5.2.3 Carga viva (L)

Como carga viva se considera la carga definida B.2.2 , que hace parte de las cargas de servicio, producida por elementos móviles, particiones o equipos que puedan cambiar de lugar y que produzcan vibraciones, como el caso de bombas se succión, de impulsión o cualquier otro equipo necesario para la operación del tanque.

Sobrecarga del suelo (ES Y LS)

Esta carga corresponde a estructuras, edificaciones o paso de vehículos que circulan cerca de los accesos y que le generan a estos elementos empujes horizontales.

Con el fin de considerar el incremento de la presión del suelo detrás de los muros, causada por la sobrecarga viva debido a la carga vehicular sobre la superficie del relleno se consideró los parámetros y especificaciones dadas en el numeral 3.11.6.4. donde el incremento en la presión horizontal se calcula como:

$$\Delta p = ka * \gamma s * heq$$

Donde:

Ka: Coeficiente de presión activa del suelo

Ysuelo: Peso específico del suelo de relleno

Heq: Altura equivalente del suelo para carga vehicular.

La altura equivalente del suelo se tomó de acuerdo a las tablas 3.11.6.4-1 y 3.11.6.4-2 del CCP-14, donde se puede realizar interpolación lineal para altura de muros intermedios.

Tabla 1- Alturas equivalentes de suelo para cargas vehiculares perpendiculares al tráfico (Tabla 3.11.6.4-1)

Altura del Estribo (mm)	h_{eq} (mm)
1500	1200
3000	900
≥ 6000	600

Fuente: Norma Colombiana de Diseño de Puentes CCP-14

Tabla 2-Alturas equivalentes de suelo para cargas vehicular paralelas al tráfico (Tabla 3.11.6.4-2)

Altura del Muro de Contención (mm)	h_{eq} (m) Distancia desde el respaldo del muro al borde del tráfico	
	0.0 mm	300 mm o más
1500	1500	600
3000	1000	600
≥ 6000	600	600

Fuente: Norma Colombiana de Diseño de Puentes CCP-14

5.2.4 Empujes del suelo (H)

Se considera dentro del diseño las cargas generadas por presiones horizontales de tierras, las cuales se calculan con los parámetros geotécnicos definidos en el estudio de suelos y la profundidad a la que se encuentra enterrada la estructura.

La presión de tierra debido al empuje del suelo en las paredes laterales de la estructura es igual a:

$$Pmax = Ka * \gamma s * H$$

Donde:
Pmax: Presión máxima del suelo.
Ka: Coeficiente de presión activa del suelo.
Ys: Peso específico del suelo de relleno.

5.2.5 Empujes hidrostáticos (F)

Las cargas hidrostáticas se estiman teniendo en cuenta la altura máxima de la lámina de agua tanto del líquido contenido como de la presencia del nivel freático en caso que esté presente.

$$Pf = \gamma w * hw$$

Donde:

Pw: Presión de agua a una determinada profundidad.

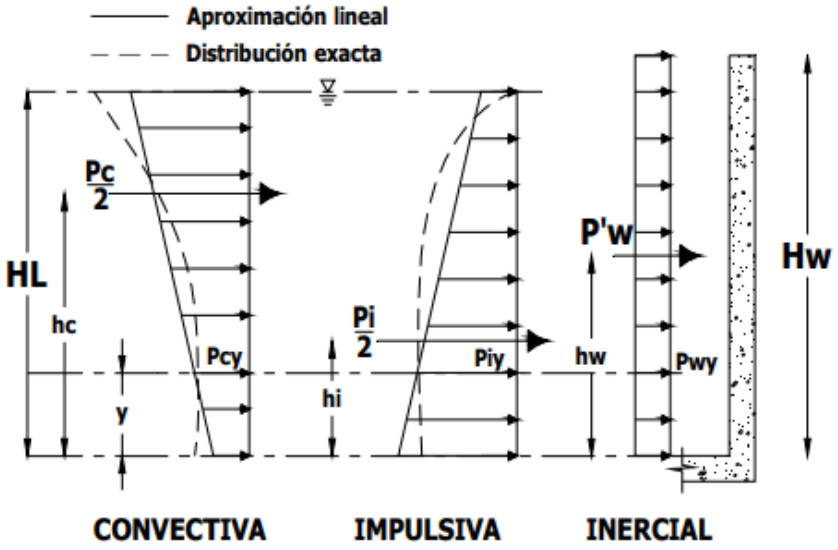
Yw: Peso específico del agua.

hw: altura de la lámina de agua y/o altura del nivel freático desde la base de la estructura.

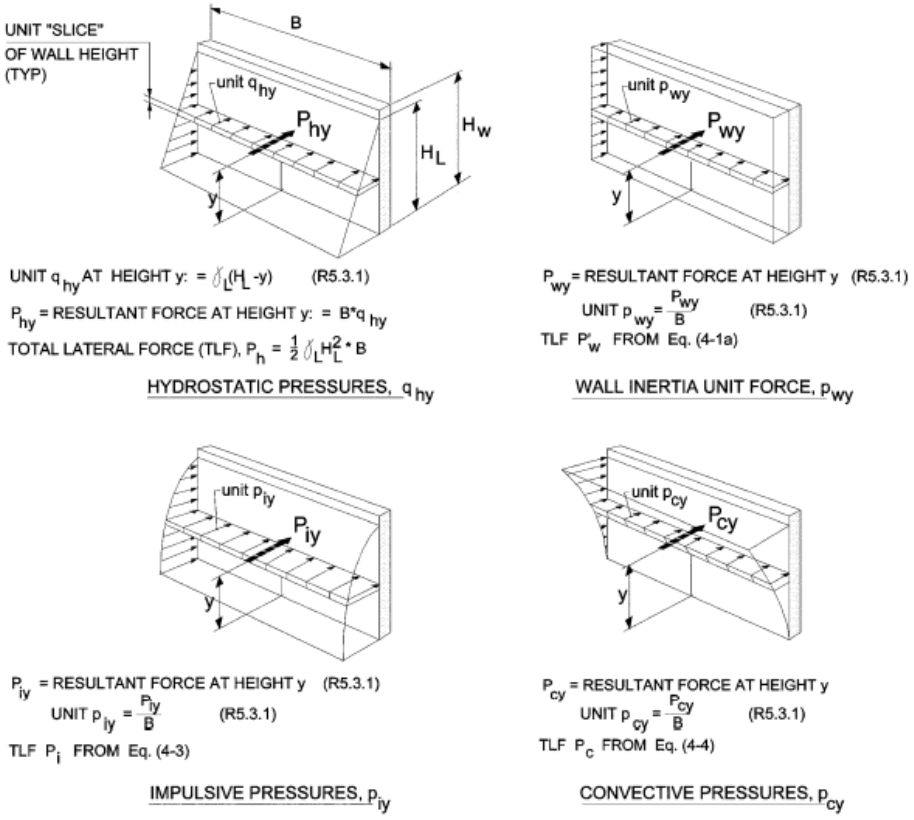
5.2.6 Carga sísmica (E)

Para el análisis y cálculo de la estructura las caras sísmicas aplicables son, las fuerzas hidrodinámicas de impulsión y convección producida la aceleración horizontal del terreno, la carga adicional de presión hidrostática por la aceleración vertical del terreno, las fuerzas inerciales producidas por la masa de la estructura y el empuje dinámico del suelo. Estas cargas se determinan de la siguiente manera.

Ilustración 3 cargas dinámicas actuantes en la estructura



Fuente: ACI 350.3/350.3R-06



Fuente: ACI 350.3/350.3R-06

Cargas sismicas actuantes en el tanque:

$$P_w = C_i I\left[\frac{\varepsilon W_w}{R_i}\right] \qquad (4\text{-}1)$$

$$P'_w = C_i I\left[\frac{\varepsilon W'_w}{R_i}\right] \qquad (4\text{-}1a)$$

$$P_r = C_i I\left[\frac{W_r}{R_i}\right] \qquad (4\text{-}2)$$

$$P_i = C_i I\left[\frac{W_i}{R_i}\right] \qquad (4\text{-}3)$$

$$P_c = C_c I\left[\frac{W_c}{R_c}\right] \qquad (4\text{-}4)$$

Fuente: ACI 350.3/350.3R-06

Donde:

Pw: Fuerzas inerciales de los muros
Pr: Fuerzas inerciales de la cubierta del tanque
Pi: Fuerza hidrodinámica impulsiva del líquido contenido
Pc: Fuerza hidrodinámica convectiva del líquido contenido
Ci y Cc: Coeficientes de respuesta sísmica correspondientes a los periodos Ti y Tc.
I: Coeficiente de importancia tabla A.2.5-1 NSR-10.
ε: Coeficiente me masa efectiva de la estructura
Ww y Wr: Pesos de los muros y la cubierta, respectivamente
Wi y Wc: Pesos de las masas impulsiva y convectiva del líquido contenido.
Ri y Rc: Factores de modificación de respuesta Tabla 4.1.1(b) ACI 350.3/350.3R-06

Sobre presión por aceleración vertical:
los efectos de la aceleración vertical de la estructura se consideran como una carga hidrodinámica adicional que actúa en los muros en estudio, esta carga es una carga con distribución triangular con altura igual a la lamina de agua contenida, y se calcula con la siguiente ecuación:

$$p_{vy} = \ddot{u}_v q_{hy}$$

$$\ddot{u}_v = C_t I\left(\frac{b}{R_i}\right) \geq 0.20 S_{DS}$$

b: Relación entre la aceleración vertical y horizontal > = 2/3
qhy: presión hidrostática producida por el líquido en reposo

Determinación de los pesos impulsivos y convectivos del líquido contenido:

$$\frac{W_i}{W_L} = \frac{\tanh\left[0.866\left(\frac{L}{H_L}\right)\right]}{0.866\left(\frac{L}{H_L}\right)} \qquad (9\text{-}1)$$

$$\frac{W_c}{W_L} = 0.264\left(\frac{L}{H_L}\right)\tanh\left[3.16\left(\frac{H_L}{L}\right)\right] \qquad (9\text{-}2)$$

Fuente: ACI 350.3/350.3R-06

Donde:

Wi y Wc: Pesos de las masas impulsiva y convectiva del líquido contenido.
L: longitud de análisis
HL: altura de la columna de agua
WL. Peso del agua

Determinación del coeficiente de masa:

$$\varepsilon = \left[0.0151\left(\frac{L}{H_L}\right)^2 - 0.1908\left(\frac{L}{H_L}\right) + 1.021\right] \leq 1.0$$

Fuente: ACI 350.3/350.3R-06

Determinación de las propiedades dinámicas de la estructura:

$$\omega_i = \sqrt{\frac{k}{m}} \qquad (9\text{-}9)$$

$$m = m_w + m_i \qquad (9\text{-}10)$$

$$\left[m_w = H_w \frac{t_w}{10^3}\left(\frac{\gamma_c}{g}\right) \text{ in the SI system}\right]$$

$$m_i = \left(\frac{W_i}{W_L}\right)\left(\frac{L}{2}\right) H_L \left(\frac{\gamma_L}{g}\right)$$

$$h = \frac{(h_w m_w + h_i m_i)}{(m_w + m_i)}$$

$$k = \frac{E_c}{48}\left(\frac{t_w}{h}\right)^3$$

$$\left[k = \frac{E_c}{4 \times 10^6}\left(\frac{t_w}{h}\right)^3 \text{ in the SI system}\right]$$

Fuente: ACI 350.3/350.3R-06

Donde:

m: masa del muro mas la masa del liquido
mw: masa del muro:
mi: masa del liquido
Hw: altura del muro
tw: espesor del muro en análisis
γc y γL : densidad del líquido contenido y del concreto del muro
hw: centro de gravedad del muro
hi: altura de la masa impulsiva
h: centro de gravedad del sistema impulsivo
Ec: modulo de elasticidad del concreto
k: rigidez del muro en estudio.

$$T_i = \frac{2\pi}{\omega_i} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \qquad (9\text{-}11)$$

$$\omega_c = \frac{\lambda}{\sqrt{L}} \qquad (9\text{-}12)$$

$$\lambda = \sqrt{3.16 g \tanh\left[3.16\left(\frac{H_L}{L}\right)\right]} \qquad (9\text{-}13)$$

$$T_c = \frac{2\pi}{\omega_c} = \left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)\sqrt{L} \qquad (9\text{-}14)$$

Fuente: ACI 350.3/350.3R-06

Determinación del coeficiente sísmicos Ci,

$$S_{1.0} = 1.2 A_v F_v$$

$$T_s = \frac{S_{1.0}}{S_{DS}} = \frac{1.2 A_v F_v}{2.5 A_a F_a} = 0.48 \frac{A_v F_v}{A_a F_a}$$

Para $T_i \le T_s$

$$C_i = S_{DS}$$

Para $T_i > T_s$

$$C_i = \frac{S_{1.0}}{T_i} \le S_{DS}$$

Fuente: ACI 350.3/350.3R-06

Respectivamente para el coeficiente sísmico Cc

$$\text{Para } T_c \le \frac{1.60}{T_s}$$

$$C_c = \frac{1.5S_{1.0}}{T_c} \le 1.5S_{DS}$$

$$\text{Para } T_c \ge \frac{1.60}{T_s}$$

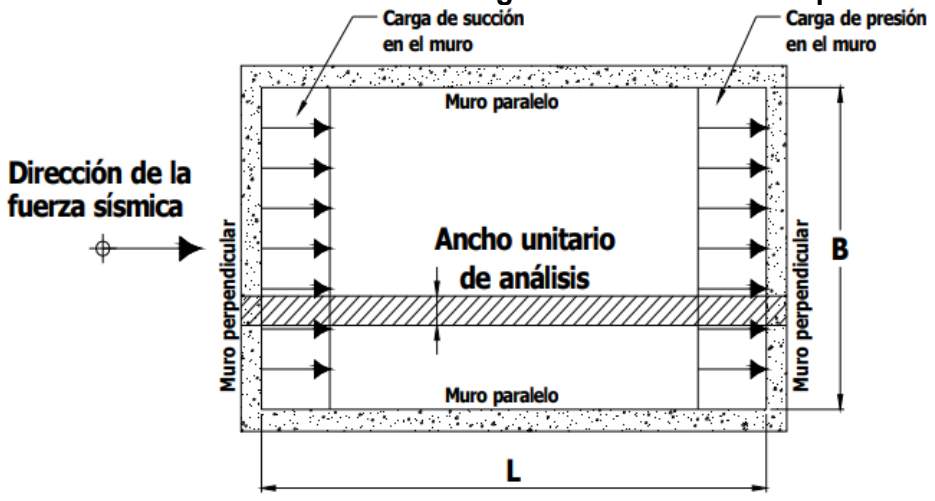
$$C_c = \frac{2.4S_{DS}}{T_c^2}$$

Fuente: ACI 350.3/350.3R-06

Distribución de las cargas sísmicas:

Según el código de diseño ACI 350.3/350.3R-06, tanto las cargas impulsivas y convectivas actúan simultáneamente en los muros perpendiculares a la dirección de análisis; en el muro frontal actuaria una fuerza de compresión y en el muro posterior actuaria una fuerza de tensión, por tanto, es necesario dividir en dos las cargas impulsiva y convectiva respectivamente para su asignación a cada muro. Estas cargas actúan en una franja unitaria de un metro.

Ilustración 4 distribución de cargas sísmicas en el tanque



Fuente: ACI 350.3/350.3R-06

La distribución aproximada se presenta en la ilustración número cuatro.

Las ecuaciones para realizar esta distribución son:

$$P_{iy} = \frac{\frac{P_i}{2}\left[4H_L - 6h_i - \left(6H_L - 12h_i\right)\left(\frac{y}{H_L}\right)\right]}{H_L^2}$$

$$P_{cy} = \frac{\frac{Pc}{2}\left[4H_L - 6h_c - \left(6H_L - 12h_c\right)\left(\frac{y}{H_L}\right)\right]}{H_L^2}$$

Fuente: ACI 350.3/350.3R-06

Donde hi y hc se calculan con las siguientes ecuaciones:

$$\frac{L}{H_L} < 1.333; \quad \frac{h_i}{H_L} = 0.5 - 0.09375 \cdot \left(\frac{L}{H_L}\right)$$

$$\frac{L}{H_L} \geq 1.333; \quad \frac{h_i}{H_L} = 0.375$$

Altura Peso Impulsivo

$$\frac{h_c}{H_L} = 1 - \frac{\cosh\left[3.16 \cdot \left(\frac{H_L}{L}\right)\right] - 1}{3.16 \cdot \left(\frac{H_L}{L}\right) \cdot \sinh\left[3.16 \cdot \left(\frac{H_L}{L}\right)\right]}$$

Altura Peso Convectivo

Fuente: ACI 350.3/350.3R-06

5.3 COMBINACIONES DE CARGA

En el diseño se consideran las combinaciones de carga para cada uno de los estados límites, de acuerdo a los factores especificados los numerales B.2.3 y B.2.4.

Tabla 3-Combinaciones de carga (B.2.3 NSR-10)

$D+F$	(B.2.3-1)
$D+H+F+L+T$	(B.2.3-2)
$D+H+F+(L_r \text{ ó } G \text{ ó } L_e)$	(B.2.3-3)
$D+H+F+0.75(L+T)+0.75(L_r \text{ ó } G \text{ ó } L_e)$	(B.2.3-4)
$D+H+F+W$	(B.2.3-5)
$D+H+F+0.7E$	(B.2.3-6)
$D+H+F+0.75W+0.75L+0.75(L_r \text{ ó } G \text{ ó } L_e)$	(B.2.3-7)
$D+H+F+0.75(0.7E)+0.75L+0.75(L_r \text{ ó } G \text{ ó } L_e)$	(B.2.3-8)
$0.6D+W+H$	(B.2.3-9)
$0.6D+0.7E+H$	(B.2.3-10)

Fuente: reglamento de construcción sismorresistente NSR-10

"B.2.3.2 — FUERZAS SÍSMICAS — Las fuerzas sísmicas reducidas, E, utilizadas en las combinaciones B.2.3-6, B.2.3-8 y B.2.3-10 corresponden al efecto, expresado en términos de fuerza, Fs , de los movimientos sísmicos de diseño prescritos en el Título A, divididos por R(E = Fs R) . Cuando se trata de diseñar los miembros por el método de los esfuerzos de trabajo del material, el valor del coeficiente de carga que afecta las fuerzas sísmicas E , es 0.7."

B.2.2 — NOMENCLATURA

D = carga Muerta consistente en:
(a) peso propio del elemento.
(b) peso de todos los materiales de construcción incorporados a la edificación y que son permanentemente soportados por el elemento, incluyendo muros y particiones divisorias de espacios.
(c) peso del equipo permanente.

E = fuerzas sísmicas reducidas de diseño $(E = F_S/R)$ que se emplean para diseñar los miembros estructurales.

$\mathbf{E_d}$ = fuerza sísmica del umbral de daño.

F = cargas debidas al peso y presión de fluidos con densidades bien definidas y alturas máximas controlables.

$\mathbf{F_a}$ = carga debida a inundación.

$\mathbf{F_S}$ = fuerzas sísmicas calculadas de acuerdo con los requisitos del Título A del Reglamento.

G = carga debida al granizo, sin tener en cuenta la contribución del empozamiento.

L = cargas vivas debidas al uso y ocupación de la edificación, incluyendo cargas debidas a objetos móviles,

Fuente: reglamento de construcción sismorresistente NSR-10

5.4 PARAMETROS GEOTÉCNICOS

Del estudio geotécnico se tomaron las recomendaciones para los diseños de las estructuras hidráulicas. En la tabla 1 y 2 se pueden observar la capacidad portante, módulo de reacción vertical y coeficientes de presión de tierras, extraídos del informe geotécnico.

Tabla 4-Capacidad portante para losa de cimentación

TIPO DE CIMENTACION (PLACAS DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO O EQUIPOS)

La cimentación consistirá en cimientos superficiales mediante Una losa de cimentación, la cual es una placa de hormigón apoyada sobre el terreno la cual reparte el peso y las cargas de la estructura sobre toda la superficie de apoyo. El espesor de la placa será definido por el ingeniero estructural de acuerdo a la modelación estructural.

Tipo de cimentacion	DIMENSIONES		
	Base B (m)	Largo L (m)	Profundidad (m)
Losa de Cimentación	1.00	1.00	0.00

De acuerdo al estudio geotécnico se ha propuesto una cimentación a un nivel de N -0.00m, Sin embargo, este puede ser enterrado de acuerdo a requerimientos hidráulicos o estructurales. La capacidad portante admisible calculada para el suelo encontrado es de 16.37 Ton/m2.

Fuente: Estudio geotécnico página 52

Unidades en ton/m^2

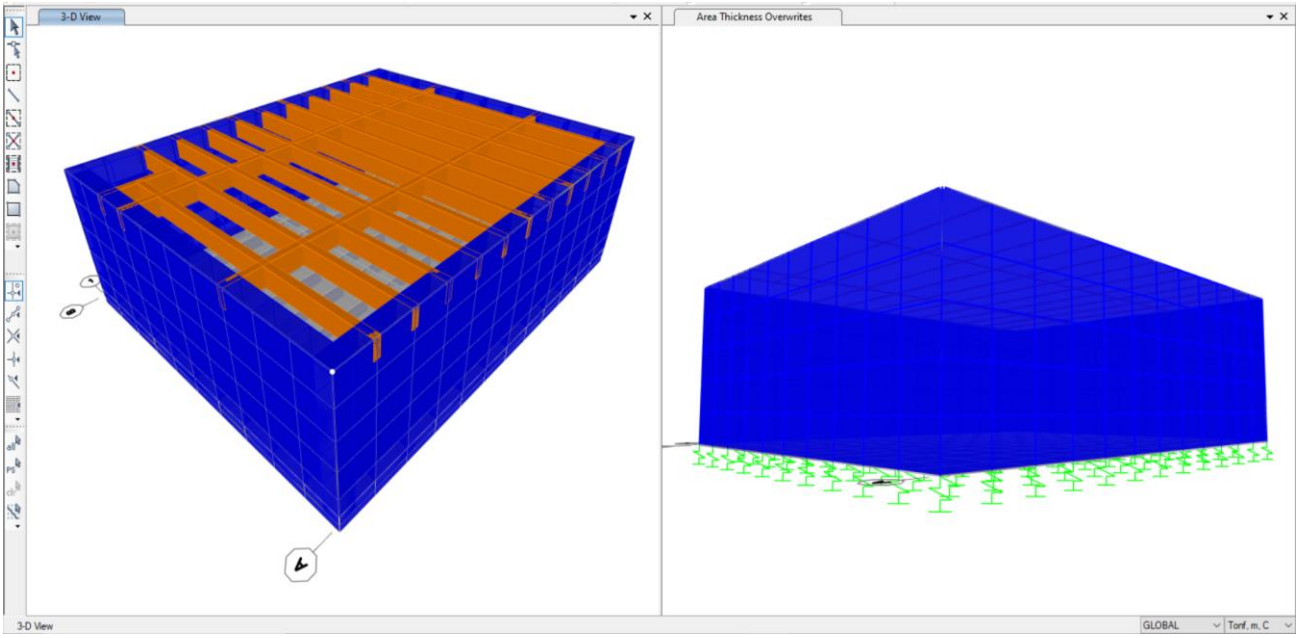
6. METODOLOGÍA DE DISEÑO

Para el análisis estructural hidráulicas se realizó el modelo de la estructura, en el software de diseño SAP2000, considerando todos los estados de carga, las combinaciones de las mismas, las dimensiones internas dadas por el diseño hidráulico y la altura de relleno requerida. Se realizo un modelo en elementos finitos tipo Shell, el suelo se modela mediante

elementos tipo SPRING con sus respectivas propiedades de rigidez extraídas del estudio geotécnico. Con el fin de poder determinar las fuerzas internas de momentos y cortantes y con base a los resultados obtenidos, establecer las cuantías de acero requeridas para cada elemento.

El presente diseño estructural se realiza verificando el cumplimiento del reglamento colombiano de construcción sismorresistente NSR-10 y de la norma ACI-350 -06 para estructuras hidráulicas, se modela el tanque con su respectiva cubierta, se chequea si las cargas actuantes generan en la estructura fuerzas internas que son menores o superiores a las mínimas requeridas, se suministra acero de refuerzo para estas fuerzas y condiciones, se chequea el estado de esfuerzos en los materiales, la separación máxima del refuerzo para controles de agrietamiento y refuerzo para el control del fraguado por retracción de temperatura. Con base en estos resultados se suministra el refuerzo para todos los elementos del tanque, según su necesidad.

Ilustración 5-Modelo estructural tanque de almacenamiento.



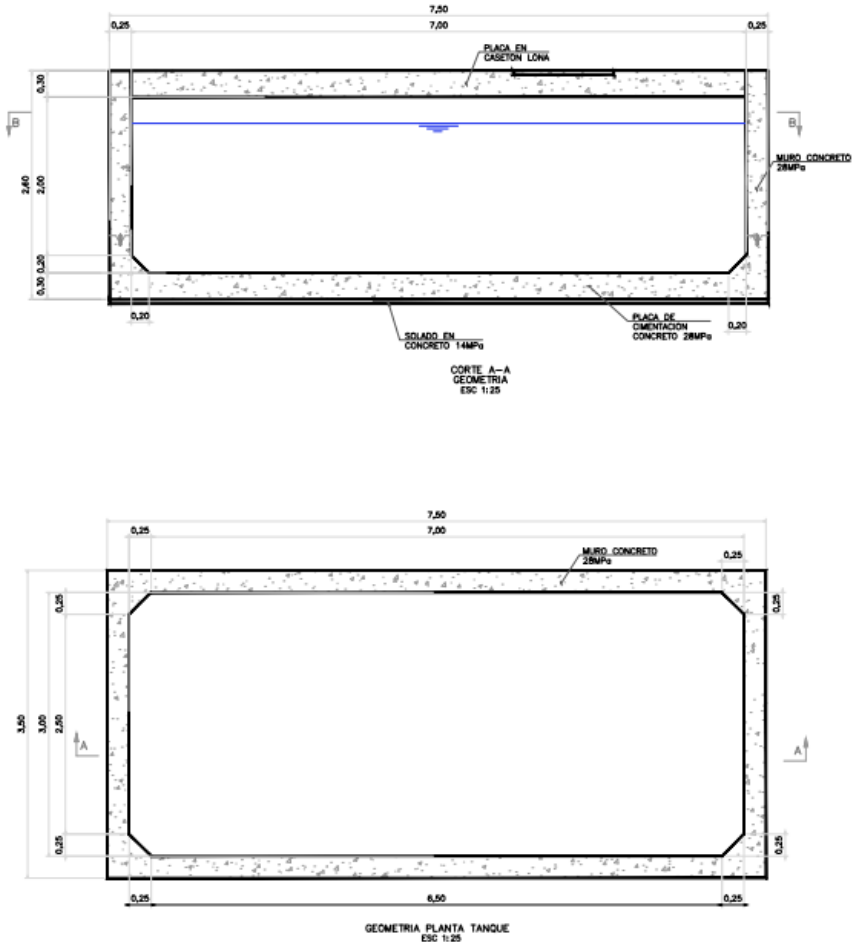
Fuente: Elaboración propia

7. DISEÑO ESTRUCTURAL DEL TANQUE

7.1 PARÁMETROS GEOTÉCNICOS

DENSIDAD DEL RELLENO GAMMA	1,90	t/m^3
ANGULO DE FRICCION INTERNA	29,00	°
COEFICIENTE DE EMPUJE ESTATICO EN REPOSO Ko	0,52	
CAPACIDAD PORTANTE	16.37	t/m^2
ASENTAMIENTOS (0-3.60m)	0,010	m
MÓDULO DE REACCIÓN VERTICAL DEL TERRENO Ks	1637	t/m^3

Geometría del tanque modelado



Fuente: El estudio

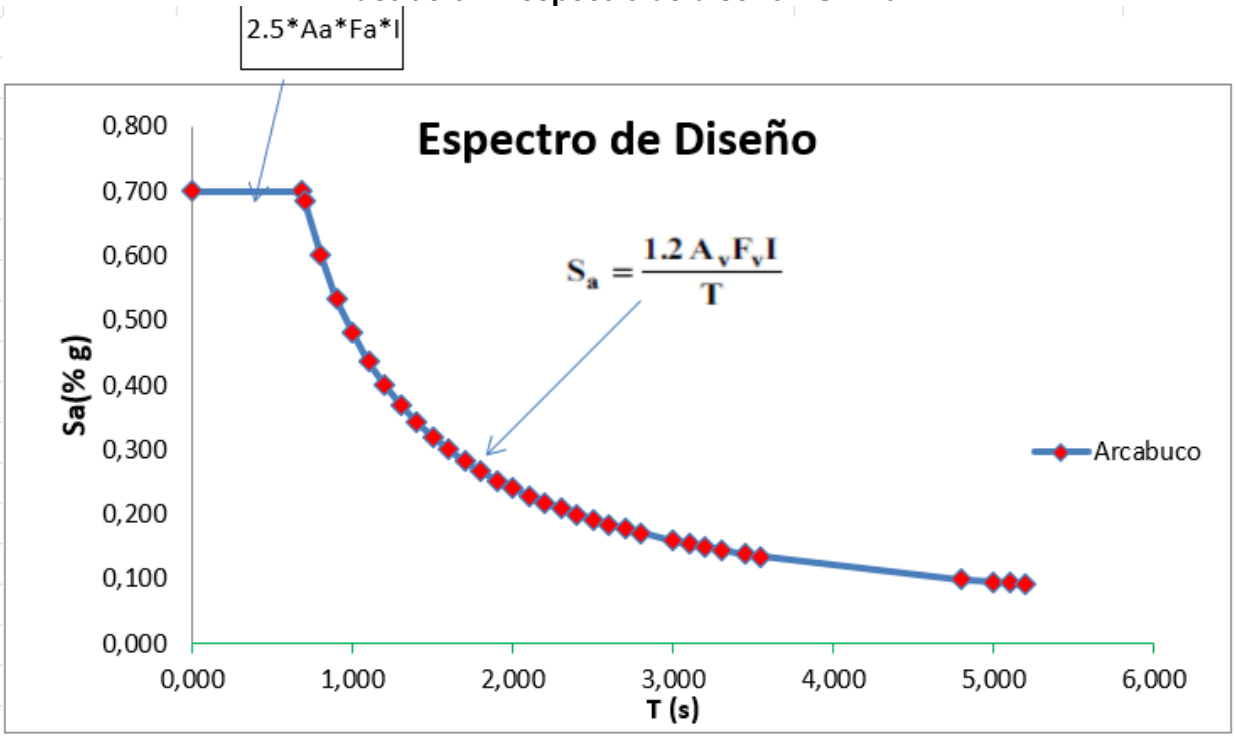
7.2 DATOS DE ENTRADA

PARAMETROS SISMICOS

Ilustración 6 parametros sísmicos NSR-10

PARAMETROS SISMICOS (NSR-10)	
ciudad	**Arcabuco**
tipo de perfil del suelo	**D**
grupo de uso	**I**
codigo de la ciudad	15051
zona de amenaza sismica	Intermedia
Av	0,20
Aa	0,20
Tabla A.2.4-4 Fv	2,00
Tabla A.2.4-3 Fa	1,40
COEFICIENTE DE IMPORTANCIA Tabla A.2.5-1	1,00

Ilustración 7 espectro de diseño NSR-10



Fuente: Elaboración propia

Propiedades de secciones

Section	Material	MatAngle	AreaType	Type	DrillDOF	Thickness	BendThick
		Degrees				m	m
ACCESO	4000Psi	0	Shell	Shell-Thin	Yes	0.25	0.25
ASEC1	4000Psi	0	Shell	Shell-Thin	Yes	0.25	0.25
MUROS	4000Psi	0	Shell	Shell-Thin	Yes	0.30	0.30
PLACA PISO	4000Psi	0	Shell	Shell-Thin	Yes	0.35	0.35

Patrones de carga creados

LoadPat	DesignType	SelfWtMult	AutoLoad	Notes
DEAD	Dead	1		
VIVA CUBIERTA L	Live	0		
PESO DEL AGUA F	Other	0		
P HIDROSTATICA F	Other	0		
E DE SUELO H	Other	0		
F INERCIAL Pwx	Quake	0	USER COEFF	
F INERCIAL Pwy	Quake	0	USER COEFF	
F IMPULSIVA Pix	Quake	0	None	
F CONVEC Pcx	Quake	0	None	
F IMPULSIVA Piy	Quake	0	None	
Fconvec Pcy	Quake	0	None	
F PRESION V Pvy	Quake	0	None	
F PRESION V Pvx	Quake	0	None	

Combinaciones de carga

ComboName	ComboType	CaseType	CaseName	ScaleFactor
(B.2.4-2) 1.2D+1.6L	Linear Add	Linear Static	DEAD	1.2
(B.2.4-2) 1.2D+1.6L		Linear Static	VIVA CUBIERTA L	1.6
(B.2.3-1) D+F	Linear Add	Linear Static	DEAD	1
(B.2.3-1) D+F		Linear Static	PESO DEL AGUA F	1
(B.2.3-1) D+F		Linear Static	PRESION DEL AGUA F	1
(B.2.3-2) D+ H + F + L + T	Linear Add	Linear Static	DEAD	1
(B.2.3-2) D+ H + F + L + T		Linear Static	EMPUJE LATERAL SE SUELO H	1
(B.2.3-2) D+ H + F + L + T		Linear Static	VIVA CUBIERTA L	1
(B.2.3-2) D+ H + F + L + T		Linear Static	PESO DEL AGUA F	1
(B.2.3-2) D+ H + F + L + T		Linear Static	PRESION DEL AGUA F	1
(B.2.3-3) D+ H+ F + (Lr ó G ó Le)	Linear Add	Response Combo	(B.2.3-2) D+ H + F + L + T	1
(B.2.3-4) D+ H+ F + 0.75L	Linear Add	Linear Static	DEAD	1
(B.2.3-4) D+ H+ F + 0.75L		Linear Static	EMPUJE LATERAL SE SUELO H	1
(B.2.3-4) D+ H+ F + 0.75L		Linear Static	PESO DEL AGUA F	1
(B.2.3-4) D+ H+ F + 0.75L		Linear Static	PRESION DEL AGUA F	1
(B.2.3-4) D+ H+ F + 0.75L		Linear Static	VIVA CUBIERTA L	0.75
IMPULSIVA X	Linear Add	Linear Static	F PRESION V Pvx	1

ComboName	ComboType	CaseType	CaseName	ScaleFactor
IMPULSIVA X		Linear Static	F IMPULSIVA Pix	1
IMPULSIVA X		Linear Static	F INERCIAL Pwx	0.4
SISMO X	SRSS	Response Combo	IMPULSIVA X	1
SISMO X		Linear Static	F CONVEC Pcx	1
(B.2.3-6)X D+H+F+0.7E	Linear Add	Linear Static	DEAD	1
(B.2.3-6)X D+H+F+0.7E		Linear Static	EMPUJE LATERAL SE SUELO H	1
(B.2.3-6)X D+H+F+0.7E		Linear Static	PESO DEL AGUA F	1
(B.2.3-6)X D+H+F+0.7E		Linear Static	PRESION DEL AGUA F	1
(B.2.3-6)X D+H+F+0.7E		Response Combo	SISMO X	1
(B.2.3-8)X D+ H + F + 0.75(0.7E) + 0.75L	Linear Add	Linear Static	DEAD	1
(B.2.3-8)X D+ H + F + 0.75(0.7E) + 0.75L		Linear Static	EMPUJE LATERAL SE SUELO H	1
(B.2.3-8)X D+ H + F + 0.75(0.7E) + 0.75L		Linear Static	PRESION DEL AGUA F	1
(B.2.3-8)X D+ H + F + 0.75(0.7E) + 0.75L		Linear Static	PESO DEL AGUA F	1
(B.2.3-8)X D+ H + F + 0.75(0.7E) + 0.75L		Linear Static	VIVA CUBIERTA L	0.75
(B.2.3-8)X D+ H + F + 0.75(0.7E) + 0.75L		Response Combo	SISMO X	1
(B.2.3-9) 0.6D+W+ H	Linear Add	Linear Static	DEAD	0.6
(B.2.3-9) 0.6D+W+ H		Linear Static	EMPUJE LATERAL SE SUELO H	0.6
(B.2.3-10)X 0.6D+ 0.7E + H	Linear Add	Linear Static	DEAD	0.6
(B.2.3-10)X 0.6D+ 0.7E + H		Linear Static	EMPUJE LATERAL SE SUELO H	0.6
(B.2.3-10)X 0.6D+ 0.7E + H		Response Combo	SISMO X	1
ENV_DIS_X T_LLENO	Envelope	Response Combo	(B.2.3-1) D+F	1
ENV_DIS_X T_LLENO		Response Combo	(B.2.3-2) D+ H + F + L + T	1
ENV_DIS_X T_LLENO		Response Combo	(B.2.3-3) D+ H+ F + (Lr ó G ó Le)	1
ENV_DIS_X T_LLENO		Response Combo	(B.2.3-4) D+ H+ F + 0.75L	1
ENV_DIS_X T_LLENO		Response Combo	(B.2.3-6)X D+H+F+0.7E	1
ENV_DIS_X T_LLENO		Response Combo	(B.2.3-8)X D+ H + F + 0.75(0.7E) + 0.75L	1
ENV_DIS_X T_LLENO		Response Combo	(B.2.3-9) 0.6D+W+ H	1
ENV_DIS_X T_LLENO		Response Combo	(B.2.3-10)X 0.6D+ 0.7E + H	1
(B.2.3-1) VACIO	Linear Add	Linear Static	DEAD	1
(B.2.3-2) VACIO	Linear Add	Linear Static	DEAD	1
(B.2.3-2) VACIO		Linear Static	EMPUJE LATERAL SE SUELO H	1
(B.2.3-2) VACIO		Linear Static	VIVA CUBIERTA L	1
(B.2.3-3) VACIO	Linear Add	Linear Static	DEAD	1
(B.2.3-3) VACIO		Linear Static	EMPUJE LATERAL SE SUELO H	1
(B.2.3-3) VACIO		Linear Static	VIVA CUBIERTA L	1
(B.2.3-4) VACIO	Linear Add	Linear Static	DEAD	1
(B.2.3-4) VACIO		Linear Static	EMPUJE LATERAL SE SUELO H	1
(B.2.3-4) VACIO		Linear Static	VIVA CUBIERTA L	0.75
SERVICIO T LLENO	Envelope	Response Combo	(B.2.3-1) D+F	1
SERVICIO T LLENO		Response Combo	(B.2.3-2) D+ H + F + L + T	1
SERVICIO T LLENO		Response Combo	(B.2.3-3) D+ H+ F + (Lr ó G ó Le)	1
SERVICIO T LLENO		Response Combo	(B.2.3-4) D+ H+ F + 0.75L	1
ENV T VACIO	Envelope	Response Combo	(B.2.3-1) VACIO	1
ENV T VACIO		Response Combo	(B.2.3-2) VACIO	1
ENV T VACIO		Response Combo	(B.2.3-3) VACIO	1
ENV T VACIO		Response Combo	(B.2.3-4) VACIO	1
IMPULSIVA Y	Linear Add	Linear Static	F INERCIAL Pwy	0.4
IMPULSIVA Y		Linear Static	F PRESION V Pvy	1

ComboName	ComboType	CaseType	CaseName	ScaleFactor
IMPULSIVA Y		Linear Static	F IMPULSIVA Piy	1
SISMO Y	SRSS	Response Combo	IMPULSIVA Y	1
SISMO Y		Linear Static	F CONVEC Pcy	1
(B.2.3-6)Y D+H+F+0.7E	Linear Add	Linear Static	DEAD	1
(B.2.3-6)Y D+H+F+0.7E		Linear Static	EMPUJE LATERAL SE SUELO H	1
(B.2.3-6)Y D+H+F+0.7E		Linear Static	PESO DEL AGUA F	1
(B.2.3-6)Y D+H+F+0.7E		Linear Static	PRESION DEL AGUA F	1
(B.2.3-6)Y D+H+F+0.7E		Response Combo	SISMO Y	1
(B.2.3-8)Y D+ H + F + 0.75(0.7E)	Linear Add	Linear Static	DEAD	1
(B.2.3-8)Y D+ H + F + 0.75(0.7E)		Linear Static	EMPUJE LATERAL SE SUELO H	1
(B.2.3-8)Y D+ H + F + 0.75(0.7E)		Linear Static	PRESION DEL AGUA F	1
(B.2.3-8)Y D+ H + F + 0.75(0.7E)		Linear Static	PESO DEL AGUA F	1
(B.2.3-8)Y D+ H + F + 0.75(0.7E)		Linear Static	VIVA CUBIERTA L	0.75
(B.2.3-8)Y D+ H + F + 0.75(0.7E)		Response Combo	SISMO Y	1
(B.2.3-10)Y 0.6D+ 0.7E + H	Linear Add	Linear Static	DEAD	0.6
(B.2.3-10)Y 0.6D+ 0.7E + H		Linear Static	EMPUJE LATERAL SE SUELO H	0.6
(B.2.3-10)Y 0.6D+ 0.7E + H		Response Combo	SISMO Y	1
ENV_DIS_Y_T_LLENO	Envelope	Response Combo	(B.2.3-1) D+F	1
ENV_DIS_Y_T_LLENO		Response Combo	(B.2.3-2) D+ H + F + L + T	1
ENV_DIS_Y_T_LLENO		Response Combo	(B.2.3-3) D+ H+ F + (Lr ó G ó Le)	1
ENV_DIS_Y_T_LLENO		Response Combo	(B.2.3-4) D+ H+ F + 0.75L	1
ENV_DIS_Y_T_LLENO		Response Combo	(B.2.3-6)Y D+H+F+0.7E	1
ENV_DIS_Y_T_LLENO		Response Combo	(B.2.3-8)Y D+ H + F + 0.75(0.7E)	1
ENV_DIS_Y_T_LLENO		Response Combo	(B.2.3-9) 0.6D+W+ H	1
ENV_DIS_Y_T_LLENO		Response Combo	(B.2.3-10)Y 0.6D+ 0.7E + H	1
ENV_TOTAL_DISEÑO	Envelope	Response Combo	ENV T VACIO	1
ENV_TOTAL_DISEÑO		Response Combo	ENV_DIS_X T_LLENO	1
ENV_TOTAL_DISEÑO		Response Combo	ENV_DIS_Y_T_LLENO	1
ENV_TOTAL_DISEÑO		Response Combo	ENV T VACIO	1

Propiedades de materiales

Material	Type	Grade	SymType	TempDepend	Color
4000Psi	Concrete	f'c 4000 psi	Isotropic	No	Yellow
A615Gr60	Rebar	Grade 60	Uniaxial	No	Yellow
A992Fy50	Steel	Grade 50	Isotropic	No	Magenta
MAMPOSTERIA	Other		Isotropic	No	Gray8Dark

7.3 EVALUACIÓN DE CARGAS

CARGAS ESTATICAS

EVALUACION DE CARGAS TANQUE DE ALMACENAMIENTO

DIMENSIONES DEL TANQUE

ALTURA TOTAL	2,20	m
ANCHO	3,00	m
LONGITUD	7,00	m
ALTURA DE LA COLUMNA DE AGUA	2	m
ALTURA DEL RELLENO SOBRE EL TANQUE	0,00	m
ALTURA TOTAL DEL RELLENO	2,20	m
PROFUNDIDAD DEL NIVEL FREATICO (ESTUDIODE SUELOS)	N.P	m
NIVEL DE CIMENTACION	2,85	m

PARAMETROS GEOTECNICOS

DENSIDAD DEL RELLENO GAMMA	1,90	t/m^3
ANGULO DE FRICCION INTERNA	29,00	°
COEFICIENTE DE EMPUJE ESTATICO EN REPOSO Ko	0,52	
CAPACIDAD PORTANTE	16,37	t/m^2
ASENTAMIENTOS (0-3.60m)	0,0054	m
MÓDULO DE REACCIÓN VERTICAL DEL TERRENO Ks	3031,48	t/m^3

CARGAS PERMANENTES

CARGA DE SUBPRESION SOBRE LA PLACA SUPERIOR	0,00	t/m^2
EMPUJE VERTICAL POR EL PESO DEL AGUA F	2,00	t/m^2
EMPUJE HORIZONTAL DEL SUELO SECO EH	2,79	t/m^2
EMPUJE HORIZONTAL DEL SUELO SATURADO	N.A	t/m^2
PRESION HIDROSTATICA PRODUCIDA POR EL LIQUIDO CONTENIDO	2,00	t/m^2

CARGAS ACTUANTES SOBRE LA CUBIERTA

ALTURA DE LA PLACA DE CUBIERTA	0,25	m
ACHO DE VIGUETAS	0,12	m
SEPARACIÓN ENTRE VIGUETAS	0,62	m
ESPESOR DE LOSA SUPERIOR	0,06	m
ESPESOR LOSA INFERIOR	0,03	m
DENSIDAD DEL CONCRETO	2,40	t/m^3
CARGA DISTRIBUIDA POR PESO LOSA SUPERIOR E INFERIOR	0,22	t/m^2
PESO DE CASETON DE LONA	0,04	t/m^2

CARGA DE ACABADOS DE PISO SOBRE LA TAPA DEL TANQUE	0,3	t/m^2
CARGA MUERTA TOTAL	**0,55**	**t/m^2**
CARGA VIVA SOBRE CUBIERTA L	**0,50**	**t/m^2**
CARGA MUERTA POR VIGUETA	**0,34**	**t/m**

CARGAS DINÁMICAS

EVALUACIÓN DE CARGAS DINAMICAS ACTUANTES SECCION LONGITUDINAL

DIMENSIONES TANQUE

ALTURA TOTAL DEL TANQUE (Hw)=	2,20	m
ESPESOR DE MUROS (tw)=	250	mm
LONGITUD DE ANALISIS (L)=	7,00	m
ALTURA DE LA COLUMNA DE AGUA ($H_{L)=}$	2,00	m
LONGITUD PERPENDICULAR (Lp)=	3,00	m

PROPIEDADES DE MATERIALES

f`c=	28	MPa
Ec=	24870,06	MPa
fy=	420	MPa
Es=	200000	MPa

CALCULOS REALIZADOS

PESO DEL LIQUIDO(WL)=	42,00	t
L/HL=	3,50	
Wi/WL=	0,3284	
CARGA IMPULSIVA (Wi)=	13,79	t
Wc/WL=	0,663	
CARGA CONVECTIVA (Wc)=	27,85	t

ALTURAS AL CENTRO DE GRAVEDAD

hi/HL=	0,375	
ALTURA PESO IMPULSIVO (hi)=	0,75	
hc/HL=	0,531	
ALTURA PESO CONVECTIVO (hc)=	1,06	
COEFICIENTE EFECTIVO DE MASA (ε)=	0,54	

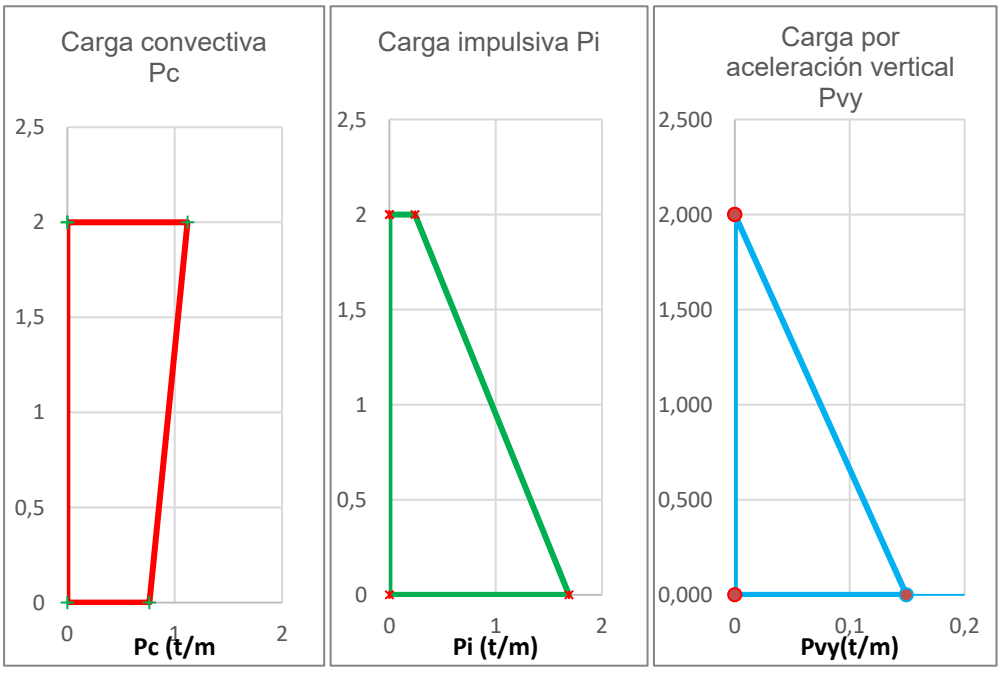
PROPIEDADES DINÁMICAS

mi=	2,299	
mw=	1,320	
m=	3,619	
CENTRO DE GRAVEDAD DEL MURO hw=	1,10	m
ALTURA DEL CENTRO DE MASA DEL SISTEMA IMPULSIVO(h)=	0,88	m

k=	158678,35	MPa
ωi=	209,402	rad/s
Ti=	0,030	s
λ=	4,717	rad/s
ωc=	1,783	
Tc=	3,524	s
Ts=	0,686	
S1=	0,480	
SDS=	0,700	
1.5*SDS=	1,050	
COEFICIENTE DE IMPORTANCIA I=	1,000	
FACTOR DE MODIFICACION DE RESPUESTA Rwi=	2,500	
FACTOR DE MODIFICACION DE RESPUESTA Rwc=	1,000	
COEFICIENTE DE RESPUESTA SÍSMICA (Ci)=	0,700	
COEFICIENTE DE RESPUESTA SÍSMICA (Cc)=	0,135	
FUERZA IMPULSIVA (Pi)=	3,862	t
FUERZA CONVECTIVA (Pc)=	3,767	t

DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE LAS FUERZAS CONVECTIVAS E IMPULSIVAS

Pi/2(y=HL)=	0,241	t/m
Pi/2(y=0)=	1,690	t/m
Pc/2(y=HL)=	1,119	t/m
Pc/2(y=0)=	0,764	t/m



CALCULO DE LA PRESIÓN POR ACELERACIÓN VERTICAL Pvy

CARGA HIDROSTATICA DEL LÍQUIDO CONTENIDO qhy=	2,000	t/m
COEFICIENTE DE RESPUESTA SÍSMICA Ct= 0.4SDS	0,280	
RELACIÓN DE ACELERACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL	0,667	
COEFICIENTE Ü	0,075	
Pvy(y=HL)=	0,000	t/m
Pvy(y=0)=	0,149	t/m
COEFICIENTE DE ACELERACIÓN PARA CALCULAR Pw;Ci*I*ε	0,377	

EVALUACIÓN DE CARGAS DINAMICAS ACTUANTES SECCION TRANSVERSAL

DIMENSIONES TANQUE

ALTURA TOTAL DEL TANQUE (Hw)=	2,20	m
ESPESOR DE MUROS (tw)=	250	mm
LONGITUD DE ANALISIS (L)=	3,00	m
ALTURA DE LA COLUMNA DE AGUA ($H_{L)=}$	2,00	m
LONGITUD PERPENDICULAR (Lp)=	7,00	m

PROPIEDADES DE MATERIALES

f`c=	28	MPa
Ec=	24870,06	MPa
fy=	420	MPa
Es=	200000	MPa

CALCULOS REALIZADOS

PESO DEL LIQUIDO(WL)=	42,00	t
L/HL=	1,50	
Wi/WL=	0,6632	
CARGA IMPULSIVA (Wi)=	27,85	t
Wc/WL=	0,384	
CARGA CONVECTIVA (Wc)=	16,15	t

ALTURAS AL CENTRO DE GRAVEDAD

hi/HL=	0,375	
ALTURA PESO IMPULSIVO (hi)=	0,75	
hc/HL=	0,628	
ALTURA PESO CONVECTIVO (hc)=	1,26	
COEFICIENTE EFECTIVO DE MASA (ε)=	0,77	

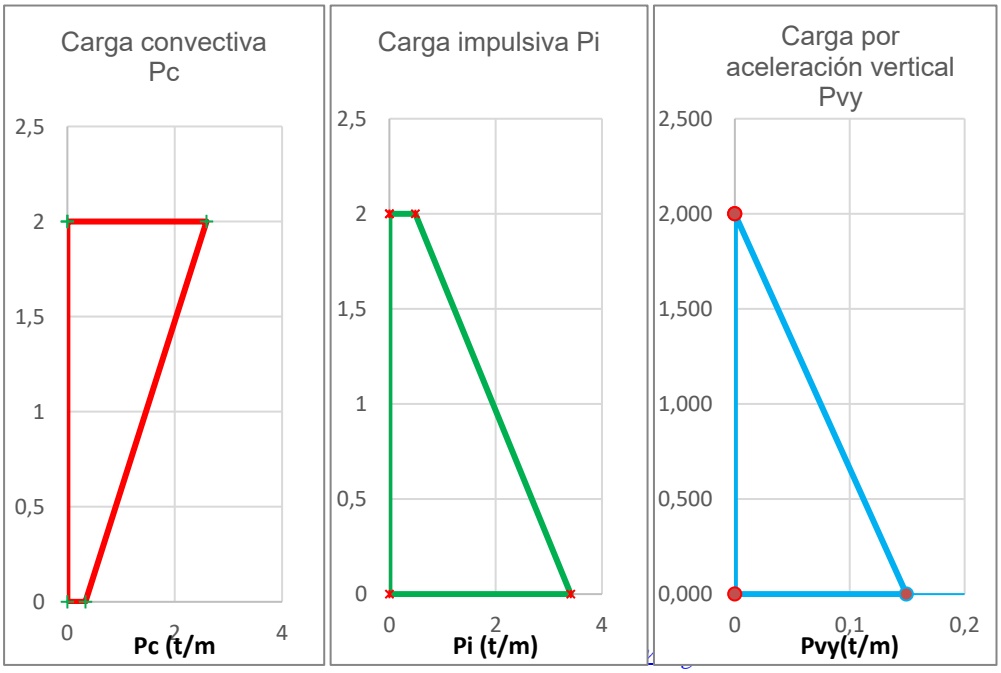
PROPIEDADES DINÁMICAS

mi=	1,990	
mw=	1,320	

m=	3,310	
CENTRO DE GRAVEDAD DEL MURO hw=	1,10	m
ALTURA DEL CENTRO DE MASA DEL SISTEMA IMPULSIVO(h)=	0,89	m
k=	157276,26	MPa
ωi=	217,996	rad/s
Ti=	0,029	s
λ=	5,486	rad/s
ωc=	3,167	
Tc=	1,984	s
Ts=	0,686	
S1=	0,480	
SDS=	0,700	
1.5*SDS=	1,050	
COEFICIENTE DE IMPORTANCIA I=	1,000	
FACTOR DE MODIFICACION DE RESPUESTA Rwi=	2,500	
FACTOR DE MODIFICACION DE RESPUESTA Rwc=	1,000	
COEFICIENTE DE RESPUESTA SÍSMICA (Ci)=	0,700	
COEFICIENTE DE RESPUESTA SÍSMICA (Cc)=	0,363	
FUERZA IMPULSIVA (Pi)=	7,799	t
FUERZA CONVECTIVA (Pc)=	5,860	t

DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE LAS FUERZAS CONVECTIVAS E IMPULSIVAS

Pi/2(y=HL)=	0,487	t/m
Pi/2(y=0)=	3,412	t/m
Pc/2(y=HL)=	2,593	t/m
Pc/2(y=0)=	0,337	t/m



CALCULO DE LA PRESIÓN POR ACELERACIÓN VERTICAL Pvy

CARGA HIDROSTATICA DEL LÍQUIDO CONTENIDO qhy=	2,000	t/m
COEFICIENTE DE RESPUESTA SÍSMICA Ct= 0.4SDS	0,280	
RELACIÓN DE ACELERACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL	0,667	
COEFICIENTE Ü	0,075	
Pvy(y=HL)=	0,000	t/m
Pvy(y=0)=	0,149	t/m
COEFICIENTE DE ACELERACIÓN PARA CALCULAR Pw;Ci*I*ε	0,538	

7.4 ASIGNACIÓN DE CARGAS

El peso propio de la estructura es tomado directamente por el software con base en las propiedades de materiales y las dimensiones de los elementos definidos

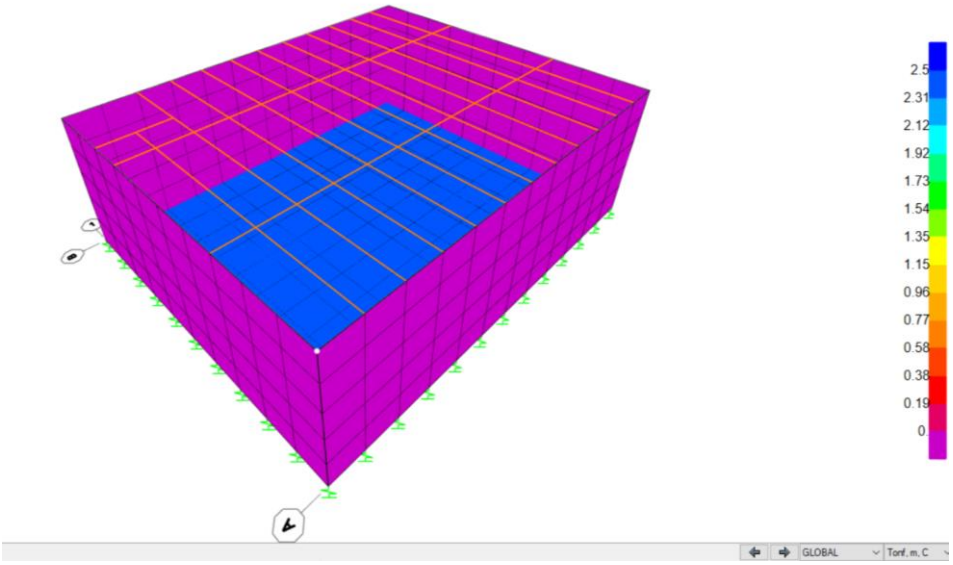
Ilustración 8-Carga Muerta (DC) t-m

	LoadPat Text	DesignType Text	SelfWtMult Unitless	AutoLoad Text
▶	DEAD	Dead	1	
	VIVA CUBIERTA L	Live	0	
	PESO DEL AGUA F	Other	0	
	P HIDROSTATICA F	Other	0	
	E DE SUELO H	Other	0	
	F INERCIAL Pwx	Quake	0	USER COEFF
	F INERCIAL Pwy	Quake	0	USER COEFF
	F IMPULSIVA Pix	Quake	0	None
	F CONVEC Pcx	Quake	0	None
	F IMPULSIVA Piy	Quake	0	None
	Fconvec Pcy	Quake	0	None
	F PRESION V Pvy	Quake	0	None
	F PRESION V Pvx	Quake	0	None

Fuente: elaboración propia

Cargas de presión vertical sobre la placa de cimentación

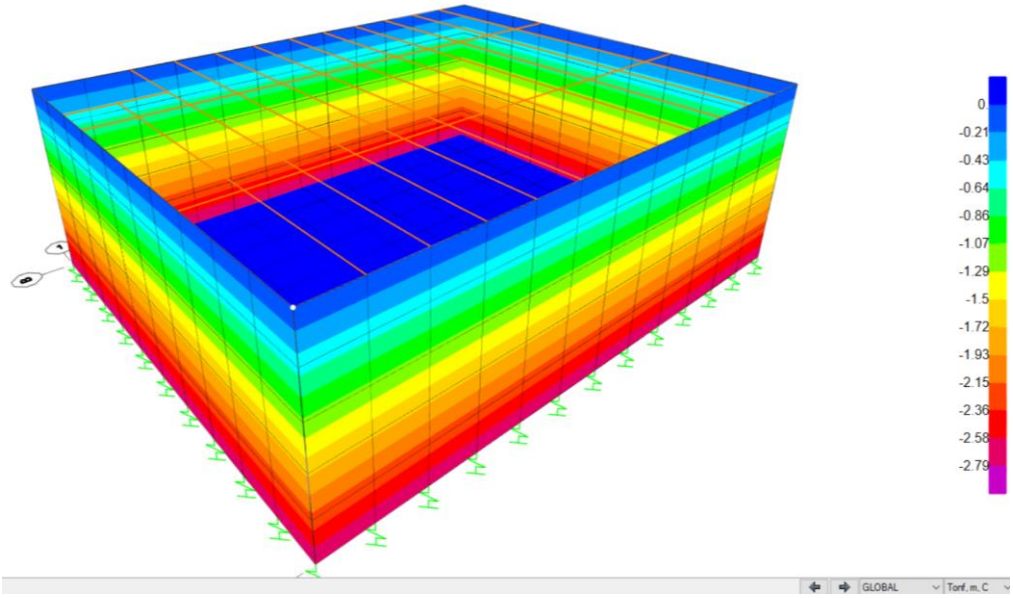
Ilustración 9-Carga de presión vertical por peso del agua (F) t/m^2



Fuente: elaboración propia

Empuje horizontal del suelo

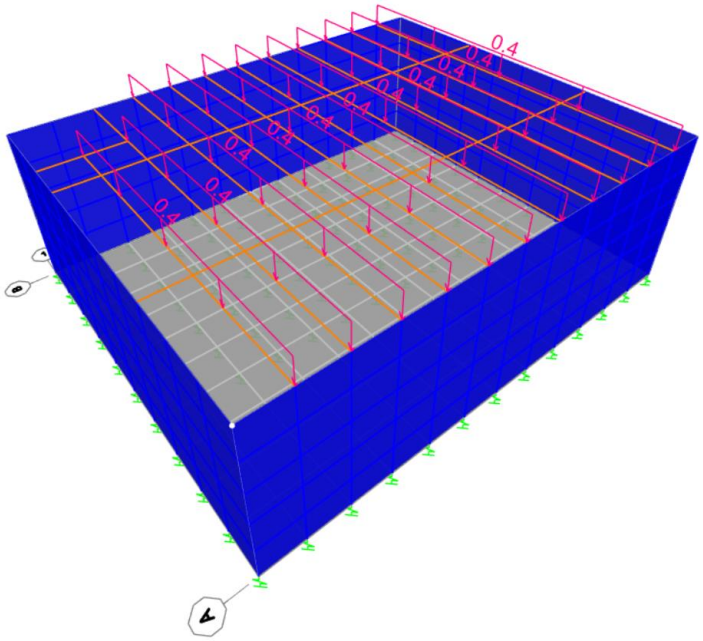
Ilustración 10-Empuje del terreno (H) t/m^2



Fuente: elaboración propia

Carga Muerta sobre la cubierta

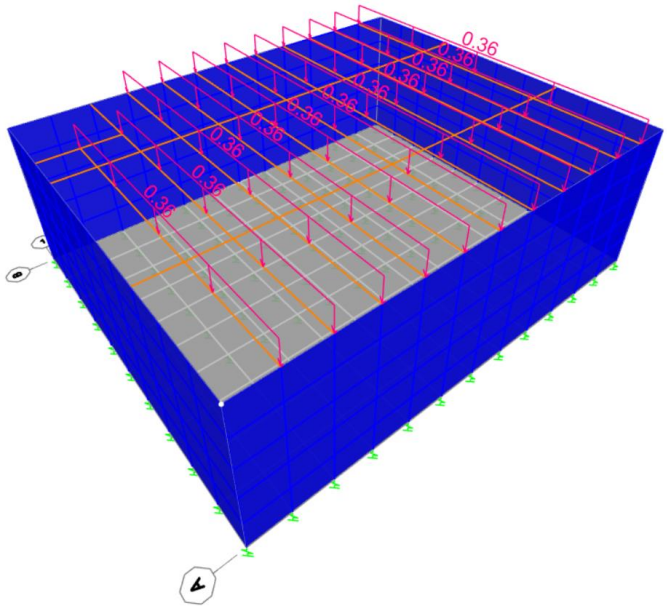
Ilustración 11-carga muerta sobre la cubierta (D) t/m



Fuente: elaboración propia

Carga Viva sobre la cubierta

Ilustración 12- carga viva sobre la cubierta (L) t/m

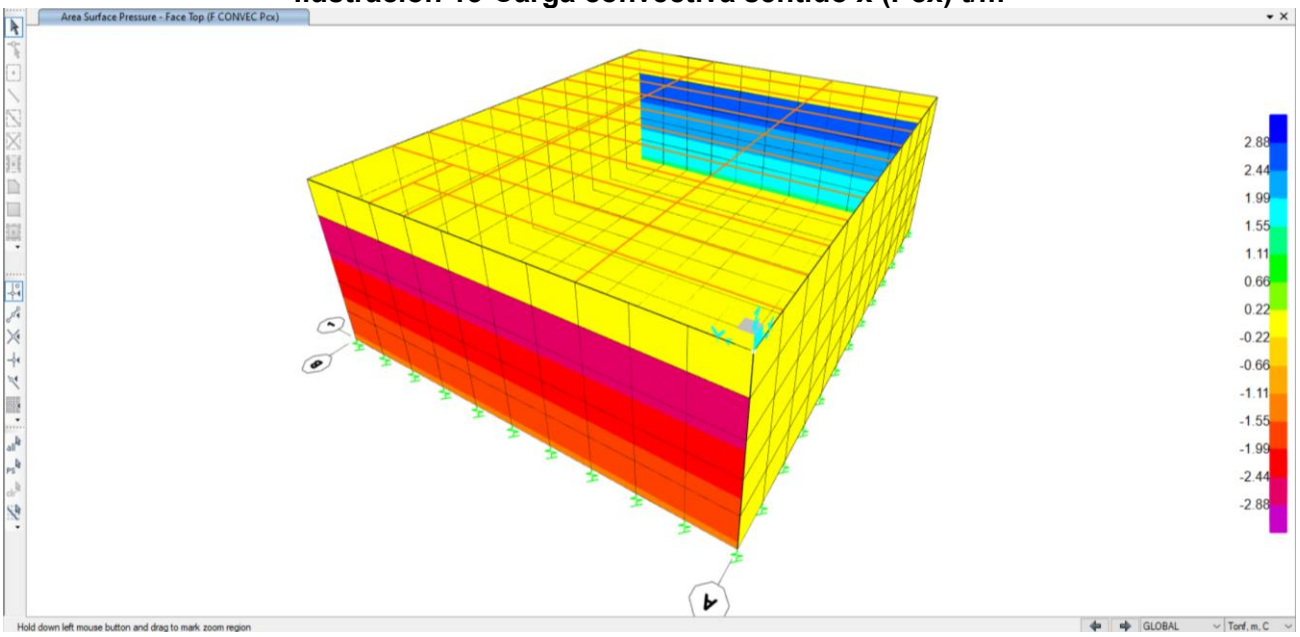


Fuente: elaboración propia

APLICACIÓN DE CARGAS DINAMICAS.

Carga convectiva sentido X

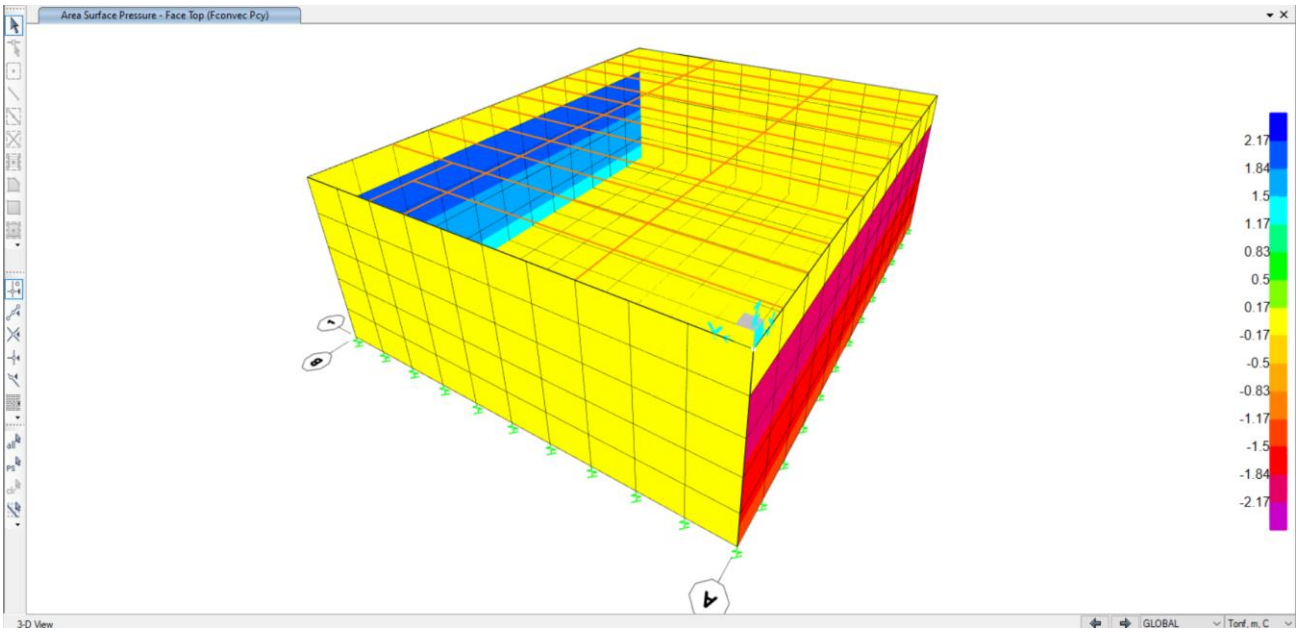
Ilustración 13-Carga convectiva sentido x (Pcx) t/m



Fuente: elaboración propia

Carga convectiva sentido Y

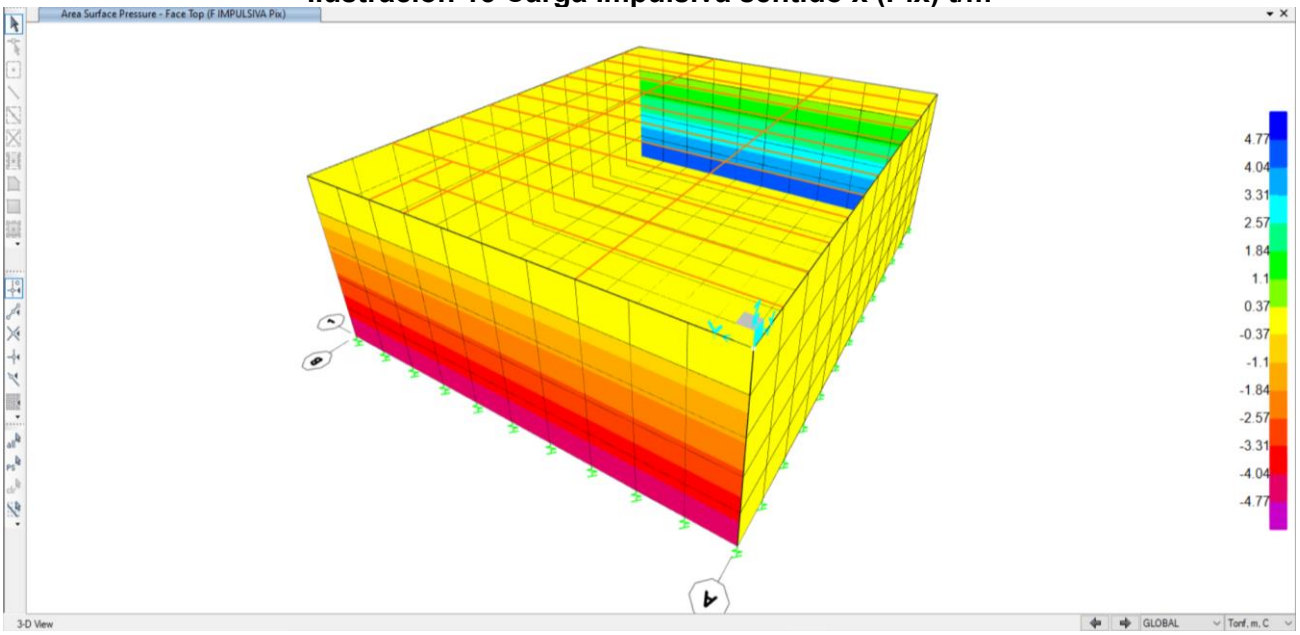
Ilustración 14- Carga convectiva sentido y (Pcy) t/m



Fuente: elaboración propia

Carga Impulsiva sentido X

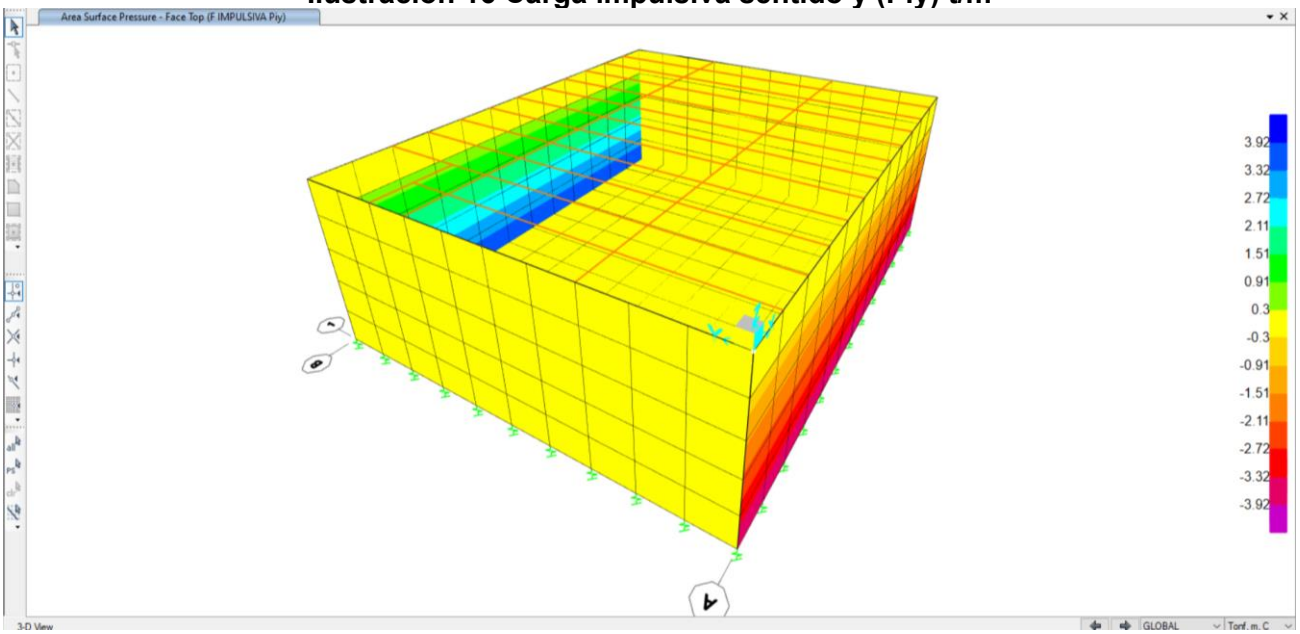
Ilustración 15 Carga Impulsiva sentido x (Pix) t/m



Fuente: elaboración propia

Carga Impulsiva sentido Y

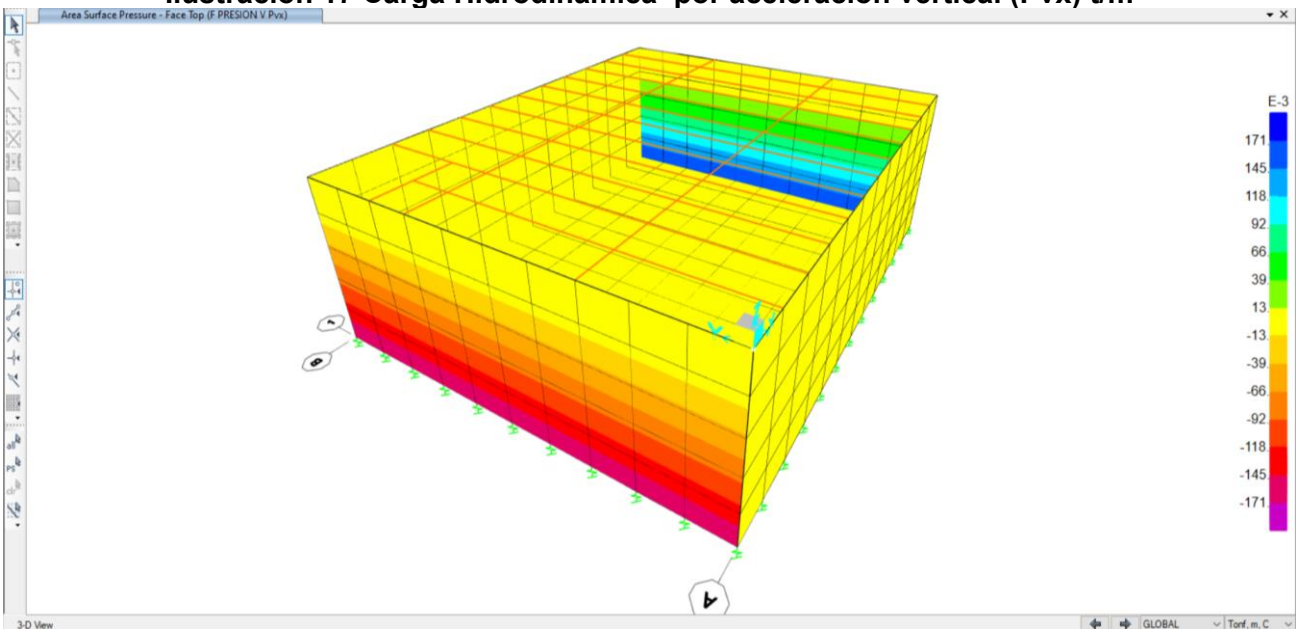
Ilustración 16 Carga impulsiva sentido y (Piy) t/m



Fuente: elaboración propia

Carga hidrodinámica por aceleración vertical sentido X

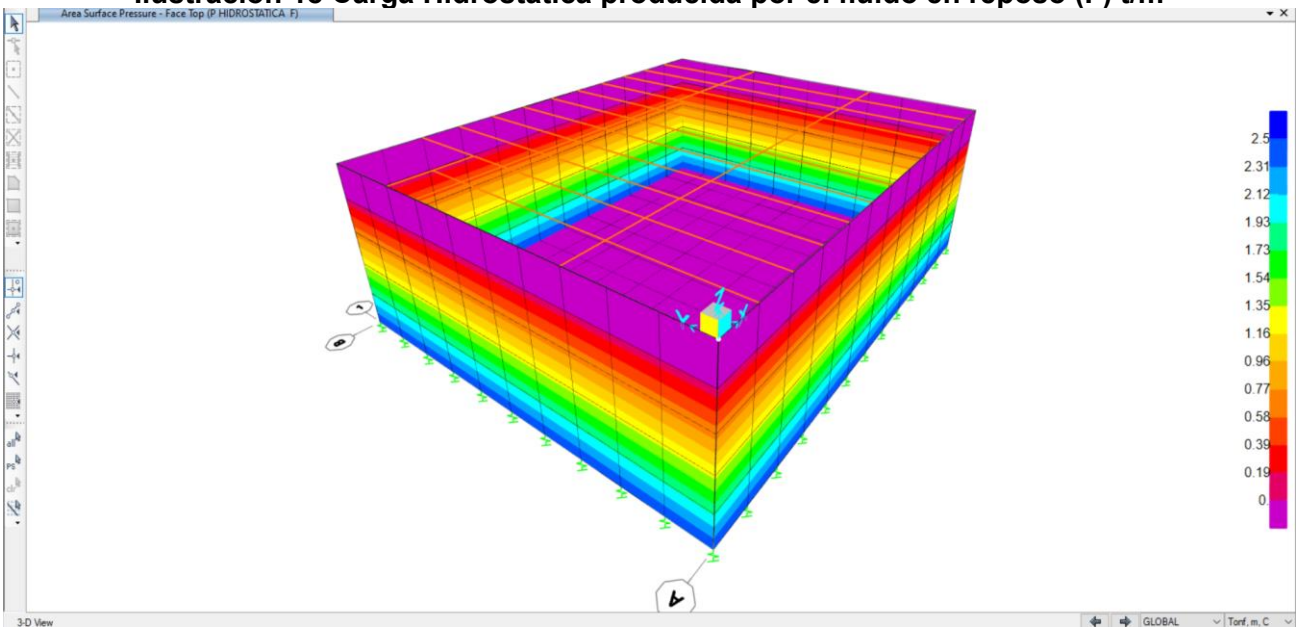
Ilustración 17 Carga Hidrodinamica por aceleracion vertical (Pvx) t/m



Fuente: elaboración propia

Carga Hidrostatica producida por el fluido en reposo (F) t/m

Ilustración 18 Carga Hidrostatica producida por el fluido en reposo (F) t/m



Fuente: elaboración propia

7.5 MODELACIÓN DEL SUELO

se asignan elementos tipo spring para simular la rigidez del suelo

Como el valor del módulo vertical del suelo no es entregado directamente en el estudio de suelos, se relaciona la capacidad portante del suelo con el asentamiento para obtener un valor de rigidez aproximado que permita modelar el suelo.

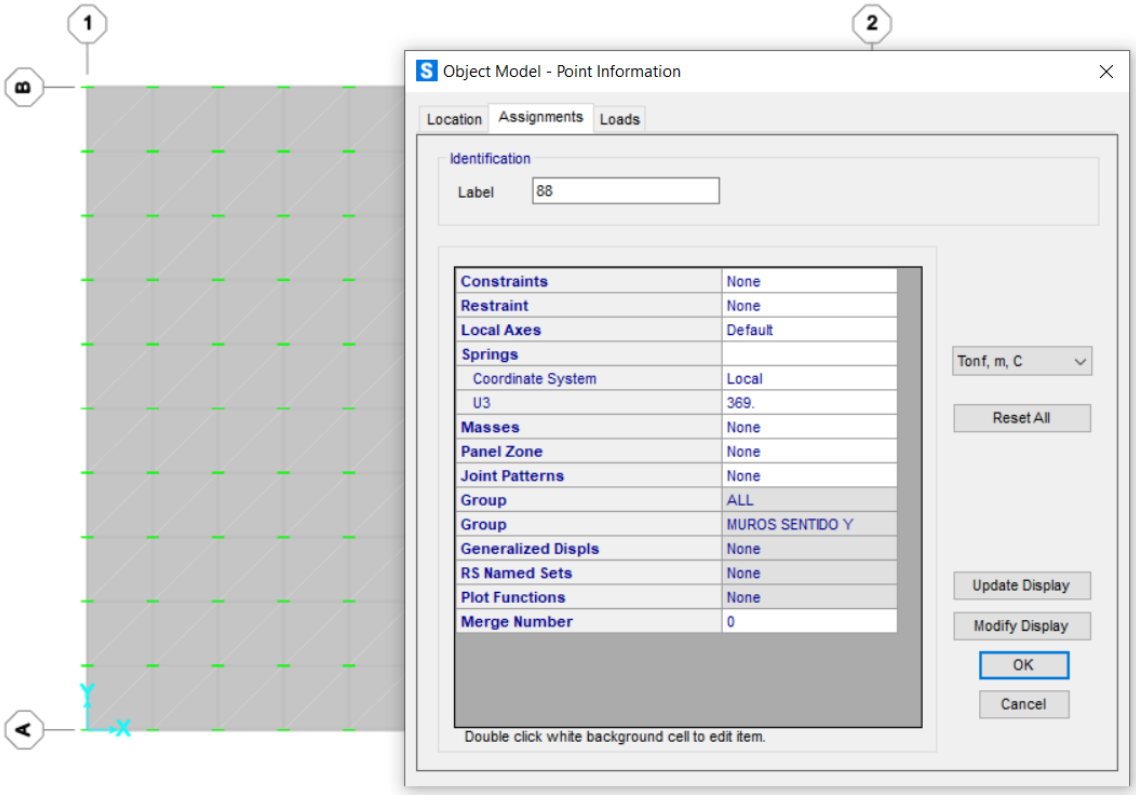
La capacidad portante se toma como una carga puntual actuando en un área de 1 metro^2 y un metro de profundidad, entonces:

$$k = \frac{P}{\Delta} = 3031 \frac{t}{m^3}$$

El área aferente de cada resorte es 0.685x0.685= 0.47m^2

$$Ki = 3031 \frac{t}{m^3} x 0.47 m^2 = 1424 \frac{t}{m}$$

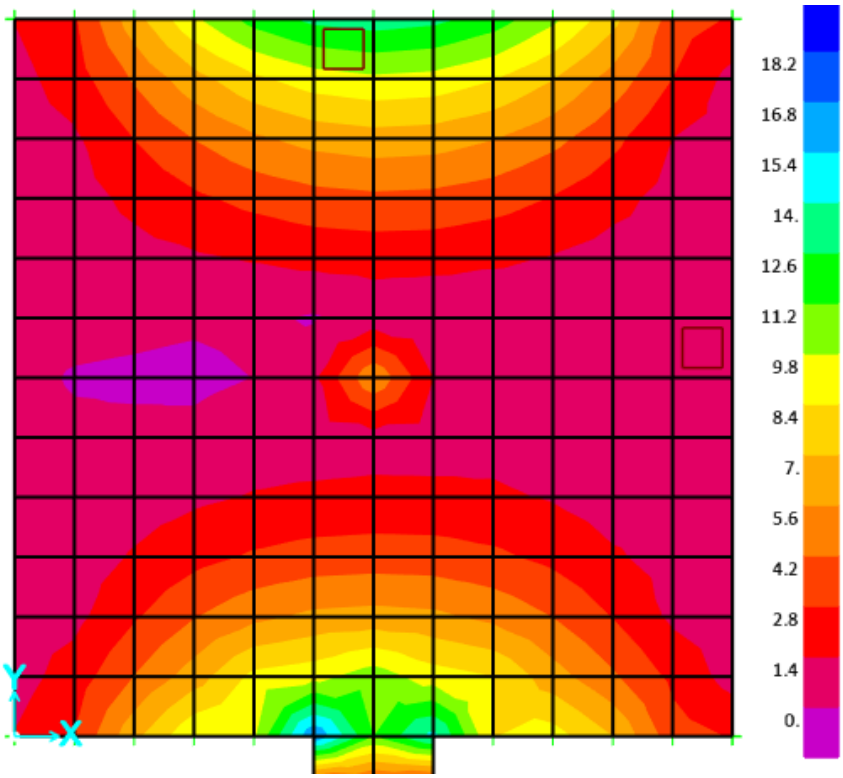
Ilustración 19 Asignacion de rigidez del suelo K



Fuente: elaboración propia

7.6 CÁLCULO DEL REFUERZO PLACA DE FONDO

Ilustración 20-Diagrama de momentos envolvente diseño placa de fondo (t-m)



Fuente: elaboración propia

Tabla de momentos críticos en las losas de cimentación

Area	OutputCase	StepType	M11	M22	M12
			Tonf-m/m	Tonf-m/m	Tonf-m/m
1117	ENV_TOTAL_DISEÑO	Max	2.58594	9.12814	1.47608
1117	ENV_TOTAL_DISEÑO	Max	2.67935	9.13487	1.15141
1117	ENV_TOTAL_DISEÑO	Max	2.67438	9.35246	1.30298
1117	ENV_TOTAL_DISEÑO	Max	2.64963	8.99053	1.61697
1117	ENV_TOTAL_DISEÑO	Min	-2.49819	-8.07597	-1.46781
1117	ENV_TOTAL_DISEÑO	Min	-2.59751	-8.50282	-1.09807
1117	ENV_TOTAL_DISEÑO	Min	-2.07411	-9.2723	-1.25419
1117	ENV_TOTAL_DISEÑO	Min	-2.02943	-9.12808	-1.61194
1148	ENV_TOTAL_DISEÑO	Max	3.06785	0.66933	2.36286
1148	ENV_TOTAL_DISEÑO	Max	3.68752	0.7099	2.02031
1148	ENV_TOTAL_DISEÑO	Max	3.86994	0.8177	2.04973
1148	ENV_TOTAL_DISEÑO	Max	3.06309	0.70003	2.39228
1148	ENV_TOTAL_DISEÑO	Min	-2.1714	-0.67041	-2.21953
1148	ENV_TOTAL_DISEÑO	Min	-0.23723	-0.05021	-1.90458
1148	ENV_TOTAL_DISEÑO	Min	-0.5412	-0.1722	-1.86745
1148	ENV_TOTAL_DISEÑO	Min	-2.19243	-0.7085	-2.1824

METODO DE LOS ESFUERZOS ADMISIBLES "METODO ELASTICO"

datos de entrada	**refuerzo sentido x cara superior**		**refuerzo sentido x cara inferior**		**refuerzo sentido Y superior**		**refuerzo sentido Y cara inferior**	
Es (kg/cm2)	2000000		2000000		2000000		2000000	
f´c(kg/cm2)	280		280		280		280	
Ec(kg/cm2)	248700		248700		248700		248700	
fy(kg/cm2)	4200		4200		4200		4200	
base(cm)	100		100		100		100	
altura(cm)	30		30		30		30	
dist efec(cm)	23		23		23		23	
momento max calculo(kg-cm)	927230		935246		249000		387000	
cuantía mínima C.10.3 NSR-10	0.0033		0.0033		0.0033		0.0033	
cuantía suministrada	0.0045		0.0045		0.0045		0.0045	
As(cm2)	13.500		12.6		12.6		12.6	
n	8		8		8		8	
k	0.2347		0.2347		0.2347		0.2347	
j	0.9218		0.9218		0.9218		0.9218	
fc(kg/cm2)	95.23		110.2684		29.3579		45.6285	
fc(adm)(kg/cm2)	126.0	ok	126.0	ok	126.0	ok	126.0	ok
fs(kg/cm2)	2483.8		2476.0		765.7		1190.1	
fs(adm)(kg/cm2) C.23.2	2520.0	ok	2520.0	ok	2520.0	ok	2520.0	ok
barra Nº	5.0		5.0		5.0		5.0	
área barra(cm2)	1.98		1.98		1.98		1.98	
cantidad barras	6.8		6.4		6.4		6.4	
separación(cm)	14.66		15.71		15.71		15.71	
SE COLOCARÁN BARRAS # 5C/0.15 AMBAS DIRECCIONES AMBAS CARAS								

CONTROL DE AGRIETAMIENTO C.10.6 NSR-10

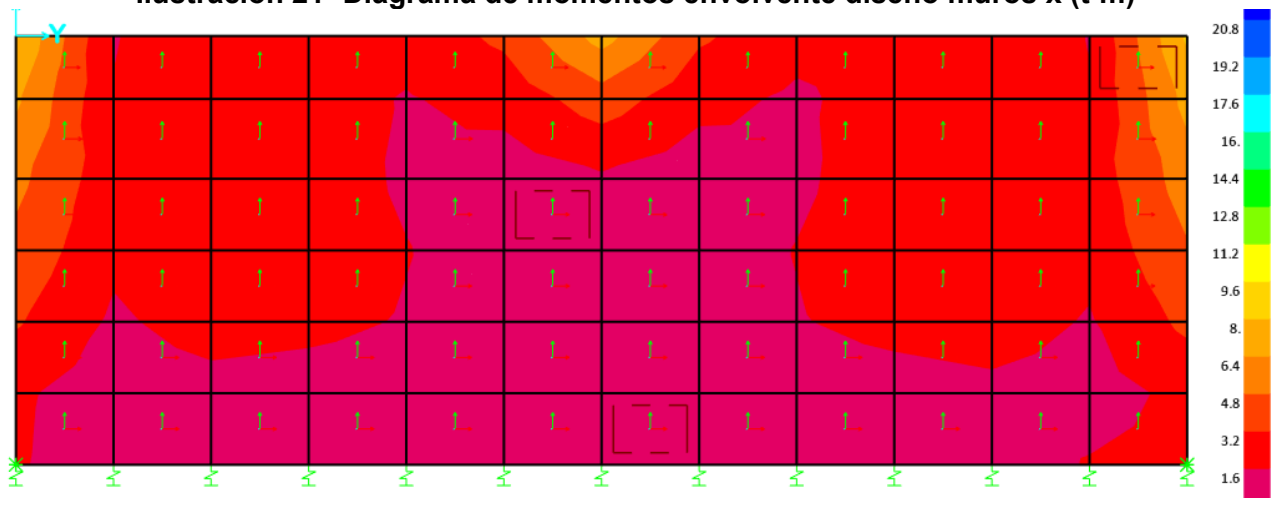
ESPESOR DEL RECUBRIMIENTO DEL CONCRETO DESDE LA FIBRA EXTREMA HASTA EL CENTROIDE DEL REFUERZO dc	75	mm
FACTOR DE EXPOSICIÓN PARA EL CONTROL DE AGRIETAMIENTO γe	1.00	
ALTURA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL h	300	mm
RELACION DE DEFORMACION UNITARIA DE LA CAPA RECUBRIMIENTO Y EL REFUERZO βs	1.39	
MOMENTO DE SERVICIO (DEL ANALISIS ESTRUCTURAL) Ms	78.20	Kn
MODULO DE ELASTICIDAD DEL ACERO Es	200000	Mpa
MODULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO Ec	24870	Mpa
RELACION MODULAR n	8.04	
ÁREA DEL REFUERZO SUMINISTRADO	1350.00	mm^2
CUANTIA DE REFUERZO SUMINISTRADO	0.0068	
DISTANCIA EFECTIVA DE LA SECCIÓN d	280	mm
FACTOR K	0.280	
CENTROIDE DE LA SECCIÓN FISURADA Kd	78.30	mm
BRAZO DE PALANCA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL jd	253.90	mm
ESFUERZO ACTUANTE SOBRE EL ACERO DE REFUERZO fss	228.15	Mpa
SEPARACIÓN MÁXIMA DEL ACERO DE REFUERZO SUMINISTRADO s	238	mm
SEPARACIÓN DEL ACERO DE REFUERZO SUMINISTRADO	150	mm

$$s < \frac{123000 * \gamma_e}{\beta_e f_{ss}} - 2d_c$$

OK

7.7 CÁLCULO DEL REFUERZO MUROS SENTIDO X

Ilustración 21- Diagrama de momentos envolvente diseño muros x (t-m)



Fuente: elaboración propia

Tabla de momentos críticos para muros sentido x

Area	OutputCase	StepType	M11	M22	M12
			Tonf-m/m	Tonf-m/m	Tonf-m/m
1043	ENV_TOTAL_DISEÑO	Max	0.69015	6.93579	0.74456
1043	ENV_TOTAL_DISEÑO	Max	0.26491	7.1841	0.25758
1043	ENV_TOTAL_DISEÑO	Max	1.37216	5.79853	0.38135
1043	ENV_TOTAL_DISEÑO	Max	0.76153	5.48015	0.86853
1043	ENV_TOTAL_DISEÑO	Min	-0.43376	-6.5525	-0.79729
1043	ENV_TOTAL_DISEÑO	Min	-0.32573	-6.74601	-0.26342
1043	ENV_TOTAL_DISEÑO	Min	-1.07241	-5.43831	-0.35964
1043	ENV_TOTAL_DISEÑO	Min	-0.37722	-5.22876	-0.89328
1046	ENV_TOTAL_DISEÑO	Max	0.07662	0.25468	0.90115
1046	ENV_TOTAL_DISEÑO	Max	-0.0054	0.50939	0.88266
1046	ENV_TOTAL_DISEÑO	Max	0.49376	2.77436	0.60304
1046	ENV_TOTAL_DISEÑO	Max	0.46787	2.90408	0.62129
1046	ENV_TOTAL_DISEÑO	Min	-0.7437	-3.70478	-0.96409
1046	ENV_TOTAL_DISEÑO	Min	-0.64883	-3.83851	-0.94965
1046	ENV_TOTAL_DISEÑO	Min	-0.72747	-3.98444	-0.63911
1046	ENV_TOTAL_DISEÑO	Min	-0.72107	-4.19937	-0.65356
1081	ENV_TOTAL_DISEÑO	Max	1.78244	0.92608	1.82881
1081	ENV_TOTAL_DISEÑO	Max	2.92233	1.15253	1.29868
1081	ENV_TOTAL_DISEÑO	Max	3.27898	1.25399	1.4468
1081	ENV_TOTAL_DISEÑO	Max	1.46706	1.01515	1.97697
1081	ENV_TOTAL_DISEÑO	Min	-2.21495	-1.38257	-1.60781
1081	ENV_TOTAL_DISEÑO	Min	-4.30525	-1.57816	-1.12251
1081	ENV_TOTAL_DISEÑO	Min	-4.17776	-0.94394	-0.99676
1081	ENV_TOTAL_DISEÑO	Min	-1.75319	-2.23423	-1.4821

METODO DE LOS ESFUERZOS ADMISIBLES "METODO ELASTICO"

datos de entrada	refuerzo vertical cara interior	refuerzo vertical cara exterior	refuerzo horizontal cara interior	refuerzo horizontal cara exterior
Es (kg/cm2)	2000000	2000000	2000000	2000000
f´c(kg/cm2)	280	280	280	280
Ec(kg/cm2)	248700	248700	248700	248700
fy(kg/cm2)	4200	4200	4200	4200
base(cm)	100	100	100	100
altura(cm)	25	25	25	25

METODO DE LOS ESFUERZOS ADMISIBLES "METODO ELASTICO"

datos de entrada	refuerzo vertical cara interior	refuerzo vertical cara exterior	refuerzo horizontal cara interior	refuerzo horizontal cara exterior
dist efec(cm)	18	18	18	18
momento max calculo(kg-cm)	674601	579853	430525	327898
cuantía mínima NSR-10	0.0033	0.0033	0.0033	0.0033
cuantía suministrada	0.0056	0.0056	0.0038	0.0038
As(cm2)	12.880	12.88	8.74	8.74
n	8	8	8	8
k	0.2579	0.2579	0.2180	0.2180
j	0.9140	0.9140	0.9273	0.9273
fc(kg/cm2)	108.21	93.0101	80.5009	61.3114
fc(adm)(kg/cm2) 0.45f`c	126.0 ok	126.0 ok	126.0 ok	126.0 ok
fs(kg/cm2)	2491.4	2141.4	2309.6	1759.0
fs(adm)(kg/cm2) C.23.2	2520.0 ok	2520.0 ok	2520.0 ok	2520.0 ok
barra Nº	4.0	4.0	4.0	4.0
área barra(cm2)	1.27	1.27	1.27	1.27
cantidad barras	6.5	6.5	6.9	6.9
separación(cm)	15.37	15.37	14.49	14.49

SE COLOCARÁN BARRAS # 4C/0.15 AMBAS CARAS EN SENTIDO VERTICAL

CONTROL DE AGRIETAMIENTO C.10.6 NSR-10

ESPESOR DEL RECUBRIMIENTO DEL CONCRETO DESDE LA FIBRA EXTREMA HASTA EL CENTROIDE DEL REFUERZO dc	75	mm
FACTOR DE EXPOSICIÓN PARA EL CONTROL DE AGRIETAMIENTO γe	1.00	
ALTURA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL h	250	mm
RELACION DE DEFORMACION UNITARIA DE LA CAPA RECUBRIMIENTO Y EL REFUERZO βs	1.48	
MOMENTO DE SERVICIO (DEL ANALISIS ESTRUCTURAL) Ms	48.25	Kn
MODULO DE ELASTICIDAD DEL ACERO Es	200000	Mpa
MODULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO Ec	24870	Mpa
RELACION MODULAR n	8.04	
ÁREA DEL REFUERZO SUMINISTRADO	1350.00	mm^2
CUANTIA DE REFUERZO SUMINISTRADO	0.0068	

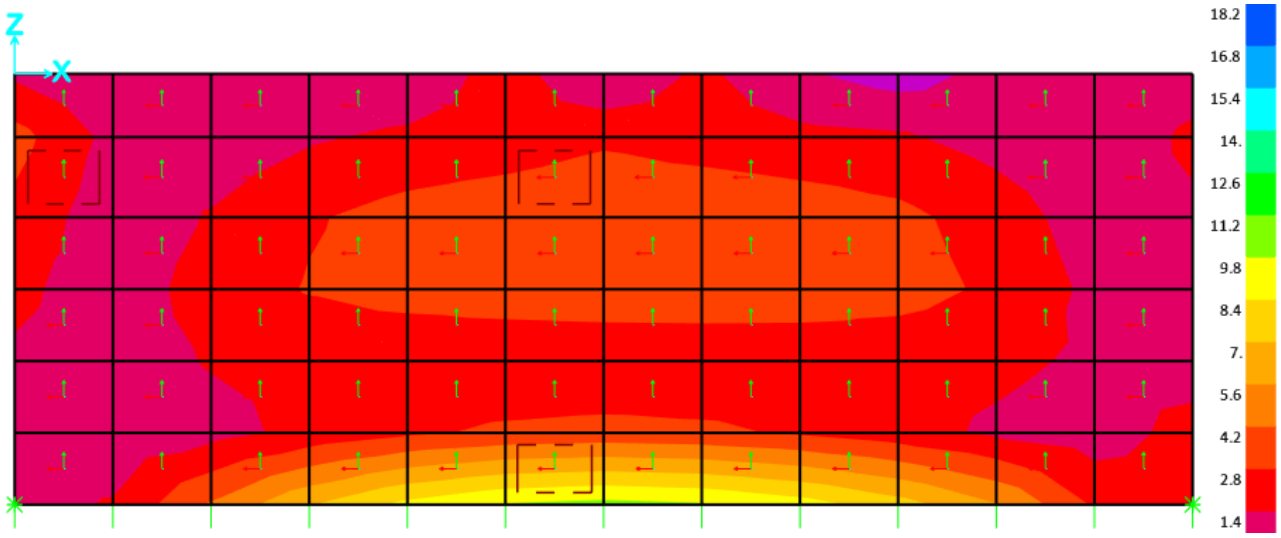
DISTANCIA EFECTIVA DE LA SECCIÓN d	230	mm
FACTOR K	0.280	
CENTROIDE DE LA SECCIÓN FISURADA Kd	64.32	mm
BRAZO DE PALANCA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL jd	208.56	mm
ESFUERZO ACTUANTE SOBRE EL ACERO DE REFUERZO fss	171.37	Mpa
SEPARACIÓN MÁXIMA DEL ACERO DE REFUERZO SUMINISTRADO s	336	mm
SEPARACIÓN DEL ACERO DE REFUERZO SUMINISTRADO	150	mm

$$s < \frac{123000 * \gamma_e}{\beta_e f_{ss}} - 2d_c$$

OK

7.8 CÁLCULO DEL REFUERZO MUROS SENTIDO Y

Ilustración 22- Diagrama de momentos envolvente diseño muros y (t-m)



Fuente: elaboración propia

Tabla de momentos críticos muro sentido y

Area	OutputCase	StepType	M11	M22	M12
			Tonf-m/m	Tonf-m/m	Tonf-m/m
798	ENV_TOTAL_DISEÑO	Max	4.46692	2.32982	1.73401
798	ENV_TOTAL_DISEÑO	Max	7.71609	3.56486	1.4812
798	ENV_TOTAL_DISEÑO	Max	5.06358	0.87328	2.61821
798	ENV_TOTAL_DISEÑO	Max	3.90793	0.53849	2.87416
798	ENV_TOTAL_DISEÑO	Min	-4.16282	-2.47748	-1.64792
798	ENV_TOTAL_DISEÑO	Min	-6.55174	-3.81657	-1.45441
798	ENV_TOTAL_DISEÑO	Min	-4.96784	-0.77619	-2.55258
798	ENV_TOTAL_DISEÑO	Min	-3.7028	-0.31774	-2.74732
824	ENV_TOTAL_DISEÑO	Max	1.94436	9.93315	1.20886

Area	OutputCase	StepType	M11	M22	M12
			Tonf-m/m	Tonf-m/m	Tonf-m/m
824	ENV_TOTAL_DISEÑO	Max	0.0622	3.0574	1.29139
824	ENV_TOTAL_DISEÑO	Max	0.04418	3.23809	0.90253
824	ENV_TOTAL_DISEÑO	Max	2.00183	10.28042	0.82
824	ENV_TOTAL_DISEÑO	Min	-2.52633	-12.98953	-1.20204
824	ENV_TOTAL_DISEÑO	Min	-0.36451	-4.08133	-1.28037
824	ENV_TOTAL_DISEÑO	Min	-0.36892	-4.25888	-0.86963
824	ENV_TOTAL_DISEÑO	Min	-2.63377	-13.36858	-0.7913
828	ENV_TOTAL_DISEÑO	Max	4.3301	3.7953	0.95946
828	ENV_TOTAL_DISEÑO	Max	5.78912	1.96192	0.74399
828	ENV_TOTAL_DISEÑO	Max	3.1034	2.3631	0.46876
828	ENV_TOTAL_DISEÑO	Max	4.23614	4.16697	0.68998
828	ENV_TOTAL_DISEÑO	Min	-4.20932	-3.41683	-1.06133
828	ENV_TOTAL_DISEÑO	Min	-5.30792	-2.43941	-0.88906
828	ENV_TOTAL_DISEÑO	Min	-4.27871	-3.12761	-0.57844
828	ENV_TOTAL_DISEÑO	Min	-4.45322	-3.67967	-0.7603

METODO DE LOS ESFUERZOS ADMISIBLES "METODO ELASTICO"

datos de entrada	**refuerzo vertical cara interior MY**	**refuerzo vertical cara exterior MY**	**refuerzo horizontal cara interior MY**	**refuerzo horizontal cara exterior MY**
Es (kg/cm2)	2000000	2000000	2000000	2000000
f´c(kg/cm2)	280	280	280	280
Ec(kg/cm2)	248700	248700	248700	248700
fy(kg/cm2)	4200	4200	4200	4200
base(cm)	100	100	100	100
altura(cm)	25	25	25	25
dist efec(cm)	18	18	18	18
momento max calculo(kg-cm)	1336858	1028042	755174	627898
cuantia mínima NSR-10	0.0033	0.0033	0.0033	0.0033
cuantia suministrada	0.0033	0.0033	0.0053	0.0053
As(cm2)	13.860	14.19	13.25	13.25
n	8	8	8	8
k	0.2049	0.2049	0.2519	0.2519
j	0.9317	0.9317	0.9160	0.9160

METODO DE LOS ESFUERZOS ADMISIBLES "METODO ELASTICO"

datos de entrada	refuerzo vertical cara interior MY		refuerzo vertical cara exterior MY		refuerzo horizontal cara interior MY		refuerzo horizontal cara exterior MY	
fc(kg/cm2)	79.40		58.2502		104.7362		87.0841	
fc(adm)(kg/cm2) 0.45f`c	126.0	ok	126.0	ok	126.0	ok	126.0	ok
fs(kg/cm2)	2464.9		1808.4		2488.7		2069.3	
fs(adm)(kg/cm2) C.23.2	2520.0	ok	2520.0	ok	2520.0	ok	2520.0	ok
barra Nº	4.0		4.0		4.0		4.0	
área barra(cm2)	1.27		1.27		1.27		1.27	
cantidad barras	7.0		7.2		10.5		10.5	
separación(cm)	14.28		13.95		9.56		9.56	

CONTROL DE AGRIETAMIENTO C.10.6 NSR-10

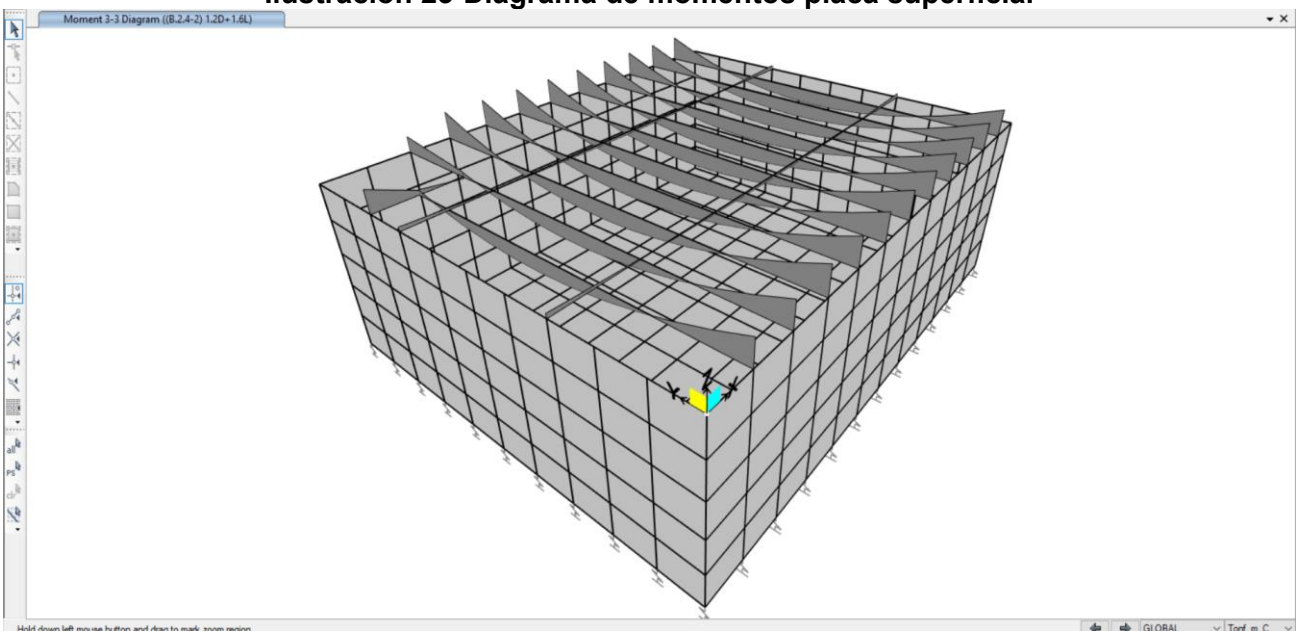
ESPESOR DEL RECUBRIMIENTO DEL CONCRETO DESDE LA FIBRA EXTREMA HASTA EL CENTROIDE DEL REFUERZO dc	75	mm
FACTOR DE EXPOSICIÓN PARA EL CONTROL DE AGRIETAMIENTO γe	1.00	
ALTURA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL h	250	mm
RELACION DE DEFORMACION UNITARIA DE LA CAPA RECUBRIMIENTO Y EL REFUERZO βs	1.48	
MOMENTO DE SERVICIO (DEL ANALISIS ESTRUCTURAL) Ms	55.26	Kn
MODULO DE ELASTICIDAD DEL ACERO Es	200000	Mpa
MODULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO Ec	24870	Mpa
RELACION MODULAR n	8.04	
ÁREA DEL REFUERZO SUMINISTRADO	1350.00	mm^2
CUANTIA DE REFUERZO SUMINISTRADO	0.0068	
DISTANCIA EFECTIVA DE LA SECCIÓN d	230	mm
FACTOR K	0.280	
CENTROIDE DE LA SECCIÓN FISURADA Kd	64.32	mm
BRAZO DE PALANCA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL jd	208.56	mm
ESFUERZO ACTUANTE SOBRE EL ACERO DE REFUERZO fss	196.27	Mpa
SEPARACIÓN MÁXIMA DEL ACERO DE REFUERZO SUMINISTRADO s	275	mm
SEPARACIÓN DEL ACERO DE REFUERZO SUMINISTRADO	150	mm

$$s < \frac{123000 * \gamma_e}{\beta_e f_{ss}} - 2d_c$$

OK

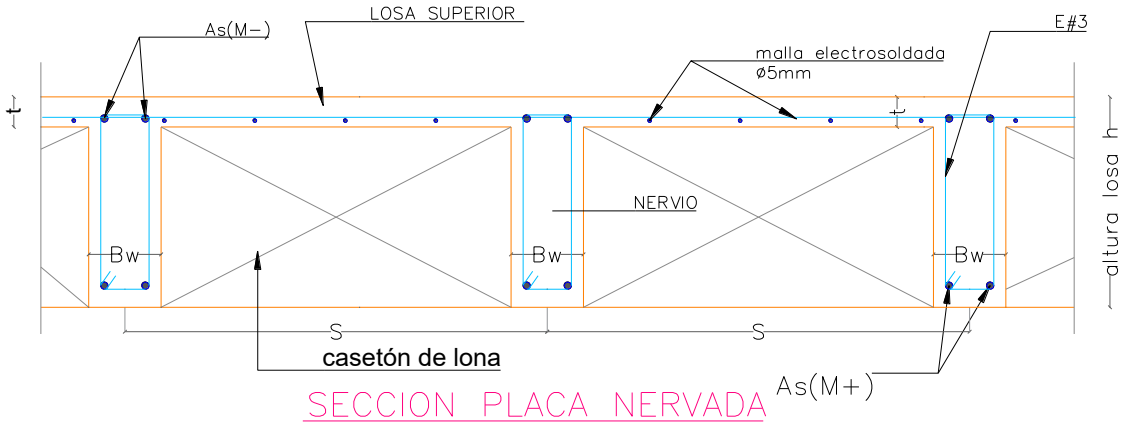
7.9 CÁLCULO DE LA PLACA SUPERFICIAL

Ilustración 23-Diagrama de momentos placa superficial



Fuente: elaboración propia

CALCULO DE PLACA (CUBIERTA) ALIGERADA EN UNA DIRECCION NSR-10 C.13



SECCION PLACA NERVADA

UNIDADES EN T;m

DATOS DE ENTRADA

DENSIDAD DEL CONCRETO DE PESO NORMAL(t/m3)=	2.4	t/m3

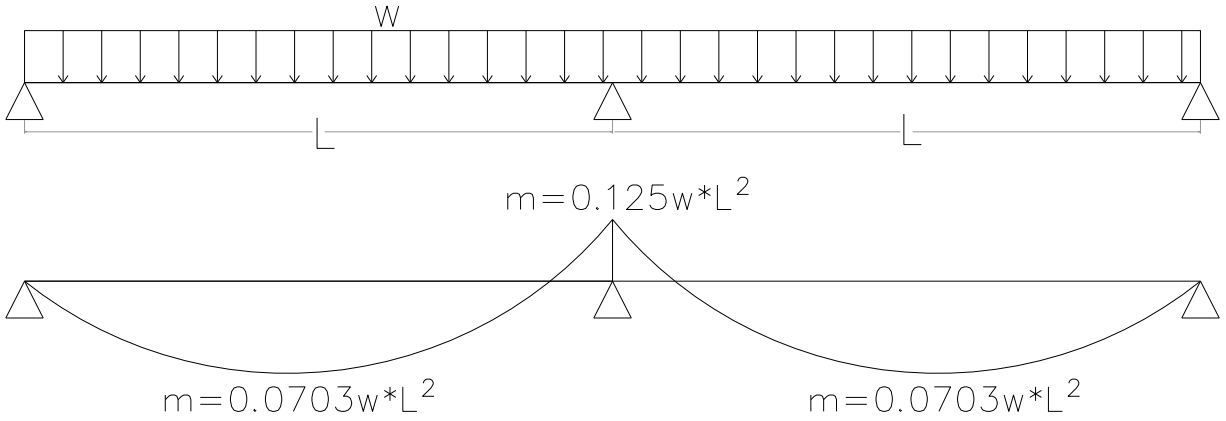
ALTURA MINIMA DE LA PLACA (C.9) (h)=	0.25	m
RECUBRIMIENTO MINIMO (C.7.7.1)	0.04	m
ESPESOR DE LOSA SUPERIOR (t)=	0.06	m
SEPARACION ENTRE NERVIOS (S)=	0.62	m
BASE DE LOS NERVIOS (Bw)=	0.12	m
NUMERO DE LUCES DE LA PLACA=	1.00	Luces
LUZ MAYOR(L>)=	N/A	m
LUZ MENOR(L<)=	N/A	m
CARGA VIVA NO MAYORADA(t)=	0.50	t/m2

EVALUACION DE CARGAS PLACAS DE ENTREPISO				
ELEMENTO	BASE (m)	ALTURA (m)	SEPARACION (m)	
viguetas	0.12	0.19	0.62	
riostras	0.12	0.19	3	
item	elemento	espesor (m)	densidad (t/m^3)	W(t/m^2)
placa (1)	torta superior	0.06	2.4	0.144
	torta inferior	0.00	2.4	0.000
	caseton de lona	se considera el peso del casetón debido a que este no puede ser removido		0.035
		b*h/S	-	
	viguetas	0.0333	2.4	0.080
	riostras	0.0080	2.4	0.019
	vigas	N.A		0.000
	acabados	PESO PTAP		1
	divisiones			0.000
			suma W placa	**1.254**
CV	carga viva		USO	0.180
			(Wultima*nervio)= (1.2D+1.6L)=	**0.427** **t/m**

COMPROBACIONES PARA DISEÑO DE LOSAS EN UNA DIRECCION NSR-10 C.13 Y C.8					
			VALOR NORMA	PARAMETRO ESCOGIDO	COMPROBACION

Cuando una losa nervada tiene sus nervios principalmente en una dirección (C.13.1.6.3).			OK		
		ANCHO MIMINO DEL NERVIO (C.8.13.2)	0.10	0.12	OK
		ALTURA MAX NERVIO (C.8.13.2)=5*Bw	0.60	0.25	OK
		SEPARACION MAX ENTRE NERVIOS (C.8.13.3)=3.0*h	0.75	0.72	OK
		VIGUETAS TRANSVERSALES DE REPARTICION (C.8.13.3.1)=10*h	2.50	2.33	OK
		HAY DOS O MAS VANOS (C.13.5.5.3 a)=	1.00	2.00	OK
		LUCES APROXIMADAMENTE IGUALES (C.13.5.5.3 b)	5.58	4.65	OK
		CARGAS UNIFORMEMENTE DISTRIBUIDAS (C.13.5.5.3 c)?	SI	SI	OK
	CARGA VIVA NO MAYORADA NO EXCEDE 3 VECES LA CARGA MUERTA NO MAYORADA (C.13.5.5.3 d)		0.54	0.254	OK
		SON ELEMENTOS PRISMATICOS (C.13.5.5.3 e)?	SI	SI	OK

LOSA CONTINUA SIMPLEMENTE APOYADA



LUZ PROMEDIO DE CALCULO (Ln)=	4.65	m
MOMENTOS NEGATIVOS EL APOYO INTERMEDIO (M-=Wu*Ln² /8)=	1.15	t-m

MOMENTOS NEGATIVOS EN APOYOS INTERIORES MUY RIGIDOS (M-i=Wu*Ln^2/12)=	N/A	t-m
MOMENTO POSITIVO EN LUCES EXTREMAS APOYO NO RESTRINGIDO(M+=Wu*Ln^2/14)=	N/A	t-m
MOMENTO POSITIVO EN LUCES INTERIORES (M+=0.0703*Wu*Ln^2)=	0.65	t-m
CORTANTE EN APOYOS EXTREMOS EN CARAS INTERIORES (Ve=1.15*Wu*Ln/2)=	1.14	t
CORTANTE EN APOYOS INTERIORES (Vi= Wu*Ln/2)=	0.99	t

CALCULO DEL REFUERZO PARA FLEXION MOMENTOS POSITIVOS			
	BASE DE LOS NERVIOS, Bw=	0.12	m
	DISTANCIA EFECTIVA, d=	0.17	m
	f´c=	2800	t/m
	Fy=	42000	t/m
	Mu+=	0.65	t-m
	CUANTIA SOLICITADA ρ=	0.00519	
	CUANTIA MINIMA NSR-10=	0.00330	
	(As+)=	1.06	cm2
	barras suministradas 2#4	2.5	cm2 ok
se colocarán 2#4 continuas abajo en el centro de las luces			

CALCULO DEL REFUERZO PARA FLEXION MOMENTOS NEGATIVOS			
	BASE DE LOS NERVIOS, Bw=	0.10	m
	DISTANCIA EFECTIVA, d=	0.17	m
	f´c=	2800	t/m
	Fy=	42000	t/m
	Mu-=	1.15	t-m
	CUANTIA SOLICITADA ρ=	0.00962	
	CUANTIA MINIMA NSR-10=	0.00330	
	(As-)=	1.96	cm2
	barras suministradas 2#5	2.5	cm2 ok

se colocarán 2#4 arriba en el apoyo intermedio y 2#4 arriba en los apoyos por construcción

CALCULO DEL REFUERZO PARA CORTANTE EN LOS APOYOS			
	BASE DE LOS NERVIOS, Bw=	0.12	m
	DISTANCIA EFECTIVA, d=	0.17	m
	f´c=	2800	t/m
	Fy=	42000	t/m
	Vu=	1.14	t
	φVc=0.75*0.53*Vf´c*Bw*d	1.36	t
	Vs=Vu-φVc)	-0.22	t
	SEPARACION EN ESTRIBOS #3	-471.06	Cm
SE COLOCARÁN ESTRIBOS #3C/0.15m POR CONSTRUCCION Y PARA CUMPLIR CON REFUERZO DE CONFINAMIENTO SEGÚN NSR-10			

NOTA: ES NECESARIO GARANTIZAR UNA LONGITUD MINIMA DEL APOYO EXTREMO DE 10 CENTIMETROS Y SE DEBERA GARANTIZAR LA CONTINUIDAD DE LAS VIGUETAS EN EL APOYO INTERMEDIO

7.10 CÁLCULO DEL CORTANTE CRITICO TANQUE

Normativa: NSR-10

Geometría:

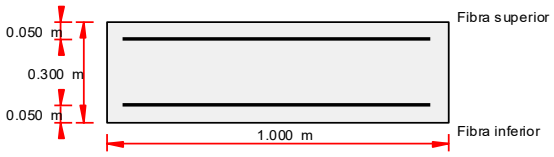
Ancho de la sección, b : 1.000 m
Canto de la sección, h : 0.300 m
Recubrimiento mecánico de las armaduras de flexión, r : 0.075 m

Elemento estructural: Losa de cimentación

Armadura de flexión:

Armadura en fibra superior, $A_{s, sup}$: 14 cm^2
Armadura en fibra inferior, $A_{s, inf}$: 14 cm^2

Concreto:



Denominación: concreto 28 Mpa
Resistencia a compresión, f'_c : 28.0 MPa

Acero:
Denominación: Grado 60 ASTM A-706
Tensión de fluencia nominal, f_y : 414 MPa
Tensión máxima, f_{ymax} : 552 MPa

Esfuerzos de cálculo:
Cortante mayorado de cálculo, V_u : 81.8 kN
Axil concomitante de cálculo, N_u : 0.0 kN
Flector concomitante de cálculo, M_u : 26.5 kNm

Ángulo de las armaduras transversales con el eje de la pieza, *a* : 90.0 º

Resultados del cálculo:

Resistencia nominal

Comprobación de agotamiento por compresión oblicua del alma:

Resistencia a compresión del hormigón, f'_c : 28.0 MPa
Ancho de la sección, b_v : 1.000 m
Brazo mecánico, d_v : 0.225 m
Cortante nominal máximo por compresión del alma, $V_{n,max}$: 1575.0 kN

V_u = 81.8 kN < $V_{r,max}$ = 0.9 x 1575.0 = 1417.5 kN -> Cumple

Comprobación de agotamiento por tracción en el alma:

Deformación del alma, *e*	:	0.00096	
Ancho de la sección, b_V	:	1.000	m
Brazo mecánico, d_V	:	0.225	m
Coeficiente, *b*	:	2.79	
Ángulo entre las bielas de compresión del hormigón y el eje de la pieza, *q*	:	32.4	º
Límite de fluencia a cortante de la armadura, f_y	:	0.00	MPa
Contribución del hormigón a la resistencia a esfuerzo cortante, V_c	:	275.2	kN
Contribución de la armadura transversal del alma, V_s	:	0.0	kN
Esfuerzo cortante de agotamiento por tracción en el alma, V_n ($V_n = V_c + V_s$)	:	275.2	kN

Armadura de cortante necesaria, A_V/s: 0.0 cm^2/m

Resistencia mayorada

Factor de resistencia, *f*	:	0.900	
Resistencia nominal, V_n	:	275.2	kN
Resistencia a cortante mayorada, V_r	:	247.6	kN

V_u = 81.8 kN < V_r = 247.6 kN -> Cumple

No se necesita armadura de cortante.

7.11 CHEQUEO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO

OutputCase	CaseType Text	StepType Text	GlobalFX Tonf	GlobalFY Tonf	GlobalFZ Tonf
SERVICIO T ...	Combination	Max	-7.779E-13	-6.316E-12	314.6131
SERVICIO T ...	Combination	Min	-8.467E-13	-6.726E-12	288.6643

Reacción máxima en la base por cargas de servicio= 314.61 t
Área de contacto de la estructura= 8.60m X 7.10 = 61.06m^2
Esfuerzo actuante en el área de contacto=314.61/61.06= 5.15 t/m^2

Capacidad portante del suelo= 19.44 t/m^2 > 5.15 t/m^2 **OK!!!**

7.12 COMPROBACIONES NSR-10 ESTRUCTURAS AMBIENTALES

COMPROBACIONES PARA TANQUES SEGÚN NSR-10 C.23				
DESCRIPCION DE LA COMPROBACION	**NUMERAL**	**VALOR NORMA**	**VALOR DE CALCULO**	**COMPROBACION**
CUANTIA DE RETRACCION Y FRAGUADO	TABLA C.23-C.7.12.2.1	0.003	0.003	OK
PROTECCION DEL REFUERZO	TABLA C.23-C.7.7.1	0.05	0.05	OK
REFUERZO MINIMO DE FLEXION	C.23.C.10.5	0.003	0.003	OK
ESFUERZO MAXIMO DE SERVICIO EN LA CARA EN TRACCION (Mpa) PLACA DE CIMENTACION	(C.23-2)	216.24	149.1	OK
REFUERZO MINIMO EN MUROS	C.23-C.14.3	0.003	0.003	OK
REFUERZO EN AMBAS CARAS EN AMBAS DIRECCIONES	C.23-C.14.3.4	2 CAPAS	2 CAPAS	OK
ESPACIAMIENTO MAXIMO DEL REFUERZO (mm)	C.23-C.14.3.5	300	150	OK
ESPESOR MINIMO DE MUROS (mm)	C.23-C.14.6.1	150	300	OK
ESPESOR MINIMO DE MUROS (mm) 1/30* Lmuro (mm)	C.23-C.14.6.2	285	300	OK
ESPESOR MINIMO DE MUROS h>3m (mm)	C.23-C.14.6.2	300	300	OK
TIPO DE LOSA UTILIZADA	C.23-C.15.14.1	LOSA ESTRUCTURAL DE CIMENTACION	LOSA ESTRUCTURAL DE CIMENTACION	OK
ESPESOR MINIMO DE LA LOSA DE CIMENTACION (mm)	C.15	el requerido para el anclaje del refuerzo en traccion con gancho estandar de 90 grados	400	OK
RECUBRIMIENTOS MINIMOS DE LOSAS DE CIMENTACION EN CONTACTO CON EL SUELO (mm)	TABLA C.23-C.7.7.1	75	75	OK
REQUISITOS DE DISEÑO SISMORESISTENTE	C.23-C.21	APENDICE A-1	APENDICE A-2	OK
ESPESOR DE PLACA DE CUBIERTA(m)	TABLA C.9.5-A	0.23	0.25	OK

8. RECOMENDACIONES GENERALES

Los materiales a utilizar en construcción deben ser:
Concreto con resistencia a la compresión f´c no menor a 28 Mpa para la cimentación
Concreto con resistencia a la compresión f´c no menor a 28 Mpa para toda la estructura
Acero de refuerzo fy no menor a 420 Mpa
La relación agua cemento (a/c) debe ser menor o igual a 0.5

El tamaño máximo nominal de los agregados (TMN) debe tener en cuenta el espesor y los recubrimientos de los elementos estructurales. Se recomienda TMN <= 1/2”
Debe garantizarse el recubrimiento mínimo de los elementos estructurales

Placa de cimentación	0.08m
Muros caros expuestas	0.08m
Muros en contacto con el agua	0.08m
Placa de cubierta	0.04m

El despiece del refuerzo está conformado por barras de 6 metros de longitud
El sistema estructural empleado es muros de cortante diseñados por el método de los esfuerzos de trabajo y verificada para los estados límites de esfuerzos de los materiales.

El diseño estructural está basado en los requisitos mínimos establecidos en la norma colombiana de diseño y construcción sismo resistentes NSR- 10 (titulo C y apéndice A-1), para la estructura que está localizada en la zona de amenaza sísmica intermedia.

Se deben realizar ensayos para el control de calidad de los materiales según lo establecido en la NSR-10 y las NTC, se deben tomar muestras por lo menos de 2 cilindros para aéreas de cada 200 m2 de concreto fundido, y muestras representativas por cada vaciada de concreto en el caso de la cimentación deben tomarse muestras en volúmenes de concreto fundido < a 30 m3.

Se debe fundir monolíticamente la placa hasta la junta de construcción, los muros deben ser fundidos monolíticamente además el concreto se debe mantener húmedo mínimo 7 días y se debe garantizar una superficie del concreto lo más lisa posible mediante esmaltado con cemento impermeabilizado con aditivos.

Cualquier modificación parcial o total del diseño estructural debe ser supervisada y aprobada por el calculista, de lo contrario cualquier perjuicio ocasionado sobre la estructura por modificaciones no aprobadas exonera al ingeniero calculista de toda responsabilidad.

PROYECTO:

“REALIZAR LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA OPTIMIZACIÓN DE LA CAPTACIÓN Y SISTEMA DE BOMBEO, RED DE IMPULSIÓN Y RED DE CONDUCCIÓN DEL ACUEDUCTO DE LA VEREDA DE QUIRVAQUIRA DEL MUNICIPIO DE ARCABUCO, CONFORME AL INDICADOR DE PRODUCTO “ACUEDUCTOS OPTIMIZADOS” DEL PLAN DE DESARROLLO “POR LA DIGNIDAD DE ARCABUCO 2024-2027

DISEÑO ESTRUCTURAL CASETA TANQUE

OCTUBRE 2025

ÍNDICE

1. LISTADO DE DATOS DE LA OBRA 3
1.1. Versión del programa y número de licencia 3
1.2. Datos generales de la estructura 3
1.3. Normas consideradas 3
1.4. Acciones consideradas 3
1.4.1. Sismo 3
1.4.2. Gravitatorias 4
1.4.3. Hipótesis de carga 4
1.4.4. Listado de cargas 5
1.5. Justificación de la acción sísmica 6
1.5.1. Datos generales de sismo 6
1.5.2. Espectro de cálculo 7
1.5.3. Coeficientes de participación 9
1.5.4. Centro de masas, centro de rigidez y excentricidades de cada planta 11
1.5.5. Corrección por cortante basal 11
1.5.6. Cortante sísmico combinado por planta 13
1.6. Justificación de la acción del viento 15
1.6.1. Datos generales 15
1.6.2. Presión dinámica 15
1.6.3. Presión de diseño 17
1.6.4. Cargas de viento por planta 19
1.7. Distorsiones de pilares, pantallas y muros 19
1.8. Desplazamientos de pilares 22
1.9. Estados límite 23
1.10. Situaciones de proyecto 23
1.10.1. Coeficientes parciales de seguridad (γ) y coeficientes de combinación (ψ) 24
1.10.2. Combinaciones 31
1.11. Datos geométricos de grupos y plantas 31
1.12. Datos geométricos de columnas, tabiques y muros 31
1.12.1. Columnas 32
1.13. Dimensiones, coeficientes de empotramiento y coeficientes de pandeo para cada planta 32
1.14. Interacción terreno-estructura (zapatas y encepados) 32
1.15. Materiales utilizados 32
1.15.1. Hormigones 32
1.15.2. Aceros por elemento y posición 33
1.15.3. Comprobaciones E.L.U. 33

CASETA TANQUE ARCABUCO

LISTADO DE DATOS DE LA OBRA

1.1. Versión del programa y número de licencia

Versión: 2022

Número de licencia: 174925

1.2. Datos generales de la estructura

Proyecto: Caseta tanque Arcabuco

Clave: Caseta tanque arcabuco.

1.3. Normas consideradas

Concreto: NSR-10

Aceros conformados: AISI S100-2016 (LRFD)

Aceros laminados y armados: ANSI/AISC 360-16 (LRFD)

Categoría de uso: General

1.4. Acciones consideradas

1.4.1. 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)

1.4.1.1. 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}** : *5.00*
R_{0Y}: Coeficiente de disipación de energía básico (Y) (NSR-10, A.3)	**R_{0Y}** : *5.00*
Φ_a: Coeficiente de irregularidad en altura (NSR-10, A.3.3.5)	**Φ_a** : *1.00*
Φ_p: Coeficiente de irregularidad en planta (NSR-10, A.3.3.4)	**Φ_p** : *1.00*
Φ_{rX}: Coeficiente por ausencia de redundancia (X) (NSR-10, A.3.3.8)	**Φ_{rX}** : *0.75*
Φ_{rY}: Coeficiente por ausencia de redundancia (Y) (NSR-10, A.3.3.8)	**Φ_{rY}** : *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** : *3.86* m

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

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)

Factores reductores de la inercia (NSR-10,)
Vigas primarias frente a la acción sísmica: 1
Forjados primarios frente a la acción sísmica: 1
Forjados secundarios frente a la acción sísmica: 0.01
Pilares primarios frente a la acción sísmica: 1
Pantallas: 1
Muros: 1
Muros de fábrica: 1

Direcciones de análisis
Acción sísmica según X
Acción sísmica según Y

Proyección en planta de la obra

1.4.2. Gravitatorias

Planta	S.C.U (kN/m²)	Cargas muertas (kN/m²)
Forjado 2	0.0	0.0
Forjado 1	0.0	0.0
Cimentación	0.0	0.0

1.4.3. Hipótesis de carga

Automáticas	Peso propio Cargas muertas Sobrecarga de uso Sismo X Sismo Y Viento +X exc.+ Viento +X exc.- Viento -X exc.+ Viento -X exc.- Viento +Y exc.+ Viento +Y exc.- Viento -Y exc.+ Viento -Y exc.-

1.4.4. Listado de cargas

Cargas especiales introducidas (en kN, kN/m y kN/m²)

Grupo	Hipótesis	Tipo	Valor	Coordenadas
Cimentación	Cargas muertas	Lineal	6.00	(0.05,0.00) (0.05,2.15)
	Cargas muertas	Lineal	6.00	(0.00,0.05) (4.37,0.05)
	Cargas muertas	Lineal	6.00	(4.37,0.00) (4.37,2.15)
	Cargas muertas	Lineal	6.00	(4.37,0.92) (7.20,0.92)
	Cargas muertas	Lineal	6.00	(7.20,0.92) (7.20,2.15)
	Cargas muertas	Lineal	6.00	(0.00,2.15) (3.45,2.15)
	Cargas muertas	Lineal	6.00	(3.45,2.15) (7.20,2.15)
	Cargas muertas	Lineal	6.00	(3.45,2.15) (3.45,5.13)
	Cargas muertas	Lineal	6.00	(0.05,2.15) (0.05,5.13)
	Cargas muertas	Lineal	6.00	(0.00,5.08) (3.45,5.08)
	Cargas muertas	Lineal	6.00	(3.45,5.08) (7.20,5.08)
	Cargas muertas	Lineal	6.00	(7.15,2.15) (7.15,5.13)
Forjado 1	Cargas muertas	Puntual	11.42	(4.39,-0.01)
	Cargas muertas	Puntual	8.80	(-0.02,0.02)
	Cargas muertas	Puntual	8.80	(-0.01,2.00)
	Cargas muertas	Puntual	12.62	(4.38,2.15)
	Cargas muertas	Puntual	9.80	(-0.02,2.30)
	Cargas muertas	Puntual	19.84	(3.46,2.31)
	Cargas muertas	Puntual	13.72	(7.20,2.31)
	Cargas muertas	Puntual	13.23	(7.21,5.13)
	Cargas muertas	Puntual	19.34	(3.45,5.14)
	Cargas muertas	Puntual	9.80	(-0.02,5.12)
	Cargas muertas	Lineal	2.25	(0.00,2.15) (3.45,2.15)
	Cargas muertas	Lineal	2.25	(3.45,2.15) (7.20,2.15)
	Cargas muertas	Lineal trapecial	2.50 - 0.00	(-0.02,2.29) (-0.02,5.12)

Grupo	Hipótesis	Tipo	Valor	Coordenadas
	Cargas muertas	Lineal trapecial	0.00 - 2.50	(3.45,5.12) (3.45,2.32)
	Cargas muertas	Lineal trapecial	0.00 - 2.50	(7.21,5.13) (7.21,2.29)
	Cargas muertas	Lineal trapecial	0.00 - 2.50	(4.40,-0.01) (4.40,1.99)
	Cargas muertas	Lineal trapecial	0.00 - 2.50	(-0.01,-0.03) (-0.01,2.00)
Forjado 2	Sobrecarga de uso	Superficial	2.00	(3.60,2.15) (3.60,2.80) (-0.15,2.80) (-0.15,2.15) (3.45,2.15)
	Sobrecarga de uso	Superficial	2.00	(3.60,2.15) (0.00,2.15) (-0.15,2.15) (-0.15,1.50) (3.60,1.50)

1.5. Justificación de la acción sísmica

Norma utilizada: NSR-10

Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (2010)

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

1.5.1. 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}** : *5.00*

R_{0Y}: Coeficiente de disipación de energía básico (Y) (NSR-10, A.3) — **R_{0Y}** : *5.00*

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

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

Φ_{rX}: Coeficiente por ausencia de redundancia (X) (NSR-10, A.3.3.8) — **Φ_{rX}** : *0.75*

Φ_{rY}: Coeficiente por ausencia de redundancia (Y) (NSR-10, A.3.3.8) — **Φ_{rY}** : *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** : *3.86* m

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

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)

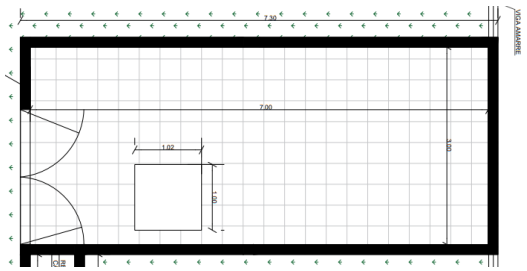
Factores reductores de la inercia (NSR-10,)

Vigas primarias frente a la acción sísmica: 1
Forjados primarios frente a la acción sísmica: 1
Forjados secundarios frente a la acción sísmica: 0.01
Pilares primarios frente a la acción sísmica: 1
Pantallas: 1
Muros: 1
Muros de fábrica: 1

Direcciones de análisis

Acción sísmica según X

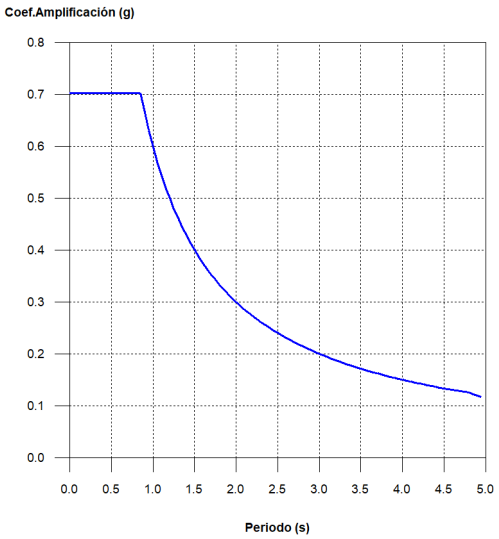
Acción sísmica según Y



Proyección en planta de la obra

1.5.2. Espectro de cálculo

1.5.2.1. Espectro elástico de aceleraciones



Coef.Amplificación:

El valor máximo de las ordenadas espectrales es 0.703 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** : *1.25*

Tipo de edificación: III

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

1.5.2.2. 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.

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

R_{Xi}: Coeficiente de capacidad de disipación de energía (X) **R_{Xi}** : *3.75*

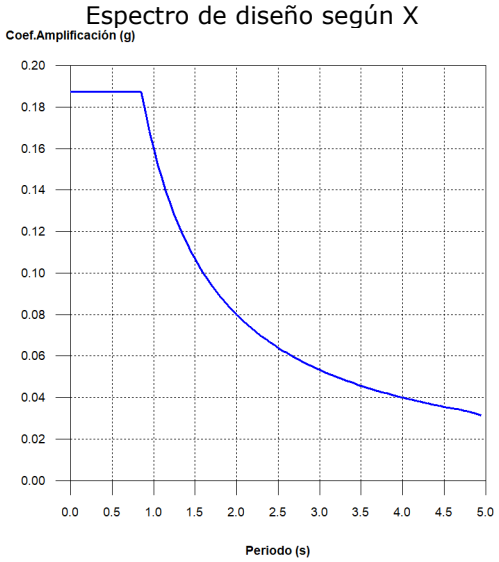
R_{Yi}: Coeficiente de capacidad de disipación de energía (Y) **R_{Yi}** : *3.75*

Donde:

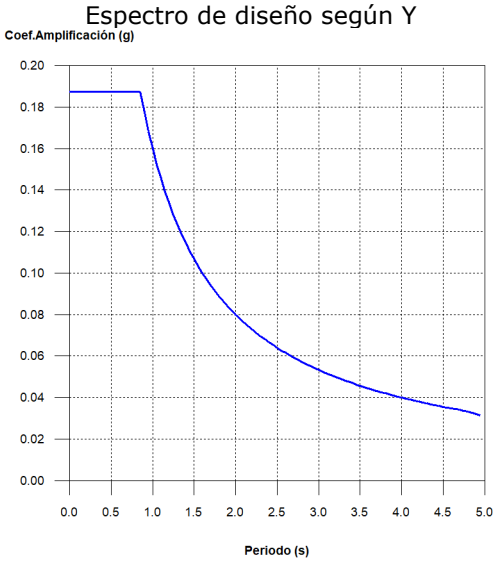
R_{0X}: Coeficiente de disipación de energía básico (X) (NSR-10, A.3) **R_{0X}** : *5.00*
R_{0Y}: Coeficiente de disipación de energía básico (Y) (NSR-10, A.3) **R_{0Y}** : *5.00*
Φ_a: Coeficiente de irregularidad en altura (NSR-10, A.3.3.5) **Φ_a** : *1.00*
Φ_p: Coeficiente de irregularidad en planta (NSR-10, A.3.3.4) **Φ_p** : *1.00*
Φ_{rX}: Coeficiente por ausencia de redundancia (X) (NSR-10, A.3.3.8) **Φ_{rX}** : *0.75*
Φ_{rY}: Coeficiente por ausencia de redundancia (Y) (NSR-10, A.3.3.8) **Φ_{rY}** : *0.75*

NSR-10 (A.3.7)

Espectro de diseño según X



Espectro de diseño según Y



1.5.3. Coeficientes de participación

Modo	T	L_x	L_y	L_{gz}	M_x	M_y	Hipótesis X(1)	Hipótesis Y(1)
Modo 1	0.214	0.9404	0.1631	0.2985	92.81 %	2.79 %	R = 3.75 A = 1.839 m/s² D = 2.13929 mm	R = 3.75 A = 1.839 m/s² D = 2.13929 mm
Modo 2	0.208	0.1729	0.9705	0.1681	2.96 %	93.33 %	R = 3.75 A = 1.839 m/s² D = 2.01993 mm	R = 3.75 A = 1.839 m/s² D = 2.01993 mm
Modo 3	0.176	0.0317	0.015	0.9994	0.91 %	0.2 %	R = 3.75 A = 1.839 m/s² D = 1.45049 mm	R = 3.75 A = 1.839 m/s² D = 1.45049 mm
Total					96.68 %	96.32 %		

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.

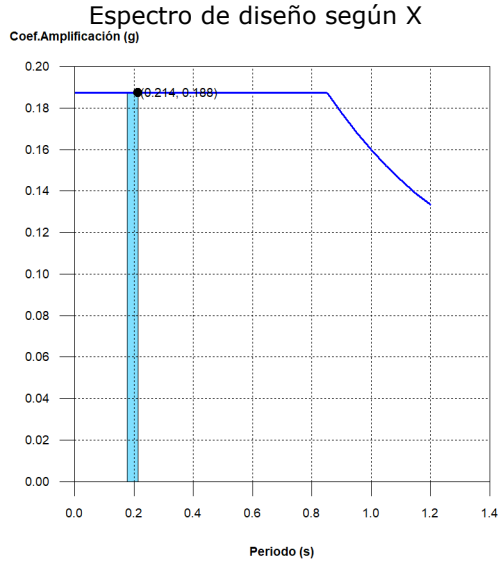
R: Relación entre la aceleración de cálculo usando la ductilidad asignada a la estructura y la aceleración de cálculo obtenida sin ductilidad.

A: Aceleración de cálculo, incluyendo la ductilidad.

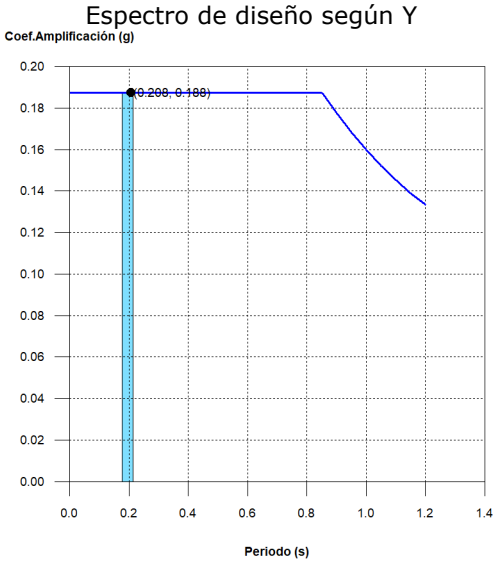
D: Coeficiente del modo. Equivale al desplazamiento máximo del grado de libertad dinámico.

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	0.214	0.188

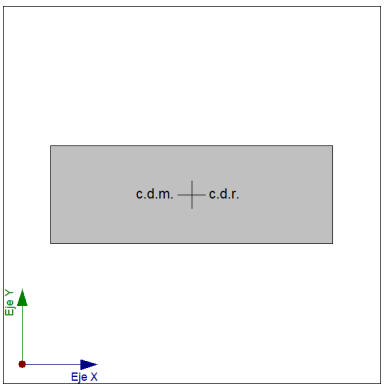
Hipótesis Sismo Y1		
Hipótesis modal	T (s)	A (g)
Modo 2	0.208	0.188

1.5.4. 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)
Forjado 2	(1.72, 2.15)	(1.73, 2.15)	0.00	0.00
Forjado 1	(3.33, 2.75)	(2.14, 2.32)	1.18	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



Forjado 1

1.5.5. Corrección por cortante basal

1.5.5.1. 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 (kN)	$V_{d,X}$ (kN)
Sismo X1	Modo 1	44.213	45.613
	Modo 2	1.412	
	Modo 3	0.434	

Hipótesis sísmica (Y)	Hipótesis modal	V_Y (kN)	$V_{d,Y}$ (kN)
Sismo Y1	Modo 1	1.329	45.711
	Modo 2	44.455	
	Modo 3	0.097	

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

1.5.5.2. 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) — **$V_{S,X}$** : *47.625* kN

$S_{d,X}(T_a)$: Aceleración espectral horizontal de diseño (X) — **$S_{d,X}(T_a)$** : *0.188* g
$T_{a,X}$: Periodo fundamental aproximado (X) (NSR-10, A.4.2.2) — **$T_{a,X}$** : *0.16* s

Tipología estructural (X): I
h: Altura del edificio — **h** : *3.86* m

$V_{S,Y}$: Cortante sísmico en la base (Y) (NSR-10, A.4.3.1) — **$V_{S,Y}$** : *47.625* kN

$S_{d,Y}(T_a)$: Aceleración espectral horizontal de diseño (Y) — **$S_{d,Y}(T_a)$** : *0.188* g
$T_{a,Y}$: Periodo fundamental aproximado (Y) (NSR-10, A.4.2.2) — **$T_{a,Y}$** : *0.16* s

Tipología estructural (Y): I
h: Altura del edificio — **h** : *3.86* m

W: Peso sísmico total de la estructura — **W** : *253.999* kN

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

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 (kN)
Forjado 2	26.668
Forjado 1	227.331
$W=\sum w_i$	**253.999**

1.5.5.3. 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	$V_{d,X1} \geq 0.80 \cdot V_{s,X}$ 45.613 kN ≥ 38.100 kN	N.P.
Sismo Y1	$V_{d,Y1} \geq 0.80 \cdot V_{s,Y}$ 45.711 kN ≥ 38.100 kN	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

1.5.6. 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.

1.5.6.1. 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

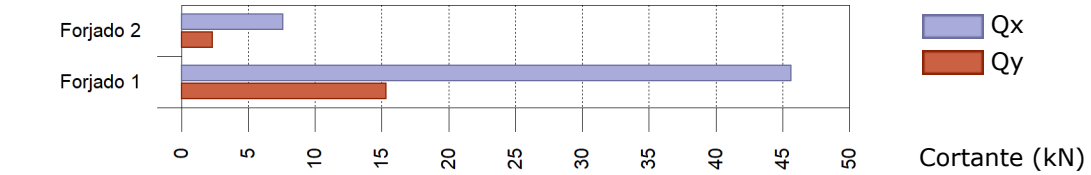
Planta	Q_X (kN)	$F_{eq,X}$ (kN)	Q_Y (kN)	$F_{eq,Y}$ (kN)
Forjado 2	7.578	7.578	2.334	2.334
Forjado 1	45.613	38.062	15.336	13.118

Hipótesis sísmica: Sismo Y1

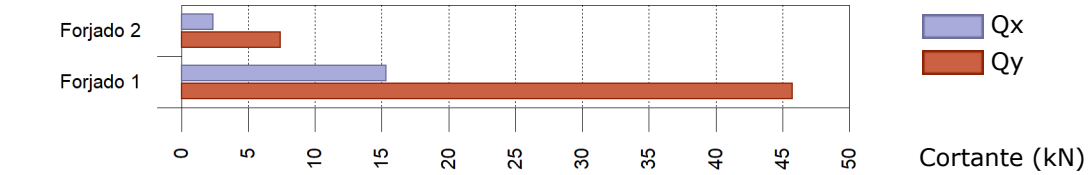
Planta	Q_X (kN)	$F_{eq,X}$ (kN)	Q_Y (kN)	$F_{eq,Y}$ (kN)
Forjado 2	2.392	2.392	7.428	7.428
Forjado 1	15.342	12.966	45.711	38.329

Cortantes sísmicos máximos por planta

Hipótesis sísmica: Sismo X1

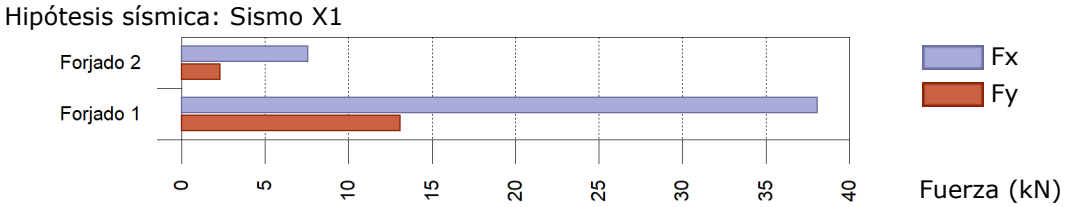


Hipótesis sísmica: Sismo Y1

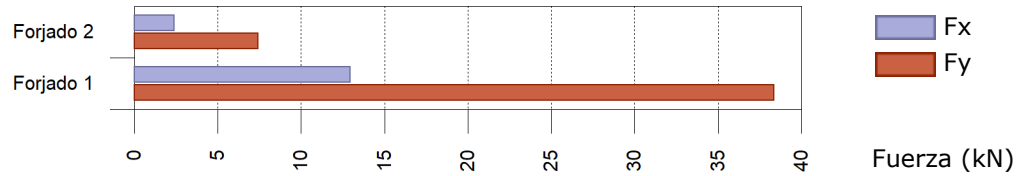


Fuerzas sísmicas equivalentes por planta

Hipótesis sísmica: Sismo X1



Hipótesis sísmica: Sismo Y1



1.6. Justificación de la acción del viento

Norma utilizada: NSR-10 Capítulo B.6 – Fuerzas de viento
Reglamento colombiano de construcción sismo resistente
Método de cálculo: Procedimiento analítico (NSR-10, B.6.5)

1.6.1. Datos generales

Se considera acción de viento en dirección X

Se considera acción de viento en dirección Y

Datos del emplazamiento

V: Velocidad básica del viento (NSR-10, B.6.5.4) **V** : *35.0* m/s

Categoría de uso (NSR-10, B.6.5.5): Categoría III

Categoría del terreno (NSR-10, B.6.5.6)

Categoría C

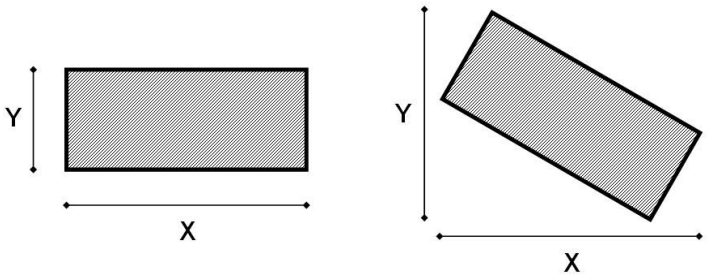
Orografía del terreno (NSR-10, B.6.5.7)

Dirección X [0°- 180°]: Llano

Dirección Y [90°- 270°]: Llano

Anchos de banda

Anchos de banda son las longitudes de la fachada expuesta en dirección perpendicular a la acción del viento.



Planta	Ancho X (m)	Ancho Y (m)
Forjado 2	7.49	5.43
Forjado 1	7.49	5.43

Coeficientes aplicados a la acción de viento

+X: 1.00 **-X:** 1.00

+Y: 1.00 **-Y:** 1.00

1.6.2. Presión dinámica

La presión dinámica $\mathbf{q_z}$, evaluada a la altura z, se calcula mediante la siguiente expresión:

Parámetros necesarios para la definición de la presión dinámica

V: Velocidad básica del viento (NSR-10, B.6.5.4) — **V** : *35.0* m/s

I: Factor de importancia (NSR-10, Tabla B.6.5-1) — **I** : *1.15*

Categoría de uso (NSR-10, B.6.5.5): Categoría III

$\mathbf{K_d}$: Factor de direccionalidad (NSR-10, Tabla B.6.5-4) — $\mathbf{K_d}$: *0.85*

$\mathbf{K_z}$: Coeficiente de exposición (NSR-10, Tabla B.6.5-3)

$\mathbf{K_{zt}}$: Factor topográfico (NSR-10, B.6.5.7.2)

1.6.2.1. Factor de exposición

$\mathbf{K_z}$: Coeficiente de exposición (NSR-10, Tabla B.6.5-3)

Constantes de exposición del terreno (NSR-10, Tabla B.6.5-2)

Dirección	**Viento a 0°**	**Viento a 90°**	**Viento a 180°**	**Viento a 270°**
Exposición	Categoría C	Categoría C	Categoría C	Categoría C
α	9.5	9.5	9.5	9.5
$\mathbf{z_g}$ **(m)**	274.30	274.30	274.30	274.30

Coeficiente de exposición K_z por planta (NSR-10, Tabla B.6.5-2)

K_z				
Planta	**Viento a 0°**	**Viento a 90°**	**Viento a 180°**	**Viento a 270°**
Forjado 2	0.825	0.825	0.825	0.825
Forjado 1	0.825	0.825	0.825	0.825
K_z				
Planta	**Viento a 0°**	**Viento a 90°**	**Viento a 180°**	**Viento a 270°**
MAX(5, h)	0.825	0.825	0.825	0.825

1.6.2.2. Factor topográfico

$\mathbf{K_{zt}}$: Factor topográfico (NSR-10, B.6.5.7.2) — $\mathbf{K_{zt}}$: *1*

1.6.2.3. Presión dinámica por planta

Presión dinámica q_z por planta (NSR-10, B.6.5.10)

q_z (kN/m²)				
Planta	**Viento a 0°**	**Viento a 90°**	**Viento a 180°**	**Viento a 270°**
Forjado 2	0.61	0.61	0.61	0.61
Forjado 1	0.61	0.61	0.61	0.61

q_h (kN/m²)				
Planta	**Viento a 0°**	**Viento a 90°**	**Viento a 180°**	**Viento a 270°**
h	0.61	0.61	0.61	0.61

h: Altura media de la cubierta del edificio **h** : *3.86* m

1.6.3. Presión de diseño

Las presiones de diseño para el sistema principal resistente a la fuerza del viento se deben determinar mediante la siguiente expresión:

(NSR-10, B.6.5.12.2 y Figura B.6.5-3)

Donde:

q_z: Presión dinámica evaluada a la altura z

q_h: Presión dinámica evaluada a la altura h

$C_{p,w}$: Coeficiente de presión a barlovento

$C_{p,l}$: Coeficiente de presión a sotavento

G: Factor de efecto de ráfaga

1.6.3.1. Coeficientes de presión

Dirección X [0°- 180°]

$C_{p,w}$: Coeficiente de presión a barlovento (NSR-10, Figura B.6.5-3) $C_{p,w}$: *0.80*

$C_{p,l}$: Coeficiente de presión a sotavento (NSR-10, Figura B.6.5-3) $C_{p,l}$: *-0.42*

L/B: Relación **L/B** : *1.38*

L: Dimensión horizontal del edificio medida paralelamente a la dirección del viento **L** : *7.49* m

B: Dimensión horizontal de un edificio medida perpendicularmente a la dirección del viento **B** : *5.43* m

Dirección Y [90°- 270°]

$C_{p,w}$: Coeficiente de presión a barlovento (NSR-10, Figura B.6.5-3) $C_{p,w}$: *0.80*

$C_{p,l}$: Coeficiente de presión a sotavento (NSR-10, Figura B.6.5-3) $C_{p,l}$: *-0.50*

L/B: Relación **L/B** : *0.72*

L: Dimensión horizontal del edificio medida paralelamente a la dirección del viento **L** : *5.43* m

B: Dimensión horizontal de un edificio medida perpendicularmente a la dirección del viento **B** : *7.49* m

1.6.3.2. Factor de efecto de ráfaga

Estructura flexible: aquella que tiene una frecuencia natural fundamental menor que 1Hz.

Estructura rígida: aquella que tiene una frecuencia natural fundamental mayor o igual que 1Hz.

Factor de efecto de ráfaga para estructura rígida

Para las estructuras rígidas, el factor de efecto de ráfaga se determina mediante la expresión:

(NSR-10, B.6.5.8.1)

I_z: Intensidad de la turbulencia a la altura z

z: Altura equivalente de la estructura

h: Altura media de la cubierta del edificio **h** : *3.86* m

$z_{mín}$: Constante de exposición (NSR-10, Tabla B.6.5-2)

c: Factor de intensidad de la turbulencia (NSR-10, Tabla B.6.5-2)

g_Q: Factor de pico para la respuesta base (NSR-10, B.6.5.8.1) g_Q : *3.4*

g_v: Factor de pico para la respuesta al viento (NSR-10, B.6.5.8.1) g_v : *3.4*

Q: Respuesta base (NSR-10, B.6.5.8.1)

B: Dimensión horizontal de un edificio medida perpendicularmente a la dirección del viento

h: Altura media de la cubierta del edificio

L_z: Escala de longitud integral de turbulencia

l: Factor de escala de longitud integral (NSR-10, Tabla B.6.5-2)

ε: Exponente para la ley potencial de la escala de longitud integral (NSR-10, Tabla B.6.5-2)

Constantes de exposición del terreno (NSR-10, Tabla B.6.5-2)

Dirección	**Viento a 0°**	**Viento a 90°**	**Viento a 180°**	**Viento a 270°**
Exposición	Categoría C	Categoría C	Categoría C	Categoría C
$z_{mín}$ **(m)**	4.50	4.50	4.50	4.50
c	0.20	0.20	0.20	0.20
l	152.4	152.4	152.4	152.4
ε	0.20	0.20	0.20	0.20
b	---	---	---	---
α	---	---	---	---

Cálculo del factor de efecto de ráfaga, G

Dirección	**Viento a 0°**	**Viento a 90°**	**Viento a 180°**	**Viento a 270°**
$z_{mín}$ **(m)**	4.50	4.50	4.50	4.50
I_z	0.26	0.26	0.26	0.26
L_z	113.75	113.75	113.75	113.75
Q	0.94	0.93	0.94	0.93
g_Q	3.40	3.40	3.40	3.40
g_v	3.40	3.40	3.40	3.40

Dirección	Viento a 0°	Viento a 90°	Viento a 180°	Viento a 270°
g_R	---	---	---	---
V_z	---	---	---	---
R	---	---	---	---
G	0.89	0.89	0.89	0.89

1.6.3.3. Presión de diseño por planta

Presión de diseño, p (NSR-10, B.6.5.12.2 y Figura B.6.5-3)

p (kN/m²)				
Planta	**Viento a 0°**	**Viento a 90°**	**Viento a 180°**	**Viento a 270°**
Forjado 2	0.66	0.70	0.66	0.70
Forjado 1	0.66	0.70	0.66	0.70

1.6.4. Cargas de viento por planta

Las cargas de viento para el diseño del sistema principal resistente a la fuerza del viento se deben determinar mediante la siguiente expresión:

Donde:

F_i: Carga de viento que actúa en la planta 'i'

p_i: Presión de diseño en la planta 'i'

A_i: Área de la planta 'i' sobre la que actúa la presión de diseño del viento

b_i: Anchura de banda de la planta 'i' perpendicular a la dirección de análisis

h_i: Altura de la planta 'i'

c: Coeficiente aplicado a la acción de viento

Viento a 0° (+X)				
Planta	**p (kN/m²)**	**b (m)**	**h (m)**	**F (kN)**
Forjado 2	0.66	5.43	0.73	2.623
Forjado 1	0.66	5.43	1.93	6.935
Viento a 90° (-Y)				
Planta	**p (kN/m²)**	**b (m)**	**h (m)**	**F (kN)**
Forjado 2	0.70	7.49	0.73	-3.825
Forjado 1	0.70	7.49	1.93	-10.114
Viento a 180° (-X)				
Planta	**p (kN/m²)**	**b (m)**	**h (m)**	**F (kN)**
Forjado 2	0.66	5.43	0.73	-2.623
Forjado 1	0.66	5.43	1.93	-6.935
Viento a 270° (+Y)				
Planta	**p (kN/m²)**	**b (m)**	**h (m)**	**F (kN)**
Forjado 2	0.70	7.49	0.73	3.825
Forjado 1	0.70	7.49	1.93	10.114

1.7. Distorsiones de pilares, pantallas y muros

- h: Altura del nivel respecto al inmediato inferior

■ Distorsión:

Absoluta: Diferencia entre los desplazamientos de un nivel y los del inmediatamente inferior

Relativa: Relación entre la altura y la distorsión absoluta

■ Origen:

G: Sólo gravitatorias

GV: Gravitatorias + viento

■ Nota:

Las diferentes normas suelen limitar el valor de la distorsión relativa entre plantas y de la distorsión total (desplome) del edificio.

El valor absoluto se utilizará para definir las juntas sísmicas. El valor relativo suele limitarse en función de la altura de la planta 'h'. Se comprueba el valor 'Total' tomando en ese caso como valor de 'h' la altura total.

Situaciones persistentes o transitorias									
Pilar	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
C1	Forjado 1	2.27	2.98	0.0006	h / 4959	GV	0.0007	h / 4250	GV
	Cimentación	-0.70							
	Total		2.98	0.0006	h / 4959	GV	0.0007	h / 4250	GV
C2	Forjado 1	2.27	2.98	0.0006	h / 4959	GV	0.0008	h / 3719	GV
	Cimentación	-0.70							
	Total		2.98	0.0006	h / 4959	GV	0.0008	h / 3719	GV
C3	Forjado 2	3.76	1.48	0.0004	h / 3713	GV	0.0006	h / 2475	GV
	Forjado 1	2.27	2.98	0.0005	h / 5950	GV	0.0007	h / 4250	GV
	Cimentación	-0.70							
	Total		4.46	0.0009	h / 4956	GV	0.0013	h / 3431	GV
C4	Forjado 2	3.76	1.48	0.0004	h / 3713	GV	0.0008	h / 1857	GV
	Forjado 1	2.27	2.98	0.0005	h / 5950	GV	0.0007	h / 4250	GV
	Cimentación	-0.70							
	Total		4.46	0.0009	h / 4956	GV	0.0016	h / 2788	GV
C5	Forjado 1	2.27	2.98	0.0005	h / 5950	GV	0.0009	h / 3306	GV
	Cimentación	-0.70							
	Total		2.98	0.0005	h / 5950	GV	0.0009	h / 3306	GV
C6	Forjado 1	2.27	2.98	0.0004	h / 7438	GV	0.0007	h / 4250	GV
	Cimentación	-0.70							
	Total		2.98	0.0004	h / 7438	GV	0.0007	h / 4250	GV
C7	Forjado 1	2.27	2.98	0.0004	h / 7438	GV	0.0007	h / 4250	GV
	Cimentación	-0.70							
	Total		2.98	0.0004	h / 7438	GV	0.0007	h / 4250	GV
C8	Forjado 1	2.27	2.98	0.0004	h / 7438	GV	0.0009	h / 3306	GV

Situaciones persistentes o transitorias									
Pilar	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
	Cimentación	-0.70							
	Total		2.98	0.0004	h / 7438	GV	0.0009	h / 3306	GV

Situaciones sísmicas[1]									
Pilar	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
C1	Forjado 1	2.27	2.98	0.0079	h / 377	----	0.0063	h / 473	----
	Cimentación	-0.70							
	Total		2.98	0.0079	h / 377	----	0.0063	h / 473	----
C2	Forjado 1	2.27	2.98	0.0079	h / 377	----	0.0073	h / 408	----
	Cimentación	-0.70							
	Total		2.98	0.0079	h / 377	----	0.0073	h / 408	----
C3	Forjado 2	3.76	1.48	0.0048	h / 310	----	0.0036	h / 413	----
	Forjado 1	2.27	2.98	0.0074	h / 403	----	0.0063	h / 473	----
	Cimentación	-0.70							
	Total		4.46	0.0122	h / 366	----	0.0099	h / 451	----
C4	Forjado 2	3.76	1.48	0.0048	h / 310	----	0.0054	h / 275	----
	Forjado 1	2.27	2.98	0.0074	h / 403	----	0.0070	h / 425	----
	Cimentación	-0.70							
	Total		4.46	0.0122	h / 366	----	0.0125	h / 357	----
C5	Forjado 1	2.27	2.98	0.0074	h / 403	----	0.0080	h / 372	----
	Cimentación	-0.70							
	Total		2.98	0.0074	h / 403	----	0.0080	h / 372	----
C6	Forjado 1	2.27	2.98	0.0068	h / 438	----	0.0063	h / 473	----
	Cimentación	-0.70							
	Total		2.98	0.0068	h / 438	----	0.0063	h / 473	----
C7	Forjado 1	2.27	2.98	0.0068	h / 438	----	0.0070	h / 425	----
	Cimentación	-0.70							
	Total		2.98	0.0068	h / 438	----	0.0070	h / 425	----
C8	Forjado 1	2.27	2.98	0.0068	h / 438	----	0.0080	h / 372	----
	Cimentación	-0.70							
	Total		2.98	0.0068	h / 438	----	0.0080	h / 372	----

Notas:
[1] Las distorsiones están mayoradas por la ductilidad.

Valores máximos

Desplome local máximo de los pilares (δ / h)				
Planta	Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones sísmicas[1]	
	Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y
Forjado 2	1 / 3713 (C3, C4)	1 / 1857 (C4)	1 / 310 (C3, C4)	1 / 275 (C4)
Forjado 1	1 / 4959 (C1, C2)	1 / 3306 (C5, C8)	1 / 377 (C1, C2)	1 / 372 (C5, C8)

Notas:
[1] Los desplazamientos están mayorados por la ductilidad.

Desplome total máximo de los pilares (Δ / H)			
Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones sísmicas[1]	
Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y
1 / 4956 (C3, C4)	1 / 2788 (C4)	1 / 366 (C3, C4)	1 / 357 (C4)

Notas:
[1] Los desplazamientos están mayorados por la ductilidad.

1.8. Desplazamientos de pilares

Situaciones persistentes o transitorias					
Pilar	Planta	Cota (m)	Desp. X (mm)	Desp. Y (mm)	Desp. Z (mm)
C1	Forjado 1	2.27	0.58	0.72	-0.02
	Cimentación	-0.70	0.00	0.00	0.00
C2	Forjado 1	2.27	0.58	0.78	-0.02
	Cimentación	-0.70	0.00	0.00	0.00
C3	Forjado 2	3.76	0.87	1.31	-0.05
	Forjado 1	2.27	0.49	0.72	-0.05
	Cimentación	-0.70	0.00	0.00	0.00
C4	Forjado 2	3.76	0.87	1.56	-0.07
	Forjado 1	2.27	0.49	0.73	-0.07
	Cimentación	-0.70	0.00	0.00	0.00
C5	Forjado 1	2.27	0.49	0.92	-0.03
	Cimentación	-0.70	0.00	0.00	0.00
C6	Forjado 1	2.27	0.43	0.72	-0.02
	Cimentación	-0.70	0.00	0.00	0.00
C7	Forjado 1	2.27	0.43	0.73	-0.03
	Cimentación	-0.70	0.00	0.00	0.00
C8	Forjado 1	2.27	0.43	0.92	-0.02
	Cimentación	-0.70	0.00	0.00	0.00

Situaciones sísmicas[1]					
Pilar	Planta	Cota (m)	Desp. X (mm)	Desp. Y (mm)	Desp. Z (mm)
C1	Forjado 1	2.27	7.93	6.32	-0.03

Situaciones sísmicas[1]					
Pilar	Planta	Cota (m)	Desp. X (mm)	Desp. Y (mm)	Desp. Z (mm)
	Cimentación	-0.70	0.00	0.00	0.00
C2	Forjado 1	2.27	7.93	7.26	-0.02
	Cimentación	-0.70	0.00	0.00	0.00
C3	Forjado 2	3.76	12.19	9.94	-0.06
	Forjado 1	2.27	7.37	6.32	-0.06
	Cimentación	-0.70	0.00	0.00	0.00
C4	Forjado 2	3.76	12.19	12.45	-0.07
	Forjado 1	2.27	7.37	7.04	-0.07
	Cimentación	-0.70	0.00	0.00	0.00
C5	Forjado 1	2.27	7.37	7.97	-0.03
	Cimentación	-0.70	0.00	0.00	0.00
C6	Forjado 1	2.27	6.81	6.32	-0.03
	Cimentación	-0.70	0.00	0.00	0.00
C7	Forjado 1	2.27	6.81	7.04	-0.04
	Cimentación	-0.70	0.00	0.00	0.00
C8	Forjado 1	2.27	6.81	7.97	-0.03
	Cimentación	-0.70	0.00	0.00	0.00

Notas:
[1] Los desplazamientos están mayorados por la ductilidad.

1.9. Estados límite

E.L.U. de rotura. Hormigón E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones Tensiones sobre el terreno	NSR-10
Desplazamientos	Derivas

1.10. Situaciones de proyecto

Para las distintas situaciones de proyecto, las combinaciones de acciones se definirán de acuerdo con los siguientes criterios:

- Situaciones persistentes o transitorias

- Situaciones sísmicas

- Donde:

G_k Acción permanente
P_k Acción de pretensado

Q_k Acción variable
A_E Acción sísmica
γ_G Coeficiente parcial de seguridad de las acciones permanentes
γ_P Coeficiente parcial de seguridad de la acción de pretensado
$\gamma_{Q,1}$ Coeficiente parcial de seguridad de la acción variable principal
$\gamma_{Q,i}$ Coeficiente parcial de seguridad de las acciones variables de acompañamiento
γ_{AE} Coeficiente parcial de seguridad de la acción sísmica

1.10.1. Coeficientes parciales de seguridad (γ) y coeficientes de combinación (ψ)

Para cada situación de proyecto y estado límite los coeficientes a utilizar serán:

E.L.U. de rotura. Hormigón: NSR-10

E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones: NSR-10

(C.9-1)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.400	1.400
Sobrecarga (Q)		
Viento (Q)		

(C.9-2 Lr)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)	0.000	1.600
Viento (Q)		

(C.9-2 S)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)	0.000	1.600
Viento (Q)		

(C.9-3 Lr, L)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)	0.000	0.500

(C.9-3 Lr, L)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Viento (Q)		

(C.9-3 S, L)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)	0.000	0.500
Viento (Q)		

(C.9-3 Lr, W)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)		
Viento (Q)	0.000	0.500

(C.9-3 S, W)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)		
Viento (Q)	0.000	0.500

(C.9-4 Lr)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)	0.000	0.500
Viento (Q)	1.000	1.000

(C.9-4 S)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)	0.000	0.500

(C.9-4 S)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Viento (Q)	1.000	1.000

(C.9-5)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)	0.000	0.500
Viento (Q)		
Sismo (E)	-1.000	1.000

Notas:
Las solicitaciones obtenidas de los resultados del análisis en cada una de las direcciones ortogonales se combinarán con el 30 % de los de la otra.

(C.9-6)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	0.900	0.900
Sobrecarga (Q)		
Viento (Q)	0.000	1.000

(C.9-7)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	0.900	0.900
Sobrecarga (Q)		
Viento (Q)		
Sismo (E)	-1.000	1.000

Notas:
Las solicitaciones obtenidas de los resultados del análisis en cada una de las direcciones ortogonales se combinarán con el 30 % de los de la otra.

Tensiones sobre el terreno

B.2.3-1, B.2.3-2		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.000	1.000
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000
Viento (Q)		

B.2.3-3 (Lr)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.000	1.000
Sobrecarga (Q)		
Viento (Q)		

B.2.3-3 (S)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.000	1.000
Sobrecarga (Q)		
Viento (Q)		

B.2.3-4 (Lr)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.000	1.000
Sobrecarga (Q)	0.000	0.750
Viento (Q)		

B.2.3-4 (S)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.000	1.000
Sobrecarga (Q)	0.000	0.750
Viento (Q)		

B.2.3-5, B.2.3-9		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	0.600	1.000
Sobrecarga (Q)		
Viento (Q)	1.000	1.000

B.2.3-6, B.2.3-10		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	0.600	1.000
Sobrecarga (Q)		
Viento (Q)		
Sismo (E)	-0.700	0.700

B.2.3-7 (Lr)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.000	1.000
Sobrecarga (Q)	0.000	0.750
Viento (Q)	0.750	0.750

B.2.3-7 (S)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.000	1.000
Sobrecarga (Q)	0.000	0.750
Viento (Q)	0.750	0.750

B.2.3-8 (Lr)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.000	1.000
Sobrecarga (Q)	0.000	0.750
Viento (Q)		
Sismo (E)	-0.525	0.525

B.2.3-8 (S)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.000	1.000
Sobrecarga (Q)	0.000	0.750
Viento (Q)	0.750	0.750

Desplazamientos

(C.9-1)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.400	1.400
Sobrecarga (Q)		
Viento (Q)		

(C.9-2 Lr)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)	0.000	1.600
Viento (Q)		

(C.9-2 S)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)	0.000	1.600
Viento (Q)		

(C.9-3 Lr, L)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)	0.000	0.500
Viento (Q)		

(C.9-3 S, L)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)	0.000	0.500
Viento (Q)		

(C.9-3 Lr, W)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)		
Viento (Q)	0.000	0.500

(C.9-3 S, W)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)		
Viento (Q)	0.000	0.500

(C.9-4 Lr)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)	0.000	0.500
Viento (Q)	1.000	1.000

(C.9-4 S)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)	0.000	0.500
Viento (Q)	1.000	1.000

(C.9-5)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)	0.000	0.500
Viento (Q)		
Sismo (E)	-1.000	1.000

(C.9-6)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	0.900	0.900
Sobrecarga (Q)		
Viento (Q)	0.000	1.000

(C.9-7)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	0.900	0.900
Sobrecarga (Q)		
Viento (Q)		
Sismo (E)	-1.000	1.000

1.10.2. Combinaciones

- **Nombres de las hipótesis**

PP	Peso propio
CM	Cargas muertas
Qa	Sobrecarga de uso
V(+X exc.+)	Viento +X exc.+
V(+X exc.-)	Viento +X exc.-
V(-X exc.+)	Viento -X exc.+
V(-X exc.-)	Viento -X exc.-
V(+Y exc.+)	Viento +Y exc.+
V(+Y exc.-)	Viento +Y exc.-
V(-Y exc.+)	Viento -Y exc.+
V(-Y exc.-)	Viento -Y exc.-
SX	Sismo X
SY	Sismo Y

1.11. Datos geométricos de grupos y plantas

Grupo	Nombre del grupo	Planta	Nombre planta	Altura	Cota
2	Forjado 2	2	Forjado 2	1.46	3.86
1	Forjado 1	1	Forjado 1	3.10	2.40
0	Cimentación				-0.70

1.12. Datos geométricos de columnas, tabiques y muros

1.12.1. Columnas

GI: grupo inicial

GF: grupo final

Ang: ángulo del pilar en grados sexagesimales

Datos de los pilares

Referencia	Coord(P.Fijo)	GI- GF	Vinculación exterior	Ang.	Punto fijo	Canto de apoyo
C1	(0.00, 0.00)	0-1	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.40
C2	(4.37, 0.00)	0-1	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.40
C3	(0.00, 2.15)	0-2	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.40
C4	(3.45, 2.15)	0-2	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.40
C5	(7.20, 2.15)	0-1	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.40
C6	(0.00, 5.13)	0-1	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.40
C7	(3.45, 5.13)	0-1	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.40
C8	(7.20, 5.13)	0-1	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.40

1.13. Dimensiones, coeficientes de empotramiento y coeficientes de pandeo para cada planta

C1, C2, C5, C6, C7, C8						
Planta	Dimensiones (cm)	Coeficiente de empotramiento		Coeficiente de pandeo		Coeficiente de rigidez axil
		Cabeza	Pie	X	Y	
1	30x30	0.30	1.00	1.00	1.00	2.00

C3, C4						
Planta	Dimensiones (cm)	Coeficiente de empotramiento		Coeficiente de pandeo		Coeficiente de rigidez axil
		Cabeza	Pie	X	Y	
2	30x30	0.30	1.00	1.00	1.00	2.00
1	30x30	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00

1.15. Materiales utilizados

1.15.1. Hormigones

Elemento	Hormigón	f'_c (MPa)	Árido		E_c (MPa)
			Naturaleza	Tamaño máximo (mm)	
Todos	f'c=240	24	Origen metamórfico	15	23039

1.15.2. Aceros por elemento y posición

1.15.2.1. Aceros en barras

Elemento	Acero	f_{yk} (MPa)	γ_s
Todos	Grado 60 (Latinoamérica)	412	1.00

1.15.2.2. Aceros en perfiles

Tipo de acero para perfiles	Acero	Límite elástico (MPa)	Módulo de elasticidad (GPa)
Acero conformado	ASTM A 36 36 ksi	250	203
Acero laminado	ASTM A 36 36 ksi	250	200

1.15.3. Comprobaciones E.L.U.

1.15.3.1. Notación

En las tablas de comprobación de pilares de acero no se muestran las comprobaciones con coeficiente de aprovechamiento inferior al 10%.

Disp.: Disposiciones relativas a las armaduras

Arm.: Armadura mínima y máxima

Q: Estado límite de agotamiento frente a cortante

N,M: Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales

Disp. S.: Criterios de diseño por sismo

Cap.: Diseño por capacidad

1.15.3.2. Columnas

1.15.3.2.1. C1

Sección de hormigón																	
Tramo	Dimensión (cm)	Posición	Comprobaciones							Esfuerzos pésimos							Estado
			Disp.	Arm.	Q (%)	N,M (%)	Disp. S.	Cap.	Aprov. (%)	Naturaleza	Comp.	N (kN)	Mxx (kN·m)	Myy (kN·m)	Qx (kN)	Qy (kN)	
Forjado 1 (0.725 - 2.4 m)	30x30	Cabeza	Cumple	Cumple	45.2	11.7	Cumple	Cumple	45.2	G, S[3]	Q S.	11.5	-1.6	4.7	-18.9	6.4	Cumple
										G, S[4]	N,M S.	10.3	-4.2	3.2	-10.2	16.2	

Sección de hormigón																		
Tramo	Dimensión (cm)	Posición	Comprobaciones							Esfuerzos pésimos							Estado
			Disp.	Arm.	Q (%)	N,M (%)	Disp. S.	Cap.	Aprov. (%)	Naturaleza	Comp.	N (kN)	Mxx (kN·m)	Myy (kN·m)	Qx (kN)	Qy (kN)	
		1.65 m	Cumple	Cumple	51.3	30.8	Cumple	Cumple	51.3	G, S[3]	Q S.	17.1	4.5	-14.0	-18.9	6.4	Cumple
										G, Q, S[5]	N,M S.	22.9	4.6	-14.2	-19.0	6.4	
		0.725 m	Cumple	Cumple	51.3	30.8	Cumple	Cumple	51.3	G, S[3]	Q S.	17.1	4.5	-14.0	-18.9	6.4	Cumple
										G, Q, S[5]	N,M S.	22.9	4.6	-14.2	-19.0	6.4	
Forjado 1 (-0.7 - 0.725 m)	30x30	-0.2 m	Cumple	Cumple	51.3	30.8	Cumple	Cumple	51.3	G, S[3]	Q S.	17.1	4.5	-14.0	-18.9	6.4	Cumple
										G, Q, S[5]	N,M S.	22.9	4.6	-14.2	-19.0	6.4	
		Pie	Cumple	Cumple	51.3	30.8	Cumple	Cumple	51.3	G, S[3]	Q S.	17.1	4.5	-14.0	-18.9	6.4	Cumple
										G, Q, S[5]	N,M S.	22.9	4.6	-14.2	-19.0	6.4	
Cimentación	30x30	Arranque	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[2]	30.8	N.P.[1]	Cumple	30.8	G, Q, S[5]	N,M S.	22.9	4.6	-14.2	-19.0	6.4	Cumple

Notas:
[1] La comprobación no procede
[2] La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.
[3] 0.9·PP+0.9·CM-SX-0.3·SY
[4] 1.2·PP+1.2·CM-0.3·SX-SY
[5] 1.2·PP+1.2·CM+0.5·Qa-SX-0.3·SY

1.15.3.2.2. C2

Sección de hormigón																	
Tramo	Dimensión (cm)	Posición	Comprobaciones							Esfuerzos pésimos							Estado
			Disp.	Arm.	Q (%)	N,M (%)	Disp. S.	Cap.	Aprov. (%)	Naturaleza	Comp.	N (kN)	Mxx (kN·m)	Myy (kN·m)	Qx (kN)	Qy (kN)	
Forjado 1 (0.725 - 2.4 m)	30x30	Cabeza	Cumple	Cumple	45.4	12.9	Cumple	Cumple	45.4	G, S[3]	Q S.	18.9	2.6	-5.0	19.4	-4.9	Cumple
										G, Q, S[4]	N,M S.	24.3	4.9	-3.5	10.5	-15.6	
		1.65 m	Cumple	Cumple	51.8	34.2	Cumple	Cumple	51.8	G, S[5]	Q S.,N,M S.	29.8	6.6	14.9	18.6	8.1	Cumple
		0.725 m	Cumple	Cumple	51.8	34.2	Cumple	Cumple	51.8	G, S[5]	Q S.,N,M S.	29.8	6.6	14.9	18.6	8.1	Cumple
Forjado 1 (-0.7 - 0.725 m)	30x30	-0.2 m	Cumple	Cumple	51.8	34.2	Cumple	Cumple	51.8	G, S[5]	Q S.,N,M S.	29.8	6.6	14.9	18.6	8.1	Cumple
		Pie	Cumple	Cumple	51.8	34.2	Cumple	Cumple	51.8	G, S[5]	Q S.,N,M S.	29.8	6.6	14.9	18.6	8.1	Cumple
Cimentación	30x30	Arranque	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[2]	34.2	N.P.[1]	Cumple	34.2	G, S[5]	N,M S.	29.8	6.6	14.9	18.6	8.1	Cumple

Notas:
[1] La comprobación no procede
[2] La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.
[3] 0.9·PP+0.9·CM+SX+0.3·SY
[4] 1.2·PP+1.2·CM+0.5·Qa-0.3·SX-SY
[5] 1.2·PP+1.2·CM+SX+0.3·SY

1.15.3.2.3. C3

Sección de hormigón																	
Tramo	Dimensión (cm)	Posición	Comprobaciones							Esfuerzos pésimos							Estado
			Disp.	Arm.	Q (%)	N,M (%)	Disp. S.	Cap.	Aprov. (%)	Naturaleza	Comp.	N (kN)	Mxx (kN·m)	Myy (kN·m)	Qx (kN)	Qy (kN)	
Forjado 2 (2.4 - 3.86 m)	30x30	Cabeza	Cumple	Cumple	27.3	7.4	Cumple	Cumple	27.3	G, Q, S[3]	Q S.	16.3	0.6	2.7	-11.8	3.6	Cumple
										G, Q[4]	N,M	21.5	0.4	4.4	-4.6	0.0	
		3.16 m	Cumple	Cumple	30.6	12.8	Cumple	Cumple	30.6	G, S[5]	Q S.	12.8	-5.5	-1.8	-4.6	-11.8	Cumple
										G, Q, S[6]	N,M S.	19.6	5.4	-2.9	-7.6	10.1	
		2.9 m	Cumple	Cumple	30.6	12.8	Cumple	Cumple	30.6	G, S[5]	Q S.	12.8	-5.5	-1.8	-4.6	-11.8	Cumple
										G, Q, S[6]	N,M S.	19.6	5.4	-2.9	-7.6	10.1	
		Pie	Cumple	Cumple	30.6	12.8	Cumple	Cumple	30.6	G, S[5]	Q S.	12.8	-5.5	-1.8	-4.6	-11.8	Cumple
										G, Q, S[6]	N,M S.	19.6	5.4	-2.9	-7.6	10.1	
Forjado 1 (0.725 - 2.4 m)	30x30	Cabeza	Cumple	Cumple	52.1	17.2	Cumple	Cumple	52.1	G, S[7]	Q S.	53.6	8.7	2.5	-5.0	-22.8	Cumple
										G, S[7]	N,M S.	53.6	8.7	2.5	-5.0	-22.8	
		1.65 m	Cumple	Cumple	56.9	31.4	Cumple	Cumple	56.9	G, S[5]	Q S.	41.0	-12.7	7.1	9.9	-21.3	Cumple

Sección de hormigón																		
Tramo	Dimensión (cm)	Posición	Comprobaciones							Esfuerzos pésimos							Estado
			Disp.	Arm.	Q (%)	N,M (%)	Disp. S.	Cap.	Aprov. (%)	Naturaleza	Comp.	N (kN)	Mxx (kN·m)	Myy (kN·m)	Qx (kN)	Qy (kN)	
										G, S[8]	N,M S.	53.1	12.8	-7.7	-10.8	21.1	
		0.725 m	Cumple	Cumple	56.9	31.4	Cumple	Cumple	56.9	G, S[5]	Q S.	41.0	-12.7	7.1	9.9	-21.3	Cumple
										G, S[8]	N,M S.	53.1	12.8	-7.7	-10.8	21.1	
Forjado 1 (-0.7 - 0.725 m)	30x30	-0.2 m	Cumple	Cumple	56.9	31.4	Cumple	Cumple	56.9	G, S[5]	Q S.	41.0	-12.7	7.1	9.9	-21.3	Cumple
										G, S[8]	N,M S.	53.1	12.8	-7.7	-10.8	21.1	
		Pie	Cumple	Cumple	56.9	31.4	Cumple	Cumple	56.9	G, S[5]	Q S.	41.0	-12.7	7.1	9.9	-21.3	Cumple
										G, S[8]	N,M S.	53.1	12.8	-7.7	-10.8	21.1	
Cimentación	30x30	Arranque	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[2]	31.4	N.P.[1]	Cumple	31.4	G, S[8]	N,M S.	53.1	12.8	-7.7	-10.8	21.1	Cumple

Notas:
[1] La comprobación no procede
[2] La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.
[3] 1.2·PP+1.2·CM+0.5·Qa-SX-0.3·SY
[4] 1.2·PP+1.2·CM+1.6·Qa
[5] 0.9·PP+0.9·CM-0.3·SX-SY
[6] 1.2·PP+1.2·CM+0.5·Qa-0.3·SX-SY
[7] 1.2·PP+1.2·CM-0.3·SX-SY
[8] 0.9·PP+0.9·CM+0.3·SX+SY

1.15.3.2.4. C4

Sección de hormigón																		
Tramo	Dimensión (cm)	Posición	Comprobaciones							Esfuerzos pésimos							Estado
			Disp.	Arm.	Q (%)	N,M (%)	Disp. S.	Cap.	Aprov. (%)	Naturaleza	Comp.	N (kN)	Mxx (kN·m)	Myy (kN·m)	Qx (kN)	Qy (kN)	
Forjado 2 (2.4 - 3.86 m)	30x30	Cabeza	Cumple	Cumple	44.0	11.5	Cumple	Cumple	44.0	G, Q, S[3]	Q S.	17.5	-0.6	-4.4	19.3	-3.3	Cumple
										G, Q, V[4]	N,M	18.2	-0.5	-6.3	4.7	0.1	
		3.16 m	Cumple	Cumple	44.0	11.5	Cumple	Cumple	44.0	G, Q, S[3]	Q S.	17.5	-0.6	-4.4	19.3	-3.3	Cumple
										G, Q, V[4]	N,M	18.2	-0.5	-6.3	4.7	0.1	
		2.9 m	Cumple	Cumple	44.0	11.5	Cumple	Cumple	44.0	G, Q, S[3]	Q S.	17.5	-0.6	-4.4	19.3	-3.3	Cumple
										G, Q, V[4]	N,M	18.2	-0.5	-6.3	4.7	0.1	
		Pie	Cumple	Cumple	44.0	18.1	Cumple	Cumple	44.0	G, Q, S[3]	Q S.	20.9	-2.0	6.3	19.3	-3.3	Cumple
										G, S[5]	N,M S.	18.2	1.1	-9.1	-13.7	3.2	
Forjado 1 (0.725 - 2.4 m)	30x30	Cabeza	Cumple	Cumple	60.3	27.8	Cumple	Cumple	60.3	G, Q, S[6]	Q S.	78.7	3.7	14.0	-26.6	0.9	Cumple
										G, Q, S[6]	N,M S.	81.6	5.6	12.6	-23.1	-10.3	
		1.65 m	Cumple	Cumple	63.2	36.6	Cumple	Cumple	63.2	G, S[7]	Q S.	62.1	1.5	-17.2	-25.7	1.4	Cumple
										G, Q, S[6]	N,M S.	89.1	-8.0	-16.2	-23.1	-10.3	
		0.725 m	Cumple	Cumple	63.2	36.6	Cumple	Cumple	63.2	G, S[7]	Q S.	62.1	1.5	-17.2	-25.7	1.4	Cumple
										G, Q, S[6]	N,M S.	89.1	-8.0	-16.2	-23.1	-10.3	
Forjado 1 (-0.7 - 0.725 m)	30x30	-0.2 m	Cumple	Cumple	63.2	36.6	Cumple	Cumple	63.2	G, S[7]	Q S.	62.1	1.5	-17.2	-25.7	1.4	Cumple
										G, Q, S[6]	N,M S.	89.1	-8.0	-16.2	-23.1	-10.3	
		Pie	Cumple	Cumple	63.2	36.6	Cumple	Cumple	63.2	G, S[7]	Q S.	62.1	1.5	-17.2	-25.7	1.4	Cumple
										G, Q, S[6]	N,M S.	89.1	-8.0	-16.2	-23.1	-10.3	
Cimentación	30x30	Arranque	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[2]	36.6	N.P.[1]	Cumple	36.6	G, Q, S[6]	N,M S.	89.1	-8.0	-16.2	-23.1	-10.3	Cumple

Notas:
[1] La comprobación no procede
[2] La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.
[3] 1.2·PP+1.2·CM+0.5·Qa+SX+0.3·SY
[4] 1.2·PP+1.2·CM+0.5·Qa+V(+Xexc.-)
[5] 1.2·PP+1.2·CM-SX-0.3·SY
[6] 1.2·PP+1.2·CM+0.5·Qa-SX-0.3·SY
[7] 0.9·PP+0.9·CM-SX-0.3·SY

1.15.3.2.5. C5

Sección de hormigón																	
Tramo	Dimensión (cm)	Posición	Comprobaciones							Esfuerzos pésimos							Estado
			Disp.	Arm.	Q (%)	N,M (%)	Disp. S.	Cap.	Aprov. (%)	Naturaleza	Comp.	N (kN)	Mxx (kN·m)	Myy (kN·m)	Qx (kN)	Qy (kN)	
Forjado 1 (0.725 - 2.4 m)	30x30	Cabeza	Cumple	Cumple	50.1	19.2	Cumple	Cumple	50.1	G, S[3]	Q S.	33.5	7.1	-3.3	-1.7	-22.1	Cumple

Sección de hormigón																	
Tramo	Dimensión (cm)	Posición	Comprobaciones							Esfuerzos pésimos							Estado
			Disp.	Arm.	Q (%)	N,M (%)	Disp. S.	Cap.	Aprov. (%)	Naturaleza	Comp.	N (kN)	Mxx (kN·m)	Myy (kN·m)	Qx (kN)	Qy (kN)	
										G, Q, S[4]	N,M S.	35.1	6.0	-6.6	12.6	-17.4	
		1.65 m	Cumple	Cumple	59.0	39.6	Cumple	Cumple	59.0	G, Q, S[5]	Q S.,N,M S.	37.9	9.4	15.7	19.6	12.6	Cumple
		0.725 m	Cumple	Cumple	59.0	39.6	Cumple	Cumple	59.0	G, Q, S[5]	Q S.,N,M S.	37.9	9.4	15.7	19.6	12.6	Cumple
Forjado 1 (-0.7 - 0.725 m)	30x30	-0.2 m	Cumple	Cumple	59.0	39.6	Cumple	Cumple	59.0	G, Q, S[5]	Q S.,N,M S.	37.9	9.4	15.7	19.6	12.6	Cumple
		Pie	Cumple	Cumple	59.0	39.6	Cumple	Cumple	59.0	G, Q, S[5]	Q S.,N,M S.	37.9	9.4	15.7	19.6	12.6	Cumple
Cimentación	30x30	Arranque	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[2]	39.6	N.P.[1]	Cumple	39.6	G, Q, S[5]	N,M S.	37.9	9.4	15.7	19.6	12.6	Cumple

Notas:
[1] La comprobación no procede
[2] La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.
[3] 1.2·PP+1.2·CM-0.3·SX-SY
[4] 1.2·PP+1.2·CM+0.5·Qa-0.3·SX-SY
[5] 1.2·PP+1.2·CM+0.5·Qa+SX+0.3·SY

1.15.3.2.6. C6

Sección de hormigón																	
Tramo	Dimensión (cm)	Posición	Comprobaciones							Esfuerzos pésimos							Estado
			Disp.	Arm.	Q (%)	N,M (%)	Disp. S.	Cap.	Aprov. (%)	Naturaleza	Comp.	N (kN)	Mxx (kN·m)	Myy (kN·m)	Qx (kN)	Qy (kN)	
Forjado 1 (0.725 - 2.4 m)	30x30	Cabeza	Cumple	Cumple	43.7	11.7	Cumple	Cumple	43.7	G, S[3]	Q S.	18.3	-4.8	2.4	-10.0	16.5	Cumple
										G, Q, S[4]	N,M S.	22.7	-5.2	2.5	-10.1	16.7	
		1.65 m	Cumple	Cumple	49.2	31.7	Cumple	Cumple	49.2	G, Q, S[4]	Q S.,N,M S.	30.2	12.5	-7.6	-10.1	16.7	Cumple
		0.725 m	Cumple	Cumple	49.2	31.7	Cumple	Cumple	49.2	G, Q, S[4]	Q S.,N,M S.	30.2	12.5	-7.6	-10.1	16.7	Cumple
Forjado 1 (-0.7 - 0.725 m)	30x30	-0.2 m	Cumple	Cumple	49.2	31.7	Cumple	Cumple	49.2	G, Q, S[4]	Q S.,N,M S.	30.2	12.5	-7.6	-10.1	16.7	Cumple
		Pie	Cumple	Cumple	49.2	31.7	Cumple	Cumple	49.2	G, Q, S[4]	Q S.,N,M S.	30.2	12.5	-7.6	-10.1	16.7	Cumple
Cimentación	30x30	Arranque	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[2]	31.7	N.P.[1]	Cumple	31.7	G, Q, S[4]	N,M S.	30.2	12.5	-7.6	-10.1	16.7	Cumple

Notas:
[1] La comprobación no procede
[2] La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.
[3] 0.9·PP+0.9·CM+0.3·SX+SY
[4] 1.2·PP+1.2·CM+0.5·Qa+0.3·SX+SY

1.15.3.2.7. C7

Sección de hormigón																	
Tramo	Dimensión (cm)	Posición	Comprobaciones							Esfuerzos pésimos							Estado
			Disp.	Arm.	Q (%)	N,M (%)	Disp. S.	Cap.	Aprov. (%)	Naturaleza	Comp.	N (kN)	Mxx (kN·m)	Myy (kN·m)	Qx (kN)	Qy (kN)	
Forjado 1 (0.725 - 2.4 m)	30x30	Cabeza	Cumple	Cumple	48.6	14.2	Cumple	Cumple	48.6	G, Q, S[3]	Q S.	38.8	-7.0	-0.9	2.8	21.4	Cumple
										G, Q, S[4]	N,M S.	37.5	-5.9	3.5	-12.7	17.3	
		1.65 m	Cumple	Cumple	54.1	33.9	Cumple	Cumple	54.1	G, Q, S[3]	Q S.	46.4	15.9	2.1	2.8	21.4	Cumple
										G, Q, S[4]	N,M S.	45.0	13.1	-8.7	-12.7	17.3	
		0.725 m	Cumple	Cumple	54.1	33.9	Cumple	Cumple	54.1	G, Q, S[3]	Q S.	46.4	15.9	2.1	2.8	21.4	Cumple
										G, Q, S[4]	N,M S.	45.0	13.1	-8.7	-12.7	17.3	
Forjado 1 (-0.7 - 0.725 m)	30x30	-0.2 m	Cumple	Cumple	54.1	33.9	Cumple	Cumple	54.1	G, Q, S[3]	Q S.	46.4	15.9	2.1	2.8	21.4	Cumple
										G, Q, S[4]	N,M S.	45.0	13.1	-8.7	-12.7	17.3	
		Pie	Cumple	Cumple	54.1	33.9	Cumple	Cumple	54.1	G, Q, S[3]	Q S.	46.4	15.9	2.1	2.8	21.4	Cumple

CASETA TANQUE ARCABUCO

Sección de hormigón																		
Tramo	Dimensión (cm)	Posición	Comprobaciones							Esfuerzos pésimos							Estado
			Disp.	Arm.	Q (%)	N,M (%)	Disp. S.	Cap.	Aprov. (%)	Naturaleza	Comp.	N (kN)	Mxx (kN·m)	Myy (kN·m)	Qx (kN)	Qy (kN)	
										G, Q, S[4]	N,M S.	45.0	13.1	-8.7	-12.7	17.3	
Cimentación	30x30	Arranque	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[2]	33.9	N.P.[1]	Cumple	33.9	G, Q, S[4]	N,M S.	45.0	13.1	-8.7	-12.7	17.3	Cumple

Notas:
[1] La comprobación no procede
[2] La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.
[3] 1.2·PP+1.2·CM+0.5·Qa+0.3·SX+SY
[4] 1.2·PP+1.2·CM+0.5·Qa-0.3·SX-SY

1.15.3.2.8. C8

Sección de hormigón																	
Tramo	Dimensión (cm)	Posición	Comprobaciones							Esfuerzos pésimos							Estado
			Disp.	Arm.	Q (%)	N,M (%)	Disp. S.	Cap.	Aprov. (%)	Naturaleza	Comp.	N (kN)	Mxx (kN·m)	Myy (kN·m)	Qx (kN)	Qy (kN)	
Forjado 1 (0.725 - 2.4 m)	30x30	Cabeza	Cumple	Cumple	51.8	13.2	Cumple	Cumple	51.8	G, S[3]	Q S.	27.9	-7.1	-1.2	2.0	22.8	Cumple
										G, S[4]	N,M S.	27.8	-5.4	-3.4	13.3	15.5	
		1.65 m	Cumple	Cumple	58.7	36.3	Cumple	Cumple	58.7	G, S[3]	Q S.	35.4	17.9	1.9	2.0	22.8	Cumple
										G, S[4]	N,M S.	35.3	12.6	10.5	13.3	15.5	
		0.725 m	Cumple	Cumple	58.7	36.3	Cumple	Cumple	58.7	G, S[3]	Q S.	35.4	17.9	1.9	2.0	22.8	Cumple
										G, S[4]	N,M S.	35.3	12.6	10.5	13.3	15.5	
Forjado 1 (-0.7 - 0.725 m)	30x30	-0.2 m	Cumple	Cumple	58.7	36.3	Cumple	Cumple	58.7	G, S[3]	Q S.	35.4	17.9	1.9	2.0	22.8	Cumple
										G, S[4]	N,M S.	35.3	12.6	10.5	13.3	15.5	
		Pie	Cumple	Cumple	58.7	36.3	Cumple	Cumple	58.7	G, S[3]	Q S.	35.4	17.9	1.9	2.0	22.8	Cumple
										G, S[4]	N,M S.	35.3	12.6	10.5	13.3	15.5	
Cimentación	30x30	Arranque	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[2]	36.3	N.P.[1]	Cumple	36.3	G, S[4]	N,M S.	35.3	12.6	10.5	13.3	15.5	Cumple

Notas:
[1] La comprobación no procede
[2] La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.
[3] 1.2·PP+1.2·CM+0.3·SX+SY
[4] 1.2·PP+1.2·CM+SX+0.3·SY

1.15.3.3. Vigas

1.15.3.3.1. Forjado 1

Vigas	COMPROBACIONES DE RESISTENCIA (NSR-10, TÍTULO C)																		Estado
	Disp.	Arm.	Q	Q S.	N,M	N,M S.	T_c	T_{st}	T_{sl}	TNM_x	TV_x	TV_y	TV_{xSt}	TV_{ySt}	$T,Disp._{sl}$	$T,Disp._{st}$	$T,Geom._{sl}$	$T,Arm._{st}$	Disp. S.	Cap. S	
V-101: C6 - C7	Cumple	Cumple	'2.932 m' η = 2.1	'2.932 m' η = 5.6	'2.932 m' η = 11.1	'0.000 m' η = 26.1	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[2]	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[1]	'0.000 m' Cumple	'0.000 m' Cumple	**CUMPLE η = 26.1**
V-102: C7 - C8	Cumple	Cumple	'0.000 m' η = 2.2	'0.000 m' η = 5.2	'0.000 m' η = 11.1	'3.232 m' η = 26.2	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[2]	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[1]	'0.000 m' Cumple	'3.232 m' Cumple	**CUMPLE η = 26.2**
V-103: C3 - C4	Cumple	Cumple	'2.932 m' η = 6.2	'2.932 m' η = 14.1	'2.932 m' η = 36.2	'2.932 m' η = 74.7	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[2]	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[1]	'0.000 m' Cumple	'2.932 m' Cumple	**CUMPLE η = 74.7**
V-104: C4 - C5	Cumple	Cumple	'0.000 m' η = 19.5	'0.000 m' η = 23.2	'0.000 m' η = 64.9	'0.000 m' η = 91.8	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[2]	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[1]	'0.772 m' Cumple	'0.000 m' Cumple	**CUMPLE η = 91.8**
V-105: C1 - C2	Cumple	Cumple	'3.854 m' η = 2.5	'3.854 m' η = 5.9	'3.854 m' η = 13.4	'3.854 m' η = 34.3	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[2]	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[1]	'0.000 m' Cumple	'3.854 m' Cumple	**CUMPLE η = 34.3**
V-106: C1 - C3	Cumple	Cumple	'1.636 m' η = 7.1	'1.636 m' η = 16.0	'1.636 m' η = 26.1	'1.636 m' η = 51.6	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[2]	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[1]	'0.000 m' Cumple	'1.545 m' Cumple	**CUMPLE η = 51.6**
V-107: C3 - C6	Cumple	Cumple	'0.000 m' η = 7.5	'0.000 m' η = 12.6	'0.000 m' η = 21.7	'0.000 m' η = 41.3	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[2]	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[1]	'0.000 m' Cumple	'0.335 m' Cumple	**CUMPLE η = 41.3**
V-108: C4 - C7	Cumple	Cumple	'0.000 m' η = 10.3	'0.000 m' η = 17.6	'0.000 m' η = 18.1	'0.000 m' η = 50.5	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[2]	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[1]	'0.000 m' Cumple	'0.335 m' Cumple	**CUMPLE η = 50.5**
V-109: C2 - B0	Cumple	'0.000 m' Cumple	'0.000 m' η = 2.8	'0.000 m' η = 5.7	'0.000 m' η = 14.3	'0.000 m' η = 30.5	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[2]	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[1]	'0.000 m' Cumple	'0.000 m' Cumple	**CUMPLE η = 30.5**
V-110: C5 - C8	Cumple	Cumple	'0.000 m' η = 7.7	'0.000 m' η = 13.3	'2.462 m' η = 17.8	'2.462 m' η = 40.0	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[2]	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[1]	N.P.[1]	'0.000 m' Cumple	'2.462 m' Cumple	**CUMPLE η = 40.0**

CASETA TANQUE ARCABUCO

Vigas	COMPROBACIONES DE RESISTENCIA (NSR-10, TÍTULO C)																			Estado
	Disp.	Arm.	Q	Q S.	N,M	N,M S.	T_c	T_{st}	T_{sl}	TNM_x	TV_x	TV_y	TV_xS_t	TV_yS_t	T,Disp.$_{sl}$	T,Disp.$_{st}$	T,Geom.$_{sl}$	T,Arm.$_{st}$	Disp. S.	Cap. S	

Notación:
Disp.: Disposiciones relativas a las armaduras
Arm.: Armadura mínima y máxima
Q: Estado límite de agotamiento frente a cortante (combinaciones no sísmicas)
Q S.: Estado límite de agotamiento frente a cortante (combinaciones sísmicas)
N,M: Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales (combinaciones no sísmicas)
N,M S.: Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales (combinaciones sísmicas)
T_c: Estado límite de agotamiento por torsión. Compresión oblicua.
T_{st}: Estado límite de agotamiento por torsión. Tracción en el alma.
T_{sl}: Estado límite de agotamiento por torsión. Tracción en las armaduras longitudinales.
TNM_x: Estado límite de agotamiento por torsión. Interacción entre torsión y esfuerzos normales. Flexión alrededor del eje X.
TV_x: Estado límite de agotamiento por torsión. Interacción entre torsión y cortante en el eje X. Compresión oblicua
TV_y: Estado límite de agotamiento por torsión. Interacción entre torsión y cortante en el eje Y. Compresión oblicua
TV_xS_t: Estado límite de agotamiento por torsión. Interacción entre torsión y cortante en el eje X. Tracción en el alma.
TV_yS_t: Estado límite de agotamiento por torsión. Interacción entre torsión y cortante en el eje Y. Tracción en el alma.
T,Disp.$_{sl}$: Estado límite de agotamiento por torsión. Separación entre las barras de la armadura longitudinal.
T,Disp.$_{st}$: Estado límite de agotamiento por torsión. Separación entre las barras de la armadura transversal.
T,Geom.$_{sl}$: Estado límite de agotamiento por torsión. Diámetro mínimo de la armadura longitudinal.
T,Arm.$_{st}$: Estado límite de agotamiento por torsión. Cuantía mínima de estribos cerrados.
Disp. S.: Criterios de diseño por sismo
Cap. S: Cortante de diseño para vigas.
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
(1) La comprobación del estado límite de agotamiento por torsión no procede, ya que no hay momento torsor.
(2) La comprobación no procede, ya que no hay interacción entre torsión y esfuerzos normales.

Vigas	COMPROBACIONES DE FISURACIÓN (NSR-10, TÍTULO C)				Estado
	$s_{C,sup.}$	$s_{C,Lat.Der.}$	$s_{C,inf.}$	$s_{C,Lat.Izq.}$	
V-101: C6 - C7	x: 3.15 m Cumple	N.P.(1)	x: 1.26 m Cumple	N.P.(1)	**CUMPLE**
V-102: C7 - C8	x: 0 m Cumple	N.P.(1)	x: 1.725 m Cumple	N.P.(1)	**CUMPLE**
V-103: C3 - C4	x: 3.15 m Cumple	N.P.(1)	x: 1.26 m Cumple	N.P.(1)	**CUMPLE**
V-104: C4 - C5	x: 0 m Cumple	N.P.(1)	x: 1.107 m Cumple	N.P.(1)	**CUMPLE**
V-105: C1 - C2	x: 4.072 m Cumple	N.P.(1)	x: 2.036 m Cumple	N.P.(1)	**CUMPLE**
V-106: C1 - C3	x: 1.854 m Cumple	N.P.(1)	x: 0.618 m Cumple	N.P.(1)	**CUMPLE**
V-107: C3 - C6	x: 0 m Cumple	N.P.(1)	x: 1.34 m Cumple	N.P.(1)	**CUMPLE**
V-108: C4 - C7	x: 2.68 m Cumple	N.P.(1)	x: 1.005 m Cumple	N.P.(1)	**CUMPLE**
V-109: C2 - B0	x: 0 m Cumple	N.P.(1)	x: 1.336 m Cumple	N.P.(1)	**CUMPLE**
V-110: C5 - C8	x: 2.68 m Cumple	N.P.(1)	x: 1.005 m Cumple	N.P.(1)	**CUMPLE**

Notación:
$s_{C,sup.}$: Comprobación de la separación máxima entre barras: Cara superior
$s_{C,Lat.Der.}$: Comprobación de la separación máxima entre barras: Cara lateral derecha
$s_{C,inf.}$: Comprobación de la separación máxima entre barras: Cara inferior
$s_{C,Lat.Izq.}$: Comprobación de la separación máxima entre barras: Cara lateral izquierda
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
(1) La comprobación no procede, ya que no hay ninguna armadura traccionada.

Comprobaciones de flecha		
Vigas	**Activa (Característica)** $f_{A,max} \leq f_{A,lim}$ $f_{A,lim}$= L/480	Estado
V-101: C6 - C7	$f_{A,max}$: 0.07 mm $f_{A,lim}$: 6.56 mm	**CUMPLE**
V-102: C7 - C8	$f_{A,max}$: 0.11 mm $f_{A,lim}$: 7.19 mm	**CUMPLE**
V-103: C3 - C4	$f_{A,max}$: 0.18 mm $f_{A,lim}$: 4.78 mm	**CUMPLE**
V-104: C4 - C5	$f_{A,max}$: 1.44 mm $f_{A,lim}$: 7.19 mm	**CUMPLE**
V-105: C1 - C2	$f_{A,max}$: 0.27 mm $f_{A,lim}$: 8.48 mm	**CUMPLE**
V-106: C1 - C3	$f_{A,max}$: 0.03 mm $f_{A,lim}$: 3.06 mm	**CUMPLE**
V-107: C3 - C6	$f_{A,max}$: 0.16 mm $f_{A,lim}$: 5.58 mm	**CUMPLE**
V-108: C4 - C7	$f_{A,max}$: 0.25 mm $f_{A,lim}$: 5.58 mm	**CUMPLE**
V-109: C2 - B0	$f_{A,max}$: 0.04 mm $f_{A,lim}$: 3.97 mm	**CUMPLE**
V-110: C5 - C8	$f_{A,max}$: 0.34 mm $f_{A,lim}$: 5.58 mm	**CUMPLE**

PROYECTO:

“REALIZAR LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA OPTIMIZACIÓN DE LA CAPTACIÓN Y SISTEMA DE BOMBEO, RED DE IMPULSIÓN Y RED DE CONDUCCIÓN DEL ACUEDUCTO DE LA VEREDA QUIRVAQUIRA DEL MUNICIPIO DE ARCABUCO, CONFORME AL INDICADOR DE PRODUCTO “ACUEDUCTOS OPTIMIZADOS” DEL PLAN DE DESARROLLO “POR LA DIGNIDAD DE ARCABUCO 2024-2027

DISEÑO ESTRUCTURAL CERRAMIENTO TANQUE

OCTUBRE 2025

ÍNDICE

1. DATOS DE OBRA 3
1.1. Normas consideradas 3
1.2. Estados límite 3
1.2.1. Situaciones de proyecto 3
1.2.2. Combinaciones 11

2. ESTRUCTURA 12
2.1. Geometría 12
2.1.1. Barras 12
2.2. Cargas 13
2.2.1. Barras 13
2.2.2. Láminas 14
2.3. Resultados 14
2.3.1. Pilares 14
2.3.2. Vigas 19

CERRAMIENTO TANQUE ARCABUCO

1. DATOS DE OBRA

En el presente documento se hace el diseño de la cimentación del cerramiento perimetral de la planta de tratamiento de agua potable del acueducto de las veredas Monjas, en el municipio de Moniquirá-Boyacá.



Ilustración 1: Esquema de cerramiento.

1.1. Normas consideradas

Acero conformado: AISI S100-2016 (LRFD)

Aceros laminados y armados: ANSI/AISC 360-16 (LRFD)

Hormigón: NSR-10

Categoría de uso: General

1.2. Estados límite

E.L.U. de rotura. Hormigón	NSR-10
E.L.U. de rotura. Acero conformado	AISI/NASPEC-2016 (LRFD) ASCE 7
E.L.U. de rotura. Acero laminado	AISC 360-16 (LRFD) ASCE 7
Desplazamientos	Derivas

1.2.1. Situaciones de proyecto

Para las distintas situaciones de proyecto, las combinaciones de acciones se definirán de acuerdo con los siguientes criterios:

- Donde:

G_k Acción permanente
P_k Acción de pretensado
Q_k Acción variable
γ_G Coeficiente parcial de seguridad de las acciones permanentes
γ_P Coeficiente parcial de seguridad de la acción de pretensado
$\gamma_{Q,1}$ Coeficiente parcial de seguridad de la acción variable principal
$\gamma_{Q,i}$ Coeficiente parcial de seguridad de las acciones variables de acompañamiento

Para cada situación de proyecto y estado límite los coeficientes a utilizar serán:

E.L.U. de rotura. Hormigón: NSR-10

Desplazamientos

(C.9-1)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.400	1.400
Sobrecarga (Q)		
Viento (Q)		
Empujes del terreno (H)		

(C.9-2 Lr)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)	0.000	1.600
Viento (Q)		
Empujes del terreno (H)	0.000	1.600

(C.9-2 S)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)	0.000	1.600
Viento (Q)		

(C.9-2 S)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Empujes del terreno (H)	0.000	1.600

(C.9-3 Lr, L)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)	0.000	0.500
Viento (Q)		
Empujes del terreno (H)		

(C.9-3 S, L)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)	0.000	0.500
Viento (Q)		
Empujes del terreno (H)		

(C.9-3 Lr, W)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)		
Viento (Q)	0.000	0.500
Empujes del terreno (H)		

(C.9-3 S, W)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)		
Viento (Q)	0.000	0.500
Empujes del terreno (H)		

(C.9-4 Lr)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)	0.000	0.500
Viento (Q)	1.000	1.000
Empujes del terreno (H)		

(C.9-4 S)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)	0.000	0.500
Viento (Q)	1.000	1.000
Empujes del terreno (H)		

(C.9-6)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	0.900	0.900
Sobrecarga (Q)		
Viento (Q)	0.000	1.000
Empujes del terreno (H)	0.000	1.600

E.L.U. de rotura. Acero conformado: AISI S100-2016 (LRFD)

2.3.2 - [1] (ASCE/SEI 7-05)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.400	1.400
Sobrecarga (Q)		
Viento (Q)		
Empujes del terreno (H)		

2.3.2 - [2 Lr] (ASCE/SEI 7-05)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)	0.000	1.600

2.3.2 - [2 Lr] (ASCE/SEI 7-05)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Viento (Q)		
Empujes del terreno (H)	0.000	1.600

2.3.2 - [2 S] (ASCE/SEI 7-05)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)	0.000	1.600
Viento (Q)		
Empujes del terreno (H)	0.000	1.600

2.3.2 - [3 Lr, L] (ASCE/SEI 7-05)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)	0.000	0.500
Viento (Q)		
Empujes del terreno (H)		

2.3.2 - [3 S, L] (ASCE/SEI 7-05)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)	0.000	0.500
Viento (Q)		
Empujes del terreno (H)		

2.3.2 - [3 Lr, W] (ASCE/SEI 7-05)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)		
Viento (Q)	0.000	0.800
Empujes del terreno (H)		

2.3.2 - [3 S, W] (ASCE/SEI 7-05)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)		
Viento (Q)	0.000	0.800
Empujes del terreno (H)		

2.3.2 - [4 Lr] (ASCE/SEI 7-05)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)	0.000	0.500
Viento (Q)	1.600	1.600
Empujes del terreno (H)		

2.3.2 - [4 S] (ASCE/SEI 7-05)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)	0.000	0.500
Viento (Q)	1.600	1.600
Empujes del terreno (H)		

2.3.2 - [6] (ASCE/SEI 7-05)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	0.900	0.900
Sobrecarga (Q)		
Viento (Q)	0.000	1.600
Empujes del terreno (H)	0.000	1.600

E.L.U. de rotura. Acero laminado: ANSI/AISC 360-16 (LRFD)

2.3.2 - [1] (ASCE/SEI 7-10)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.400	1.400
Sobrecarga (Q)		

2.3.2 - [1] (ASCE/SEI 7-10)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Viento (Q)		
Empujes del terreno (H)		

2.3.2 - [2 Lr] (ASCE/SEI 7-10)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)	0.000	1.600
Viento (Q)		
Empujes del terreno (H)	0.900	1.600

2.3.2 - [2 S] (ASCE/SEI 7-10)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)	0.000	1.600
Viento (Q)		
Empujes del terreno (H)	0.900	1.600

2.3.2 - [3 Lr, L] (ASCE/SEI 7-10)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)	0.000	0.500
Viento (Q)		
Empujes del terreno (H)		

2.3.2 - [3 S, L] (ASCE/SEI 7-10)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)	0.000	0.500
Viento (Q)		
Empujes del terreno (H)		

2.3.2 - [3 Lr, W] (ASCE/SEI 7-10)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)		
Viento (Q)	0.000	0.500
Empujes del terreno (H)		

2.3.2 - [3 S, W] (ASCE/SEI 7-10)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)		
Viento (Q)	0.000	0.500
Empujes del terreno (H)		

2.3.2 - [4 Lr] (ASCE/SEI 7-10)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)	0.000	0.500
Viento (Q)	1.000	1.000
Empujes del terreno (H)		

2.3.2 - [4 S] (ASCE/SEI 7-10)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)	0.000	0.500
Viento (Q)	1.000	1.000
Empujes del terreno (H)		

2.3.2 - [6] (ASCE/SEI 7-10)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	0.900	0.900
Sobrecarga (Q)		
Viento (Q)	0.000	1.000
Empujes del terreno (H)	0.900	1.600

1.2.2. Combinaciones

■ Nombres de las hipótesis

PP	Peso propio
CM 1	CM 1
H 1	H 1
Q 1	Q 1
VX	VX

■ E.L.U. de rotura. Hormigón

■ Desplazamientos

Comb.	PP	CM 1	H 1	Q 1	VX
1	1.400	1.400			
2	1.200	1.200			
3	1.200	1.200		1.600	
4	1.200	1.200	1.600		
5	1.200	1.200	1.600	1.600	
6	1.200	1.200			1.000
7	1.200	1.200		0.500	1.000
8	0.900	0.900			
9	0.900	0.900			1.000
10	0.900	0.900	1.600		
11	0.900	0.900	1.600		1.000

■ E.L.U. de rotura. Acero conformado

Comb.	PP	CM 1	H 1	Q 1	VX
1	1.400	1.400			
2	1.200	1.200			
3	1.200	1.200		1.600	
4	1.200	1.200	1.600		
5	1.200	1.200	1.600	1.600	
6	1.200	1.200			1.600
7	1.200	1.200		0.500	1.600
8	0.900	0.900			
9	0.900	0.900			1.600
10	0.900	0.900	1.600		
11	0.900	0.900	1.600		1.600

■ **E.L.U. de rotura. Acero laminado**

Comb.	PP	CM 1	H 1	Q 1	VX
1	1.400	1.400			
2	1.200	1.200	0.900	1.600	
3	1.200	1.200	1.600		
4	1.200	1.200	1.600	1.600	
5	1.200	1.200			
6	1.200	1.200		0.500	
7	1.200	1.200			1.000
8	1.200	1.200		0.500	1.000
9	0.900	0.900	0.900		
10	0.900	0.900	0.900		1.000
11	0.900	0.900	1.600		
12	0.900	0.900	1.600		1.000

2. ESTRUCTURA

2.1. Geometría

2.1.1. Barras

2.1.1.1. Materiales utilizados

Materiales utilizados							
Material		E (MPa)	ν	G (MPa)	f_y (MPa)	$\alpha_{\cdot t}$ (m/m°C)	γ (kN/m³)
Tipo	Designación						
Acero conformado	ASTM A500 Gr: C	203000.00	0.300	78076.92	345.00	0.000012	77.01
Hormigón	f'c=240	23039.47	0.200	9599.78	-	0.000010	24.53

Notación:
E: Módulo de elasticidad
ν: Módulo de Poisson
G: Módulo de cortadura
f_y: Límite elástico
$\alpha_{\cdot t}$: Coeficiente de dilatación
γ: Peso específico

2.1.1.2. Características mecánicas

Tipos de pieza	
Ref.	Piezas
1	N3/N13, N6/N14, N9/N15 y N12/N16
2	N1/N3, N4/N6, N7/N9 y N10/N12
3	N2/N11

Características mecánicas										
Material		Ref.	Descripción	A (cm²)	Avy (cm²)	Avz (cm²)	Iyy (cm4)	Izz (cm4)	It (cm4)
Tipo	Designación								
Acero conformado	ASTM A500 Gr: C	1	ESTRUC RED 2'' x 2.5mm, (Perfil estructural redondo)	4.51	4.06	4.06	18.60	18.60	37.20
Hormigón	f'c=240	2	20x20, (Rectangular)	400.00	333.33	333.33	13333.33	13333.33	22400.00
		3	20x30, (Viga descolgada rectangular)	600.00	500.00	500.00	45000.00	20000.00	47040.00

Notación:
Ref.: Referencia
A: Área de la sección transversal
Avy: Área de cortante de la sección según el eje local 'Y'
Avz: Área de cortante de la sección según el eje local 'Z'
Iyy: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Y'
Izz: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Z'
It: Inercia a torsión
Las características mecánicas de las piezas corresponden a la sección en el punto medio de las mismas.

2.2. Cargas

2.2.1. Barras

Referencias:

'P1', 'P2':

- Cargas puntuales, uniformes, en faja y momentos puntuales: 'P1' es el valor de la carga. 'P2' no se utiliza.
- Cargas trapeciales: 'P1' es el valor de la carga en el punto donde comienza (L1) y 'P2' es el valor de la carga en el punto donde termina (L2).
- Cargas triangulares: 'P1' es el valor máximo de la carga. 'P2' no se utiliza.
- Incrementos de temperatura: 'P1' y 'P2' son los valores de la temperatura en las caras exteriores o paramentos de la pieza. La orientación de la variación del incremento de temperatura sobre la sección transversal dependerá de la dirección seleccionada.

'L1', 'L2':

- Cargas y momentos puntuales: 'L1' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde se aplica la carga. 'L2' no se utiliza.
- Cargas trapeciales, en faja, y triangulares: 'L1' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde comienza la carga, 'L2' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde termina la carga.

Unidades:

- Cargas puntuales: kN
- Momentos puntuales: kN·m.
- Cargas uniformes, en faja, triangulares y trapeciales: kN/m.
- Incrementos de temperatura: °C.

Cargas en barras										
Barra	Hipótesis	Tipo	Valores		Posición		Dirección			
			P1	P2	L1 (m)	L2 (m)	Ejes	X	Y	Z
N1/N2	Peso propio	Uniforme	0.981	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N2/N3	Peso propio	Uniforme	0.981	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N4/N5	Peso propio	Uniforme	0.981	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N5/N6	Peso propio	Uniforme	0.981	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000

Cargas en barras										
Barra	Hipótesis	Tipo	Valores		Posición		Dirección			
			P1	P2	L1 (m)	L2 (m)	Ejes	X	Y	Z
N7/N8	Peso propio	Uniforme	0.981	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N8/N9	Peso propio	Uniforme	0.981	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N10/N11	Peso propio	Uniforme	0.981	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N11/N12	Peso propio	Uniforme	0.981	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N2/N5	Peso propio	Uniforme	1.472	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N2/N5	CM 1	Uniforme	1.065	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N5/N8	Peso propio	Uniforme	1.472	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N5/N8	CM 1	Uniforme	1.065	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N8/N11	Peso propio	Uniforme	1.472	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N8/N11	CM 1	Uniforme	1.065	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N3/N13	Peso propio	Uniforme	0.035	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N6/N14	Peso propio	Uniforme	0.035	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N9/N15	Peso propio	Uniforme	0.035	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N12/N16	Peso propio	Uniforme	0.035	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000

2.2.2. Láminas

Cargas en láminas								
Lámina	Hipótesis	Tipo	Valores		Dirección			
			P1	P2	Ejes	X	Y	Z
L1	VX	Uniforme	0.400	-	Locales	0.000	0.000	-1.000
L2	VX	Uniforme	0.400	-	Locales	0.000	0.000	-1.000
L3	VX	Uniforme	0.400	-	Locales	0.000	0.000	-1.000

2.3. Resultados

2.3.1. Pilares

2.3.1.1. Esfuerzos

Referencias:

N: Esfuerzo axil (kN)
Vy: Esfuerzo cortante según el eje local Y de la barra. (kN)
Vz: Esfuerzo cortante según el eje local Z de la barra. (kN)
Mt: Momento torsor (kN·m)
My: Momento flector en el plano 'XZ' (giro de la sección respecto al eje local 'Y' de la barra). (kN·m)
Mz: Momento flector en el plano 'XY' (giro de la sección respecto al eje local 'Z' de la barra). (kN·m)

2.3.1.1.1. Envolventes

Envolventes de los esfuerzos en barras							
Barra	Tipo de combinación	Esfuerzo	Posiciones en la barra				
			0.000 m	0.243 m	0.485 m	0.728 m	0.970 m
N1/N2	Hormigón	$N_{mín}$	-8.634	-8.301	-7.968	-7.635	-7.302
		$N_{máx}$	-5.551	-5.337	-5.122	-4.908	-4.694
		$Vy_{mín}$	-1.444	-1.444	-1.444	-1.444	-1.444
		$Vy_{máx}$	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Envolventes de los esfuerzos en barras							
Barra	Tipo de combinación	Esfuerzo	Posiciones en la barra				
			0.000 m	0.243 m	0.485 m	0.728 m	0.970 m
		$Vz_{mín}$	-1.392	-1.392	-1.392	-1.392	-1.392
		$Vz_{máx}$	-0.895	-0.895	-0.895	-0.895	-0.895
		$Mt_{mín}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		$Mt_{máx}$	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42
		$My_{mín}$	-0.43	-0.09	0.16	0.37	0.59
		$My_{máx}$	-0.28	-0.06	0.24	0.58	0.92
		$Mz_{mín}$	-4.73	-4.38	-4.03	-3.68	-3.33
		$Mz_{máx}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Envolventes de los esfuerzos en barras					
Barra	Tipo de combinación	Esfuerzo	Posiciones en la barra		
			0.000 m	0.215 m	0.430 m
N2/N3	Hormigón	$N_{mín}$	-2.399	-2.104	-1.809
		$N_{máx}$	-1.542	-1.353	-1.163
		$Vy_{mín}$	-1.505	-1.505	-1.505
		$Vy_{máx}$	0.000	0.000	0.000
		$Vz_{mín}$	-1.833	-1.833	-1.833
		$Vz_{máx}$	-1.179	-1.179	-1.179
		$Mt_{mín}$	0.00	0.00	0.00
		$Mt_{máx}$	0.76	0.76	0.76
		$My_{mín}$	-0.81	-0.41	-0.02
		$My_{máx}$	-0.52	-0.26	-0.01
		$Mz_{mín}$	-2.54	-2.21	-1.89
		$Mz_{máx}$	0.00	0.00	0.00

Envolventes de los esfuerzos en barras							
Barra	Tipo de combinación	Esfuerzo	Posiciones en la barra				
			0.000 m	0.243 m	0.485 m	0.728 m	0.970 m
N4/N5	Hormigón	$N_{mín}$	-14.581	-14.248	-13.915	-13.582	-13.249
		$N_{máx}$	-9.374	-9.160	-8.946	-8.731	-8.517
		$Vy_{mín}$	-3.054	-3.054	-3.054	-3.054	-3.054
		$Vy_{máx}$	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		$Vz_{mín}$	0.107	0.107	0.107	0.107	0.107
		$Vz_{máx}$	0.166	0.166	0.166	0.166	0.166
		$Mt_{mín}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		$Mt_{máx}$	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
		$My_{mín}$	0.03	0.01	-0.03	-0.07	-0.11
		$My_{máx}$	0.05	0.01	-0.02	-0.05	-0.07
		$Mz_{mín}$	-7.19	-6.45	-5.71	-4.97	-4.22
		$Mz_{máx}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Envolventes de los esfuerzos en barras					
Barra	Tipo de combinación	Esfuerzo	Posiciones en la barra		
			0.000 m	0.215 m	0.430 m
N5/N6	Hormigón	$N_{mín}$	-2.173	-1.878	-1.583
		$N_{máx}$	-1.397	-1.207	-1.017
		$Vy_{mín}$	-2.988	-2.988	-2.988
		$Vy_{máx}$	0.000	0.000	0.000
		$Vz_{mín}$	0.227	0.227	0.227
		$Vz_{máx}$	0.353	0.353	0.353
		$Mt_{mín}$	0.00	0.00	0.00
		$Mt_{máx}$	0.00	0.00	0.00
		$My_{mín}$	0.10	0.05	0.00
		$My_{máx}$	0.15	0.08	0.00
		$Mz_{mín}$	-5.01	-4.37	-3.73
		$Mz_{máx}$	0.00	0.00	0.00

Envolventes de los esfuerzos en barras							
Barra	Tipo de combinación	Esfuerzo	Posiciones en la barra				
			0.000 m	0.243 m	0.485 m	0.728 m	0.970 m
N7/N8	Hormigón	$N_{mín}$	-14.600	-14.267	-13.934	-13.601	-13.268
		$N_{máx}$	-9.386	-9.172	-8.957	-8.743	-8.529
		$Vy_{mín}$	-3.061	-3.061	-3.061	-3.061	-3.061
		$Vy_{máx}$	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		$Vz_{mín}$	-0.167	-0.167	-0.167	-0.167	-0.167
		$Vz_{máx}$	-0.107	-0.107	-0.107	-0.107	-0.107
		$Mt_{mín}$	-0.07	-0.07	-0.07	-0.07	-0.07
		$Mt_{máx}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		$My_{mín}$	-0.05	-0.01	0.02	0.05	0.07
		$My_{máx}$	-0.03	-0.01	0.03	0.07	0.11
		$Mz_{mín}$	-7.21	-6.46	-5.72	-4.98	-4.24
		$Mz_{máx}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Envolventes de los esfuerzos en barras					
Barra	Tipo de combinación	Esfuerzo	Posiciones en la barra		
			0.000 m	0.215 m	0.430 m
N8/N9	Hormigón	$N_{mín}$	-2.190	-1.895	-1.600
		$N_{máx}$	-1.408	-1.218	-1.028
		$Vy_{mín}$	-3.017	-3.017	-3.017
		$Vy_{máx}$	0.000	0.000	0.000
		$Vz_{mín}$	-0.339	-0.339	-0.339
		$Vz_{máx}$	-0.218	-0.218	-0.218
		$Mt_{mín}$	0.00	0.00	0.00
		$Mt_{máx}$	0.00	0.00	0.00
		$My_{mín}$	-0.15	-0.07	0.00
		$My_{máx}$	-0.09	-0.05	0.00

Envolventes de los esfuerzos en barras					
Barra	Tipo de combinación	Esfuerzo	Posiciones en la barra		
			0.000 m	0.215 m	0.430 m
		$Mz_{mín}$	-5.05	-4.40	-3.76
		$Mz_{máx}$	0.00	0.00	0.00

Envolventes de los esfuerzos en barras							
Barra	Tipo de combinación	Esfuerzo	Posiciones en la barra				
			0.000 m	0.243 m	0.485 m	0.728 m	0.970 m
N10/N11	Hormigón	$N_{mín}$	-8.628	-8.295	-7.962	-7.629	-7.296
		$N_{máx}$	-5.547	-5.333	-5.118	-4.904	-4.690
		$Vy_{mín}$	-1.441	-1.441	-1.441	-1.441	-1.441
		$Vy_{máx}$	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		$Vz_{mín}$	0.896	0.896	0.896	0.896	0.896
		$Vz_{máx}$	1.394	1.394	1.394	1.394	1.394
		$Mt_{mín}$	-0.42	-0.42	-0.42	-0.42	-0.42
		$Mt_{máx}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		$My_{mín}$	0.28	0.06	-0.24	-0.58	-0.92
		$My_{máx}$	0.43	0.09	-0.16	-0.37	-0.59
		$Mz_{mín}$	-4.72	-4.37	-4.02	-3.67	-3.33
		$Mz_{máx}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Envolventes de los esfuerzos en barras					
Barra	Tipo de combinación	Esfuerzo	Posiciones en la barra		
			0.000 m	0.215 m	0.430 m
N11/N12	Hormigón	$N_{mín}$	-2.392	-2.097	-1.802
		$N_{máx}$	-1.538	-1.348	-1.158
		$Vy_{mín}$	-1.490	-1.490	-1.490
		$Vy_{máx}$	0.000	0.000	0.000
		$Vz_{mín}$	1.170	1.170	1.170
		$Vz_{máx}$	1.819	1.819	1.819
		$Mt_{mín}$	-0.74	-0.74	-0.74
		$Mt_{máx}$	0.00	0.00	0.00
		$My_{mín}$	0.52	0.27	0.01
		$My_{máx}$	0.81	0.41	0.02
		$Mz_{mín}$	-2.52	-2.20	-1.88
		$Mz_{máx}$	0.00	0.00	0.00

2.3.1.2. Comprobaciones E.L.U. y E.L.S.

En las tablas de comprobación de pilares de acero no se muestran las comprobaciones con coeficiente de aprovechamiento inferior al 10%.

Disp.: Disposiciones relativas a las armaduras

Arm.: Armadura mínima y máxima

Q: Estado límite de agotamiento frente a cortante

N,M: Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales

2.3.1.2.1. P5

Sección de hormigón															
Tramo	Dimensión (cm)	Posición	Comprobaciones					Esfuerzos pésimos							Estado
			Disp.	Arm.	Q (%)	N,M (%)	Aprov. (%)	Naturaleza	Comp.	N (kN)	Mxx (kN·m)	Myy (kN·m)	Qx (kN)	Qy (kN)	
N+1.4 (112 - 140 cm)	20x20	Cabeza	Cumple	Cumple	14.4	14.7	14.7	G, V(3)	Q	1.6	0.0	-1.9	-1.5	-1.6	Cumple
								G, V(4)	N,M	1.2	0.0	-1.9	-1.5	-1.2	
		Pie	Cumple	Cumple	16.2	20.6	20.6	G, V(3)	Q,N,M	1.9	-0.5	-2.3	-1.5	-1.6	Cumple
N+1.4 (0 - 112 cm)	20x20	Cabeza	Cumple	Cumple	13.8	30.6	30.6	G, V(3)	Q,N,M	6.4	0.6	-3.5	-1.4	-1.2	Cumple
		Pie	Cumple	Cumple	13.3	38.0	38.0	G, V(3)	Q,N,M	7.4	-0.4	-4.7	-1.4	-1.2	Cumple
N000	20x20	Arranque	N.P.(1)	N.P.(1)	N.P.(2)	38.0	38.0	G, V(3)	N,M	7.4	-0.4	-4.7	-1.4	-1.2	Cumple

Notas:
(1) La comprobación no procede
(2) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.
(3) 1.2·PP+1.2·CM1+VX
(4) 0.9·PP+0.9·CM1+VX

2.3.1.2.2. P6

Sección de hormigón															
Tramo	Dimensión (cm)	Posición	Comprobaciones					Esfuerzos pésimos							Estado
			Disp.	Arm.	Q (%)	N,M (%)	Aprov. (%)	Naturaleza	Comp.	N (kN)	Mxx (kN·m)	Myy (kN·m)	Qx (kN)	Qy (kN)	
N+1.4 (112 - 140 cm)	20x20	Cabeza	Cumple	Cumple	24.6	29.4	29.4	G, V(3)	Q	1.4	0.0	-3.7	-3.0	0.3	Cumple
								G, V(4)	N,M	1.0	0.0	-3.7	-3.0	0.2	
		Pie	Cumple	Cumple	24.8	36.2	36.2	G, V(3)	Q	1.7	0.1	-4.6	-3.0	0.3	Cumple
								G, V(4)	N,M	1.3	0.1	-4.6	-3.0	0.2	
N+1.4 (0 - 112 cm)	20x20	Cabeza	Cumple	Cumple	25.1	35.8	35.8	G, V(4)	Q,N,M	8.6	-0.1	-4.7	-3.1	0.1	Cumple
		Pie	Cumple	Cumple	25.6	55.0	55.0	G, V(4)	Q,N,M	9.4	0.0	-7.2	-3.1	0.1	Cumple
N000	20x20	Arranque	N.P.(1)	N.P.(1)	N.P.(2)	55.0	55.0	G, V(4)	N,M	9.4	0.0	-7.2	-3.1	0.1	Cumple

Notas:
(1) La comprobación no procede
(2) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.
(3) 1.2·PP+1.2·CM1+VX
(4) 0.9·PP+0.9·CM1+VX

2.3.1.2.3. P7

Sección de hormigón															
Tramo	Dimensión (cm)	Posición	Comprobaciones					Esfuerzos pésimos							Estado
			Disp.	Arm.	Q (%)	N,M (%)	Aprov. (%)	Naturaleza	Comp.	N (kN)	Mxx (kN·m)	Myy (kN·m)	Qx (kN)	Qy (kN)	
N+1.4 (112 - 140 cm)	20x20	Cabeza	Cumple	Cumple	24.8	29.6	29.6	G, V(3)	Q	1.4	0.0	-3.8	-3.0	-0.3	Cumple
								G, V(4)	N,M	1.0	0.0	-3.8	-3.0	-0.2	
		Pie	Cumple	Cumple	25.0	36.5	36.5	G, V(3)	Q	1.7	-0.1	-4.6	-3.0	-0.3	Cumple
								G, V(4)	N,M	1.3	-0.1	-4.6	-3.0	-0.2	
N+1.4 (0 - 112 cm)	20x20	Cabeza	Cumple	Cumple	25.2	35.9	35.9	G, V(4)	Q,N,M	8.7	0.1	-4.7	-3.1	-0.1	Cumple
		Pie	Cumple	Cumple	25.6	55.1	55.1	G, V(4)	Q,N,M	9.4	0.0	-7.2	-3.1	-0.1	Cumple
N000	20x20	Arranque	N.P.(1)	N.P.(1)	N.P.(2)	55.1	55.1	G, V(4)	N,M	9.4	0.0	-7.2	-3.1	-0.1	Cumple

Notas:
(1) La comprobación no procede
(2) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.
(3) 1.2·PP+1.2·CM1+VX
(4) 0.9·PP+0.9·CM1+VX

2.3.1.2.4. P8

Sección de hormigón															
Tramo	Dimensión (cm)	Posición	Comprobaciones					Esfuerzos pésimos							Estado
			Disp.	Arm.	Q (%)	N,M (%)	Aprov. (%)	Naturaleza	Comp.	N (kN)	Mxx (kN·m)	Myy (kN·m)	Qx (kN)	Qy (kN)	
N+1.4 (112 - 140 cm)	20x20	Cabeza	Cumple	Cumple	14.3	14.6	14.6	G, V(3)	Q	1.5	0.0	-1.9	-1.5	1.6	Cumple
								G, V(4)	N,M	1.2	0.0	-1.9	-1.5	1.2	
		Pie	Cumple	Cumple	16.1	20.5	20.5	G, V(3)	Q,N,M	1.9	0.5	-2.3	-1.5	1.6	Cumple
N+1.4 (0 - 112 cm)	20x20	Cabeza	Cumple	Cumple	13.7	30.5	30.5	G, V(3)	Q,N,M	6.4	-0.6	-3.5	-1.4	1.2	Cumple
		Pie	Cumple	Cumple	13.3	37.9	37.9	G, V(3)	Q,N,M	7.4	0.4	-4.7	-1.4	1.2	Cumple
N000	20x20	Arranque	N.P.(1)	N.P.(1)	N.P.(2)	37.9	37.9	G, V(3)	N,M	7.4	0.4	-4.7	-1.4	1.2	Cumple

Notas:
(1) La comprobación no procede
(2) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.
(3) 1.2·PP+1.2·CM1+VX
(4) 0.9·PP+0.9·CM1+VX

2.3.2. Vigas

2.3.2.1. Esfuerzos

Referencias:

N: Esfuerzo axil (kN)
Vy: Esfuerzo cortante según el eje local Y de la barra. (kN)
Vz: Esfuerzo cortante según el eje local Z de la barra. (kN)
Mt: Momento torsor (kN·m)
My: Momento flector en el plano 'XZ' (giro de la sección respecto al eje local 'Y' de la barra). (kN·m)
Mz: Momento flector en el plano 'XY' (giro de la sección respecto al eje local 'Z' de la barra). (kN·m)

2.3.2.1.1. Envolventes

Envolventes de los esfuerzos en barras										
Barra	Tipo de combinación	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.429 m	0.857 m	1.071 m	1.500 m	1.929 m	2.357 m	2.571 m	3.000 m
N2/N5	Hormigón	$N_{mín}$	0.284	0.284	0.284	0.284	0.284	0.284	0.284	0.284	0.284
		$N_{máx}$	0.441	0.441	0.441	0.441	0.441	0.441	0.441	0.441	0.441
		$Vy_{mín}$	-0.061	-0.061	-0.061	-0.061	-0.061	-0.061	-0.061	-0.061	-0.061
		$Vy_{máx}$	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		$Vz_{mín}$	-4.903	-3.381	-1.859	-1.098	0.272	1.251	2.229	2.718	3.697
		$Vz_{máx}$	-3.152	-2.173	-1.195	-0.706	0.424	1.946	3.468	4.229	5.750
		$Mt_{mín}$	-0.80	-0.80	-0.80	-0.80	-0.80	-0.80	-0.80	-0.80	-0.80
		$Mt_{máx}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		$My_{mín}$	-1.73	0.03	0.75	0.96	1.05	0.72	-0.03	-0.86	-3.00
		$My_{máx}$	-1.11	0.05	1.17	1.49	1.63	1.13	-0.02	-0.55	-1.93
		$Mz_{mín}$	-0.34	-0.31	-0.28	-0.27	-0.24	-0.22	-0.19	-0.18	-0.15
		$Mz_{máx}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Envolventes de los esfuerzos en barras										
Barra	Tipo de combinación	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.429 m	0.857 m	1.071 m	1.500 m	1.929 m	2.357 m	2.571 m	3.000 m
N5/N8	Hormigón	$N_{mín}$	0.163	0.163	0.163	0.163	0.163	0.163	0.163	0.163	0.163

Envolventes de los esfuerzos en barras											
Barra	Tipo de combinación	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.429 m	0.857 m	1.071 m	1.500 m	1.929 m	2.357 m	2.571 m	3.000 m
		$N_{máx}$	0.254	0.254	0.254	0.254	0.254	0.254	0.254	0.254	0.254
		$Vy_{mín}$	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		$Vy_{máx}$	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
		$Vz_{mín}$	-5.326	-3.804	-2.282	-1.521	0.000	0.979	1.957	2.447	3.425
		$Vz_{máx}$	-3.424	-2.445	-1.467	-0.978	0.000	1.523	3.045	3.806	5.328
		$Mt_{mín}$	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01
		$Mt_{máx}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		$My_{mín}$	-2.73	-0.78	0.34	0.60	0.81	0.60	-0.04	-0.78	-2.73
		$My_{máx}$	-1.76	-0.50	0.53	0.94	1.26	0.94	-0.03	-0.50	-1.76
		$Mz_{mín}$	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10
		$Mz_{máx}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Envolventes de los esfuerzos en barras											
Barra	Tipo de combinación	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.429 m	0.857 m	1.071 m	1.500 m	1.929 m	2.357 m	2.571 m	3.000 m
N8/N11	Hormigón	$N_{mín}$	0.274	0.274	0.274	0.274	0.274	0.274	0.274	0.274	0.274
		$N_{máx}$	0.426	0.426	0.426	0.426	0.426	0.426	0.426	0.426	0.426
		$Vy_{mín}$	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		$Vy_{máx}$	0.049	0.049	0.049	0.049	0.049	0.049	0.049	0.049	0.049
		$Vz_{mín}$	-5.750	-4.228	-2.706	-1.945	-0.423	0.706	1.685	2.174	3.152
		$Vz_{máx}$	-3.696	-2.718	-1.739	-1.250	-0.272	1.099	2.621	3.382	4.904
		$Mt_{mín}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		$Mt_{máx}$	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81
		$My_{mín}$	-3.00	-0.86	0.40	0.72	1.05	0.96	0.45	0.03	-1.73
		$My_{máx}$	-1.93	-0.55	0.63	1.13	1.63	1.49	0.69	0.05	-1.11
		$Mz_{mín}$	-0.17	-0.19	-0.21	-0.22	-0.24	-0.26	-0.28	-0.30	-0.32
		$Mz_{máx}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

2.3.2.2. Comprobaciones E.L.U. y E.L.S.

2.3.2.2.1. N000

Vano	COMPROBACIONES DE RESISTENCIA (NSR-10, TÍTULO C)																Estado
	Disp.	Arm.	Q	N,M	T_c	T_{st}	T_{sl}	TNM_x	TV_x	TV_y	TV_XS_t	TV_YS_t	$T,Disp._{sl}$	$T,Disp._{st}$	$T,Geom._{sl}$	$T,Arm._{st}$	
V-001: P5 - P8	Cumple	'0.000 m' Cumple	'2.800 m' η = 4.6	'2.686 m' η = 17.3	N.P.(1)	N.P.(1)	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(1)	N.P.(1)	N.P.(1)	N.P.(1)	N.P.(1)	N.P.(1)	N.P.(1)	N.P.(1)	**CUMPLE η = 17.3**

Notación:
Disp.: Disposiciones relativas a las armaduras
Arm.: Armadura mínima y máxima
Q: Estado límite de agotamiento frente a cortante (combinaciones no sísmicas)
N,M: Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales (combinaciones no sísmicas)
T_c: Estado límite de agotamiento por torsión. Compresión oblicua.
T_{st}: Estado límite de agotamiento por torsión. Tracción en el alma.
T_{sl}: Estado límite de agotamiento por torsión. Tracción en las armaduras longitudinales.
TNM_x: Estado límite de agotamiento por torsión. Interacción entre torsión y esfuerzos normales. Flexión alrededor del eje X.
TV_x: Estado límite de agotamiento por torsión. Interacción entre torsión y cortante en el eje X. Compresión oblicua
TV_y: Estado límite de agotamiento por torsión. Interacción entre torsión y cortante en el eje Y. Compresión oblicua
TV_XS_t: Estado límite de agotamiento por torsión. Interacción entre torsión y cortante en el eje X. Tracción en el alma.
TV_YS_t: Estado límite de agotamiento por torsión. Interacción entre torsión y cortante en el eje Y. Tracción en el alma.
$T,Disp._{sl}$: Estado límite de agotamiento por torsión. Separación entre las barras de la armadura longitudinal.
$T,Disp._{st}$: Estado límite de agotamiento por torsión. Separación entre las barras de la armadura transversal.
$T,Geom._{sl}$: Estado límite de agotamiento por torsión. Diámetro mínimo de la armadura longitudinal.
$T,Arm._{st}$: Estado límite de agotamiento por torsión. Cuantía mínima de estribos cerrados.
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
(1) La comprobación del estado límite de agotamiento por torsión no procede, ya que no hay momento torsor.
(2) La comprobación no procede, ya que no hay interacción entre torsión y esfuerzos normales.

Vano	COMPROBACIONES DE FISURACIÓN (NSR-10, TÍTULO C)				Estado
	$s_{C,sup.}$	$s_{C,Lat.Der.}$	$s_{C,inf.}$	$s_{C,Lat.Izq.}$	
V-001: P5 - P8	x: 2.8 m Cumple	N.P.(1)	x: 1.4 m Cumple	N.P.(1)	**CUMPLE**

Notación:
$s_{C,sup.}$: Comprobación de la separación máxima entre barras: Cara superior
$s_{C,Lat.Der.}$: Comprobación de la separación máxima entre barras: Cara lateral derecha
$s_{C,inf.}$: Comprobación de la separación máxima entre barras: Cara inferior
$s_{C,Lat.Izq.}$: Comprobación de la separación máxima entre barras: Cara lateral izquierda
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
(1) La comprobación no procede, ya que no hay ninguna armadura traccionada.

Comprobaciones de flecha		
Vigas	**Activa (Característica)** $f_{A,max} \leq f_{A,lim}$ $f_{A,lim} = L/480$	Estado
V-001: P5 - P8	$f_{A,max}$: 0.10 mm $f_{A,lim}$: 5.93 mm	**CUMPLE**

2.3.3. Cimentación

En este caso se considera que la cimentación se encuentra empotrada en el terreno y la trasmisión de los esfuerzos al suelo se realza por metió de la teoría de los momentos de encastramiento o de Sulzberzer.

Se han obtenido los momentos máximos actuantes en la base por medio del análisis estructural mediante la herramienta cype3d.

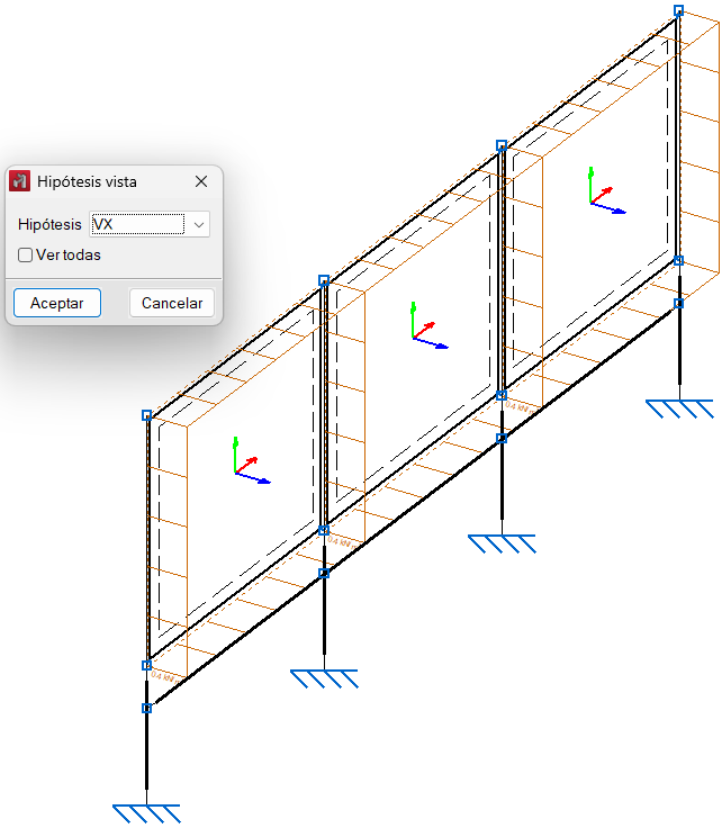


Ilustración 2: Acción de viento 0.40kN/m².

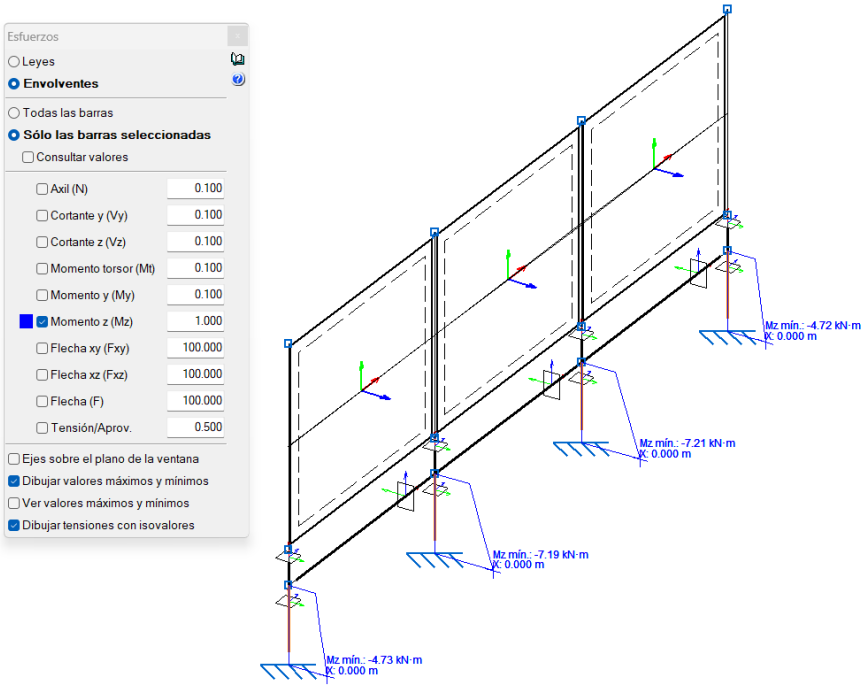


Ilustración 3: Momentos en la base .

Revisión a vuelco por Sulzberger		
Variable	**Valor**	**Observaciones**
N (kN)	1.870	Resultante vertical
F (kN)	1.85	Carga lateral Por envolvente
H (m)	2.5	Altura de poste
D (m)	1.6	Altura de pedestal
B (m)	0.2	Ancho de pedestal
L (m)	0.2	Lado de pedestal
$M_{Volcador}$ (kN m)	**7.585**	Momento volcador respecto a la base de la cimentación
K_{30} (kN/m^3)	43650	Modulo de balasto
k_h (kN/m^3)	43650	Coeficiente de balasto horizontal
k_v (kN/m^3)	65475	Coeficiente de balasto vertical
tan α	0.01	Deformación máxima admisible
tan α1	0.0017	Deformación debida a la fuerza aplicada
Me (kN m)	9.933	Momento de empotramiento
Mb (kN m)	0.082	Momento en la base
σ_{MAX} (kN/m^2)	110.65	Esfuerzo actuante en el suelo
M_R (kN m)	**10.01**	Momento resistente
FS $_{Vuelco}$	1.32	Factor de seguridad a vuelco
FS $_{suelo}$	2.66	Factor de seguridad del suelo

En el cálculo de esta cimentación no se han tenido en cuenta las acciones sísmicas ya que la cimentación se encuentra empotrada dentro del terreno actual, en ningún momento la cimentación debe trabajar como muro en voladizo en la contención de tierras. La única acción horizontal considerada es e viento con una magnitud de 0.40kN/m2.