



ALCALDÍA DE  
**BOLÍVAR**

**ESTUDIO DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE AGUA,  
CAPTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN HACIA LA CIUDAD DE CALCETA,  
CANTÓN BOLÍVAR**

Memoria Técnica Estructural

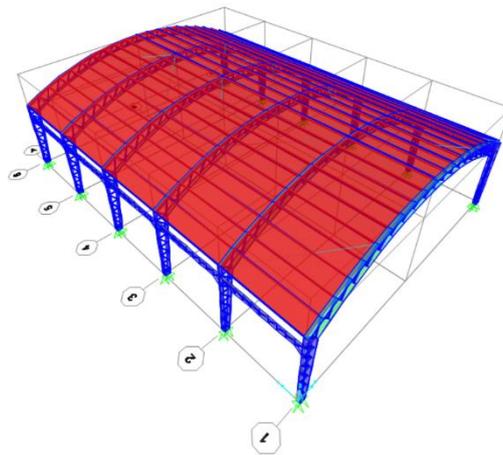
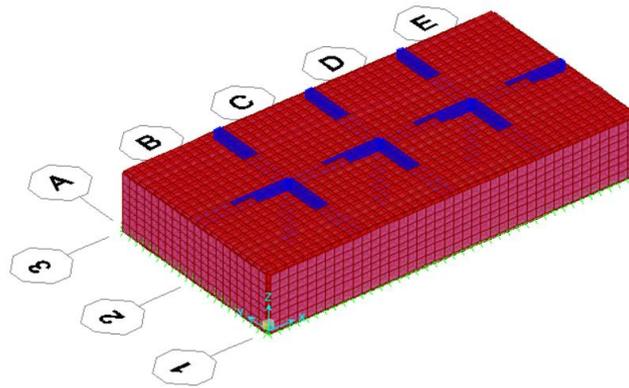
Fecha: Agosto – 2023

Elaboración: MSc. Ing. Abel Zambrano Mejía

Página 1 de 50

## Memoria Técnica Estructural

# ESTUDIO DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE AGUA, CAPTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN HACIA LA CIUDAD DE CALCETA, CANTÓN BOLÍVAR



**ING. ABEL ZAMBRANO MEJÍA**

**MAGÍSTER EN ESTRUCTURAS**

**AGOSTO DE 2023**

 <b>ALCALDÍA DE BOLÍVAR</b>	<b>ESTUDIO DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE AGUA, CAPTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN HACIA LA CIUDAD DE CALCETA, CANTÓN BOLÍVAR</b>	
	Memoria Técnica Estructural	Fecha: Agosto – 2023
Elaboración: MSc. Ing. Abel Zambrano Mejía		Página 2 de 50

## CONTENIDO

1.	ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE CISTERNA “500m <sup>3</sup> ” .....	5
1.1	PRELIMINARES .....	5
1.2	INTRODUCCIÓN.....	5
1.3	CONDICIONES DEL SUELO .....	5
1.4	DIMENSIONES DE LA CISTERNA.....	6
1.5	PROPIEDADES DE LOS MATERIALES .....	6
1.6	CÓDIGOS, REGLAMENTOS Y REFERENCIAS.....	7
1.7	CARGAS ESTÁTICAS.....	8
1.7.1	CARGA MUERTA (DEAD) .....	8
1.7.2	CARGA VIVA (LIVE) .....	8
1.7.3	CARGA HIDROSTÁTICA.....	8
1.8	CARGAS DINÁMICAS.....	9
1.9	CÁLCULO DE FUERZAS DINÁMICAS.....	10
1.9.1	FUERZAS DINÁMICAS DIRECCIÓN X.....	11
1.9.2	FUERZAS DINÁMICAS DIRECCIÓN Y.....	13
1.10	MODELAMIENTO ESTRUCTURAL.....	16
1.10.1	Fuerza Convectiva dirección X .....	18
1.10.2	Fuerza Impulsiva dirección X .....	18
1.10.3	Fuerza lateral de inercia dirección X.....	19
1.10.4	Fuerza Impulsiva Dirección Y.....	19
1.10.5	Fuerza Convectiva Dirección Y .....	20
1.10.6	Fuerza lateral de inercia dirección Y.....	20
1.11	COMPONENTE DE ACELERACIÓN VERTICAL.....	21
1.12	FUERZAS LATERALES RESULTANTES .....	22

 <b>ALCALDÍA DE BOLÍVAR</b>	<b>ESTUDIO DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE AGUA, CAPTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN HACIA LA CIUDAD DE CALCETA, CANTÓN BOLÍVAR</b>	
	Memoria Técnica Estructural	Fecha: Agosto – 2023
Elaboración: MSc. Ing. Abel Zambrano Mejía		Página 3 de 50

1.13	ESTADOS DE CARGA.....	22
1.13.1	Combinaciones de cargas últimas .....	22
1.14	FACTORES DE REDUCCIÓN DE RESISTENCIA.....	23
1.15	ANCLAJE DEL ACERO.....	24
1.15.1	Ganchos.....	24
1.16	VERIFICACIÓN DE ESTABILIDAD .....	24
1.17	CHEQUEO DE ESFUERZOS EN EL SUELO .....	26
1.17.1	Chequeo del peso total de la cisterna sobre el área total .....	26
1.17.2	Chequeo de reacciones del suelo en los nudos críticos .....	26
1.18	VERIFICACIÓN DEL ESFUERZO CORTANTE .....	27
1.19	DISEÑO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES .....	28
1.19.1	LOSA DE FONDO .....	28
1.19.2	PAREDES LADO CORTO .....	31
1.19.3	PAREDES LADO LARGO.....	32
1.19.4	LOSA DE TAPA.....	33
1.20	RESUMEN DE RESULTADOS DEL ARMADO.....	35
2.	ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE CUBIERTA DE PLANTA DE TRATAMIENTO....	36
2.1	PRELIMINARES .....	36
2.2	INTRODUCCIÓN.....	36
2.3	SISTEMA ESTRUCTURAL .....	36
2.4	CIMENTACIÓN.....	37
2.5	CÓDIGOS Y NORMAS DE DISEÑO .....	39
2.6	CARGAS UTILIZADAS.....	39
2.6.1	CARGA MUERTA.....	39
2.6.2	CARGA VIVA.....	40
2.6.3	CARGA SÍSMICA.....	40

 <b>ALCALDÍA DE BOLÍVAR</b>	<b>ESTUDIO DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE AGUA, CAPTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN HACIA LA CIUDAD DE CALCETA, CANTÓN BOLÍVAR</b>	
	Memoria Técnica Estructural	Fecha: Agosto – 2023
Elaboración: MSc. Ing. Abel Zambrano Mejía	Página 4 de 50	

2.6.4	Factor de reducción de resistencia sísmica R .....	41
2.6.5	Coeficiente de configuración en planta $\Phi P$ .....	41
2.6.6	Coeficiente de configuración en elevación $\Phi E$ .....	41
2.6.7	Coeficiente sísmico .....	41
2.6.8	Distribución del cortante basal por piso .....	42
2.6.9	Masa Sísmica .....	42
2.6.10	Espectro de Diseño .....	42
3.	ANÁLISIS Y DISEÑO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES.....	43
3.1	MODELAMIENTO ESTRUCTURAL.....	43
3.2	PROPIEDADES DE LOS MATERIALES .....	44
3.3	CONDICIONES DEL SUELO .....	44
3.4	ESTADOS DE CARGA.....	44
3.4.1	Combinaciones de cargas últimas .....	44
4.	FACTORES DE REDUCCIÓN DE RESISTENCIA.....	45
4.1	ANCLAJE DEL ACERO.....	45
4.1.1	Ganchos.....	45
4.2	Deformaciones.....	46
4.2.1	Deflexiones .....	46
4.2.2	Desplazamientos laterales máximos.....	47
4.3	Chequeo de los esfuerzos de los elementos .....	48
4.3.1	Esfuerzos en las correas .....	48
4.3.2	Esfuerzos en pórticos principales .....	49
4.4	Modos de vibración.....	50

 <b>ALCALDÍA DE BOLÍVAR</b>	<b>ESTUDIO DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE AGUA, CAPTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN HACIA LA CIUDAD DE CALCETA, CANTÓN BOLÍVAR</b>	
	Memoria Técnica Estructural	Fecha: Agosto – 2023
Elaboración: MSc. Ing. Abel Zambrano Mejía		Página 5 de 50

## MEMORIA TÉCNICA ESTRUCTURAL

### 1. ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE CISTERNA “500m<sup>3</sup>”

#### 1.1 PRELIMINARES

#### 1.2 INTRODUCCIÓN

En esta sección se presenta el análisis estructural de una cisterna con una capacidad de almacenamiento de agua de 500m<sup>3</sup>, perteneciente al proyecto "ESTUDIO DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE AGUA, CAPTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN HACIA LA CIUDAD DE CALCETA, CANTÓN BOLÍVAR".

Se aplica el modelo matemático del Instituto Americano del Concreto, Comité 350 (ACI 350), para calcular las fuerzas hidrodinámicas, el cual es basado en el modelo propuesto por el legendario profesor George W. Housner.

Se genera un modelo computacional tridimensional en el programa SAP2000 para simular el comportamiento sísmico de la cisterna, obteniendo los esfuerzos internos utilizados en la fase de diseño.

#### 1.3 CONDICIONES DEL SUELO

De acuerdo con el informe geotécnico, la capacidad admisible del suelo es de  $\sigma_a = 7T/m^2$ .

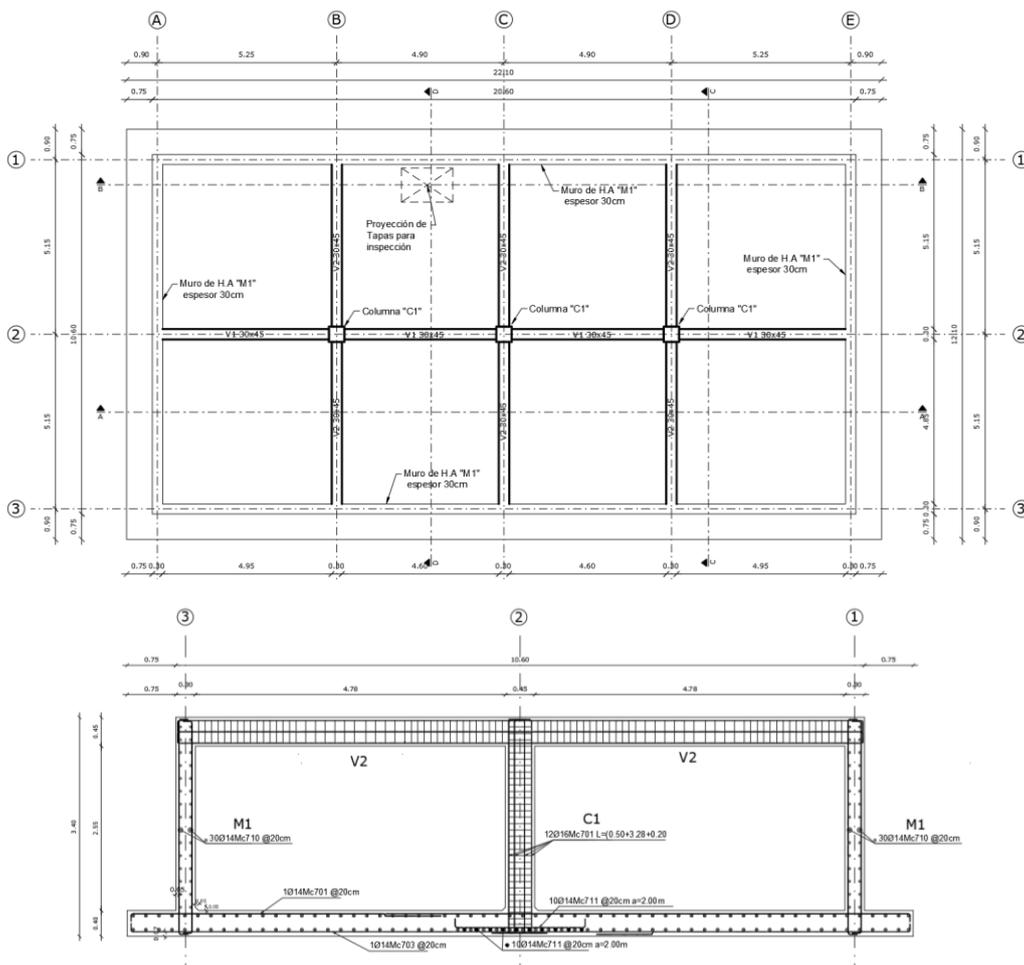
Debido a que no se dispone de la velocidad de la onda de corte a los 30m de profundidad, denominada Vs30. En este caso se adoptó el tipo de suelo como C, siguiendo la recomendación del ACI 350.3-01, la cual indica lo siguiente: *“In locations where the soil properties are not known in sufficient detail to determine the soil profile, Type C shall be used”*.

Para un suelo tipo C el coeficiente del suelo de acuerdo con el ACI 350.3-01 es S=1.5. Este valor será utilizado más adelante para el cálculo de las fuerzas hidrodinámicas.

 <b>ALCALDÍA DE BOLÍVAR</b>	<b>ESTUDIO DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE AGUA, CAPTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN HACIA LA CIUDAD DE CALCETA, CANTÓN BOLÍVAR</b>	
	Memoria Técnica Estructural	Fecha: Agosto – 2023
Elaboración: MSc. Ing. Abel Zambrano Mejía		Página 6 de 50

## 1.4 DIMENSIONES DE LA CISTERNA

En la Figura 1 se muestran las dimensiones de la cisterna. Se aprecia que la losa de fondo es de 40cm y la losa de tapa es de 20cm de espesor con columnas y vigas intermedias. Las paredes son de 30cm.



**Figura 1:** Dimensiones de la cisterna

## 1.5 PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Las propiedades de los materiales utilizadas en los elementos estructurales son las siguientes:

- Resistencia a la compresión del hormigón  $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$
- Resistencia a la fluencia del acero de refuerzo  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

 <b>ALCALDÍA DE BOLÍVAR</b>	<b>ESTUDIO DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE AGUA, CAPTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN HACIA LA CIUDAD DE CALCETA, CANTÓN BOLÍVAR</b>	
	Memoria Técnica Estructural	Fecha: Agosto – 2023
Elaboración: MSc. Ing. Abel Zambrano Mejía		Página 7 de 50

- Módulo de elasticidad del hormigón  $200798.4 \text{ kg/cm}^2$ . Se utilizó la ecuación  $E_c=12000\sqrt{f_c}$ , por estudios desarrollados en Ecuador.
- Módulo de elasticidad del acero  $E_s = 2040000 \text{ kg/cm}^2$
- Peso específico del hormigón  $\gamma_c = 2.4 \text{ T/m}^3$
- Peso específico del acero  $\gamma_s = 7.85 \text{ T/m}^3$

## 1.6 CÓDIGOS, REGLAMENTOS Y REFERENCIAS

Para el cálculo y diseño estructural de la cisterna en estudio, se consideraron los siguientes códigos, reglamentos y referencias.

- ACI 318-99: Reglamento para las construcciones de concreto estructural y comentarios ACI 318R-99
- ACI 318-14: Reglamento para las construcciones de concreto estructural y comentarios ACI 318R-14
- ACI 350.2R: Concrete Structures for Containment of Hazardous Materials
- Norma Ecuatoriana de la Construcción (2015). Peligro sísmico: Diseño sismo resistente. Quito, Ecuador: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda.
- American Concrete Institute (2001). Committee 350. Seismic Design of Liquid-Containing Concrete Structures and Commentary. U.S.A.
- American Concrete Institute (2006). Committee 350. Seismic Design of Liquid-Containing Concrete Structures and Commentary. U.S.A.
- Pavón R. (2008). Guía para el análisis y diseño sísmico de las estructuras de concreto reforzado para contener líquidos. México D.F.: Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.
- Housner, G. (1963). The Dynamic Behavior of Water Tanks. Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 53, No. 2, pp. 381-387. February, 1963.
- Instituto Geofísico (2016). Informe Sísmico Especial N. 18 – 2016. Consultado el 20 de julio de 2016, Escuela Politécnica Nacional, página web del IG-EPN: <http://www.igepn.edu.ec/1324-informe-sismico-especial-n-18-2016.html>.
- Computers and Structures (2018). SAP2000. Berkeley California, USA.

 <b>ALCALDÍA DE BOLÍVAR</b>	<b>ESTUDIO DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE AGUA, CAPTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN HACIA LA CIUDAD DE CALCETA, CANTÓN BOLÍVAR</b>	
	Memoria Técnica Estructural	Fecha: Agosto – 2023
Elaboración: MSc. Ing. Abel Zambrano Mejía	Página 8 de 50	

## 1.7 CARGAS ESTÁTICAS

Para el análisis y diseño estructural de la edificación se tienen en cuenta los siguientes estados de carga estáticas y las cargas dinámicas mostradas más adelante.

### 1.7.1 CARGA MUERTA (DEAD)

La carga muerta o permanente es la carga debida al peso propio de los elementos estructurales. Se considera el peso específico del hormigón armado de  $2400 \text{ kg/m}^3$  para el cálculo del peso propio de los elementos estructurales: Losa de fondo, tapa y paredes.

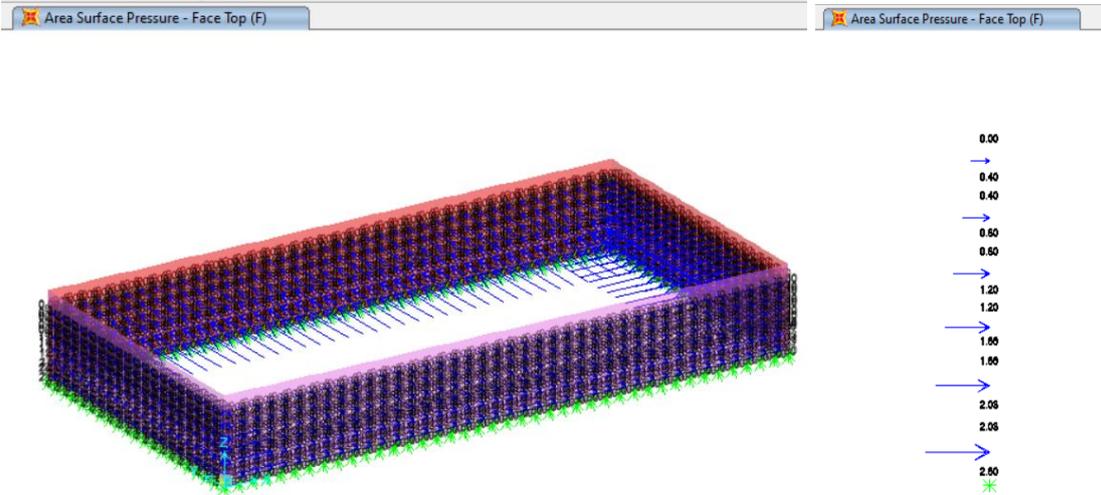
### 1.7.2 CARGA VIVA (LIVE)

La carga viva es producto de la utilización de la estructura, la cual depende del tipo de uso de la estructura. La carga viva asignada a la losa de tapa es de  $70 \text{ Kg/m}^2$  conforme a la Norma Ecuatoriana de la Construcción en su capítulo Cargas no sísmicas (NEC-SE-CG, 2015), por tratarse de una losa de cubierta debido a que la cisterna estará asentada sobre el suelo.

### 1.7.3 CARGA HIDROSTÁTICA

El cálculo de las fuerzas hidrostáticas se obtiene multiplicando el peso específico del agua  $\gamma_L=1\text{T/m}^3$  por la altura de agua en lo alto de la pared ( $\gamma_L \cdot h$ ). La altura de agua total es de  $H_L=2.50\text{m}$ , por tanto, se aplica una presión que varía desde “cero” hasta  $2.50\text{T/m}^2$  en la profundidad máxima de la cisterna. A las cargas hidrostáticas en este estudio se la designó con la letra “F”, para representar las fuerzas de fluidos.

 <b>ALCALDÍA DE BOLÍVAR</b>	<b>ESTUDIO DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE AGUA, CAPTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN HACIA LA CIUDAD DE CALCETA, CANTÓN BOLÍVAR</b>	
	Memoria Técnica Estructural	Fecha: Agosto – 2023
	Elaboración: MSc. Ing. Abel Zambrano Mejía	Página 9 de 50



**Figura 2:** Presiones hidrostáticas. Estado de carga “F”

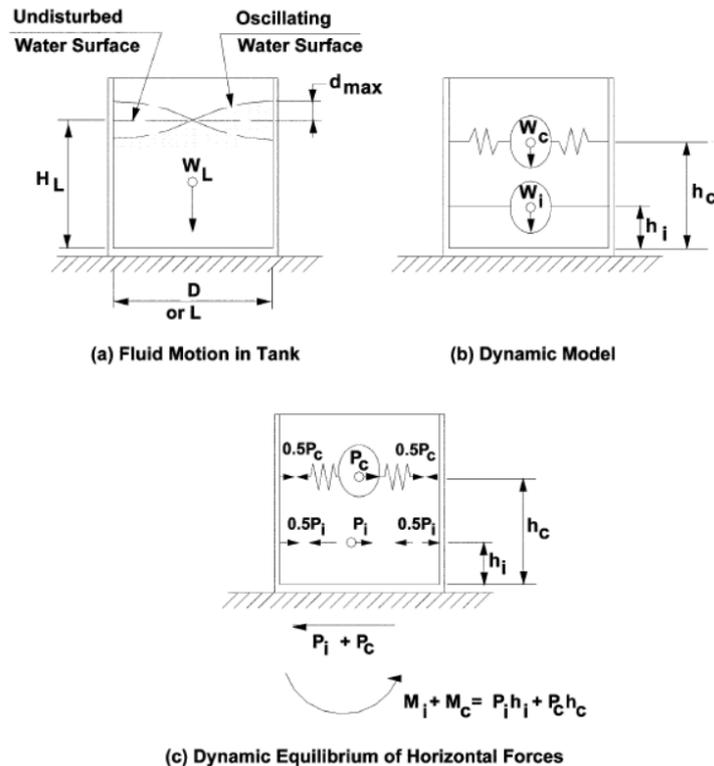
En la Figura 2 muestra las cargas hidrostáticas asignadas en el programa SAP2000 como presión de superficie por medio de la opción “join pattern”. Se puede apreciar los valores de las presiones con colores en la parte izquierda y en la derecha la distribución triangular de la presión hidrostática.

## 1.8 CARGAS DINÁMICAS

Durante un terremoto en las estructuras tipo reservorios como cisternas y tanques, se producen fuerzas de inercia por el peso propio de la estructura y también fuerzas hidrodinámicas generadas por las aceleraciones horizontales del líquido contenido (Pavón, 2008).

El modelo matemático equivalente para calcular las fuerzas dinámicas del líquido en tanques apoyados sobre el suelo, es el propuesto por Housner (1963). Este modelo aceptado por el ACI 350.3-06, considera dos efectos sísmicos: El peso impulsivo ( $W_i$ ) y el peso convectivo ( $W_c$ ), los cuales se ilustran en la Figura 3.

 <b>ALCALDÍA DE BOLÍVAR</b>	<b>ESTUDIO DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE AGUA, CAPTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN HACIA LA CIUDAD DE CALCETA, CANTÓN BOLÍVAR</b>	
	Memoria Técnica Estructural	Fecha: Agosto – 2023
Elaboración: MSc. Ing. Abel Zambrano Mejía		Página 10 de 50



**Figura 3:** Modelo matemático equivalente de las fuerzas hidrodinámicas.

Fuente: ACI 350.3-06 (2006)

El peso impulsivo,  $W_i$ , representa el efecto del agua actuando en las paredes de la cisterna a una altura  $h_i$  medida desde el fondo de la misma. El modelo supone que  $W_i$  está rígidamente sujeta a las paredes del reservorio, moviéndose simultáneamente con éstas.

El peso convectivo,  $W_c$ , representa el efecto del agua generado por el oleaje o chapoteo durante el sismo.  $W_c$  se une a las paredes de la cisterna mediante resortes a una altura  $h_c$ , simulando el comportamiento de la masa equivalente del líquido oscilante.

## 1.9 CÁLCULO DE FUERZAS DINÁMICAS

Para calcular el peso impulsivo y convectivo, se utilizan las ecuaciones del ACI 350.3-6 detalladas a continuación:

 <b>ALCALDÍA DE BOLÍVAR</b>	<b>ESTUDIO DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE AGUA, CAPTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN HACIA LA CIUDAD DE CALCETA, CANTÓN BOLÍVAR</b>	
	Memoria Técnica Estructural	Fecha: Agosto – 2023
Elaboración: MSc. Ing. Abel Zambrano Mejía		Página 11 de 50

$$\frac{W_i}{W_L} = \frac{\tanh\left[0.866\left(\frac{L}{H_L}\right)\right]}{0.866\left(\frac{L}{H_L}\right)} \quad (1)$$

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

En donde:  $W_L$  es el peso del agua de la cisterna, en este caso 500m<sup>3</sup>;  $L$  es la longitud libre de la pared paralela a la dirección del sismo, en este caso para la dirección X,  $L=20$ m; para la dirección Y  $L=10$ m. Finalmente,  $H_L$  es la altura de agua, es decir 2.50m.

### 1.9.1 FUERZAS DINÁMICAS DIRECCIÓN X

Utilizando, las ecuaciones (1) y (2) se tiene que,  $W_i=53.01$ T y  $W_c=39.98$ T. Para calcular la altura a la cual actúa el peso impulsivo y convectivo se emplean las ecuaciones (3) y (4) (ACI 350.3-06, 2006), teniendo  $h_i=0.88$ m y  $h_c=1.41$ m.

$$\text{Si } L/H_L < 1.333 \quad h_i = \left[0.5 - 0.09375\left(\frac{L}{H_L}\right)\right] H_L \quad (3)$$

$$\text{Si } L/H_L \geq 1.333 \quad h_i = 0.375 H_L$$

$$h_c = \left\{ 1 - \frac{\cosh\left[3.16\left(\frac{H_L}{L}\right)\right] - 1}{3.16\left(\frac{H_L}{L}\right) \sinh\left[3.16\left(\frac{H_L}{L}\right)\right]} \right\} \quad (4)$$

Para determinar las fuerzas hidrodinámicas equivalentes a partir del peso impulsivo y convectivo, se considera las propiedades dinámicas, así como datos de sismicidad del sitio.

$S=1.5$ , por tratarse de un suelo tipo C, como se definió en la sección 1.3 de este documento.

 <b>ALCALDÍA DE BOLÍVAR</b>	<b>ESTUDIO DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE AGUA, CAPTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN HACIA LA CIUDAD DE CALCETA, CANTÓN BOLÍVAR</b>	
	Memoria Técnica Estructural	Fecha: Agosto – 2023
Elaboración: MSc. Ing. Abel Zambrano Mejía		Página 12 de 50

$I=1.00$ , coeficiente de importancia para una estructura clase II conforme a la tabla 4.1(a) del ACI 350.3-06.

**Tabla 1:** Coeficiente de importancia para tanques de almacenamiento. Fuente: ACI 350.3-06

	Tank use	Factor <i>I</i>
III	Tanks containing hazardous materials*	1.5
II	Tanks that are intended to remain usable for emergency purposes after an earthquake, or tanks that are part of lifeline systems	1.25
I	Tanks not listed in Categories II or III	1.0

\*In some cases, for tanks containing hazardous materials, engineering judgment may require a factor  $I > 1.5$ .

$Z=0.5$ , factor de zonificación sísmica para la ciudad de Calceta.

$R_{wi}=2.75$  y  $R_{wc}=1$ ; factor de modificación de respuesta de la fuerza impulsiva y factor de modificación de respuesta de la fuerza convectiva, respectivamente. Estos valores vienen dados para un tanque asentado sobre el suelo de acuerdo con el ACI 350.3-01 (2001).

Las fuerzas laterales se calculan con las siguientes ecuaciones:

$$P_w = ZSIC_i \frac{\varepsilon W_w}{R_{wi}} \quad (5)$$

$$P_i = ZSIC_i \frac{W_i}{R_{wi}} \quad (6)$$

$$P_c = ZSIC_c \frac{W_c}{R_{wc}} \quad (7)$$

En donde:  $P_w$  es la fuerza lateral de inercia relacionada al peso de la estructura,  $W_w=132.19T$  (peso total de las paredes);  $P_i$  es la fuerza lateral impulsiva total;  $P_c$  es la fuerza lateral convectiva total.

Los valores de  $C_i$  y  $C_c$ , son factores de amplificación espectral que se obtienen de acuerdo con el procedimiento descrito en la sección 9.4 del ACI 350.3-01. Para la estructura analizada en la dirección X,  $C_i=1.83$  y  $C_c=0.088$ .

En la ecuación (5) aparece el parámetro  $\varepsilon$ , el cual es el coeficiente de la masa efectiva, que representa la contribución de la masa dinámica equivalente con respecto a la masa

 <b>ALCALDÍA DE BOLÍVAR</b>	<b>ESTUDIO DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE AGUA, CAPTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN HACIA LA CIUDAD DE CALCETA, CANTÓN BOLÍVAR</b>	
	Memoria Técnica Estructural	Fecha: Agosto – 2023
Elaboración: MSc. Ing. Abel Zambrano Mejía		Página 13 de 50

total. Usando la ecuación (8), se determina la masa efectiva,  $\varepsilon = 0.461$  para la dirección X:

$$\varepsilon = \left[ 0.0151 \left( \frac{L}{H_L} \right)^2 - 0.1908 \left( \frac{L}{H_L} \right) + 1.021 \right] \leq 1.0 \quad (8)$$

Los valores de las fuerzas laterales calculados con las ecuaciones (5), (6) y (7) para la dirección X son:  $P_w = 30.47T$ ,  $P_i = 36.09$  y  $P_c = 26.30T$ .

### 1.9.2 FUERZAS DINÁMICAS DIRECCIÓN Y

Se aplica un procedimiento similar al descrito para el cálculo de la dirección X en la sección 1.9.1. A continuación, se muestran los resultados del cálculo de las fuerzas hidrodinámicas para la dirección X y la dirección Y.

**Tabla 2:** Datos de entrada para el cálculo de las fuerzas hidrodinámicas en la dirección X

<b>Unidades:</b>	T-m
<b>Dirección del sismo:</b>	Y
<b>Materiales:</b>	
$\gamma_L =$	1 T/m <sup>3</sup>
$\gamma_c =$	2.4 T/m <sup>3</sup>
$f'c =$	280 kg/cm <sup>2</sup>
$f_y =$	4200 kg/cm <sup>2</sup>
$E_c =$	200798.41 kg/cm <sup>2</sup>
$E_c =$	2.01E+06 T/m <sup>2</sup>
$g =$	9.8 m/s <sup>2</sup>
<b>Geometría del depósito:</b>	
$L = L_x =$	20
$L_y =$	10
Espesor paredes =	0.3
Espesor fondo =	0.4
Espesor tapa =	0.2
Altura de la pared $H_w =$	3
Altura de agua $H_L =$	2.5
Peso cubierta =	0
Longitud muro =	61.2
Peso muro =	132.192
$L/H_L =$	8

 <b>ALCALDÍA DE BOLÍVAR</b>	<b>ESTUDIO DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE AGUA, CAPTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN HACIA LA CIUDAD DE CALCETA, CANTÓN BOLÍVAR</b>	
	Memoria Técnica Estructural	Fecha: Agosto – 2023
Elaboración: MSc. Ing. Abel Zambrano Mejía		Página 14 de 50

**Tabla 3:** Datos de entrada para el cálculo de las fuerzas hidrodinámicas en la dirección Y

<b>Unidades:</b>	T-m
<b>Dirección del sismo:</b>	X
<b>Materiales:</b>	
YL=	1 T/m3
Yc=	2.4 T/m3
f'c=	280 kg/cm2
fy=	4200 kg/cm2
Ec=	200798.4 kg/cm2
Ec=	2.01E+06 T/m2
g=	9.8 m/s2
<b>Geometría del depósito:</b>	
L=Lx=	10
Ly =	20
Espesor paredes =	0.3
Espesor fondo =	0.4
Espesor tapa =	0.2
Altura de la pared Hw=	3
Altura de agua HL=	2.5
Peso cubierta =	0
Longitud muro =	61.2
Peso muro =	132.192
L/HL=	4

 <b>ALCALDÍA DE BOLÍVAR</b>	<b>ESTUDIO DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE AGUA, CAPTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN HACIA LA CIUDAD DE CALCETA, CANTÓN BOLÍVAR</b>	
	Memoria Técnica Estructural	Fecha: Agosto – 2023
Elaboración: MSc. Ing. Abel Zambrano Mejía		Página 15 de 50

**Tabla 4:** Cálculo de las fuerzas hidrodinámicas en la dirección X

Factores que modifican la respuesta		
S=	<b>1.5</b> Tipo de suelo C	
I=	<b>1</b> Clase II de acuerdo al ACI 350.3	
Z=	<b>0.5</b>	
Rwi=	<b>2.75</b>	
Rwc=	<b>1</b>	
Peso del líquido WL=	500	
Wi/WL=	0.144342	
Wc/WL=	0.7934	
Wi=	<b>72.17076</b>	
Wc=	<b>396.6998</b>	
hi=	<b>0.9375</b>	
hc=	<b>1.266003</b>	
$\rho_L$ =	0.102041	
mw=	0.220408	
mi=	0.368218	
m=	0.588626	
hw=	1.5	
h=	1.148125	
k=	8.96E+03	
$\omega_i$ =	1.23E+02	
Ti=	5.09E-02	
$\lambda$ =	3.410795	
$\omega_c$ =	0.762677	
Tc=	8.238332	
Ci final=	1.833333	
	2.75/S= 1.83333	
	Ci(Ti>0.31)= 9.097	
Cc(Tc>=2.4)=	0.088404	
Cc(Tc<2.4)=	0.459665	
Cc final=	0.088404	
$\epsilon$ (calculado)=	0.461	
$\epsilon$ final=	0.461	
ZSiCi/Rwi=	0.5	Ww= 132.192 Peso del muro (todas las paredes)
ZSiCc/Rwc=	0.066303	Ww'= 44.496 Peso de las paredes perpendiculares al sismo
ZSiCi $\epsilon$ /Rwi=	0.2305	Wr= 0
Pw=	<b>30.47026</b> Paredes paralelas al sismo	
Pw'=	10.25633 Paredes perpendiculares a la dirección del sismo	
Pr=	0	
Pi=	<b>36.08538</b>	
Pc=	<b>26.30243</b>	

 <b>ALCALDÍA DE BOLÍVAR</b>	<b>ESTUDIO DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE AGUA, CAPTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN HACIA LA CIUDAD DE CALCETA, CANTÓN BOLÍVAR</b>	
	Memoria Técnica Estructural	Fecha: Agosto – 2023
Elaboración: MSc. Ing. Abel Zambrano Mejía		Página 16 de 50

**Tabla 5:** Cálculo de las fuerzas hidrodinámicas en la dirección Y

Factores que modifican la respuesta			
S=	<b>1.5</b> Tipo de suelo C		
I=	<b>1</b> Clase II de acuerdo al ACI 350.3		
Z=	<b>0.5</b>		
Rwi=	<b>2.75</b>		
Rwc=	<b>1</b>		
Peso del líquido WL=	500		
Wi/WL=	0.288118		
Wc/WL=	0.69528		
Wi=	<b>144.0592</b>		
Wc=	<b>347.64</b>		
hi=	<b>0.9375</b>		
hc=	<b>1.311194</b>		
$\rho_L$ =	0.102041		
mw=	0.220408		
mi=	0.367498		
m=	0.587906		
hw=	1.5		
h=	1.148383		
k=	8.95E+03		
$\omega_i$ =	1.23E+02		
Ti=	5.09E-02		
$\lambda$ =	4.515486		
$\omega_c$ =	1.427922		
Tc=	4.40023		
Ci final=	1.833333		
	2.75/S= 1.833333333		
	Ci(Ti>0.31)= 9.098		
Cc(Tc>=2.4)=	0.309885		
Cc(Tc<2.4)=	0.698261		
Cc final=	0.309885		
$\epsilon$ (calculado)=	0.4994		
$\epsilon$ final=	0.4994		
ZSiCi/Rwi=	0.5	Ww= 132.192	Peso del muro (todas las paredes)
ZSiCc/Rwc=	0.232414	Ww'= 87.696	Peso de las paredes perpendiculares al sismo
ZSiCi $\epsilon$ /Rwi=	0.2497	Wr= 0	
Pw=	<b>33.00834</b>	Paredes paralelas al sismo	
Pw'=	21.89769	Paredes perpendiculares a la dirección del sismo	
Pr=	0		
Pi=	<b>72.02959</b>		
Pc=	<b>80.79629</b>		

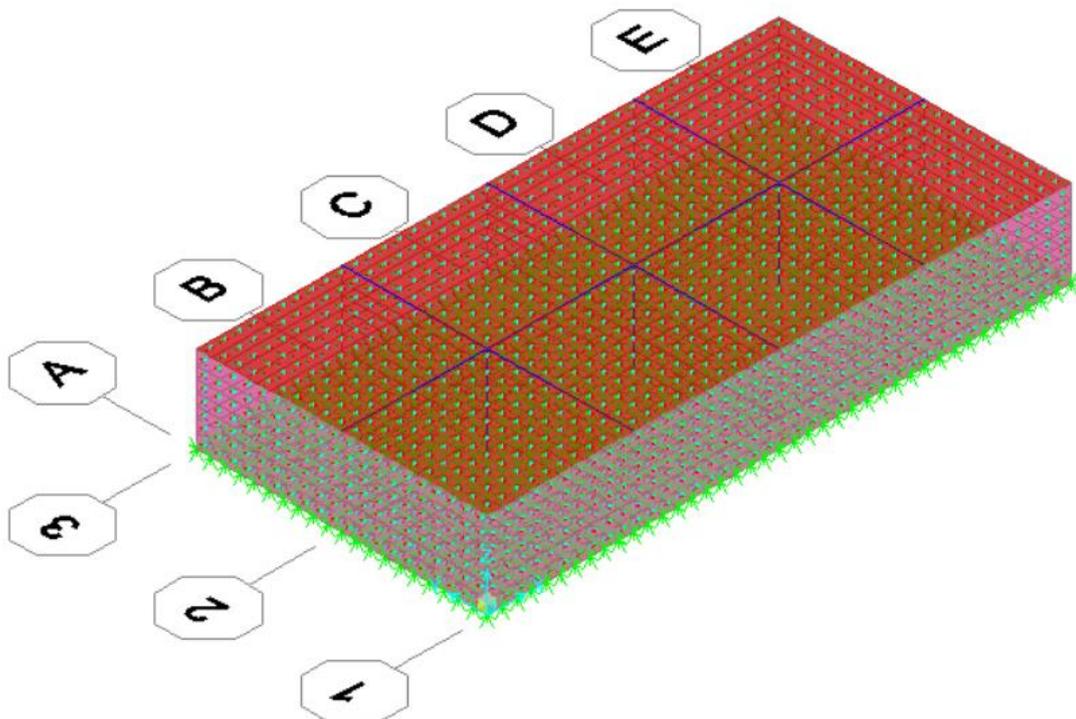
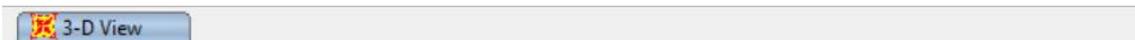
## 1.10 MODELAMIENTO ESTRUCTURAL

El modelamiento tridimensional de la cisterna de almacenamiento se lo realiza en el programa SAP2000 (CSI, 2020), utilizando elementos tipo “shell” para representar las paredes, tapa y fondo de la cisterna.

La cisterna es de hormigón armado con resistencia a la compresión de 280kg/cm<sup>2</sup> y módulo de elasticidad de 2007984.1 T/m<sup>2</sup>.

 <b>ALCALDÍA DE BOLÍVAR</b>	<b>ESTUDIO DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE AGUA, CAPTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN HACIA LA CIUDAD DE CALCETA, CANTÓN BOLÍVAR</b>	
	Memoria Técnica Estructural	Fecha: Agosto – 2023
	Elaboración: MSc. Ing. Abel Zambrano Mejía	Página 17 de 50

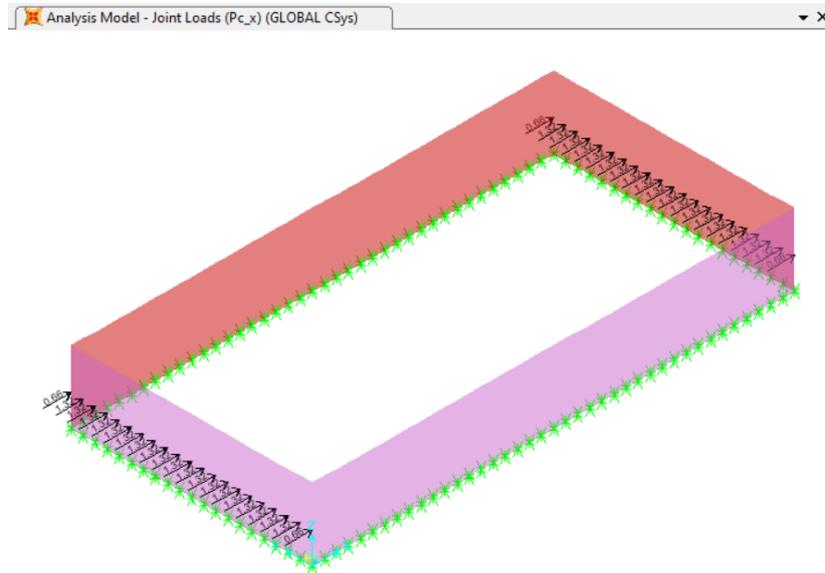
La capacidad portante del suelo sobre el cual se apoya la cisterna es de 7T/m<sup>2</sup>. Se asignó resortes (“area springs”) a los elementos tipo “shell” del fondo de la cisterna a través del módulo de balasto de 840T/m<sup>3</sup>, para considerar la interacción del suelo con la estructura.



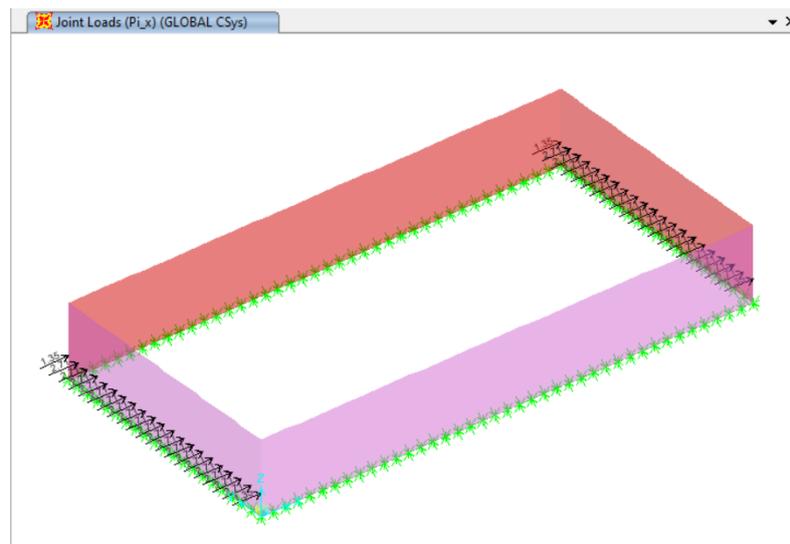
**Figura 4:** Modelo computacional de la cisterna

En la parte derecha de la Figura 4 se aprecia una vista en planta de la losa de fondo N+0.00. Se puede visualizar que la losa se encuentra modelada con elementos finitos.

### 1.10.1 Fuerza Convectiva dirección X

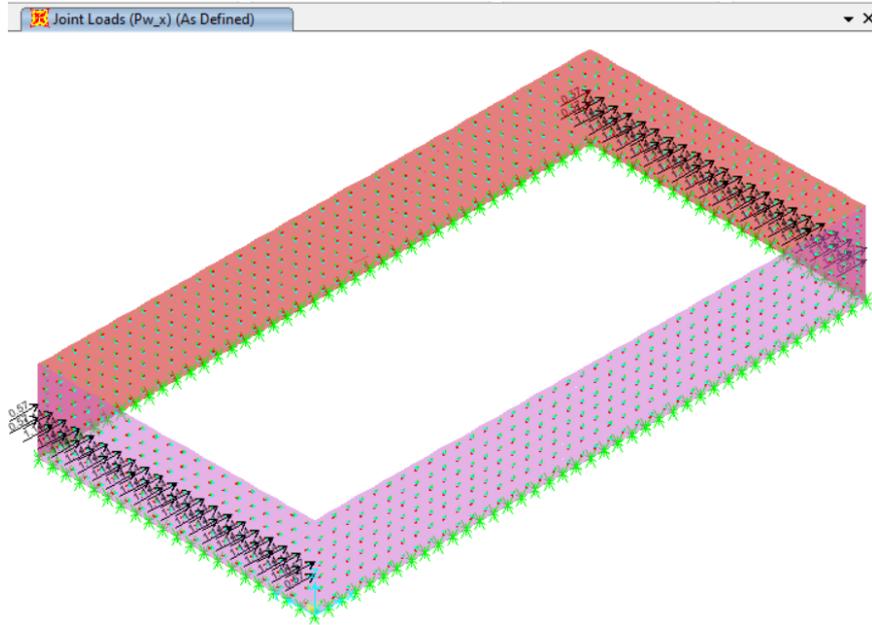


### 1.10.2 Fuerza Impulsiva dirección X

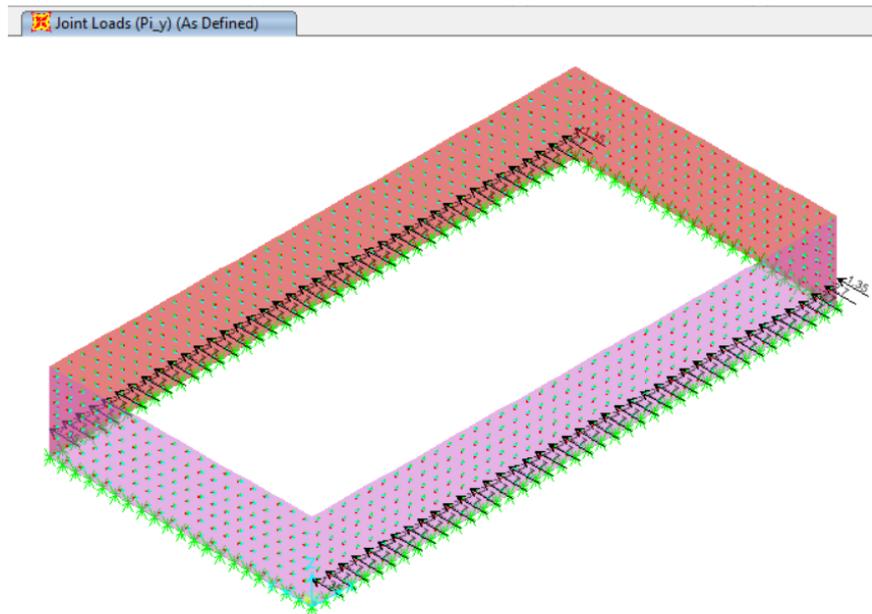




### 1.10.3 Fuerza lateral de inercia dirección X

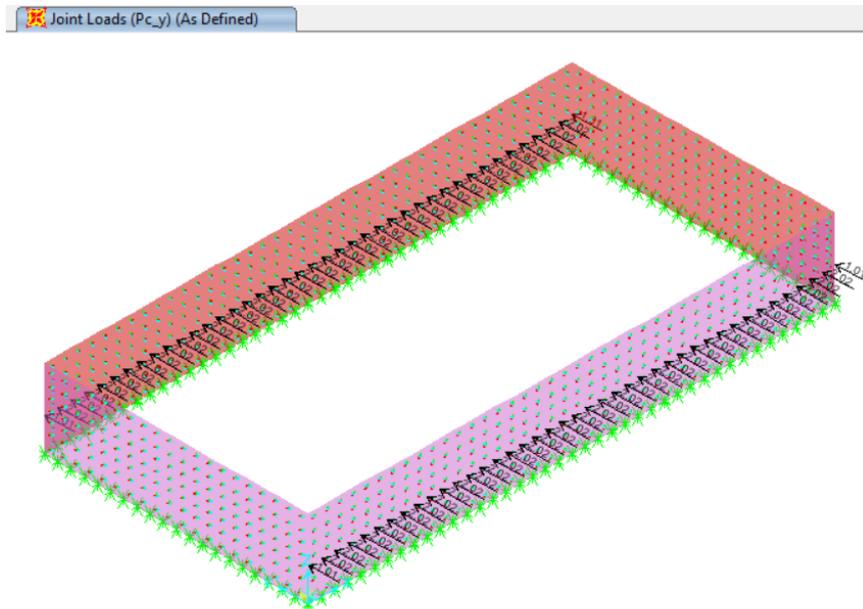


### 1.10.4 Fuerza Impulsiva Dirección Y

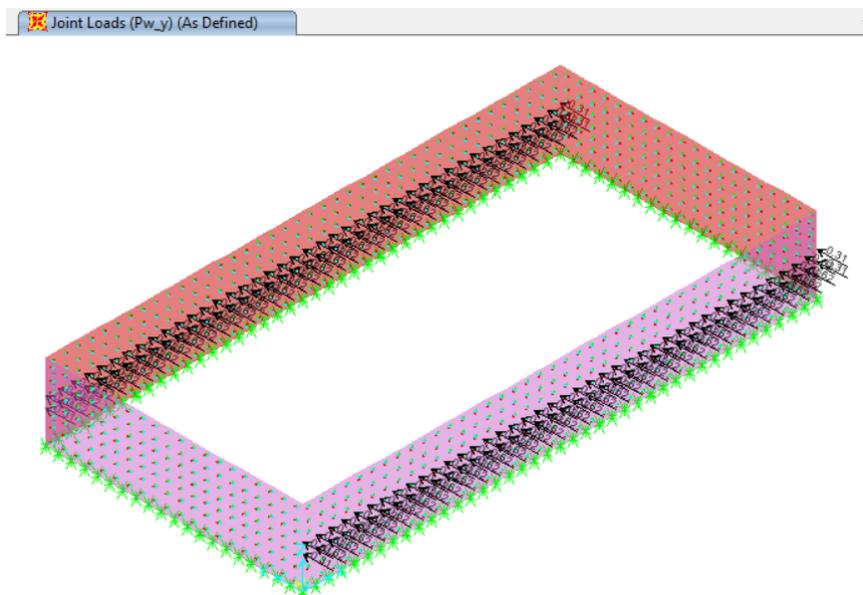




### 1.10.5 Fuerza Convectiva Dirección Y



### 1.10.6 Fuerza lateral de inercia dirección Y



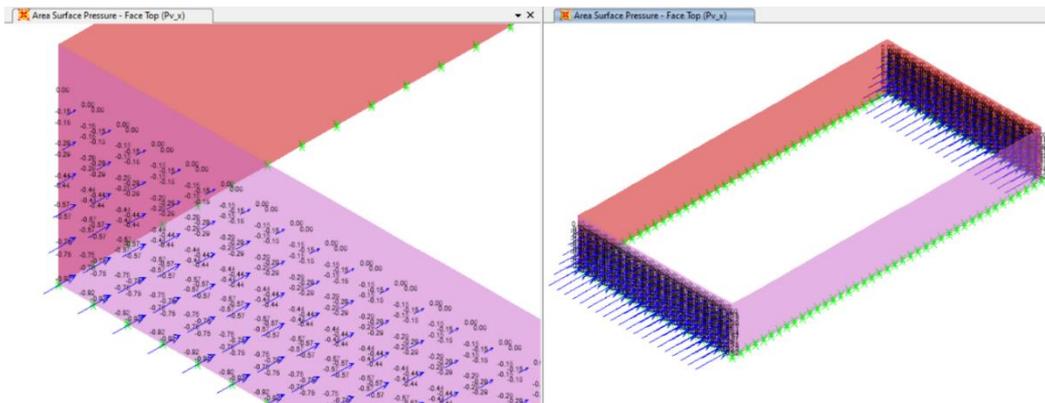
### 1.11 COMPONENTE DE ACELERACIÓN VERTICAL

Para considerar los efectos de aceleración vertical en la cisterna, se calcula la aceleración  $u_v$  mediante la ecuación (9) (ACI 350.3-01, 2001):

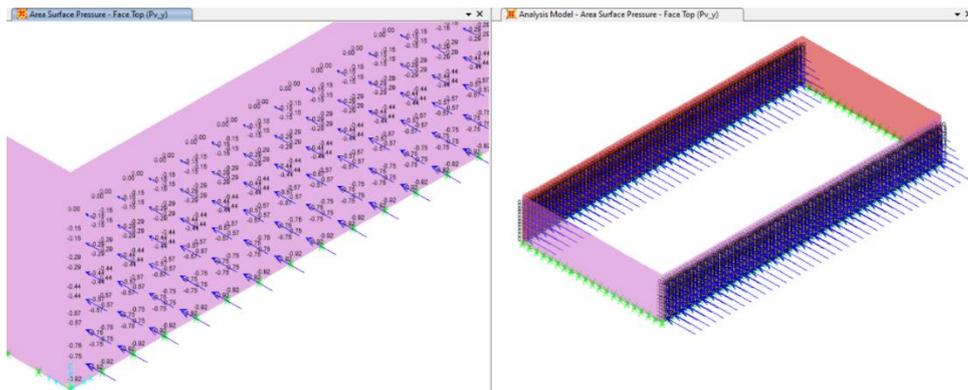
$$\ddot{u}_v = ZSC_v I \frac{b}{R_{wi}} \tag{9}$$

En donde:  $b=2/3$ , siendo la relación entre la aceleración vertical y horizontal, cuyo valor no debe ser menor a  $2/3$ ;  $C_v$  es un coeficiente igual a 1 para tanques rectangulares según las recomendaciones del ACI 350.3-01 (2001).

La presión hidrodinámica en el fondo de la cisterna debido a la aceleración vertical es de  $0.92T/m^2$ , obtenida entre el producto de la presión hidrostática de  $2.50T/m^2$  y la aceleración vertical  $u_v= 0.367$ . El estado de cargas generado por la componente vertical se denomina  $P_v$ .



**Figura 5:** Aplicación de las presiones debido a la aceleración vertical en paredes dirección X



**Figura 6:** Aplicación de las presiones debido a la aceleración vertical en paredes dirección Y

 <b>ALCALDÍA DE BOLÍVAR</b>	<b>ESTUDIO DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE AGUA, CAPTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN HACIA LA CIUDAD DE CALCETA, CANTÓN BOLÍVAR</b>	
	Memoria Técnica Estructural	Fecha: Agosto – 2023
Elaboración: MSc. Ing. Abel Zambrano Mejía		Página 22 de 50

## 1.12 FUERZAS LATERALES RESULTANTES

El ACI 350.3-06, establece que las fuerzas hidrodinámicas de inercia, impulsivas, convectivas y de la componente vertical, actúan en la cisterna durante un evento sísmico, pero no se considera la totalidad de la magnitud de cada una de ellas. Por tanto, propone combinar los efectos de todas las fuerzas calculando una carga resultante, utilizando el criterio SRRS, raíz cuadrada de la suma de los cuadrados con la ecuación (10):

$$P_{sismo} = \sqrt{(P_i + P_w)^2 + P_c^2 + P_v^2} \quad (10)$$

En donde:  $P_{sismo}$  es la fuerza sísmica resultante en la dirección X o en la dirección Y según la dirección de análisis.

Para considerar la fuerza resultante en el SAP2000 (CSI, 2020), se crea una combinación de carga denominada SX y SY (Fuerza sísmica en la dirección X y en la dirección Y) seleccionando las cargas  $(P_i + P_w)$ ,  $P_c$  y  $P_v$  en la dirección analizada. Finalmente se escoge la opción de combinación SRRS.

## 1.13 ESTADOS DE CARGA

Para la estructura analizada se establecen los estados de carga muerta, viva, hidrostática y sísmica (hidrodinámica).

### 1.13.1 Combinaciones de cargas últimas

Las combinaciones de cargas últimas para los elementos estructurales de la edificación son las siguientes:

1.  $1.4 \cdot D + Ex$
2.  $1.2 \cdot D + 1.2 \cdot F + L + Ex$
3.  $0.9 \cdot D + 1.2 \cdot F + Ex$
4.  $1.2 \cdot D + 1.2 \cdot F + Ex$
5.  $.4 \cdot D - 1.4 \cdot Ex$
6.  $1.2 \cdot D + 1.2 \cdot F + L - Ex$
7.  $0.9 \cdot D + 1.2 \cdot F - Ex$

 <b>ALCALDÍA DE BOLÍVAR</b>	<b>ESTUDIO DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE AGUA, CAPTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN HACIA LA CIUDAD DE CALCETA, CANTÓN BOLÍVAR</b>	
	Memoria Técnica Estructural	Fecha: Agosto – 2023
Elaboración: MSc. Ing. Abel Zambrano Mejía		Página 23 de 50

8.  $1.2 \cdot D + 1.2 \cdot F - Ex$
9.  $1.4 \cdot D + 1.4 \cdot Ey$
10.  $1.2 \cdot D + 1.2 \cdot F + L + Ey$
11.  $0.9 \cdot D + 1.2 \cdot F + Ey$
12.  $1.2 \cdot D + 1.2 \cdot F + Ey$
13.  $1.4 \cdot D - Ey$
14.  $1.2 \cdot D + 1.2 \cdot F + L - Ey$
15.  $0.9 \cdot D + 1.2 \cdot F - Ey$
16.  $1.2 \cdot D + 1.2 \cdot F - Ey$

Donde:

D = carga muerta

L = carga viva

F= carga de fluido hidrostática

Ex = carga sísmica horizontal de diseño en la dirección X obtenida como  $S_x + 0.3S_y$

Ey = carga sísmica horizontal de diseño en la dirección Y obtenida como  $S_y + 0.3S_x$

Sx = carga sísmica resultante dirección X:  $S_x = \sqrt{(P_{ix} + P_{wx})^2 + P_{cx}^2 + P_{vx}^2}$

Donde: Pix = fuerza impulsiva en X, Pwx= fuerza lateral de inercia en X, Pcx = fuerza convectiva en X, Pvx=fuerza de la componente vertical en X.

Sy = carga sísmica resultante dirección Y:  $S_y = \sqrt{(P_{iy} + P_{wy})^2 + P_{cy}^2 + P_{vy}^2}$

Donde: Piy = fuerza impulsiva en Y, Pwy= fuerza lateral de inercia en Y, Pcy = fuerza convectiva en Y, Pvy=fuerza de la componente vertical en Y.

#### 1.14 FACTORES DE REDUCCIÓN DE RESISTENCIA

Los factores de reducción de resistencia  $\phi$ , utilizados en este trabajo son los proporcionados por el código ACI 318-14 en la sección 9.3.2:

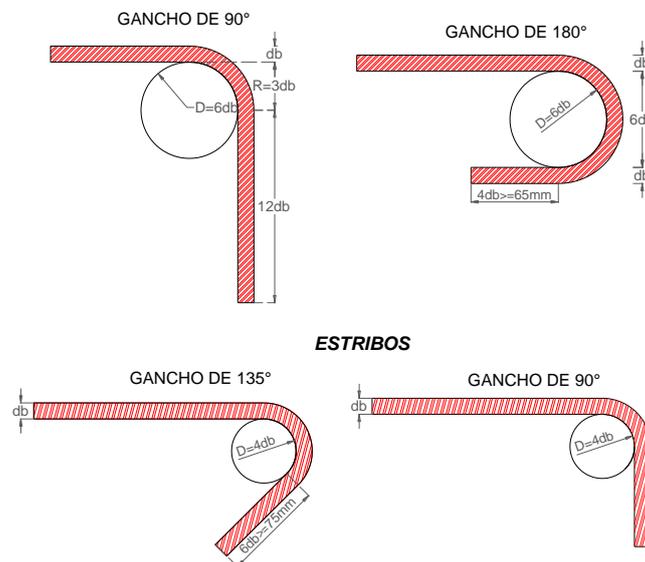
 <b>ALCALDÍA DE BOLÍVAR</b>	<b>ESTUDIO DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE AGUA, CAPTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN HACIA LA CIUDAD DE CALCETA, CANTÓN BOLÍVAR</b>	
	Memoria Técnica Estructural	Fecha: Agosto – 2023
	Elaboración: MSc. Ing. Abel Zambrano Mejía	Página 24 de 50

- Flexión sin carga axial,  $\phi = 0.90$
- Tracción axial y tracción axial con flexión,  $\phi = 0.90$
- Compresión axial y flexocompresión: columnas con estribos,  $\phi = 0.65$
- Corte y torsión,  $\phi = 0.75$
- Aplastamiento en el concreto,  $\phi = 0.65$

## 1.15 ANCLAJE DEL ACERO

### 1.15.1 Ganchos

Los ganchos permiten anclar el acero de refuerzo al hormigón, evitando el deslizamiento de las varillas. En la Figura 7 se detallan los ganchos de 90°, 135° y 180° para la armadura longitudinal y transversal, tal como lo señala el Código ACI 318-14.



**Figura 7:** Ganchos estándar de acero de refuerzo longitudinal y transversal

## 1.16 VERIFICACIÓN DE ESTABILIDAD

Se realiza el chequeo de la estabilidad de la cisterna al deslizamiento, volteo y los esfuerzos admisibles del suelo.

 <b>ALCALDÍA DE BOLÍVAR</b>	<b>ESTUDIO DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE AGUA, CAPTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN HACIA LA CIUDAD DE CALCETA, CANTÓN BOLÍVAR</b>	
	Memoria Técnica Estructural	Fecha: Agosto – 2023
Elaboración: MSc. Ing. Abel Zambrano Mejía		Página 25 de 50

**Tabla 6:** Chequeo del deslizamiento y volteo para la carga sísmica en la dirección X

VERIFICACIÓN DE ESTABILIDAD	
<b>Deslizamiento</b>	
Peso de la tapa	104.81 T
Peso de las paredes	132.19 T
Peso de la cimentación	209.63 T
Peso del líquido	500.00 T
<b>Peso total</b>	<b>947 T</b>
Coeficiente fricción entre el suelo y el concreto	
	0.70
V en la base	75.14 T
<b>Factor seguridad</b>	<b>8.82 DESLIZAMIENTO</b>
Momento resistente	9750.29 Tm
h'i	8.35 Eq. 9-7 ACI-350
h'c	17.04 Eq. 9-8 ACI-350
M'i	301.2233
M'c	448.0885
Mw	45.70538
Mo	566.6947 Tm
<b>Factor seguridad</b>	<b>17.21 VOLTEO</b>

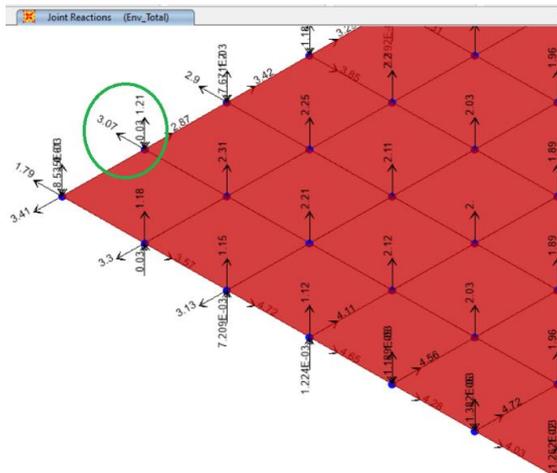
**Tabla 7:** Chequeo del deslizamiento y volteo para la carga sísmica en la dirección Y

VERIFICACIÓN DE ESTABILIDAD	
<b>Deslizamiento</b>	
Peso de la tapa	104.81 T
Peso de las paredes	132.19 T
Peso de la cimentación	209.63 T
Peso del líquido	500.00 T
<b>Peso total</b>	<b>947 T</b>
Coeficiente fricción entre el suelo y el concreto	
	0.70
V en la base	140.22 T
<b>Factor seguridad</b>	<b>4.73 DESLIZAMIENTO</b>
Momento resistente	5017.14 Tm
h'i	4.03 Eq. 9-7 ACI-350
h'c	4.96 Eq. 9-8 ACI-350
M'i	289.9908
M'c	401.1482
Mw	49.51251
Mo	525.5305 Tm
<b>Factor seguridad</b>	<b>9.55 VOLTEO</b>

Se aprecia que tanto para la dirección X y la dirección Y, los factores de seguridad de deslizamiento y volteo son mayores a 1.5. Por lo tanto, cumple los requerimientos.



### 1.17.2.2 Nudo crítico de borde



**Figura 9:** Chequeo de un nudo crítico del perímetro de la losa  $P=1.21$  T

Área colaborante	0.125 m <sup>2</sup>
Pu (envolvente)	1.21 T
$\sigma = P/A$	9.68 T/m <sup>2</sup>

Se puede observar que por carga total uniforme tipo gravitatoria la cisterna tiene un esfuerzo de  $6.10\text{T/m}^2$ , el cual cumple con la capacidad portante de  $7\text{T/m}^2$ . Sin embargo, para el nudo más crítico central y de borde donde se toman en cuenta las cargas estáticas y dinámicas se tiene un esfuerzo de  $9.24\text{T/m}^2$  y  $9.68\text{T/m}^2$ , respectivamente. Por lo tanto, se recomienda que se mejore el suelo bajo cimentación para garantizar una capacidad de  $10\text{T/m}^2$ .

## 1.18 VERIFICACIÓN DEL ESFUERZO CORTANTE

Se calcula el cortante sísmico en cada dirección de análisis X e Y, para lo cual se aprecia que el espesor de las paredes satisface la demanda requerida.

**Tabla 8:** Chequeo del cortante en la dirección X

CORTANTE		
$V_u = 1.4 V =$	105.20 T	
$A_{cv} = l_w * t$	6.00 m <sup>2</sup>	60000 cm <sup>2</sup>
$V_u/2 =$	52.60 T	Cortante resistente de la pared
$0.27 A_{cv} * f'c^{.5}$	271.0778 T	OK
$\phi V_c = \phi 0.5 f'c^{.5} * b * d =$	14.43239 T	

**Tabla 9:** Chequeo del cortante en la dirección Y

**CORTANTE**

$V_u = 1.4 V =$	196.31 T	
$A_{cv} = l_w * t$	3.00 m <sup>2</sup>	30000 cm <sup>2</sup>
$V_u/2 =$	98.15 T	Cortante actuante en la pared
$0.27 A_{cv} * f'_c^{.5}$	135.54 T	OK
$\phi V_c = \phi 0.5 f'_c^{.5} * b * d =$	14.43239 T	

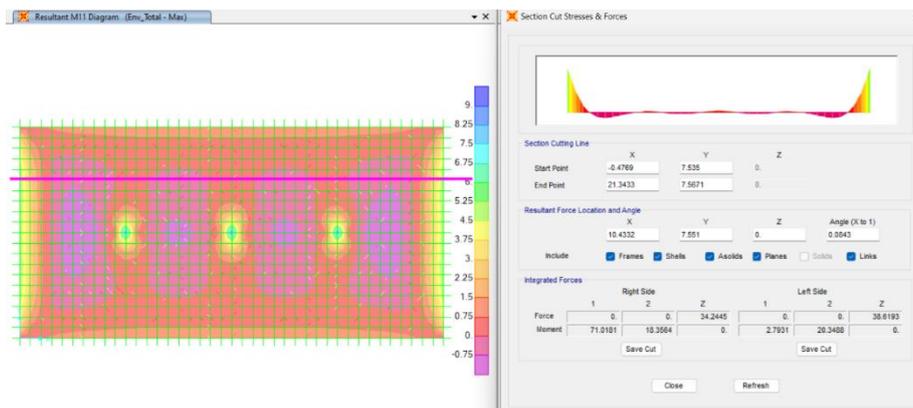
## 1.19 DISEÑO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Una vez definido el modelo computacional de la estructura y habiendo realizado las respectivas verificaciones se obtienen los siguientes resultados.

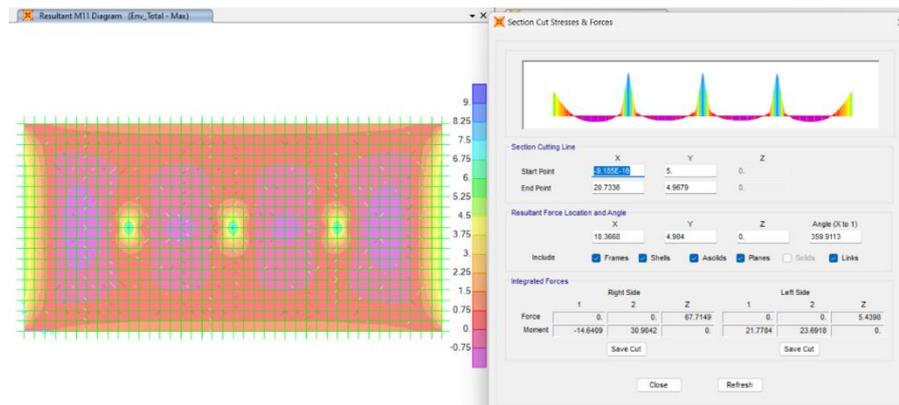
### 1.19.1 LOSA DE FONDO

#### 1.19.1.1 Momento máximo fibra inferior dirección X (M11)

Franja a L/4



Franja a L/2

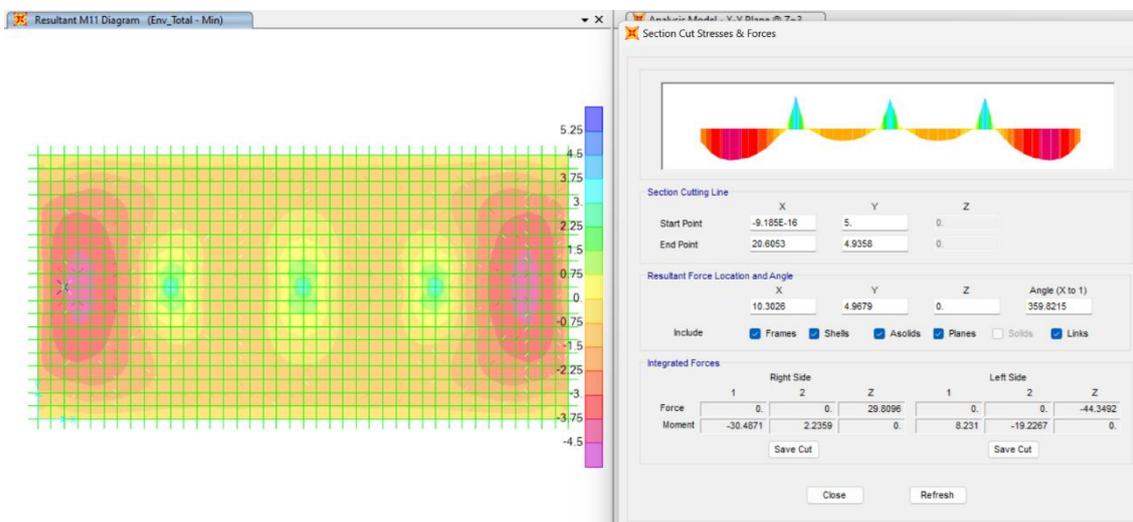


Para el momento último de 5.03T-m se calcula la armadura longitudinal:

<b>b</b> =	<b>100</b>	cm
<b>h</b> =	<b>40</b>	cm
<b>r</b> =	<b>7</b>	cm
<b>d</b> =	<b>33</b>	cm
<b>f'c</b> =	<b>280</b>	kg/cm <sup>2</sup>
<b>fy</b> =	<b>4200</b>	kg/cm <sup>2</sup>
<b>Mu</b> =	<b>5.03</b>	T-m
<b>k</b> =	0.01833	
<b>ρ</b> =	0.00124	
<b>As</b> =	<b>4.08</b>	cm <sup>2</sup>
<b>As</b> min flexión =	11.00	cm <sup>2</sup>
<b>As</b> temperatura =	7.20	cm <sup>2</sup>
<b>As</b> máx =	33.00	cm <sup>2</sup>

Se aprecia que la armadura longitudinal mínima por flexión es 11cm<sup>2</sup>. Sin embargo, conforme al código ACI se puede trabajar con 4/3 del acero calculado (4/3\*4.08cm<sup>2</sup>) y en este caso se adopta varillas de 14mm cada 20cm (7.7cm<sup>2</sup>), que es mayor que el acero de temperatura.

### 1.19.1.2 Momento máximo fibra superior dirección X (M11)



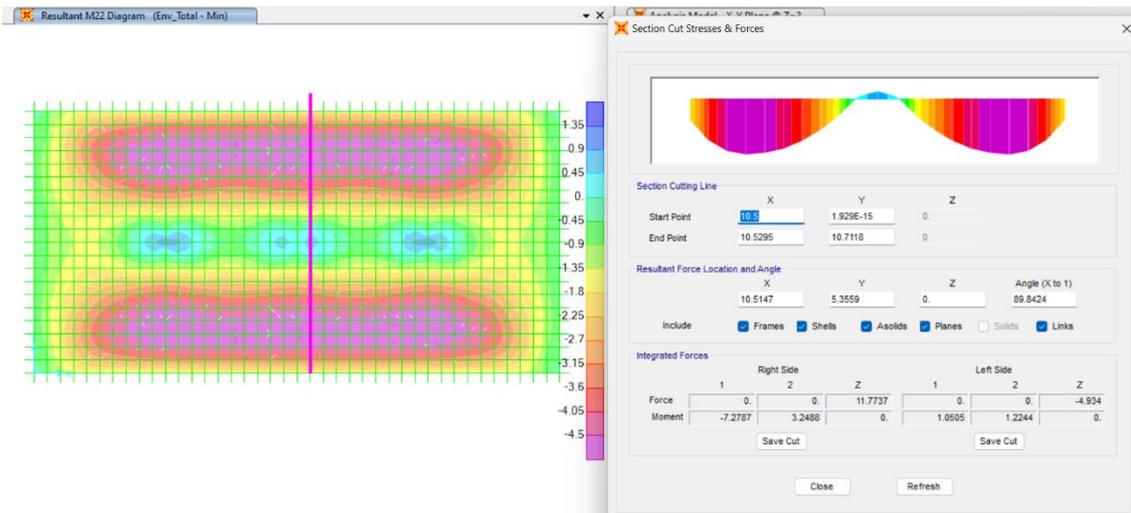
Se aprecia que la armadura longitudinal calculada es de 3.18cm<sup>2</sup>, la cual es menor que el acero mínimo por flexión. Sin embargo, conforme al código ACI se puede trabajar con

 <b>ALCALDÍA DE BOLÍVAR</b>	<b>ESTUDIO DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE AGUA, CAPTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN HACIA LA CIUDAD DE CALCETA, CANTÓN BOLÍVAR</b>	
	Memoria Técnica Estructural	Fecha: Agosto – 2023
Elaboración: MSc. Ing. Abel Zambrano Mejía		Página 30 de 50

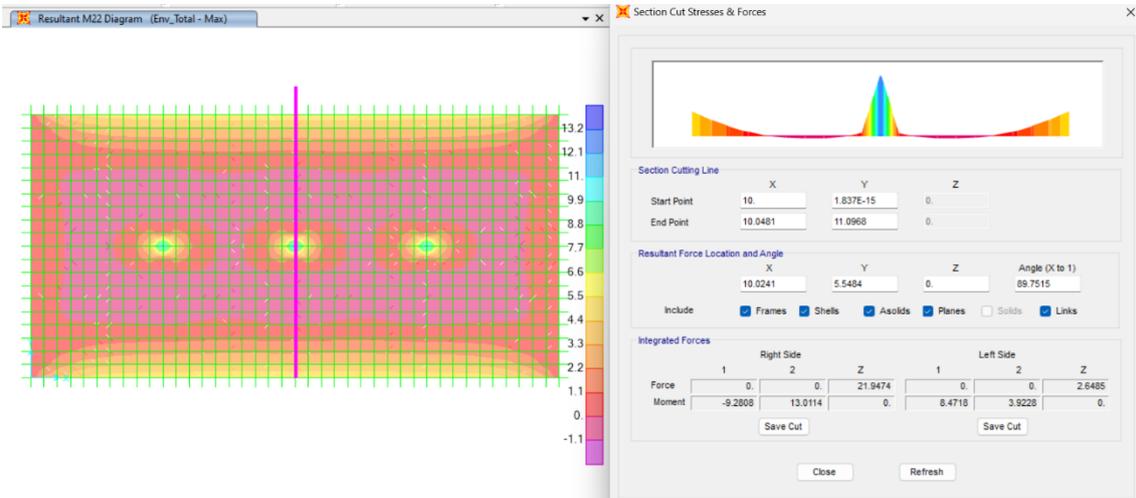
4/3 del acero calculado ( $4/3 \cdot 3.18 \text{ cm}^2$ ) y en este caso se adopta varillas de 14mm cada 20cm ( $7.7 \text{ cm}^2$ ), que es mayor que el acero de temperatura.

<b>b =</b>	<b>100</b>	cm
<b>h =</b>	<b>40</b>	cm
<b>r =</b>	<b>7</b>	cm
<b>d =</b>	<b>33</b>	cm
<b>f'c =</b>	<b>280</b>	kg/cm <sup>2</sup>
<b>fy =</b>	<b>4200</b>	kg/cm <sup>2</sup>
<b>Mu =</b>	<b>3.93</b>	T-m
<b>k =</b>	0.01432	
<b>ρ =</b>	0.00096	
<b>As =</b>	<b>3.18</b>	cm <sup>2</sup>
<b>As<sub>min flexión</sub> =</b>	11.00	cm <sup>2</sup>
<b>As<sub>temperatura</sub> =</b>	7.20	cm <sup>2</sup>
<b>As<sub>máx</sub> =</b>	33.00	cm <sup>2</sup>

### 1.19.1.3 Momento máximo fibra superior dirección Y (M22)

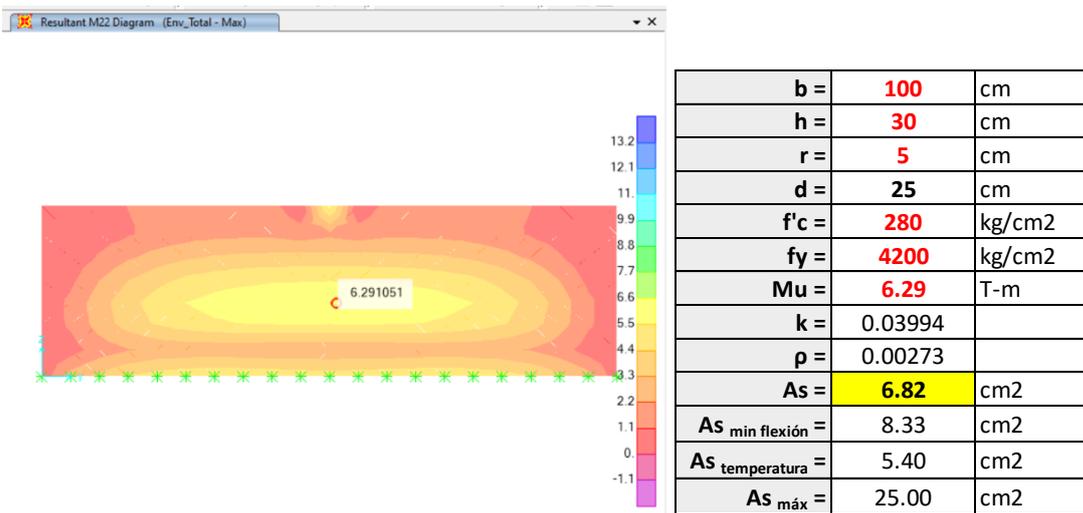


### 1.19.1.4 Momento máximo fibra inferior dirección Y (M22)



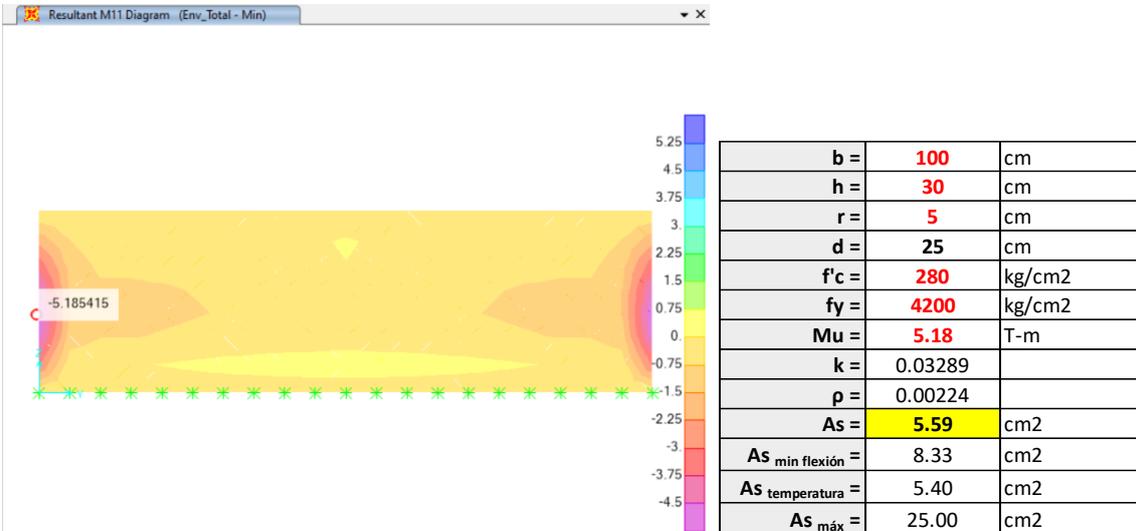
## 1.19.2 PAREDES LADO CORTO

### 1.19.2.1 Armado vertical – momento máximo



El acero requerido es de 6.82cm<sup>2</sup> y el acero por flexión es de 8.33cm<sup>2</sup>. Por lo tanto, se adopta 1φ14mm@15cm (10.27cm<sup>2</sup>) cumpliendo satisfactoriamente.

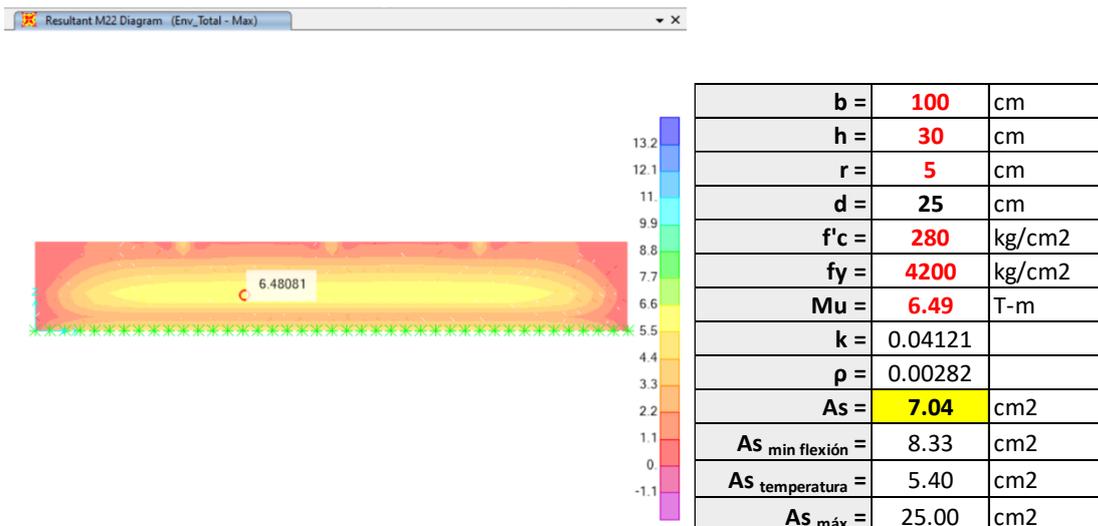
### 1.19.2.2 Armado horizontal – momento máximo



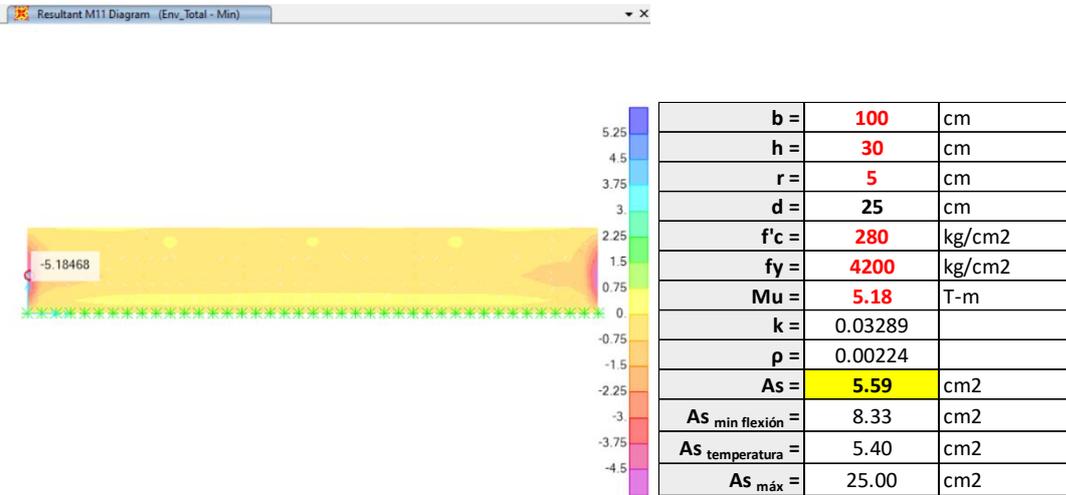
El acero requerido es de 5.59cm<sup>2</sup> y el acero por flexión es de 8.33cm<sup>2</sup>. Por lo tanto, se puede trabajar con 4/3 del acero calculado ( $4/3 \cdot 5.59 = 7.45 \text{cm}^2$ ) y en ese caso se adopta 1φ14mm@20cm (7.7cm<sup>2</sup>) cumpliendo satisfactoriamente.

### 1.19.3 PAREDES LADO LARGO

#### 1.19.3.1 Armado vertical – momento máximo



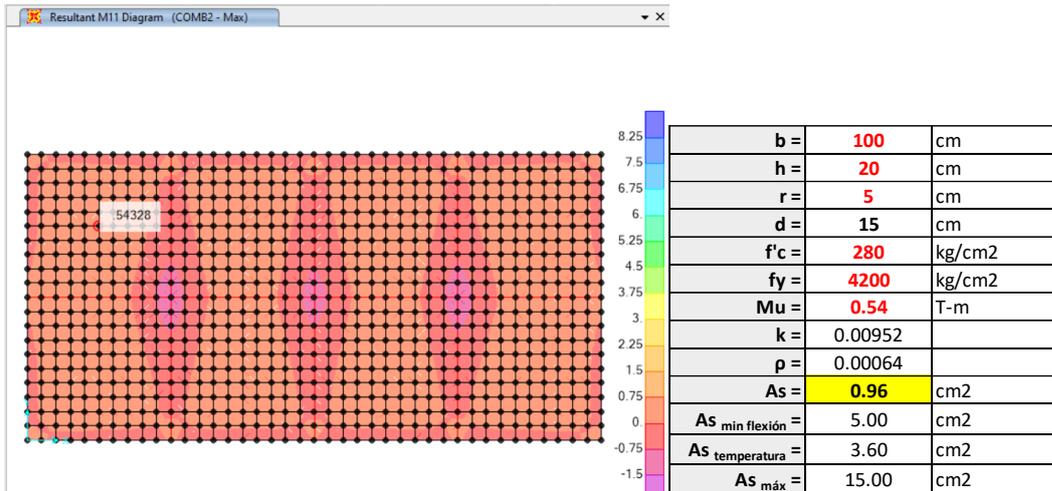
El acero requerido es de 7.04cm<sup>2</sup> y el acero por flexión es de 8.33cm<sup>2</sup>. Por lo tanto, se adopta 1φ14mm@15cm (10.27cm<sup>2</sup>) cumpliendo satisfactoriamente.



#### 1.19.4 LOSA DE TAPA

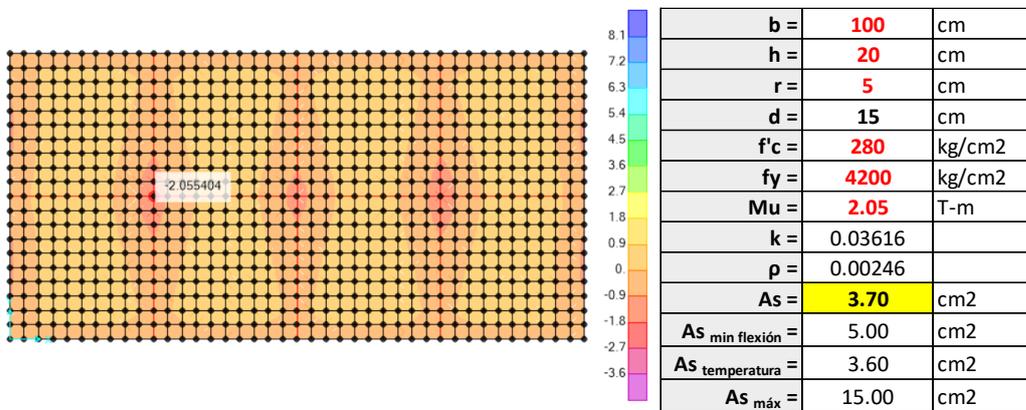
En la losa de tapa se consideró una fracción de la fuerza convectiva para cada dirección de análisis X e Y. La losa de tapa se consideró una carga viva de 70kg/m<sup>2</sup>, así como lo establece la Norma Ecuatoriana de la Construcción, por tratarse de una losa de cubierta.

##### 1.19.4.1 Armado dirección X (M11)



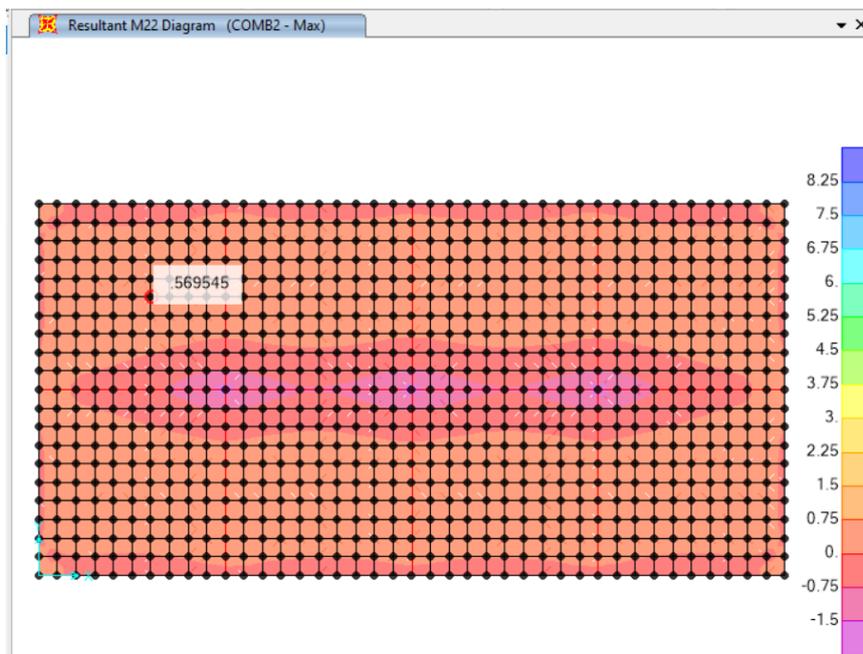
El acero requerido se encuentra por debajo del mínimo por temperatura. Por ello se adopta este acero como mínimo (3.60cm<sup>2</sup>). Es por eso que se adopta  $\phi 12\text{mm}@25\text{cm}$  (4.521cm<sup>2</sup>).

Resultant M11 Diagram (COMB2 - Min)

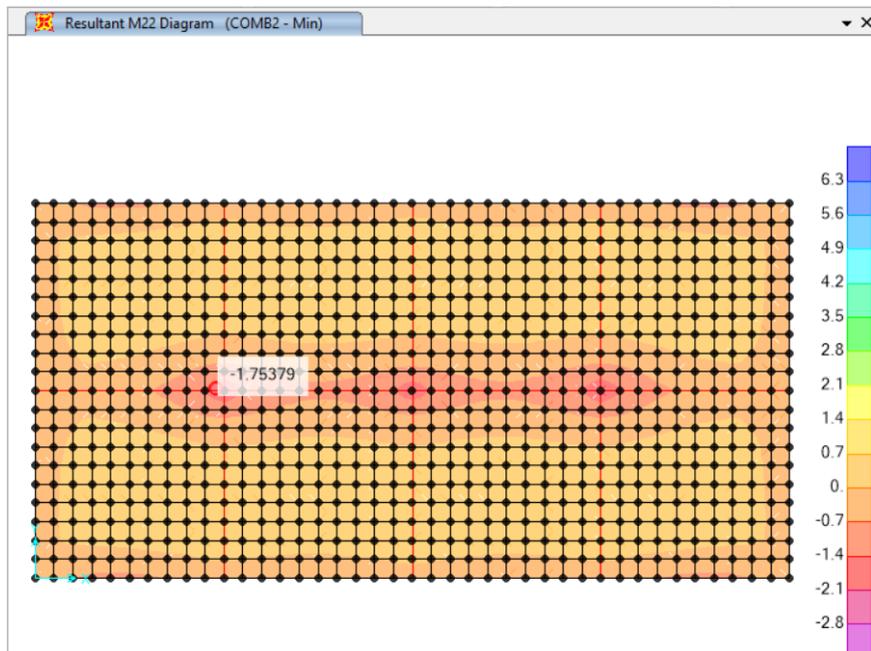


El acero requerido es 3.70cm<sup>2</sup>. Por ello se adopta este acero como mínimo (5.0cm<sup>2</sup>). Es por eso que se adopta  $\phi 12\text{mm}@15\text{cm}$  (7.54cm<sup>2</sup>).

#### 1.19.4.2 Armado dirección Y (M22)



Se aplica el mismo armado  $1\phi 12\text{mm}@25\text{cm}$



Se aplica el mismo armado  $1\phi 12\text{mm}@15\text{cm}$

## 1.20 RESUMEN DE RESULTADOS DEL ARMADO

**Tabla 10:** Resumen del armado propuesto

Elemento	Espesor [m]	Armadura propuesta	
Losa de fondo	0.4	Armadura superior	$1\phi 14\text{mm}@20\text{cm X-Y}$
		Armadura inferior	$1\phi 14\text{mm}@20\text{cm X-Y}$
Losa de tapa	0.2	Armadura superior	$1\phi 12\text{mm}@15\text{cm X-Y}$
		Armadura inferior	$1\phi 12\text{mm}@25\text{cm X-Y}$
Pared corta	0.3	Armadura vertical	$1\phi 14\text{mm}@15\text{cm c/cara}$
		Armadura horizontal	$1\phi 14\text{mm}@20\text{cm c/cara}$
Pared larga	0.3	Armadura vertical	$1\phi 14\text{mm}@15\text{cm c/cara}$
		Armadura horizontal	$1\phi 14\text{mm}@20\text{cm c/cara}$

 <b>ALCALDÍA DE BOLÍVAR</b>	<b>ESTUDIO DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE AGUA, CAPTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN HACIA LA CIUDAD DE CALCETA, CANTÓN BOLÍVAR</b>	
	Memoria Técnica Estructural	Fecha: Agosto – 2023
Elaboración: MSc. Ing. Abel Zambrano Mejía		Página 36 de 50

## **MEMORIA TÉCNICA ESTRUCTURAL**

### **2. ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE CUBIERTA DE PLANTA DE TRATAMIENTO**

#### **2.1 PRELIMINARES**

#### **2.2 INTRODUCCIÓN**

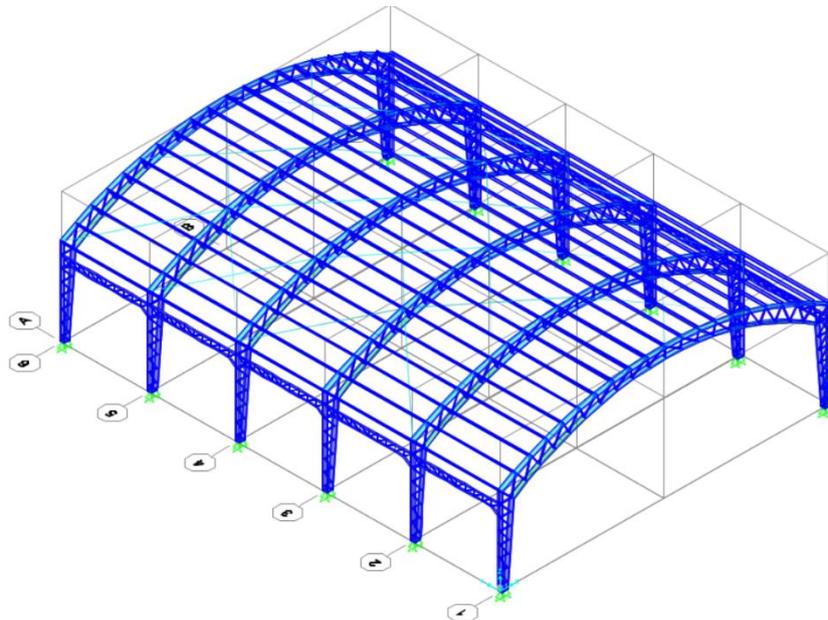
En esta sección se presenta el análisis estructural de la estructura de cubierta para la Planta de tratamiento que consiste en una nave industrial o galpón de acero ASTM A572 Gr. 50, perteneciente al proyecto "ESTUDIO DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE AGUA, CAPTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN HACIA LA CIUDAD DE CALCETA, CANTÓN BOLÍVAR".

Se genera un modelo computacional tridimensional en el programa SAP2000 para simular el comportamiento sísmico del galpón, obteniendo los esfuerzos internos utilizados en la fase de diseño.

#### **2.3 SISTEMA ESTRUCTURAL**

El sistema estructural del galpón está conformado por columnas y vigas metálicas tipo cercha. La cubierta está soportada por perfiles tipo G o correas de 150x50x15x3mm, con luces de 6m y ancho colaborante de hasta de 1.18m. Para lo cual se recomienda que la cubierta de galvalume tenga un espesor mínimo de 0.35mm.

 <b>ALCALDÍA DE BOLÍVAR</b>	<b>ESTUDIO DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE AGUA, CAPTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN HACIA LA CIUDAD DE CALCETA, CANTÓN BOLÍVAR</b>	
	Memoria Técnica Estructural	Fecha: Agosto – 2023
Elaboración: MSc. Ing. Abel Zambrano Mejía		Página 37 de 50



**Figura 10:** Galpón como estructura de cubierta para planta de tratamiento

## 2.4 CIMENTACIÓN

La fundación del galpón consiste en Plintos o cimentación aislada. Para el análisis estructural se consideró una capacidad portante del suelo de  $7T/m^2$  y la clasificación para el cálculo de la fuerza sísmica se tomó como un suelo tipo “D”, de acuerdo con el informe geotécnico.

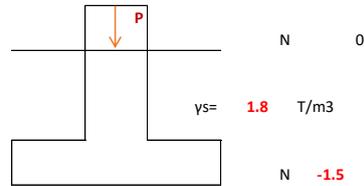
Para el diseño de la cimentación se consideró las combinaciones de las cargas gravitacionales y las combinaciones que incluyen además las cargas sísmicas en las dos direcciones ortogonales. Luego de los análisis efectuados en las columnas, se determinó un tipo de plinto P1, el cual se detalla en los planos estructurales.

A continuación, en la Figura 11 se muestran los resultados del análisis del plinto P1 de  $1.3 \times 1.6m$ .



**DATOS:**

$f'c=$	<b>240</b>	kg/cm <sup>2</sup>
$f_y=$	<b>4200</b>	kg/cm <sup>2</sup>
$D=$	<b>1.66</b>	T
$L=$	<b>6.7</b>	T
Sobrecarga=	<b>0</b>	T/m <sup>2</sup>
$\sigma_a=$	<b>7</b>	T/m <sup>2</sup>
$b=$	<b>55</b>	cm
$h=$	<b>85</b>	cm



**Determinación del Área de la zapata**

a) Peso total del relleno y sobrecarga

2.7 T/m<sup>2</sup>

b) Capacidad neta del suelo

4.3 T/m<sup>2</sup>

c) Área de la cimentación

$A_f = 1.94418605 \text{ m}^2$

Para columna cuadrada  $B=H= 1.39434072 \text{ m}$

**Alternativa para las dimensiones de la zapata**

$A_f = 1.19428571 * 1.5 = 1.7914 \text{ m}^2$

$A = 1.94418605 \text{ m}^2$

$B = 1.3$

$A = 2.08 \text{ m}^2$

OK

$H = 1.6$

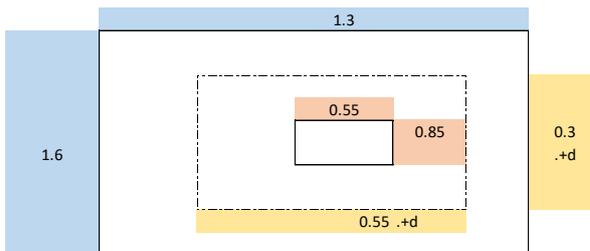
**2) Cargas factorizadas**

$P_u = 12.712 \text{ T}$

$q_s = \sigma_s = 6.11153846 \text{ T/m}^2 = 0.87307692 \text{ q}_a$

OK

**3) Determinación del espesor de la zapata**



$b_o = 3.52 \text{ m}$

$B_c = L/C = 0.64705882$

*El espesor de la zapata se escoge en base a corte combinado y corte de punzonamiento*

Asumir  $d = 18 \text{ cm}$

$r = 7 \text{ cm}$

$h = 25 \text{ cm}$

$b_w = 130 \text{ cm}$

$l = 4.5 \text{ cm}$

Área tributaria = 0.0585 m<sup>2</sup>

$V_u = 0.357525 \text{ T}$

$\phi V_n = \phi * 0.53 * f'c * 0.5 * b_w * l = 16.3311314 \text{ T}$

OK

**4) Diseño por punzonamiento**

Área tributaria = 1.3281 m<sup>2</sup>

$V_u = 8.11673423 \text{ T}$

$\alpha_s = 20$

$$V_u / f'c * 0.5 * b_w * d \leq \begin{cases} 0.26(2 + 4/B_c) & 2.12727 \\ 0.26(\alpha_s * d / b_o + 2) & 0.78591 \end{cases} \quad 0.78591$$

$$\phi V_n = \phi * f'c * 0.5 * b_o * d = 65.5710333 \text{ T} \quad \text{OK}$$

**Figura 11: Análisis del Plinto tipo "P1"**

 <b>ALCALDÍA DE BOLÍVAR</b>	<b>ESTUDIO DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE AGUA, CAPTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN HACIA LA CIUDAD DE CALCETA, CANTÓN BOLÍVAR</b>	
	Memoria Técnica Estructural	Fecha: Agosto – 2023
Elaboración: MSc. Ing. Abel Zambrano Mejía		Página 39 de 50

## 2.5 CÓDIGOS Y NORMAS DE DISEÑO

Para el diseño de los elementos estructurales se observaron las disposiciones contenidas en los siguientes códigos y reglamentos:

- NEC-SE-CG (2015). Norma Ecuatoriana de la Construcción (2015). Cargas No Sísmicas. Quito, Ecuador: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda.
- NEC-SE-DS (2015). Norma Ecuatoriana de la Construcción (2015). Peligro sísmico: Diseño sismo resistente. Quito, Ecuador: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda.
- NEC-SE-HM (2015). Norma Ecuatoriana de la Construcción (2015). Estructuras de Hormigón Armado. Quito, Ecuador: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda.
- NEC\_SE\_AC (2015). Norma Ecuatoriana de la Construcción (2015). Estructuras de Acero. Quito, Ecuador: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda.
- ACI 318-14: Reglamento para las construcciones de concreto estructural y comentarios ACI 318R-14
- ACI 318-99: Reglamento para las construcciones de concreto estructural y comentarios ACI 318R-99
- Reglamento Argentino de Construcción INPRES CIRSOC 103
- AISC (2010a), "AISC 360-10 Specification for Structural Steel Buildings", American Institute of Steel Construction, Chicago, IL.
- AISI: American Iron and Steel Institute

## 2.6 CARGAS UTILIZADAS

Para el análisis y diseño estructural de la residencia se tienen en cuenta los siguientes estados de carga.

### 2.6.1 CARGA MUERTA

La carga muerta o permanente es la carga debida al peso propio de los elementos estructurales y no estructurales. Se considera el peso específico del hormigón armado

 <b>ALCALDÍA DE BOLÍVAR</b>	<b>ESTUDIO DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE AGUA, CAPTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN HACIA LA CIUDAD DE CALCETA, CANTÓN BOLÍVAR</b>	
	Memoria Técnica Estructural	Fecha: Agosto – 2023
Elaboración: MSc. Ing. Abel Zambrano Mejía		Página 40 de 50

de 2400 kg/m<sup>3</sup> y del acero de 7850 kg/m<sup>3</sup>. Además, se consideró la carga muerta sobre impuesta (peso del techo, luminarias, etc).

### 2.6.2 CARGA VIVA

La carga viva es producto de la utilización de la estructura. La carga viva asignada para una cubierta es de 0.07 T/m<sup>2</sup>, de acuerdo con la NEC-SE-CG (2015)

### 2.6.3 CARGA SÍSMICA

El cálculo de las fuerzas sísmicas se determina aplicando el método estático y dinámico de la Norma Ecuatoriana de la Construcción, NEC-SE-DS (2015), para lo cual se emplea la ecuación (1). Las variables que intervienen en la ecuación (1) se explican más adelante.

$$V = \frac{IS_a}{R\Phi_P\Phi_E}W \quad (1)$$

#### 2.6.3.1 Factor de zona sísmica Z

Z = 0.5, para ciudad de Manta por ubicarse en la zona VI (alto peligro sísmico)

#### 2.6.3.2 Factor de importancia I

I= factor de importancia = 1

#### 2.6.3.3 Aceleración espectral Sa

En primer lugar, se estima el período fundamental de vibración con la expresión:

$$T = C_t(h_n)^\alpha$$

Donde: Ct=0.072 y α=0.8 por ser una estructura de acero sin arriostramiento; hn es la altura total de la edificación. En este caso se consideró hn=9.0m. Reemplazando los datos se tiene el período.

$$T = 1.3(0.418) = 0.543s$$

La relación de amplificación espectral η=1.8 por encontrarse la residencia en la Costa.

 <b>ALCALDÍA DE BOLÍVAR</b>	<b>ESTUDIO DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE AGUA, CAPTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN HACIA LA CIUDAD DE CALCETA, CANTÓN BOLÍVAR</b>	
	Memoria Técnica Estructural	Fecha: Agosto – 2023
Elaboración: MSc. Ing. Abel Zambrano Mejía		Página 41 de 50

El suelo se lo clasifica como perfil tipo D, según el estudio de mecánica de suelos. Por lo tanto, se tienen los siguientes coeficientes:

$$F_a = 1.12$$

$$F_d = 1.11$$

$$F_s = 1.40$$

$$r = 1.0$$

Se determina  $T_0$  y  $T_c$  a partir de los coeficientes  $F_a$ ,  $F_d$ ,  $F_s$ , para determinar los rangos de período del espectro.

$$T_0 = 0.139s$$

$$T_c = 0.763s$$

El valor de la aceleración espectral de acuerdo con los rangos establecidos y el período fundamental de vibración es  $S_a = 1.008g$

#### 2.6.4 Factor de reducción de resistencia sísmica R

$R = 2.5$ . Se escogió un valor de 2.5, considerando a la edificación como una estructura de ductilidad limitada o estructura tipo nave industrial conforme a la NEC-SE-DS (2015).

#### 2.6.5 Coeficiente de configuración en planta $\Phi_P$

Tomando en cuenta los tipos de irregularidad presentados se tiene el siguiente coeficiente:

$$\Phi_P = \Phi_{PA} \cdot \Phi_{PB} = 1.0$$

#### 2.6.6 Coeficiente de configuración en elevación $\Phi_E$

Para los tipos de irregularidad en elevación se tiene el siguiente valor:

$$\Phi_E = \Phi_{EA} \cdot \Phi_{EB} = 1.00$$

#### 2.6.7 Coeficiente sísmico

Con todas las variables obtenidas se calcula el coeficiente sísmico.

 <b>ALCALDÍA DE BOLÍVAR</b>	<b>ESTUDIO DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE AGUA, CAPTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN HACIA LA CIUDAD DE CALCETA, CANTÓN BOLÍVAR</b>	
	Memoria Técnica Estructural	Fecha: Agosto – 2023
Elaboración: MSc. Ing. Abel Zambrano Mejía		Página 42 de 50

$$Coef = \frac{IS_a}{R\Phi_p\Phi_E} = 0.403$$

### 2.6.8 Distribución del cortante basal por piso

El cortante basal se distribuye sobre la altura de la estructura con la ecuación:

$$F_x = \frac{(V - F_t)W_x h_x}{\sum_{i=1}^n (w_i h_i)}$$

### 2.6.9 Masa Sísmica

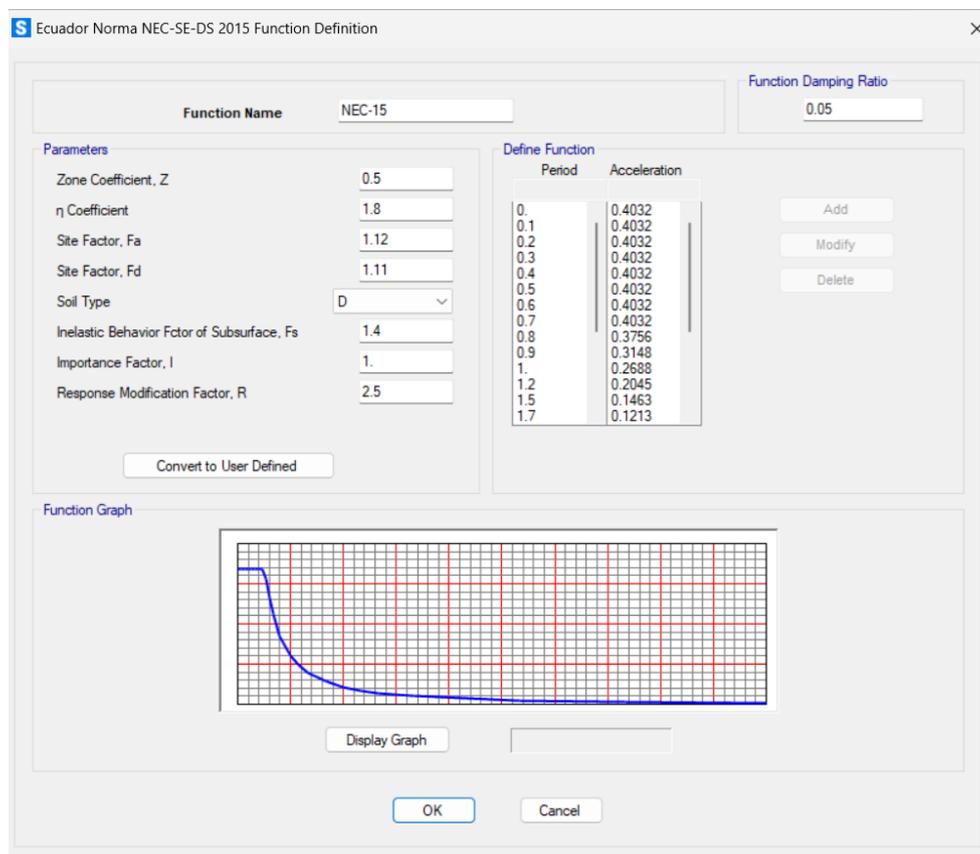
La masa sísmica fue calculada sumando la carga muerta total del peso propio de la estructura y la carga muerta sobrepuesta. Se considera además un 25% de la carga viva conforme la NEC-11, por ser un criterio más conservador que la NEC-15. El factor de masa participativa mínimo: 90% para el análisis dinámico modal espectral.

### 2.6.10 Espectro de Diseño

Para determinar el comportamiento de la estructura sometida a demandas sísmicas, se realizó además del análisis sísmico estático equivalente, un análisis dinámico modal espectral mediante la aplicación de un espectro de aceleraciones.

Para este caso, se utilizó el espectro inelástico recomendado por la NEC-SE-DS (2015), que representa un evento sísmico con un período de retorno de 475 años o una probabilidad de excedencia del 10% en 50 años.

Para elaborar el espectro inelástico de acuerdo con las recomendaciones de la NEC-SE-DS (2015), en este análisis primero se ingresa el espectro de respuesta elástico y posteriormente se multiplica por los coeficientes respectivos en la dirección X e Y, para obtener el espectro de respuesta inelástica en ambas direcciones.



**Figura 12:** Ingreso del Espectro de Diseño según NEC-SE-DS (2015)

### 3. ANÁLISIS Y DISEÑO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

#### 3.1 MODELAMIENTO ESTRUCTURAL

La estructura es modelada con el programa SAP2000, considerando los elementos estructurales como columnas, vigas metálicas tipo cercha y correas. Se creó la cubierta con un elemento tipo área para repartición de carga en forma unidireccional a las correas, para que estas distribuyan a las vigas principales y a su vez a las columnas. La carga viva se aplica conforme la sección 2.6.2 CARGA VIVA de este documento y la carga sísmica se la calculó con el procedimiento descrito en la sección 2.6.3.

 <b>ALCALDÍA DE BOLÍVAR</b>	<b>ESTUDIO DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE AGUA, CAPTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN HACIA LA CIUDAD DE CALCETA, CANTÓN BOLÍVAR</b>	
	Memoria Técnica Estructural	Fecha: Agosto – 2023
Elaboración: MSc. Ing. Abel Zambrano Mejía		Página 44 de 50

### 3.2 PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Las propiedades de los materiales utilizadas en los elementos estructurales son las siguientes:

- Resistencia a la compresión del hormigón  $f_c = 240 \text{ kg/cm}^2$
- Resistencia a la fluencia del acero de refuerzo  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
- Módulo de elasticidad del hormigón  $E_c = 185903.20 \text{ kg/cm}^2$ .
- Módulo de elasticidad del acero  $E_s = 2040000 \text{ kg/cm}^2$
- Peso específico del hormigón  $\gamma_c = 2.4 \text{ T/m}^3$
- Peso específico del acero  $\gamma_s = 7.85 \text{ T/m}^3$

### 3.3 CONDICIONES DEL SUELO

De acuerdo con el informe geotécnico, las propiedades del suelo son las siguientes:

- Capacidad admisible del suelo  $\sigma_a = 7 \text{ T/m}^2$

### 3.4 ESTADOS DE CARGA

Para la edificación se establecen los estados de carga muerta, viva y sísmica.

#### 3.4.1 Combinaciones de cargas últimas

Las combinaciones de cargas últimas para los elementos estructurales de la estructura son las siguientes:

1. 1.4D
2. 1.2D + 1.6L
3. 1.2D + L + E
4. 1.2D + L - E
5. 0.9\*D + E
6. 0.9\*D - E

Donde:

D = carga muerta; L = carga viva; E= carga sísmica.

 <b>ALCALDÍA DE BOLÍVAR</b>	<b>ESTUDIO DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE AGUA, CAPTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN HACIA LA CIUDAD DE CALCETA, CANTÓN BOLÍVAR</b>	
	Memoria Técnica Estructural	Fecha: Agosto – 2023
Elaboración: MSc. Ing. Abel Zambrano Mejía		Página 45 de 50

## 4. FACTORES DE REDUCCIÓN DE RESISTENCIA

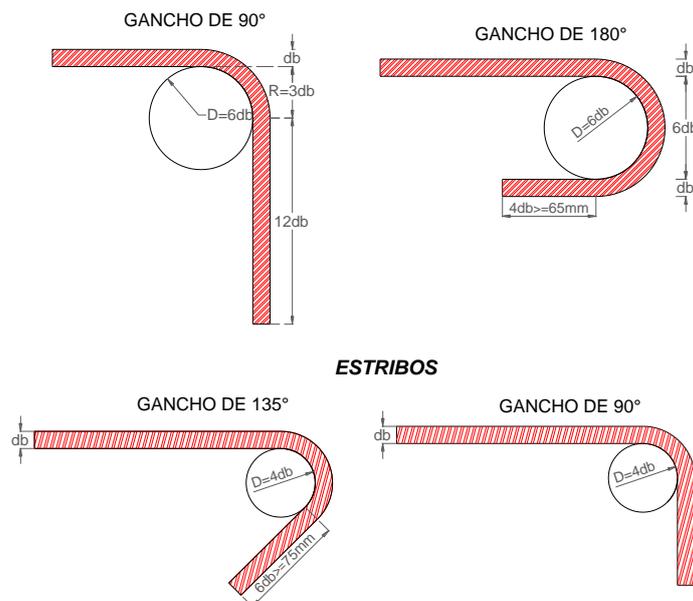
Los factores de reducción de resistencia  $\phi$ , utilizados en este trabajo son los proporcionados por el código ACI 318-14 en la sección 9.3.2:

- Flexión sin carga axial,  $\phi = 0.90$
- Tracción axial y tracción axial con flexión,  $\phi = 0.90$
- Compresión axial y flexocompresión: columnas con estribos,  $\phi = 0.65$
- Corte y torsión,  $\phi = 0.75$
- Aplastamiento en el concreto,  $\phi = 0.65$

### 4.1 ANCLAJE DEL ACERO

#### 4.1.1 Ganchos

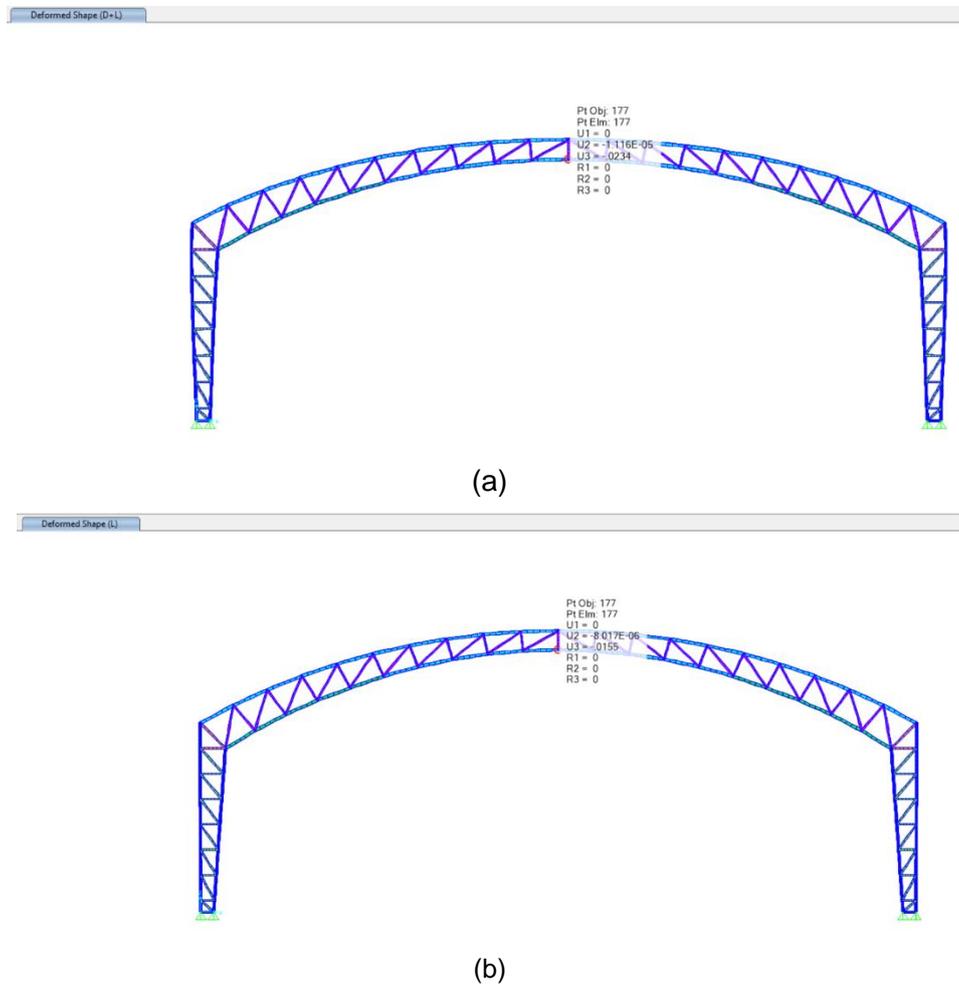
Los ganchos permiten anclar el acero de refuerzo al hormigón, evitando el deslizamiento de las varillas. En la Figura 7 se detallan los ganchos de 90°, 135° y 180° para la armadura longitudinal y transversal, tal como lo señala el Código ACI 318-14.



**Figura 13:** Ganchos estándar de acero de refuerzo longitudinal y transversal

## 4.2 Deformaciones

### 4.2.1 Deflexiones



**Figura 14:** Deflexión en el galpón: (a) Por carga (D+L); (b) Por carga Viva (L)

$$\Delta(D+L) = 0.0234\text{m}$$

$$\Delta_{\text{max}} = L/240 = 20.9/240=0.0871\text{m} > 0.0234\text{m}, \text{ CUMPLE}$$

$$\Delta(L) = 0.0155\text{m}$$

$$\Delta_{\text{max}} = L/360 = 20.9/360=0.0581\text{m} > 0.0155\text{m}, \text{ CUMPLE}$$

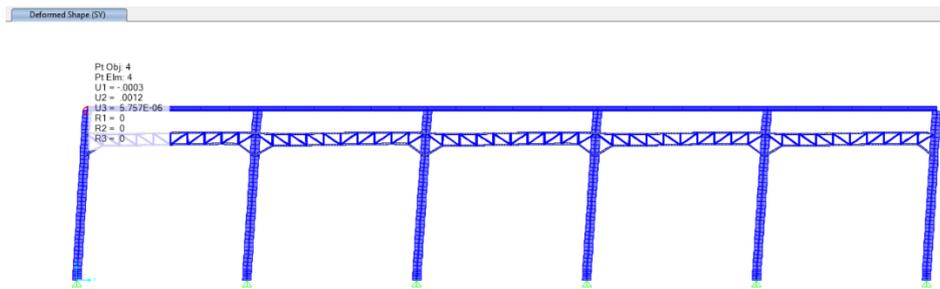
 <b>ALCALDÍA DE BOLÍVAR</b>	<b>ESTUDIO DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE AGUA, CAPTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN HACIA LA CIUDAD DE CALCETA, CANTÓN BOLÍVAR</b>	
	Memoria Técnica Estructural	Fecha: Agosto – 2023
Elaboración: MSc. Ing. Abel Zambrano Mejía		Página 47 de 50

## 4.2.2 Desplazamientos laterales máximos

Los desplazamientos relativos de entrepiso o derivas de piso deben ser menores al 2%, tal como lo establece la NEC-SE-DS (2015).

### 4.2.2.1 Derivas Sismo Dirección Y

En la Figura 15 se muestra la deformación obtenida para carga sísmica dirección Y.

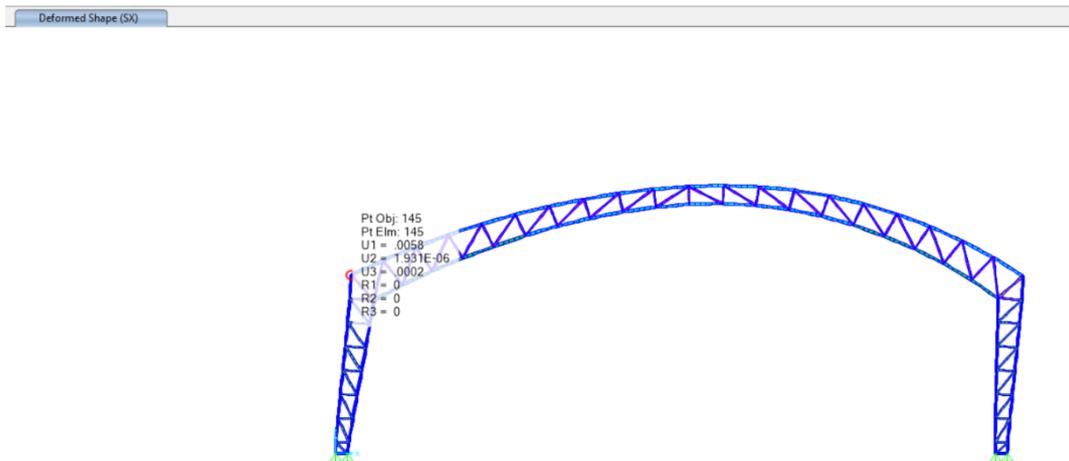


**Figura 15:** Deformación para carga sísmica dirección Y

$$\Delta y = 0.0012 \text{ m}$$

$$\text{Drift} = 0.0012 / 6 * 0.75 * 2.5 = 0.04\% < 2\%$$

### 4.2.2.2 Derivas Sismo Dirección X



**Figura 16:** Deformación para carga sísmica dirección X

$$\Delta x = 0.0058 \text{ m}$$

$$\text{Drift} = 0.0058 / 6 * 0.75 * 2.5 = 0.18\% < 2\%$$

 <b>ALCALDÍA DE BOLÍVAR</b>	<b>ESTUDIO DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE AGUA, CAPTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN HACIA LA CIUDAD DE CALCETA, CANTÓN BOLÍVAR</b>	
	Memoria Técnica Estructural	Fecha: Agosto – 2023
Elaboración: MSc. Ing. Abel Zambrano Mejía		Página 48 de 50

Los máximos desplazamientos laterales relativos obtenidos por carga sísmica en las dos direcciones de análisis son menores al 2%, valor límite de acuerdo con la NEC-SE-DS (2015).

### 4.3 Chequeo de los esfuerzos de los elementos

#### 4.3.1 Esfuerzos en las correas

##### Determinación de las correas en el sentido transversal

Ingrese valores en rojo

##### CARGAS

<i>Sx de la correa</i>	43.13	cm <sup>3</sup>	<i>Módulo de elasticidad</i>	2.04E+06	Kg/cm <sup>2</sup>
<i>Sy de la correa</i>	7.95	cm <sup>3</sup>	<i>lx de la correa</i>	337.00	cm <sup>4</sup>
<i>Peso de la correa</i>	7.86	kg/m <sup>2</sup>	G150x50x15x4mm		
<i>Techado</i>	4	kg/m <sup>2</sup>			
<i>Luminarias</i>	6	kg/m <sup>2</sup>			
<i>Gypsum</i>	20	kg/m <sup>2</sup>			
<i>Carga viva</i>	70	kg/m <sup>2</sup>			
	107.86	kg/m <sup>2</sup>			

Ancho colaborante	1.18	m
Distancia entre vigas principales o pórticos	6	m
Ángulo de inclinación	16.00	grados

Peso de la correa	9.2748	kg/m
Techado	4.72	kg/m
Luminarias	7.08	kg/m
Carga viva	82.6	kg/m
TOTAL	103.6748	kg/m

##### Momento máximo

$$466.54 \text{ kg-m}$$

$$\sigma_x = \frac{M_x}{S_x} + \frac{M_y}{S_y} = \frac{M \cos \alpha}{S_x} + \frac{M \sin \alpha}{S_y}$$

<i>Mx</i>	448.46
<i>My</i>	128.59

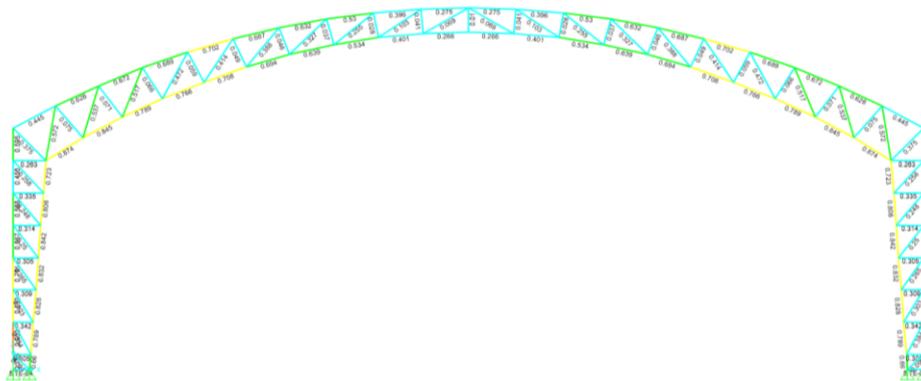
$$\sigma_x = 2657.342 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{ad} = 3150 \text{ kg/cm}^2$$

Nota: para el ángulo de rotación de la correa se consideró un promedio de 16 grados.

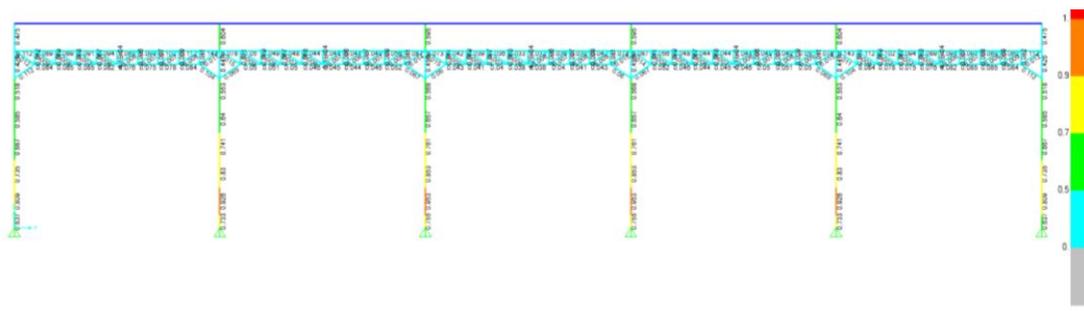
**Figura 17:** Comprobación de los esfuerzos en las correas

### 4.3.2 Esfuerzos en pórticos principales



**Figura 18:** Razón de demanda y capacidad en los pórticos principales que conforman el galpón

Nótese que la mayoría de los valores se encuentran en los colores cian y verde, es decir entre un 50 a 70%, lo cual es muy adecuado. Existen ciertos elementos en menor cantidad con valores de amarillo y naranja, es decir entre 70 a 90% de la capacidad.

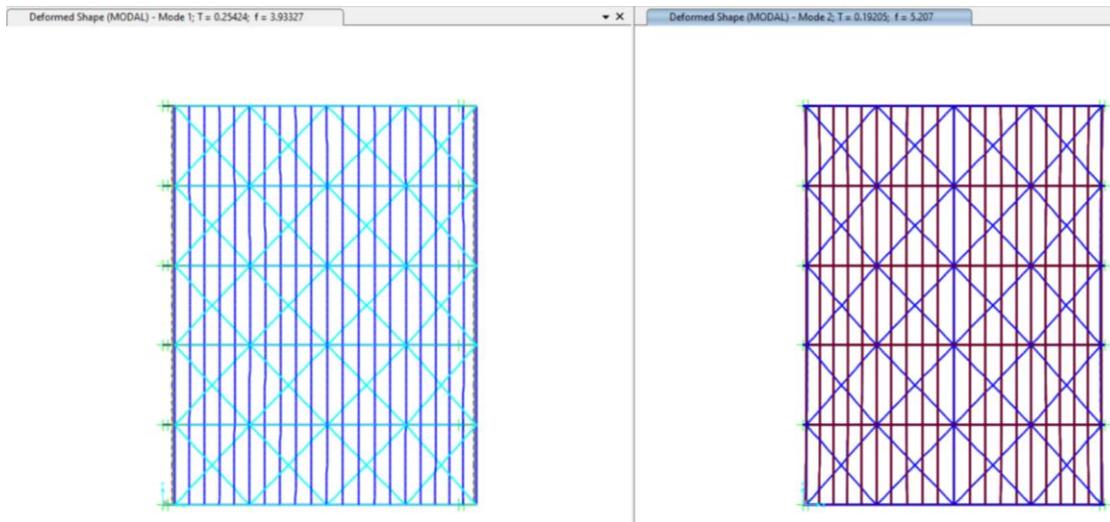


**Figura 19:** Razón de demanda y capacidad de las columnas del bloque 2

Para el pórtico transversal en la dirección Y, los elementos de la cercha se encuentran trabajando en alrededor del 50% de la capacidad

 <b>ALCALDÍA DE BOLÍVAR</b>	<b>ESTUDIO DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE AGUA, CAPTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN HACIA LA CIUDAD DE CALCETA, CANTÓN BOLÍVAR</b>	
	Memoria Técnica Estructural	Fecha: Agosto – 2023
Elaboración: MSc. Ing. Abel Zambrano Mejía		Página 50 de 50

#### 4.4 Modos de vibración



**Figura 20:** Primeros dos modos de vibración

MSc. Ing. Abel Zambrano Mejía

Reg. Prof.: 1001-14-86049555

Especialista Estructural