

MEMORIA DE CÁLCULO ESTRUCTURAL

PROYECTO:

**ACUEDUCTO VEREDA AGUA BONITA
SAN JOSÉ DEL GUAVIARE DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE**

PREPARADO POR:

**JAVIER LEANDRO CASTELLANOS
ESPECIALISTA EN INGENIERÍA SISMO-RESISTENTE**

BOGOTÁ, 24 DE JUNIO DE 2024


CONTROL DE INFORMES		
<p>Acueducto Vereda Agua Bonita San José del Guaviare Departamento de Guaviare</p>		
PREPARADO PARA:		
<p>Alcaldía Municipal de San José del Guaviare</p>		
VERSIÓN	FECHA	ELABORÓ
0	24/06/2024	 Javier Leandro Castellanos Esp. Ingeniería Sismo-resistente M.P. 370549054 ANT

Tabla de Contenido

Introducción.....	7
1. Objetivos, Alcance y Limitaciones.....	7
2. Localización y Descripción del Proyecto	7
3. Metodología de Cálculo.....	12
3.1. Información de Referencia	12
4. Parámetros de Diseño.....	13
4.1. Materiales	13
4.2. Suelo de Relleno.....	14
4.3. Amenaza Sísmica	14
5. Cargas y Combinaciones de Carga	16
5.1. Combinaciones de Carga Últimas.....	16
5.2. Combinaciones de Carga de Servicio	16
6. Tanque Semienterrado.....	17
6.1. Asignación de Cargas Tanque Semienterrado	17
6.2. Análisis Modal Tanque Semienterrado	19
6.2.1. Masa Participante Tanque Semienterrado.....	19
6.3. Análisis de Estructural Tanque Semienterrado	24
6.4. Diseño de Elementos Estructurales Tanque Semienterrado.....	30
7. Tanque Elevado	33
7.1. Avalúo y Asignación de Cargas Tanque Elevado	34
7.2. Análisis Modal Tanque Elevado	36
7.2.1. Ajuste de Cortante Sísmico Tanque Elevado	36
7.2.2. Masa Participante y Derivas de Piso Tanque Elevado	36
7.2.3. Coeficientes de Reducción de Resistencia	38
7.3. Reacciones en Apoyos Tanque Elevado.	39
7.4. Solicitaciones de Diseño Muros Tanque Elevado	48
7.5. Diseño Estructural Tanque Elevado.....	55
8. Cámara de Entrada y Salida	60
8.1. Asignación de Cargas Cámara de Entrada y Salida	60
8.2. Análisis de Estructural Cámara de Entrada y Salida.....	62

8.3.	Diseño de Elementos Estructurales Cámara de Entrada y Salida	74
9.	Desarenador	78
9.1.	Asignación de Cargas Desarenador	78
9.2.	Análisis de Estructural Desarenador	81
9.3.	Diseño de Elementos Estructurales Desarenador.....	87
10.	Casetas de Bombeo y Operación	89
10.1.	Avalúo y Asignación de Cargas Tanque Elevado.....	89
10.2.	Análisis Modal Casetas	91
10.2.1.	Ajuste de Cortante Sísmico Casetas.....	91
10.2.2.	Masa Participante y Derivas de Piso Tanque Elevado.....	91
10.2.3.	Coeficientes de Reducción de Resistencia	92
10.3.	Reacciones en Apoyos Casetas.....	93
11.	Conclusiones y Recomendaciones.....	103
12.	Bibliografía.....	105
Anexos	106

Listado de Tablas

Tabla 1.	Descripción del Proyecto.....	8
Tabla 2.	Materiales Estructurales.	13
Tabla 3.	Propiedades Suelo de Relleno / In Situ.	14
Tabla 4.	Coeficientes Espectrales.	15
Tabla 5.	Masa Participante Análisis Modal Tanque Semienterrado.	19
Tabla 6.	Diseño Muro Tanque semienterrado.	30
Tabla 7.	Diseño Losa Superior Tanque Semienterrado.	31
Tabla 8.	Diseño Losa Inferior Tanque Semienterrado.....	32
Tabla 9.	Secciones Elementos Tanque Elevado.	33
Tabla 10.	Chequeo Cortante Basal Tanque Elevado.....	36
Tabla 11.	Masa Participante Análisis Modal Tanque Elevado.	36
Tabla 12.	Chequeo Derivas de Piso Tanque Elevado.	37
Tabla 13.	Chequeo de Irregularidad en Altura Tanque Elevado.....	38

Tabla 14.	Chequeo de Irregularidad en Planta Tanque Elevado.	38
Tabla 15.	Coeficientes Reducción de Capacidad de Disipación de Energía Tanque Elevado.	38
Tabla 16.	Reacciones en Apoyos Combinaciones de Servicio Tanque Elevado.	39
Tabla 17.	Diseño Muro 1 Tanque Elevado.....	56
Tabla 18.	Diseño Muro 2 Tanque Elevado.....	57
Tabla 19.	Diseño Losa Superior Tanque Elevado.	58
Tabla 20.	Diseño Losa Inferior Tanque Elevado.....	59
Tabla 21.	Diseño Muro 1 Cámara de Entrada y Salida.....	74
Tabla 22.	Diseño Muro 2 Cámara de Entrada y Salida.....	75
Tabla 23.	Diseño Muro 3 Cámara de Entrada y Salida.....	75
Tabla 24.	Diseño Muro 4 Cámara de Entrada y Salida.....	76
Tabla 25.	Diseño Losa Superior Cámara de Entrada y Salida.....	76
Tabla 26.	Diseño Losa Inferior Cámara de Entrada y Salida.	77
Tabla 27.	Diseño Muro 1 Desarenador.....	87
Tabla 28.	Diseño Muro 2 Desarenador.....	88
Tabla 29.	Diseño Losa Desarenador.	88
Tabla 30.	Secciones Elementos Caseta.	89
Tabla 31.	Chequeo Cortante Basal Casetas.....	91
Tabla 32.	Masa Participante Análisis Modal Casetas.	91
Tabla 33.	Chequeo Derivas de Piso Casetas.	92
Tabla 34.	Chequeo de Irregularidad en Altura Casetas.....	93
Tabla 35.	Chequeo de Irregularidad en Planta Casetas.	93
Tabla 36.	Coeficientes Reducción de Capacidad de Disipación de Energía Casetas.	93
Tabla 37.	Reacciones en Apoyos Combinaciones de Servicio Casetas.....	93

Listado de Figuras

Figura 1.	Dimensionamiento Hidráulico	8
Figura 2.	Espectro de Aceleración de Diseño.....	15
Figura 3.	Modelo de Análisis Tanque Semienterrado.	17
Figura 4.	Asignación de Cargas al Tanque Enterrado.	17

Figura 5.	Resultados de Análisis Tanque Semienterrado.	24
Figura 6.	Modelo de Análisis Tanque Elevado.	33
Figura 7.	Asignación de Cargas al Tanque Elevado.	34
Figura 8.	Configuración Deformada Sismo en X Tanque Elevado.	37
Figura 9.	Resultados de Análisis Muros Tanque Elevado.	48
Figura 10.	Modelo de Análisis Cámara de Entrada y Salida.	60
Figura 11.	Asignación de Cargas Cámara de Entrada y Salida.	61
Figura 12.	Resultados de Análisis Cámara de Entrada y Salida.	62
Figura 13.	Modelo de Análisis Desarenador.	78
Figura 14.	Asignación de Cargas al Desarenador.	79
Figura 15.	Resultados de Análisis Desarenador.	81
Figura 16.	Modelo de Análisis Caseta.	89
Figura 17.	Asignación de Cargas a la Caseta.	90
Figura 18.	Configuración Deformada Sismo en X Casetas.	92

Listado de Anexos

Anexo 1.	Planos Estructurales Acueducto Agua Bonita.	106
Anexo 2.	Memorias de Cálculo Columnas, Vigas y Pilas Acueducto Agua Bonita	106

INTRODUCCIÓN

El presente documento aborda la componente estructural de los estudios de consultoría de las obras hidráulicas de captación y almacenamiento del sistema de acueducto de agua potable proyectado para la vereda Agua Bonita en el municipio de San José del Guaviare departamento de Guaviare.

En los siguientes numerales se presenta el análisis y diseño estructural de las obras hidráulicas contempladas. Este estudio se desarrolla siguiendo la metodología y requisitos de diseño establecidos en el Reglamento Colombiana de Construcción Sismo Resistente NSR - 10.

1. OBJETIVOS, ALCANCE Y LIMITACIONES

A partir del dimensionamiento hidráulico y la caracterización geológica – geotécnica suministrada a esta consultaría, se procede a dimensionar y diseñar estructuralmente las obras hidráulicas del sistema de acueducto de agua potable proyectado para la vereda Agua Bonita en el municipio de San José del Guaviare departamento de Guaviare.

El estudio efectuado sigue la filosofía de diseño planteada en el **TÍTULO A** y el **TÍTULO C** del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR - 10. Con lo anterior, se busca mantener una condición apropiada de operatividad de las obras bajo los distintos escenarios de carga considerados en el marco normativo aplicado.

El presente estudio se limita al diseño de los elementos estructurales descritos en el numeral 2 de este documento. Los planos constructivos se presentan en el Anexo 1 de este documento.

No se aborda el diseño detallado de conexiones para válvulas, rejillas, cargas cíclicas asociadas a equipos de bombeo, escaleras de acceso, ni demás elementos o accesorios adheridos a las estructuras diseñadas. Las condiciones previamente mencionadas deberán ser evaluadas durante la etapa de construcción, una vez se cuente con todas las especificaciones técnicas de los accesorios y/o equipos a instalar.

2. LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto en cuestión estará situado en el municipio de San José del Guaviare departamento de Guaviare. De acuerdo con el Estudio General de Amenaza Sísmica de Colombia (AIS2009), San José del Guaviare se encuentra en una zona de amenaza sísmica **Baja**.

Como se aprecia en la Figura 1, se diseñan dos tanques de almacenamiento cada uno con una capacidad de almacenamiento de 32 m³. El primer tanque yacerá enterrado en el terreno a un nivel de -2.0m desde la superficie. El segundo tanque será elevado y la cota de la losa de fondo estará a un nivel de +12.0m medidos desde el nivel del terreno. Ambos tanques cotarán con dos estructuras adyacentes, correspondientes a las cámaras de entrada y salida.

Adicionalmente, se diseña una estructura de captación la cual se cimienta a nivel superficial sobre el lecho de cause.

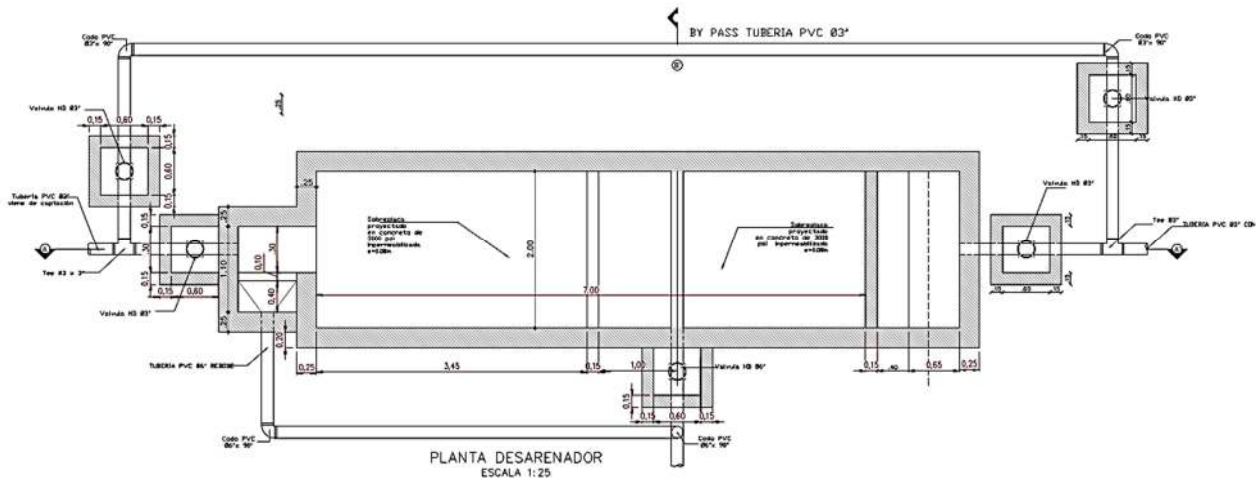
En la Tabla 1 se presenta una tabla resumen con la descripción del proyecto.

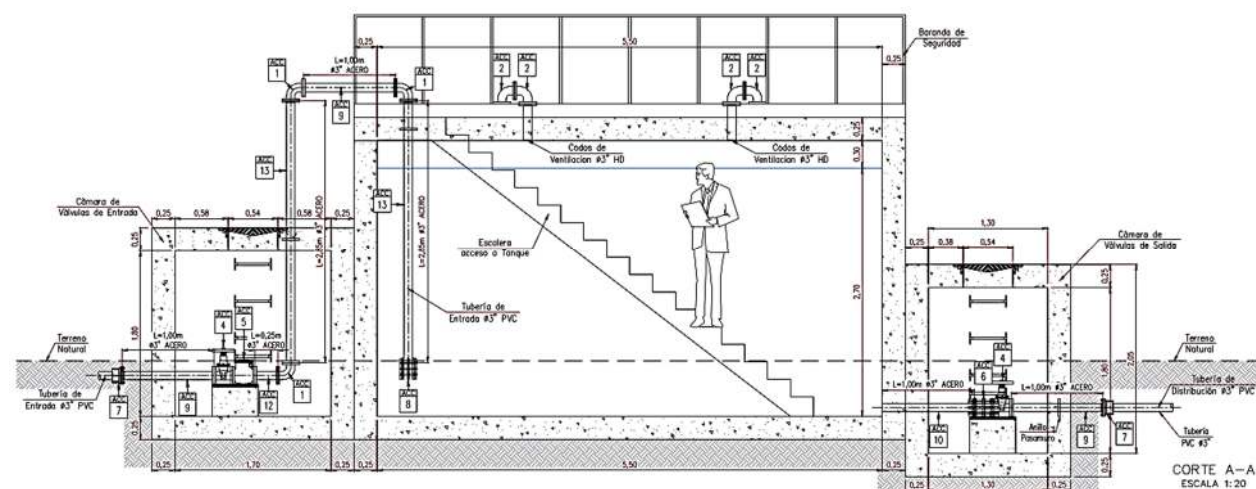
Tabla 1. Descripción del Proyecto.

Tipo de Estructuras	Obras Hidráulicas
	Captación y Almacenamiento de Agua
Localización	San José del Guaviare – Guaviare
Amenaza sísmica	Baja
Uso	Edificaciones Indispensables
Grupo de uso	IV
Perfil de Suelo	Tipo D
Capacidad por Tanque	90.75 m3
Capacidad de Operación	81.67 m3
Tanque Semienterrado	Muros de Concreto
	$R_0=1.5 \Omega=1.5$
Tanque Elevado	Pórtico Resistente a Momento DMI
	$R_0=7 \Omega=3$
Casetas de Bombeo / Cuartos de Máquinas	Pórtico Resistente a Momentos DMI
	$R_0=7 \Omega=3$
Desarenador	Muros de Concreto
	$R_0=1.5 \Omega=1.5$

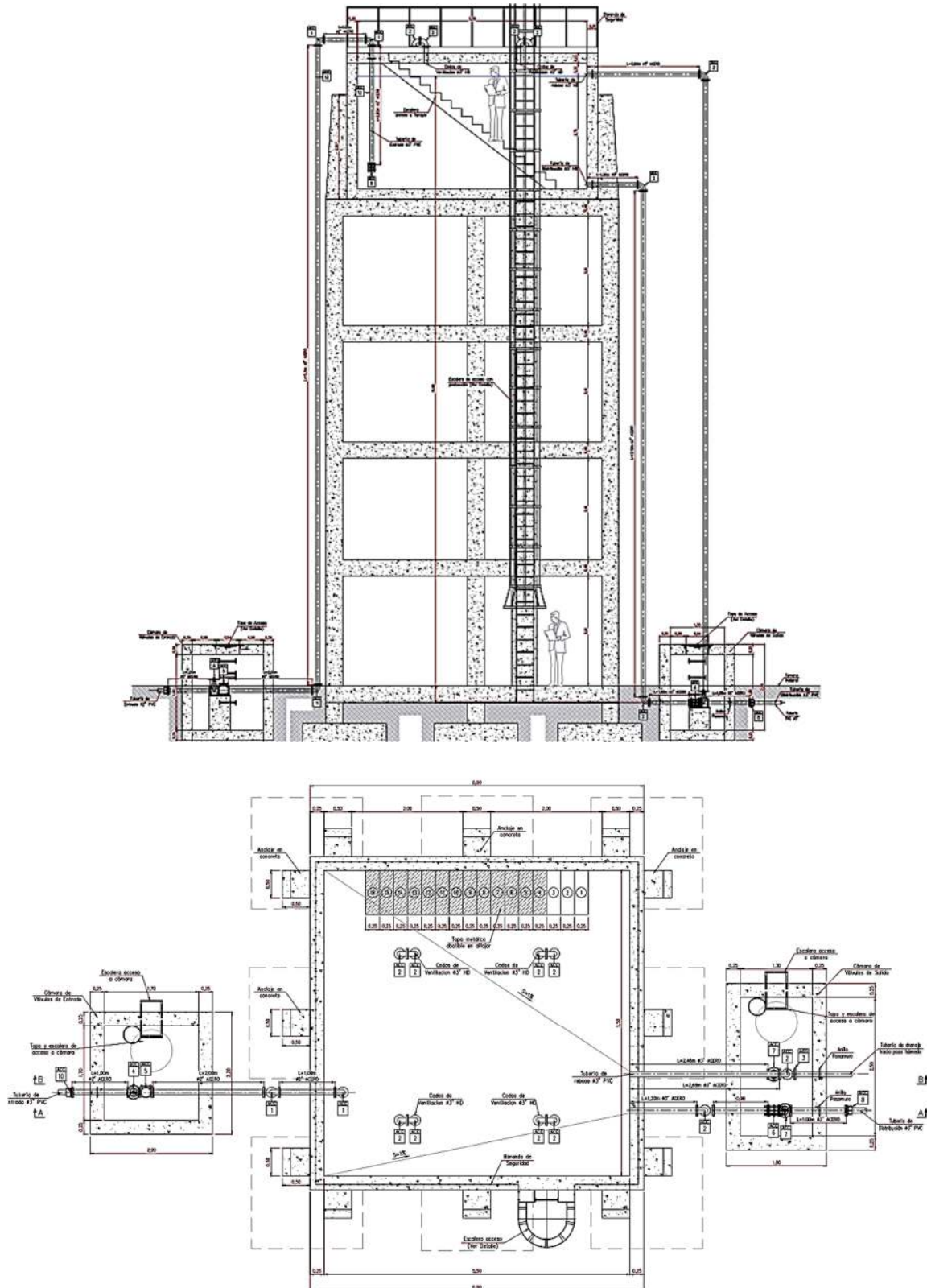
Figura 1. Dimensionamiento Hidráulico

Desarenador

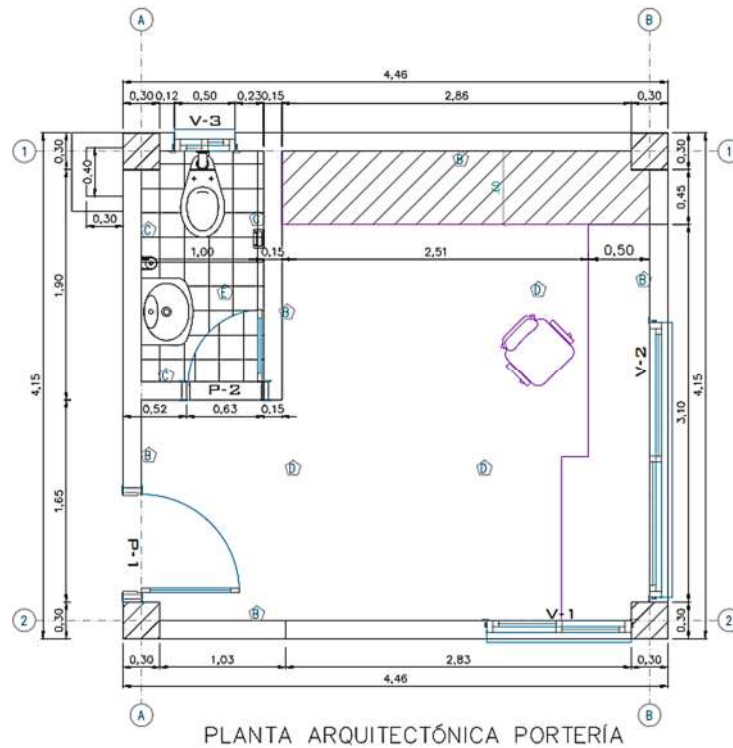




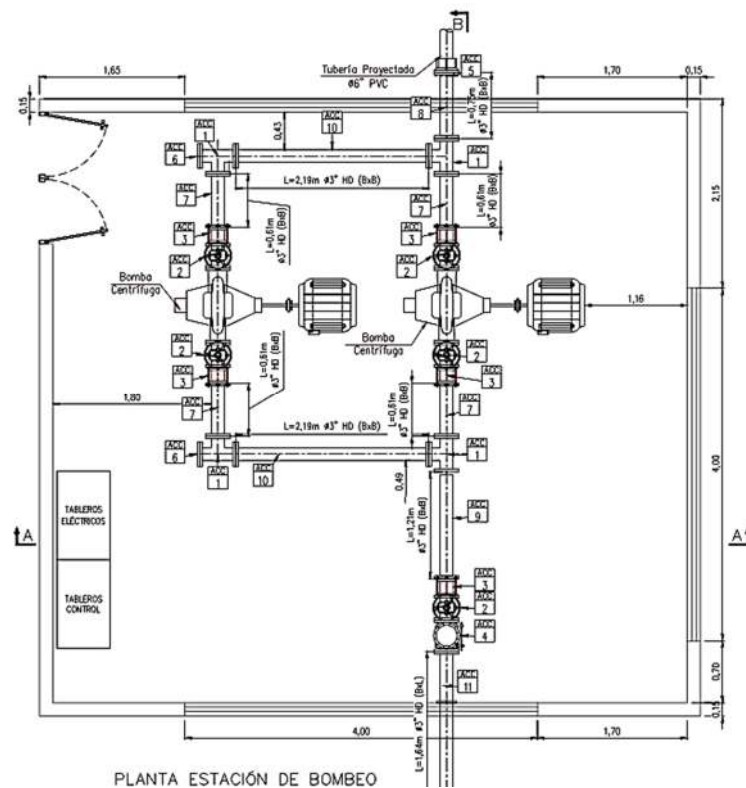
Tanque Elevado



Caseta de Operación



Caseta de Bombeo



3. METODOLOGÍA DE CÁLCULO

La ejecución de este diseño se ha realizado de acuerdo con los requisitos establecidos en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NRS - 10.

Los elementos estructurales aquí planteados han sido dispuestos, dimensionados, y reforzados a partir de los requisitos del **TÍTULO A** y el **TÍTULO C** de la **NSR-10**. Adicionalmente, se adoptan las recomendaciones estipuladas en el documento **AIS 180 – 13** de la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica; el cual, contiene recomendaciones para requisitos sísmicos de estructuras diferentes de edificaciones.

A continuación, se resumen las actividades a ejecutar:

- Dimensionamiento de las estructuras a partir de la información suministrada.
- Definición de materiales.
- Definición de cargas y combinaciones de carga según Título B de la NSR - 10.
- Desarrollo del modelo de análisis de acuerdo con el Título A de la NSR - 10.
- Diseño estructural de acuerdo con el Título C de la NSR – 10.
- Elaboración de planos constructivos.
- Elaboración de Informe técnico.

3.1. Información de Referencia

A continuación, se indica la información primaria suministrada a esta consultoría para el desarrollo del presente estudio de diseño estructural:

- Planos Hidráulicos / Arquitectónicos:
 - Tanque de almacenamiento
 - Tanque Elevado
 - Desarenador
 - Caseta de Operación
 - Estación de Bombeo
- Estudio de suelos:
 - ESTUDIO DE SUELOS ACUEDUCTO VERADA AGUA BONITA

4. PARÁMETROS DE DISEÑO

4.1. Materiales

Los elementos de concreto deberán fabricarse a partir de una mezcla Clase P1 según lo dispuesto en la Tabla C.4.3.1 de la NSR – 10, su resistencia a la compresión a los 28 días deberá ser de 28 MPa, el contenido mínimo de material cementante deberá ser de 330 kg/m³, el tamaño máximo de agregado será de 25 mm y la relación agua/cemento no podrá superar 0.45.

Deberá emplearse acero de refuerzo corrugado Gr 60 que satisfaga la norma NTC 2289 o ASTM A706M. En los muros y losas de los tanques de almacenamiento no se dispondrán diámetros de barras inferiores el N°4 y no se permiten tener cuantías inferiores al 0.003 respecto a la sección bruta de concreto.

En las juntas de los tanques deberá instalarse una cinta en sello PVC que permita su impermeabilización.

En la Tabla 2 se presenta el resumen de las características de los materiales a partir de los cuales se fabricarán los elementos estructurales.

Se considera que el peso específico del agua (γ_w) es igual a 10 kN/m³.

Tabla 2. *Materiales Estructurales.*

Concreto Estructural	<p>Exposición: Clase P1</p> <p>Resistencia a la Compresión: $f'_c = 28$ MPa</p> <p>Peso Específico del Concreto: $\gamma_c = 24$ kN/m³</p> <p>Módulo de Elasticidad del Concreto: $E_c = 24.870$ GPa</p> <p>Máxima relación a/c: 0.45</p> <p>Contenido Mínimo de Material cementante: 330 kg/m³</p> <p>Tamaño máximo de agrado: 25mm</p>
Acero corrugado	<p>Esfuerzo de fluencia: $F_y = 420$ MPa</p> <p>Módulo de Elasticidad del acero E: 200 GPa</p> <p>Tipo: Acero Gr 60</p> <p>Norma ASTM A706M</p> <p>Norma NTC 2289</p>

4.2. Suelo de Relleno

Se considera que para los rellenos requerido para el Tanque Enterrado se dispondrá del material de excavación obtenido.

De manera conservadora, se considera que el suelo empleado tendrá un peso específico de 20 kN/m³. Se considera una condición de empujes en reposo para el caso estático (k_0), y una condición de empujes activa para el caso pseudo estático (k_{ae}).

La sobre carga horizontal ejercida por el suelo bajo condiciones sísmicas es definida siguiendo la teoría de Mononobe – Okabe. Se asume que la aceleración horizontal del terreno será igual de 2/3 de la aceleración del suelo.

En la Tabla 3 se presentan los parámetros que definen las cargas transmitidas por el suelo de relleno a las estructuras enterradas.

Tabla 3. Propiedades Suelo de Relleno / In Situ.

Peso específico del Suelo	γ_s [kN/m ³]	20
Angulo de Fricción	Φ [°]	30
Cohesión	c [kPa]	35
Coeficiente de presión horizontal Activo	k_a	0.30
Coeficiente de presión horizontal en reposo	k_0	0.50
Coeficiente de presión horizontal pasivo	k_p	3.00
Coeficiente de presión horizontal por sismo	k_{ae}	0.33

4.3. Amenaza Sísmica

A partir del estudio de suelos del proyecto se obtuvo que este se desarrolla sobre en perfil de suelo Tipo D. Con base en lo anterior y considerando lo dispuesto en el Título A de la NSR-10 y el documento AIS 180-13; a continuación, en la Tabla 4 se presentan los coeficientes espectrales empleados en el diseño sísmico de las estructuras. En la Figura 2 se presenta el espectro de aceleraciones utilizado durante el diseño.

Con el objetivo de evaluar las fuerzas asociadas a la masa de agua durante el evento sísmico; la componente horizontal y vertical de la fuerza hidrodinámica es tomada a partir de la expresión [1], mientras que al componente vertical de la fuerza inercial es obtenida mediante la expresión [2].

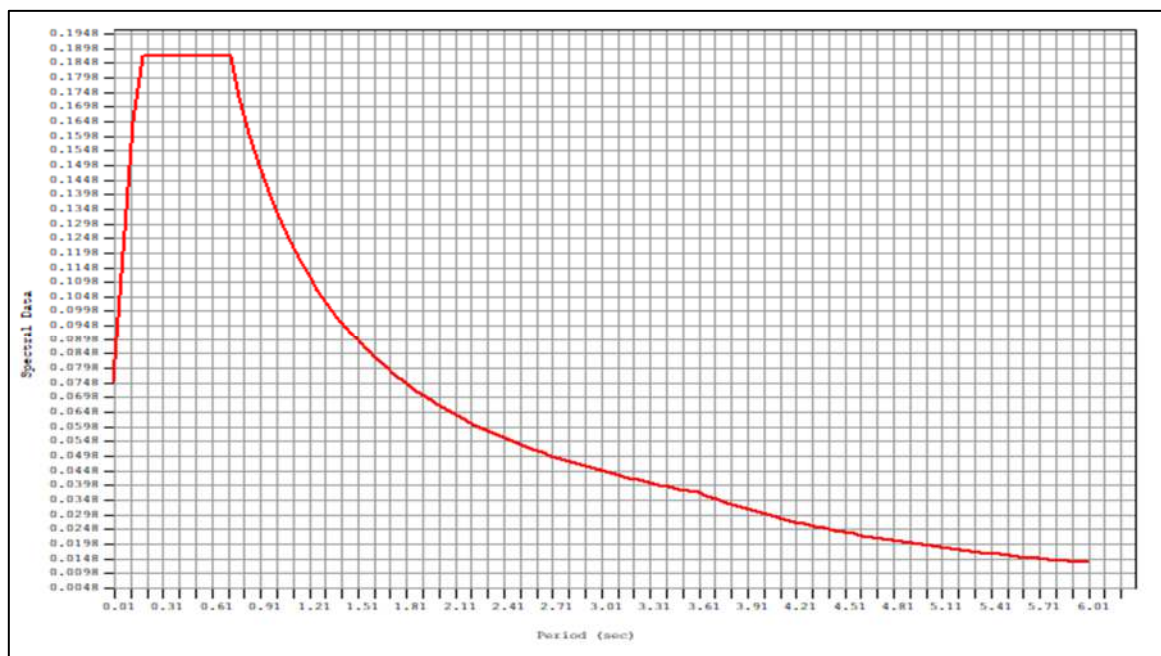
$$[1] \quad f_{hd} = 0.5A_a F_a \gamma_w$$

$$[2] \quad f_{in} = 0.5A_a F_a M$$

Tabla 4. Coeficientes Espectrales.

g [m/s ²]	9.8
I	1.5
A_a [g]	0.05
A_v [g]	0.05
F_a	1.0
F_a	1.5
k_h [g]	0.05
T_0 [s]	0.15
T_c [s]	0.72
T_L [s]	3.6
T_{co} [s]	2.52
T_{im} [s]	0.23
M_i [kN]	1844.62
M_{co} [kN]	816.75
S_{aim} [g]	0.19
V_{im} [kN]	518.8
S_{aco} [g]	0.08
V_{co} [kN]	65.61
V_s [kN]	584.41
δ_s [m]	0.27
C_u	1.66
T_a	0.44
$C_u * T_a$	0.73

Figura 2. Espectro de Aceleración de Diseño.



5. CARGAS Y COMBINACIONES DE CARGA

En vista de que se ha trabajado el diseño por el método de resistencia, se han utilizado las combinaciones de carga establecidas en el numeral B.2.4 del Reglamento de Colombiano de Construcción Sismo Resistente.

Cabe resaltar que la estructura no estará sometida a cargas de granizo (G) o empozamiento (Le). De igual manera, no se evaluarán cargas asociadas a variaciones de temperatura (T). Dado que la carga de viento (W) no representa una condición crítica para ninguna de las estructuras evaluadas, esta no será considerada en los análisis.

5.1. Combinaciones de Carga Últimas

El diseño de la estructura debe hacerse de tal forma que sus resistencias de diseño igualen o excedan los efectos producidos por las combinaciones de carga mayoradas derivadas de los casos de carga básico indicados a continuación:

[3]	$1.4 D + F$	(B.2.4-1)
[4]	$1.2 D + 1.6 (L + H)$	(B.2.4-2)
[5]	$1.2 D + L$	(B.2.4-3)
[6]	$1.2 D + E + L$	(B.2.4-5)
[7]	$0.9 D + E + 1.6 H$	(B.2.4-7)

Donde:

- D: Carga muerta
- F: Presión del fluido contenido
- L: Carga Viva
- H: Presión lateral del suelo
- E: Fuerza sísmica de diseño reducida por el factor R ($E = F_s / R$)

5.2. Combinaciones de Carga de Servicio

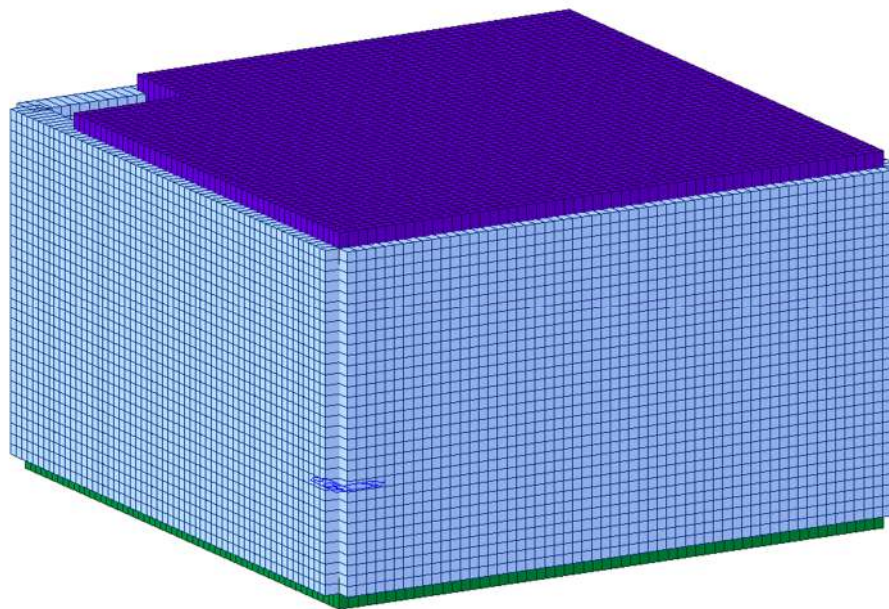
Para determinar las deflexiones de los elementos y cargas transmitidas a las fundaciones, emplean las combinaciones básicas de carga presentadas en el numeral B.2:3 de la NSR - 10. A continuación, se presentan las combinaciones de cargas de servicio consideradas en el análisis:

[8]	$D + F$	(B.2.3-1)
[9]	$D + H + F + L$	(B.2.3-2)
[10]	$D + H + F$	(B.2.3-3)
[11]	$D + H + F + 0.75 L$	(B.2.3-4)
[12]	$D + H + F + 0.7 E$	(B.2.3-6)
[13]	$D + H + F + 0.75 (0.7 E) + 0.75 L$	(B.2.3-8)
[14]	$0.6D + 0.7 E + H$	(B.2.3-10)

6. TANQUE SEMIENTERRADO

Para el diseño del tanque de almacenamiento semienterrado se ha desarrollado un modelo de análisis tridimensional a través de un software de análisis y diseño basado en elementos finitos. Los elementos correspondientes a muros y losas han sido modelados mediante elementos bidimensionales tipo Plate. En la Figura 3 se presenta un isométrico del modelo de análisis generado. A todos los muros se les ha asignado un espesor de 30cm.

Figura 3. Modelo de Análisis Tanque Semienterrado.

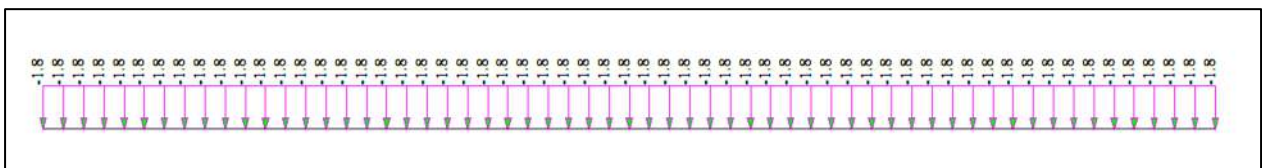


6.1. Asignación de Cargas Tanque Semienterrado

El tanque de almacenamiento semienterrado estará sometido a las cargas producidas por el peso propio de los elementos (D), la carga viva asociada al personal operativo que realice actividades de mantenimiento (L), la presión ejercida por el suelo sobre las paredes de la estructura (H), la presión ejercida por el fluido almacenado (F) y el incremento en la presión del suelo durante el evento sísmico (E).

Figura 4. Asignación de Cargas al Tanque Enterrado.

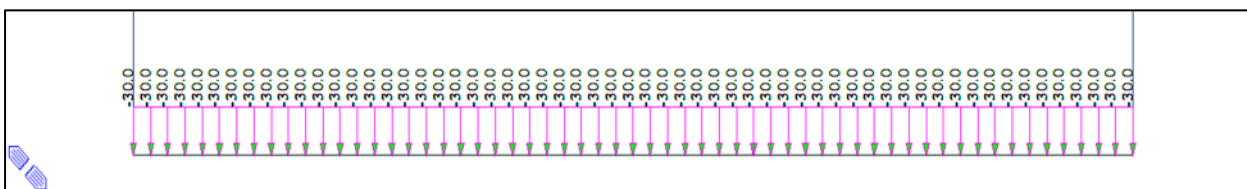
Carga Viva (L) kPa.



Presión Horizontal del Suelo (H) kPa.



Presión Ejercida por el Fluido Contenido (F) kPa.



6.2. Análisis Modal Tanque Semienterrado

El procedimiento de análisis sísmico se llevó a cabo mediante un análisis de modos de vibración. Para tal fin se modeló la estructura en el software análisis y diseño estructural y se evaluó la respuesta dinámica de la estructura según las especificaciones brindadas en el capítulo A.5 de la NSR – 10. Los efectos ortogonales se consideran al asignar el 100% del sismo en cada dirección y calcular los desplazamientos producidos por el método de las raíces cuadradas de la suma de los cuadrados (SRSS). La masa sísmica de la estructura se considera a partir del peso propio de los elementos (D) y el peso total del líquido almacenado (F).

6.2.1. Masa Participante Tanque Semienterrado

A continuación, en la Tabla 5, se presenta la masa participante para los 150 modos de vibración evaluados.

Tabla 5. Masa Participante Análisis Modal Tanque Semienterrado.

Modo No	Periodo	TRAN-X		TRAN-Y		ROTN-Z	
	T [S]	Masa (%)	Suma (%)	Masa (%)	Suma (%)	Masa (%)	Suma (%)
1	0.2268	16.72	16.72	14.80	14.80	0.00	0.00
2	0.2259	14.91	31.63	16.84	31.64	0.00	0.00
3	0.1584	0.00	31.63	0.00	31.64	0.00	0.00
4	0.0489	0.00	31.63	0.00	31.64	0.00	0.00
5	0.0288	10.84	42.47	0.10	31.74	0.00	0.00
6	0.0288	0.09	42.55	10.81	42.55	0.00	0.00
7	0.0268	0.00	42.56	0.00	42.55	0.00	0.00
8	0.02	0.00	42.56	0.00	42.55	0.00	0.00
9	0.0179	0.00	42.56	0.00	42.55	0.00	0.00
10	0.0152	0.00	42.56	0.01	42.56	0.00	0.00
11	0.0147	4.71	47.27	3.98	46.54	0.00	0.00
12	0.0147	4.68	51.95	5.19	51.73	0.01	0.01
13	0.0141	12.09	64.04	8.17	59.90	0.00	0.01
14	0.0139	7.73	71.76	11.88	71.77	0.00	0.01
15	0.0136	0.07	71.83	0.01	71.78	0.00	0.01
16	0.013	0.05	71.89	0.15	71.93	0.00	0.02
17	0.013	0.09	71.98	0.02	71.95	0.00	0.02
18	0.012	0.00	71.98	0.00	71.95	0.00	0.02
19	0.0108	0.03	72.01	0.02	71.97	0.71	0.73

Modo No	Periodo	TRAN-X		TRAN-Y		ROTN-Z	
	T [S]	Masa (%)	Suma (%)	Masa (%)	Suma (%)	Masa (%)	Suma (%)
20	0.0108	0.00	72.01	0.01	71.98	40.32	41.06
21	0.0103	0.20	72.21	0.40	72.38	0.64	41.69
22	0.0103	0.43	72.63	0.26	72.64	0.00	41.69
23	0.0097	0.00	72.63	0.00	72.64	0.00	41.69
24	0.0096	0.00	72.63	0.00	72.64	0.00	41.69
25	0.0091	0.16	72.79	0.06	72.70	0.25	41.94
26	0.0091	1.75	74.54	0.77	73.48	0.01	41.95
27	0.009	0.73	75.28	1.99	75.46	0.08	42.03
28	0.009	0.24	75.52	0.17	75.63	0.02	42.05
29	0.009	0.00	75.52	0.00	75.63	13.00	55.05
30	0.009	0.20	75.72	0.22	75.86	0.09	55.15
31	0.0081	0.03	75.74	0.02	75.88	0.11	55.26
32	0.008	0.01	75.75	0.00	75.88	24.04	79.30
33	0.0074	0.05	75.80	0.15	76.03	0.01	79.30
34	0.0074	0.15	75.95	0.04	76.07	0.00	79.30
35	0.0073	0.09	76.05	0.08	76.16	0.01	79.32
36	0.0071	0.00	76.05	0.00	76.16	0.00	79.32
37	0.0071	0.00	76.05	0.00	76.16	0.00	79.32
38	0.0067	0.01	76.06	0.01	76.17	0.00	79.32
39	0.0067	0.29	76.35	0.41	76.58	0.01	79.34
40	0.0067	0.28	76.63	0.17	76.75	0.00	79.34
41	0.0065	0.00	76.63	0.00	76.75	0.00	79.34
42	0.0063	1.32	77.95	1.57	78.32	0.01	79.34
43	0.0062	0.38	78.33	0.03	78.35	0.00	79.34
44	0.0062	1.01	79.35	1.15	79.49	0.00	79.34
45	0.0059	0.01	79.35	0.00	79.50	0.00	79.34
46	0.0058	1.06	80.41	1.09	80.59	0.00	79.34
47	0.0058	0.11	80.52	0.10	80.69	0.00	79.34
48	0.0057	1.24	81.75	0.82	81.51	0.00	79.35
49	0.0056	0.00	81.76	0.08	81.59	0.00	79.35
50	0.0056	0.01	81.77	0.01	81.60	0.00	79.35
51	0.0055	0.18	81.95	0.24	81.84	0.00	79.35

Modo No	Periodo	TRAN-X		TRAN-Y		ROTN-Z	
	T [S]	Masa (%)	Suma (%)	Masa (%)	Suma (%)	Masa (%)	Suma (%)
52	0.0054	0.29	82.24	0.36	82.20	0.00	79.35
53	0.0054	0.03	82.27	0.01	82.22	0.00	79.35
54	0.0053	0.00	82.27	0.00	82.22	0.00	79.36
55	0.0051	0.00	82.27	0.00	82.22	0.08	79.44
56	0.005	1.05	83.32	1.87	84.09	0.02	79.46
57	0.005	1.07	84.40	0.76	84.85	0.00	79.46
58	0.005	0.53	84.93	0.12	84.97	0.00	79.46
59	0.005	1.14	86.07	0.96	85.94	0.01	79.46
60	0.0049	0.01	86.08	0.01	85.95	0.00	79.46
61	0.0049	0.09	86.17	0.12	86.07	0.00	79.46
62	0.0047	0.08	86.25	0.70	86.78	0.06	79.52
63	0.0047	0.76	87.01	0.03	86.80	0.02	79.54
64	0.0047	0.09	87.10	0.46	87.26	0.00	79.54
65	0.0047	0.27	87.37	0.15	87.41	0.05	79.59
66	0.0046	0.07	87.45	0.03	87.45	3.66	83.26
67	0.0045	0.75	88.19	0.01	87.46	0.05	83.31
68	0.0045	0.15	88.35	0.67	88.13	0.01	83.32
69	0.0045	0.00	88.35	0.00	88.13	0.00	83.32
70	0.0044	0.26	88.61	0.00	88.13	0.01	83.32
71	0.0044	0.32	88.93	0.72	88.85	0.00	83.33
72	0.0044	0.03	88.96	0.11	88.96	0.00	83.33
73	0.0042	0.01	88.97	0.00	88.97	0.01	83.33
74	0.0042	0.03	89.00	0.02	88.99	0.00	83.33
75	0.0042	0.00	89.01	0.00	88.99	0.01	83.34
76	0.0042	0.00	89.01	0.01	89.00	0.00	83.34
77	0.0041	0.00	89.01	0.00	89.00	0.57	83.92
78	0.0041	0.00	89.01	0.00	89.00	0.00	83.92
79	0.004	0.01	89.02	0.01	89.00	0.00	83.92
80	0.004	0.01	89.03	0.00	89.01	0.00	83.92
81	0.004	0.17	89.20	0.11	89.12	0.00	83.92
82	0.004	0.06	89.26	0.11	89.23	0.00	83.92
83	0.004	0.01	89.27	0.01	89.23	0.00	83.92

Modo No	Periodo	TRAN-X		TRAN-Y		ROTN-Z	
	T [S]	Masa (%)	Suma (%)	Masa (%)	Suma (%)	Masa (%)	Suma (%)
84	0.0039	0.01	89.28	0.02	89.25	0.00	83.92
85	0.0039	0.00	89.28	0.00	89.25	0.00	83.92
86	0.0038	0.00	89.28	0.02	89.27	0.00	83.92
87	0.0038	0.00	89.28	0.00	89.27	0.00	83.92
88	0.0038	0.00	89.28	0.01	89.28	0.00	83.92
89	0.0038	0.02	89.31	0.04	89.32	0.00	83.92
90	0.0037	0.03	89.34	0.47	89.79	0.00	83.93
91	0.0037	0.01	89.34	0.19	89.98	0.00	83.93
92	0.0036	0.80	90.14	0.00	89.98	0.00	83.93
93	0.0036	0.11	90.26	0.24	90.22	0.00	83.93
94	0.0036	0.00	90.26	0.01	90.23	0.00	83.93
95	0.0035	0.01	90.27	0.04	90.26	0.00	83.93
96	0.0035	0.00	90.27	0.00	90.27	0.00	83.93
97	0.0035	0.00	90.27	0.00	90.27	0.06	83.99
98	0.0035	0.01	90.29	0.01	90.27	0.00	83.99
99	0.0035	0.00	90.29	0.01	90.28	0.00	83.99
100	0.0034	0.00	90.29	0.00	90.28	0.00	83.99
101	0.0034	0.00	90.29	0.00	90.28	0.00	83.99
102	0.0034	0.00	90.29	0.00	90.28	0.01	84.00
103	0.0033	0.01	90.30	0.02	90.30	0.00	84.00
104	0.0033	0.10	90.40	0.02	90.32	0.01	84.01
105	0.0033	0.11	90.51	0.07	90.38	0.01	84.01
106	0.0033	0.00	90.51	0.11	90.50	0.03	84.04
107	0.0033	0.00	90.51	0.00	90.50	0.14	84.18
108	0.0033	0.01	90.52	0.02	90.52	0.00	84.18
109	0.0032	0.00	90.52	0.01	90.53	0.00	84.19
110	0.0032	0.01	90.53	0.01	90.54	2.13	86.32
111	0.0032	0.10	90.62	0.02	90.56	0.00	86.32
112	0.0031	0.01	90.63	0.03	90.59	0.37	86.69
113	0.0031	0.00	90.63	0.01	90.60	0.00	86.69
114	0.0031	0.03	90.66	0.00	90.60	0.04	86.73
115	0.0031	0.02	90.68	0.03	90.63	0.27	87.00

Modo No	Periodo	TRAN-X		TRAN-Y		ROTN-Z	
	T [S]	Masa (%)	Suma (%)	Masa (%)	Suma (%)	Masa (%)	Suma (%)
116	0.0031	0.01	90.69	0.01	90.63	0.13	87.13
117	0.003	0.00	90.69	0.00	90.63	0.07	87.20
118	0.003	0.02	90.72	0.11	90.75	0.07	87.27
119	0.003	0.07	90.78	0.01	90.76	0.10	87.37
120	0.003	0.00	90.79	0.02	90.77	0.00	87.37
121	0.003	0.04	90.83	0.07	90.84	0.17	87.53
122	0.003	0.00	90.83	0.00	90.85	0.01	87.54
123	0.003	0.01	90.84	0.00	90.85	0.19	87.73
124	0.0029	0.00	90.84	0.03	90.88	0.02	87.75
125	0.0029	0.00	90.84	0.01	90.88	0.00	87.75
126	0.0029	0.00	90.84	0.02	90.90	0.31	88.06
127	0.0029	0.02	90.87	0.01	90.91	0.01	88.07
128	0.0029	0.00	90.87	0.05	90.96	0.00	88.07
129	0.0029	0.03	90.90	0.04	91.00	0.00	88.08
130	0.0029	0.03	90.93	0.00	91.00	0.00	88.08
131	0.0028	0.21	91.14	0.19	91.20	0.01	88.09
132	0.0028	0.02	91.17	0.01	91.21	0.02	88.11
133	0.0028	0.16	91.33	0.12	91.33	0.00	88.12
134	0.0028	0.00	91.33	0.00	91.33	0.01	88.12
135	0.0028	0.01	91.34	0.05	91.39	0.12	88.25
136	0.0027	0.13	91.46	0.02	91.41	0.17	88.42
137	0.0027	0.21	91.67	0.21	91.62	0.00	88.42
138	0.0027	0.00	91.67	0.02	91.64	0.03	88.46
139	0.0027	0.00	91.67	0.10	91.74	0.03	88.49
140	0.0027	0.11	91.79	0.11	91.85	0.00	88.49
141	0.0027	0.29	92.08	0.26	92.11	0.24	88.73
142	0.0027	0.02	92.10	0.00	92.11	0.02	88.75
143	0.0027	0.07	92.17	0.14	92.25	0.00	88.75
144	0.0026	0.05	92.22	0.11	92.36	0.05	88.80
145	0.0026	0.09	92.31	0.01	92.37	0.00	88.80
146	0.0026	0.00	92.32	0.00	92.37	0.21	89.00
147	0.0026	0.00	92.32	0.00	92.37	0.00	89.01

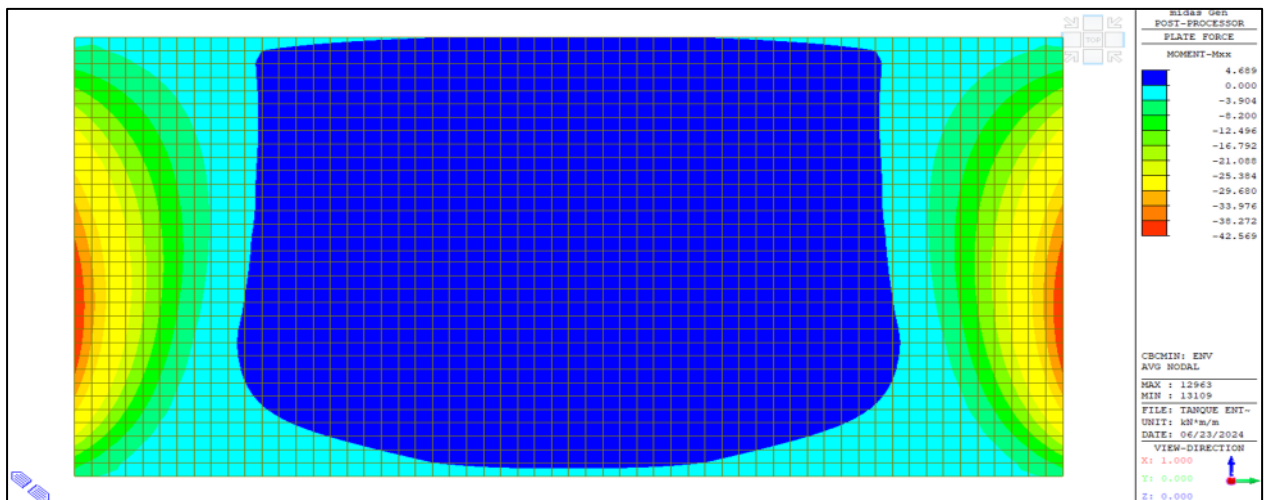
Modo No	Periodo	TRAN-X		TRAN-Y		ROTN-Z	
	T [S]	Masa (%)	Suma (%)	Masa (%)	Suma (%)	Masa (%)	Suma (%)
148	0.0026	0.01	92.33	0.00	92.37	0.00	89.01
149	0.0026	0.02	92.35	0.02	92.39	0.10	89.11
150	0.0026	0.02	92.37	0.01	92.40	0.14	90.00

6.3. Análisis de Estructural Tanque Semienterrado

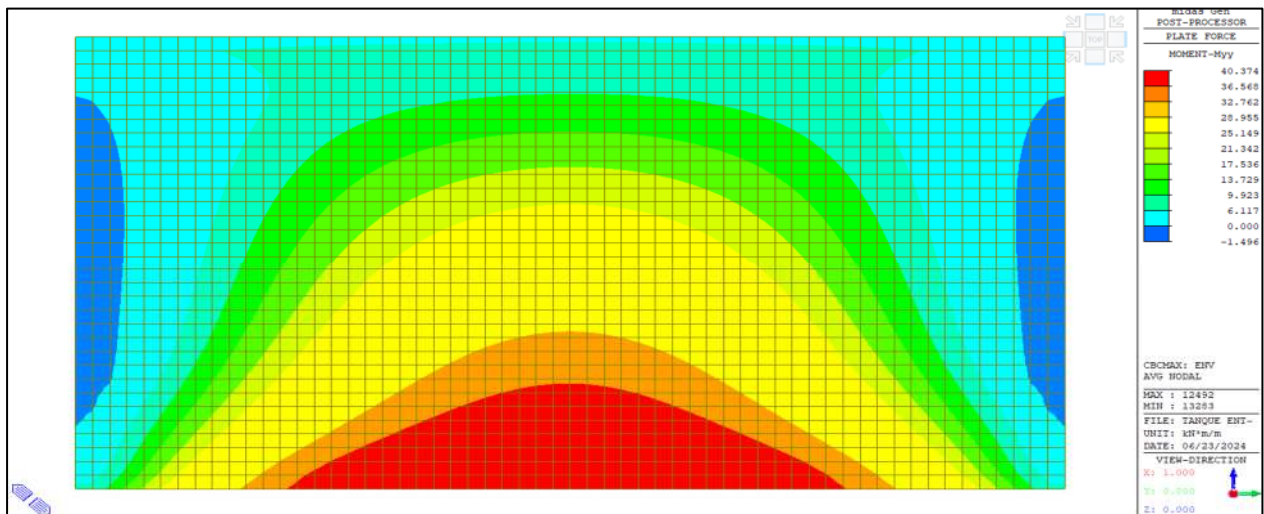
A continuación, en la Figura 5 se presentan las solicitaciones de diseño del tanque semienterrado obtenidas a partir del modelo de análisis realizado.

Figura 5. Resultados de Análisis Tanque Semienterrado.

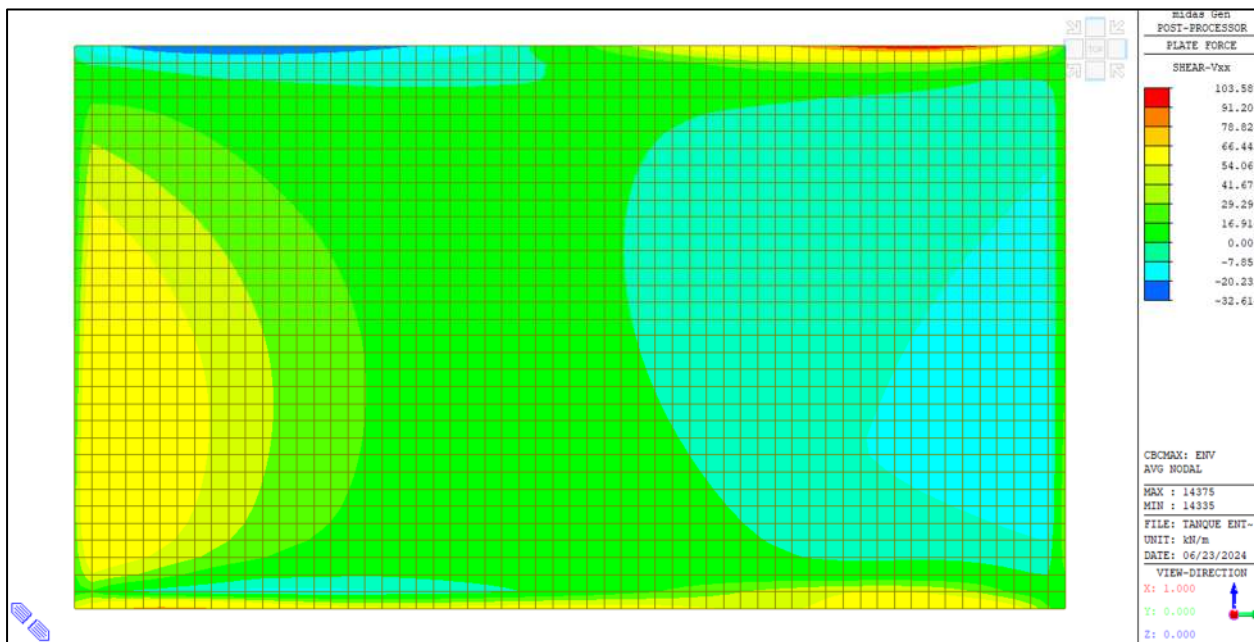
Envolvente de Momentos Mxx Muro 1 – kN-m.



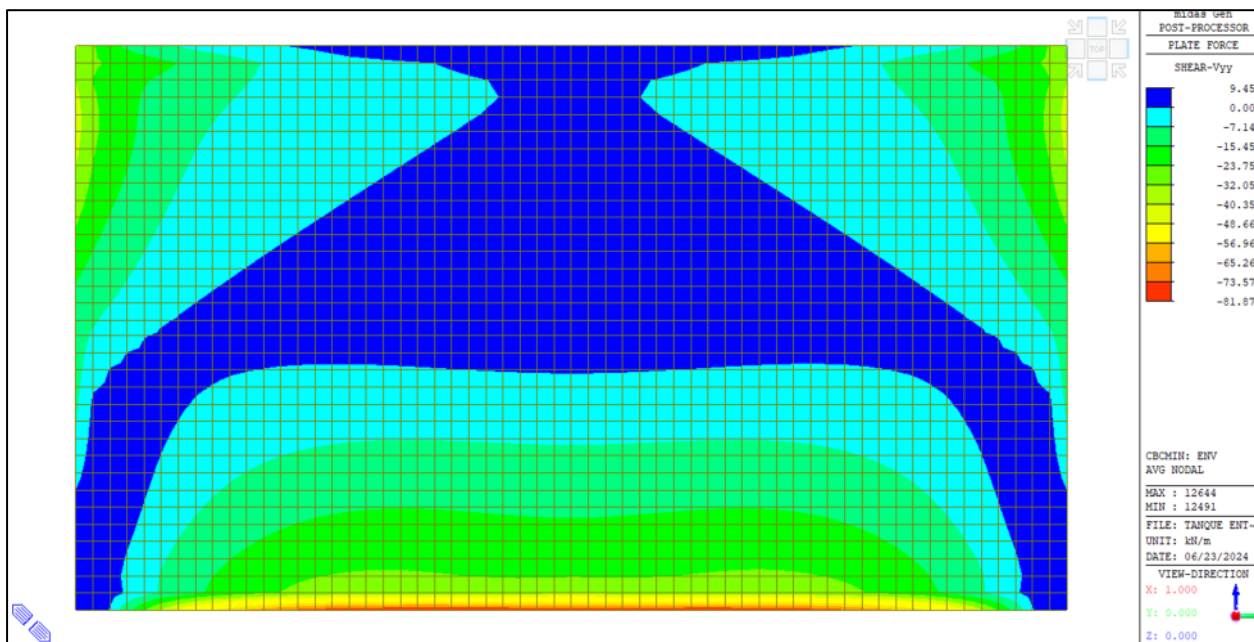
Envolvente de Momentos Myy Muro 1 – kN-m.



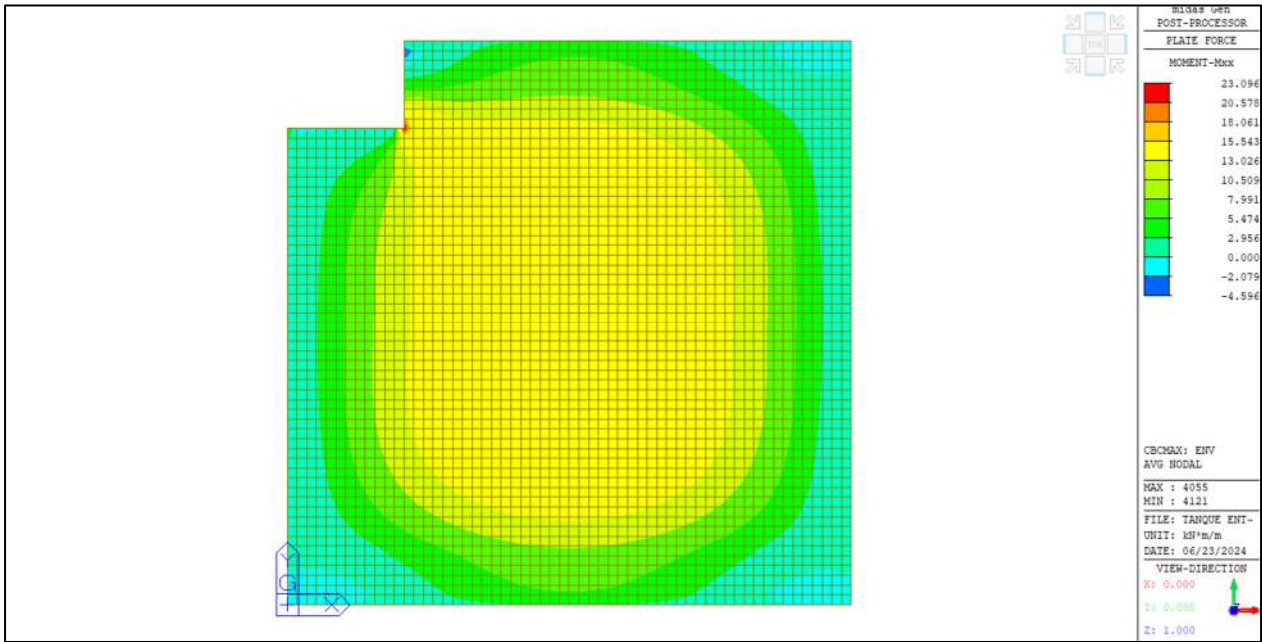
Envolvente de Cortante Vxx Muro 1 – kN.



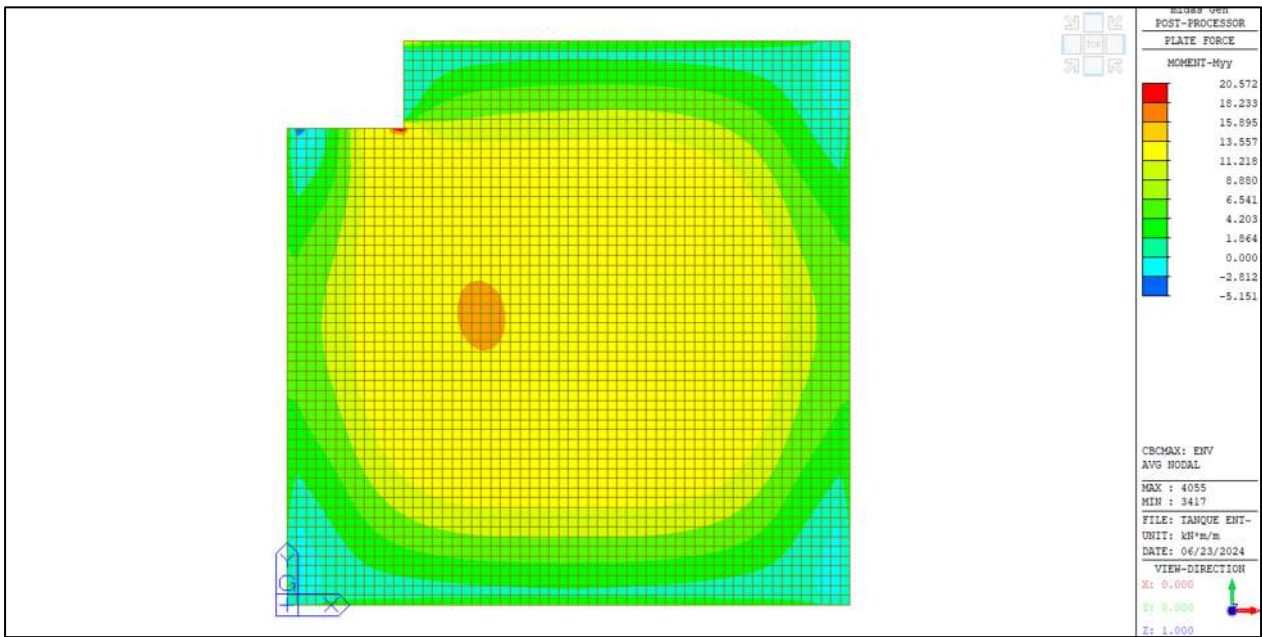
Envolvente de Cortante Vyy Muro 1 – kN.



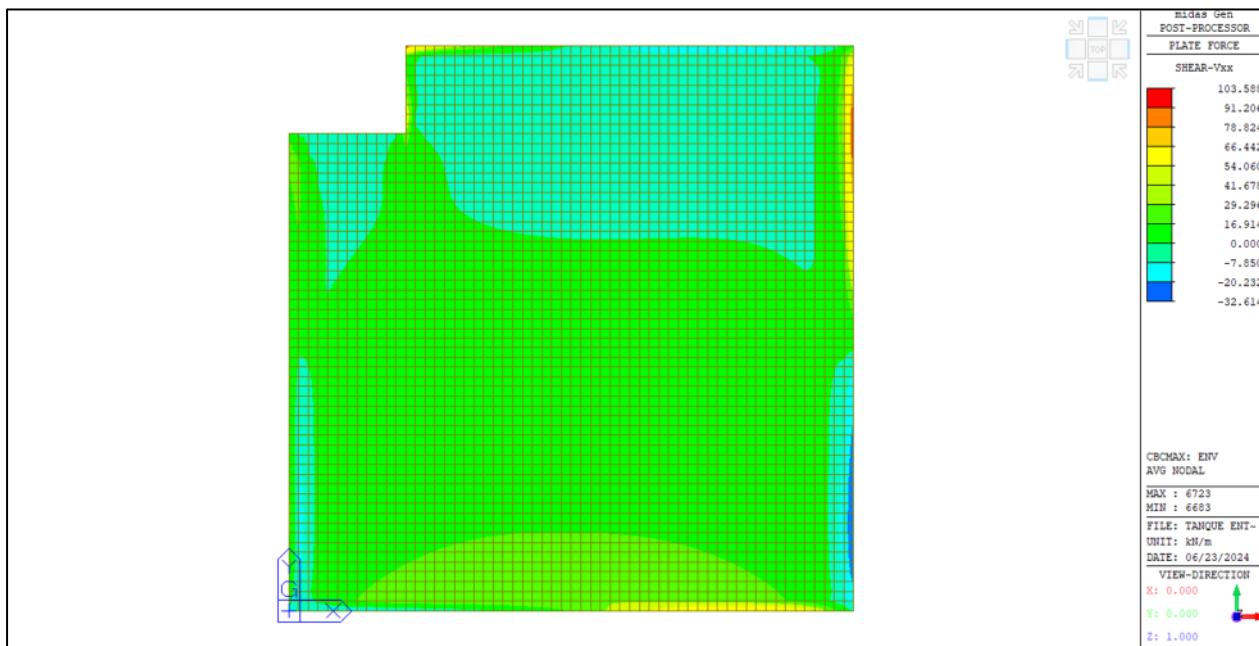
Envolvente de Momentos Mxx Losa Superior – kN-m.



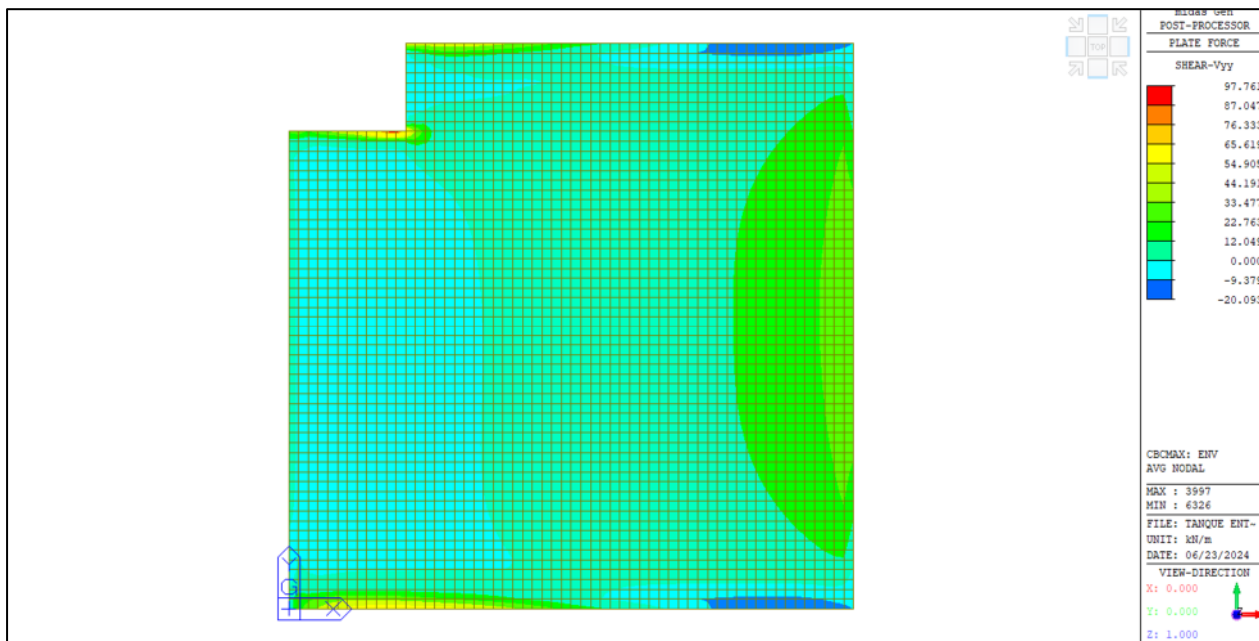
Envolvente de Momentos Myy Losa Superior – kN-m.



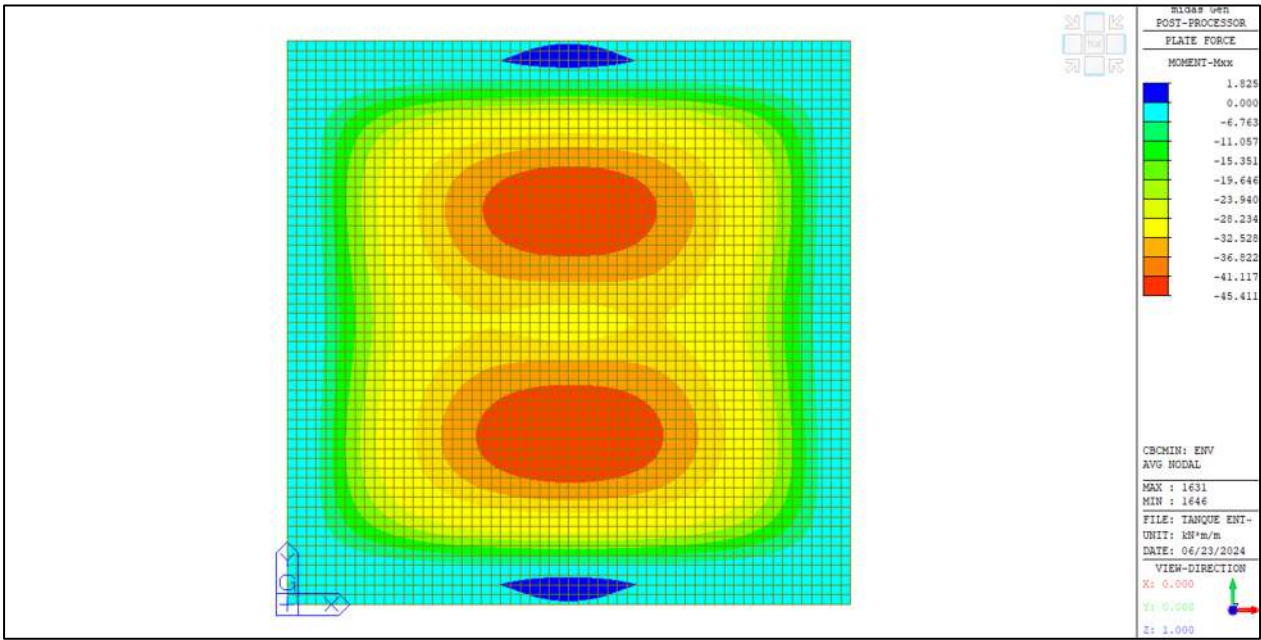
Envolvente de Cortante Vxx Losa Superior – kN.



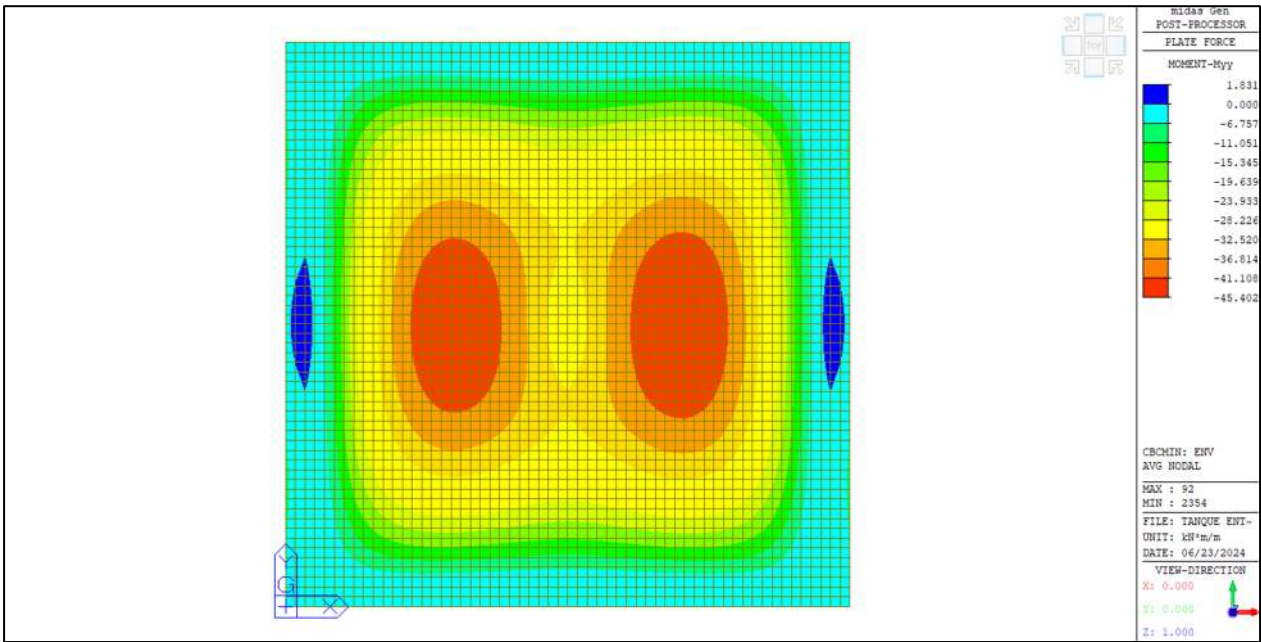
Envolvente de Cortante Vyy Losa Superior – kN.



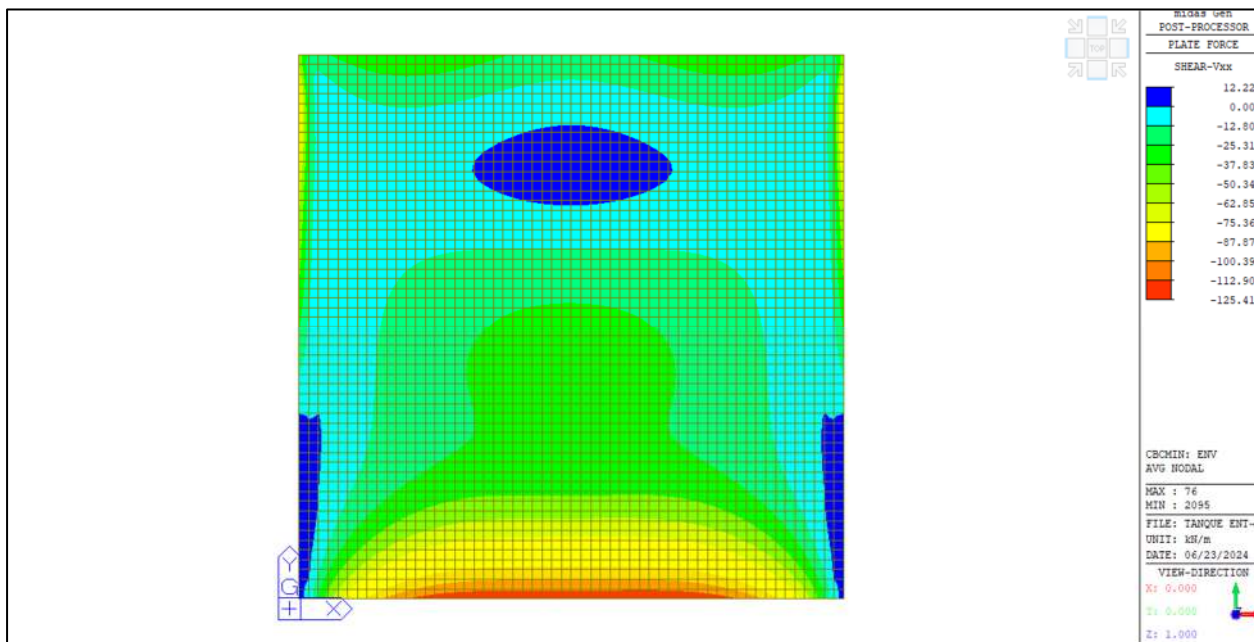
Envolvente de Momentos Mxx Losa Inferior – kN-m.



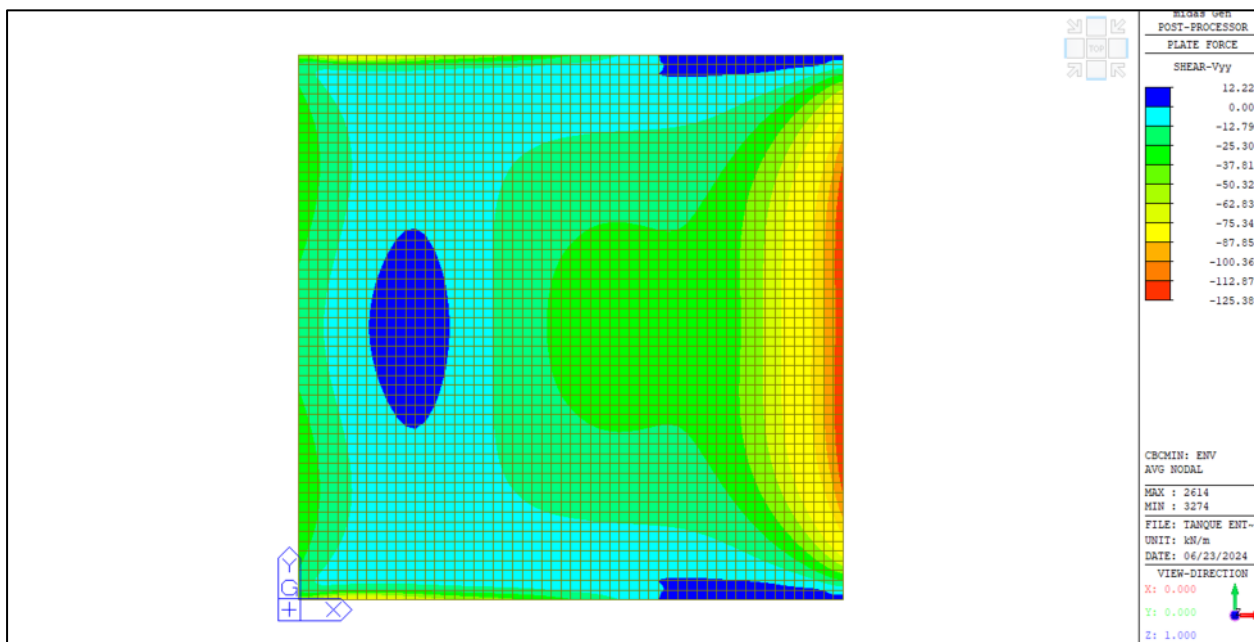
Envolvente de Momentos Myy Losa Inferior – kN-m.



Envolvente de Cortante Vxx Losa Inferior – kN.



Envolvente de Cortante Vyy Losa Inferior – kN.



6.4. Diseño de Elementos Estructurales Tanque Semienterrado

A continuación, de la Tabla 6 a la Tabla 8 se presenta el diseño de los elementos que conforman el tanque semienterrado. El diseño efectuado se ajusta a los requisitos estipulados en el Título C de la NSR-10, haciendo particular énfasis en el Título C.23.

Tabla 6. Diseño Muro Tanque semienterrado.

Diseño Muro							
Momento alrededor del eje horizontal				Momento alrededor del eje vertical			
Mu [kN-m]	40	cuantía Req.	0.00330	Mu [kN-m]	42	cuantía Req.	0.00330
b [m]	1	As req [mm2]	762	b [m]	1	As req [mm2]	804
h [m]	0.30	# Barras N°4	6	h [m]	0.30	# Barras N°4	7
d' [m]	0.07	As Ins. [mm2]	774	d' [m]	0.06	As Ins. [mm2]	903
d [m]	0.23	cuantía inst.	0.00335	d [m]	0.24	cuantía inst.	0.00371
Φ	0.9	s [mm]	167	Φ	0.9	s [mm]	143
fc [MPa]	28	a [m]	0.0137	fc [MPa]	28	a [m]	0.0159
fy [MPa]	420	c [m]	0.0161	fy [MPa]	420	c [m]	0.0187
Mcr [kN-m]	50	es	0.0401	Mcr [kN-m]	50	es	0.0360
Ru [kPa]	1031.755	ΦMr [kN-m]	66	Ru [kPa]	927.000	ΦMr [kN-m]	80
cuantía max.	0.02833			cuantía max.	0.02833		
Distribución del refuerzo (NSR-10 C-23-C.10.6)				Distribución del refuerzo (NSR-10 C-23-C.10.6)			
Ms [kN-m]	36	Bs	1.32	Ms [kN-m]	31	Bs	1.25
fs [MPa]	206	fs max [MPa]	214	fs [MPa]	144	fs max [MPa]	250
Resistencia al Corte				Resistencia al Corte			
Vu [kN]	114	Vc [kN]	203	Vu [kN]	132	Vc [kN]	214
φ	0.75	φVc [kN]	152	φ	0.75	φVc [kN]	161
Refuerzo vértical mínimo				Refuerzo horizontal mínimo			
Mu [kN-m]	-	cuantía Req.	0.00150	Mu [kN-m]	-	cuantía Req.	0.00150
b [m]	1	As req [mm2]	450	b [m]	1	As req [mm2]	450
h [m]	0.30	# Barras N°4	4	h [m]	0.30	# Barras N°4	4
d' [m]	0.07	As Ins. [mm2]	516	d' [m]	0.06	As Ins. [mm2]	516
d [m]	0.23	cuantía inst.	0.00172	d [m]	0.24	cuantía inst.	0.00172
Φ	0.9	s [mm]	250	Φ	0.9	s [mm]	250
fc [MPa]	28	a [m]	0.0091	fc [MPa]	28	a [m]	0.0091
fy [MPa]	420	c [m]	0.0107	fy [MPa]	420	c [m]	0.0107
Mcr [kN-m]	50	es	0.0617	Mcr [kN-m]	50	es	0.0652
Ru [kPa]	-	ΦMr [kN-m]	44	Ru [kPa]	-	ΦMr [kN-m]	47
cuantía max.	0.02833			cuantía max.	0.02833		

Tabla 7. Diseño Losa Superior Tanque Semienterrado.

Diseño Losa Superior							
Momento alrededor del eje Y				Momento alrededor del eje vertical			
Mu [kN-m]	21	cuantía Req.	0.00150	Mu [kN-m]	24	cuantía Req.	0.00161
b [m]	1	As req [mm2]	450	b [m]	1	As req [mm2]	482
h [m]	0.30	# Barras N°4	4	h [m]	0.30	# Barras N°4	4
d' [m]	0.06	As lns. [mm2]	516	d' [m]	0.07	As lns. [mm2]	516
d [m]	0.24	cuantía inst.	0.00172	d [m]	0.23	cuantía inst.	0.00172
Φ	0.9	s [mm]	250	Φ	0.9	s [mm]	250
fc [MPa]	28	a [m]	0.0091	fc [MPa]	28	a [m]	0.0091
fy [MPa]	420	c [m]	0.0107	fy [MPa]	420	c [m]	0.0107
Mcr [kN-m]	50	es	0.0652	Mcr [kN-m]	50	es	0.0617
Ru [kPa]	522.752	ΦMr [kN-m]	47	Ru [kPa]	664.943	ΦMr [kN-m]	44
cuantía max.	0.02833			cuantía max.	0.02833		
Distribución del refuerzo (NSR-10 C-23-C.10.6)				Distribución del refuerzo (NSR-10 C-23-C.10.6)			
Ms [kN-m]	9	Bs	1.24	Ms [kN-m]	7	Bs	1.31
fs [MPa]	74	fs max [MPa]	167	fs [MPa]	60	fs max [MPa]	158
Resistencia al Corte				Resistencia al Corte			
Vu [kN]	3	Vc [kN]	214	Vu [kN]	14	Vc [kN]	203
φ	0.75	φVc [kN]	161	φ	0.75	φVc [kN]	152
Refuerzo vértical mínimo				Refuerzo horizontal mínimo			
Mu [kN-m]	-	cuantía Req.	0.00150	Mu [kN-m]	-	cuantía Req.	0.00150
b [m]	1	As req [mm2]	450	b [m]	1	As req [mm2]	450
h [m]	0.30	# Barras N°4	4	h [m]	0.30	# Barras N°4	4
d' [m]	0.06	As lns. [mm2]	516	d' [m]	0.07	As lns. [mm2]	516
d [m]	0.24	cuantía inst.	0.00172	d [m]	0.23	cuantía inst.	0.00172
Φ	0.9	s [mm]	250	Φ	0.9	s [mm]	250
fc [MPa]	28	a [m]	0.0091	fc [MPa]	28	a [m]	0.0091
fy [MPa]	420	c [m]	0.0107	fy [MPa]	420	c [m]	0.0107
Mcr [kN-m]	50	es	0.0652	Mcr [kN-m]	50	es	0.0617
Ru [kPa]	-	ΦMr [kN-m]	47	Ru [kPa]	-	ΦMr [kN-m]	44
cuantía max.	0.02833			cuantía max.	0.02833		

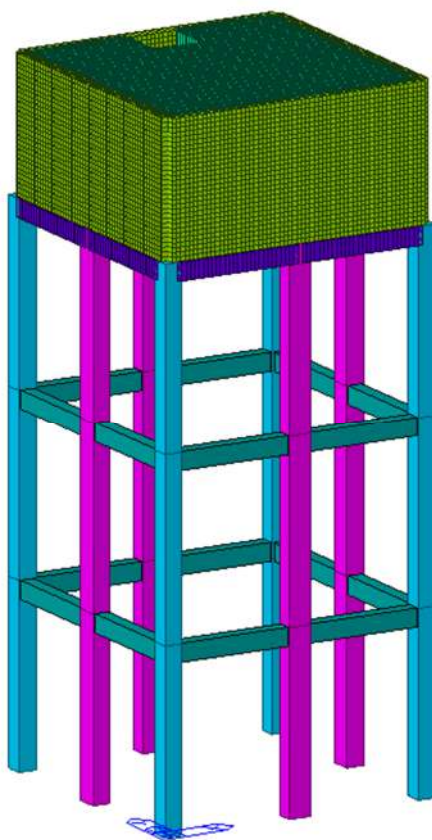
Tabla 8. Diseño Losa Inferior Tanque Semienterrado.

Diseño Losa Inferior							
Momento alrededor del eje Y				Momento alrededor del eje vertical			
Mu [kN-m]	45	cuantía Req.	0.00225	Mu [kN-m]	45	cuantía Req.	0.00251
b [m]	1	As req [mm2]	676	b [m]	1	As req [mm2]	754
h [m]	0.30	# Barras N°4	6	h [m]	0.30	# Barras N°4	6
d' [m]	0.06	As lns. [mm2]	774	d' [m]	0.07	As lns. [mm2]	774
d [m]	0.24	cuantía inst.	0.00258	d [m]	0.23	cuantía inst.	0.00258
Φ	0.9	s [mm]	167	Φ	0.9	s [mm]	167
fc [MPa]	28	a [m]	0.0137	fc [MPa]	28	a [m]	0.0137
fy [MPa]	420	c [m]	0.0161	fy [MPa]	420	c [m]	0.0161
Mcr [kN-m]	50	es	0.0425	Mcr [kN-m]	50	es	0.0401
Ru [kPa]	927.000	ΦMr [kN-m]	69	Ru [kPa]	1031.755	ΦMr [kN-m]	66
cuantía max.	0.02833			cuantía max.	0.02833		
Distribución del refuerzo (NSR-10 C-23-C.10.6)				Distribución del refuerzo (NSR-10 C-23-C.10.6)			
Ms [kN-m]	9	Bs	1.25	Ms [kN-m]	7	Bs	1.32
fs [MPa]	49	fs max [MPa]	227	fs [MPa]	40	fs max [MPa]	214
Resistencia al Corte				Resistencia al Corte			
Vu [kN]	3	Vc [kN]	214	Vu [kN]	14	Vc [kN]	203
φ	0.75	φVc [kN]	161	φ	0.75	φVc [kN]	152
Refuerzo vértical mínimo				Refuerzo horizontal mínimo			
Mu [kN-m]	-	cuantía Req.	0.00150	Mu [kN-m]	-	cuantía Req.	0.00150
b [m]	1	As req [mm2]	450	b [m]	1	As req [mm2]	450
h [m]	0.30	# Barras N°4	4	h [m]	0.30	# Barras N°4	4
d' [m]	0.06	As lns. [mm2]	516	d' [m]	0.07	As lns. [mm2]	516
d [m]	0.24	cuantía inst.	0.00172	d [m]	0.23	cuantía inst.	0.00172
Φ	0.9	s [mm]	250	Φ	0.9	s [mm]	250
fc [MPa]	28	a [m]	0.0091	fc [MPa]	28	a [m]	0.0091
fy [MPa]	420	c [m]	0.0107	fy [MPa]	420	c [m]	0.0107
Mcr [kN-m]	50	es	0.0652	Mcr [kN-m]	50	es	0.0617
Ru [kPa]	-	ΦMr [kN-m]	47	Ru [kPa]	-	ΦMr [kN-m]	44
cuantía max.	0.02833			cuantía max.	0.02833		

7. TANQUE ELEVADO

Para el diseño del tanque de almacenamiento elevado se ha desarrollado un modelo de análisis tridimensional a través de un software de análisis y diseño basado en elementos finitos. Los elementos correspondientes a muros y losas han sido modelados mediante elementos bidimensionales tipo Plate mientras que los elementos correspondientes a vigas y columnas se modelaron como elementos tipo Beam. En la Figura 6 se presenta un isométrico del modelo de análisis generado.

Figura 6. Modelo de Análisis Tanque Elevado.



En la Tabla 9 se presentan las secciones de los elementos que componen la estructura.

Tabla 9. Secciones Elementos Tanque Elevado.

Elemento	Ubicación	Sección	
		b [m]	h [m]
Columnas	Extremos	0.40	0.40
	Entre ejes	0.40	0.50
Vigas	Tanque/cimentación	0.40	0.40
	Entrepiso	0.30	0.40
Muros	Tanque	0.30	

7.1. Avalúo y Asignación de Cargas Tanque Elevado

El tanque de almacenamiento elevado estará sometido a las cargas producidas por el peso propio de los elementos (D), la presión ejercida por el fluido almacenado (F) tanto en condición estática como dinámica y, el efecto de la aceleración del suelo sobre la estructura durante el evento sísmico (E).

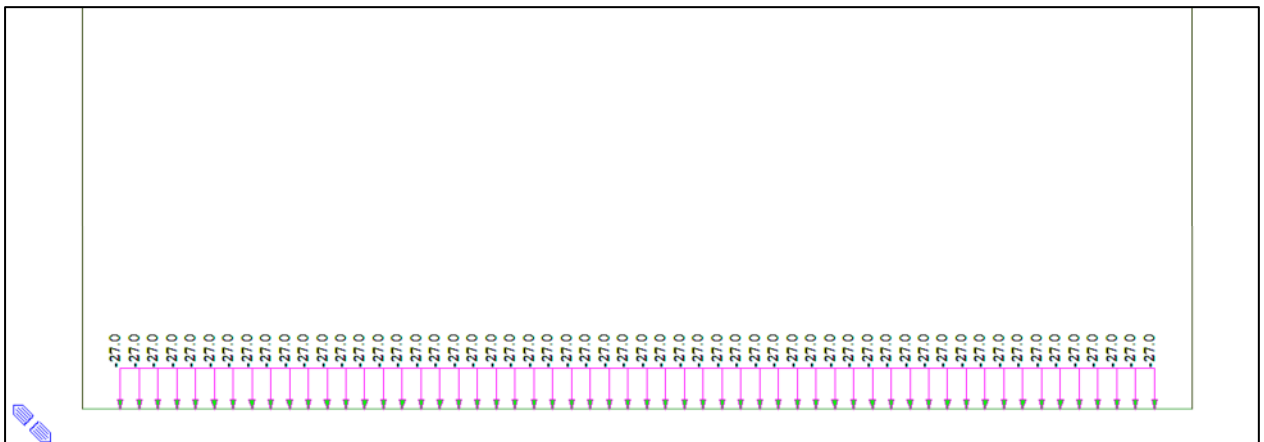
El peso propio de los elementos es calculado directamente por el software de análisis a partir de las dimensiones y la densidad de los materiales. A continuación, en la Figura 7 se presentan las cargas asignadas al modelo de análisis.

Figura 7. Asignación de Cargas al Tanque Elevado.

Presión Horizontal del Fluido Almacenado (F) kPa.



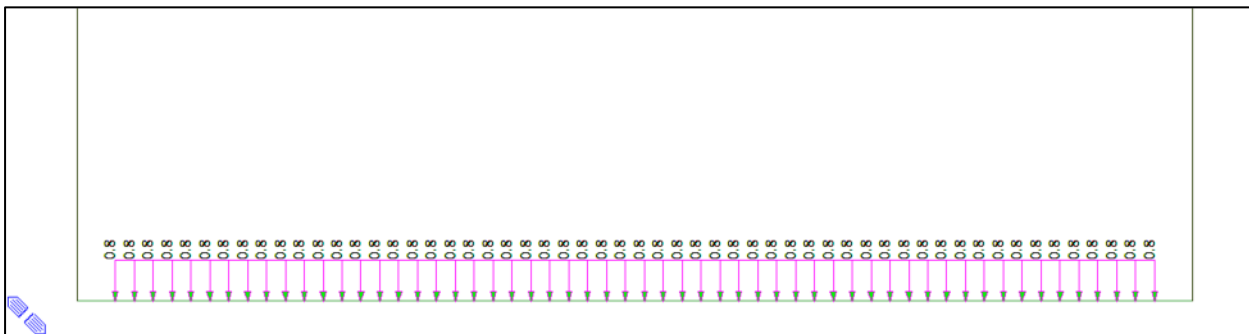
Presión Vertical del Fluido Almacenado (F) kPa.



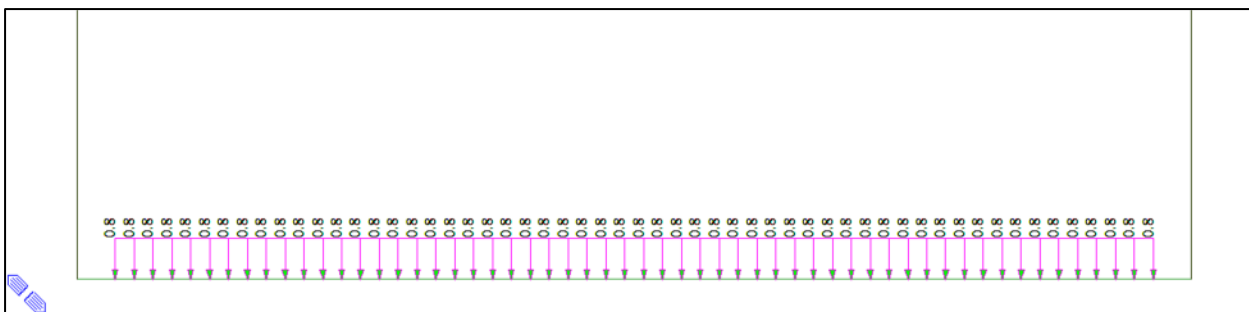
Presión Horizontal Derivada de la Fuerza Hidrodinámica (Fhd) kPa.



Presión Vertical Derivada de la Fuerza Hidrodinámica (Fhd) kPa.



Presión Vertical Derivada de la Fuerza inercial (Fhd) kPa.



7.2. Análisis Modal Tanque Elevado

El procedimiento de análisis sísmico se llevó a cabo mediante un análisis de modos de vibración. Para tal fin se modeló la estructura en el software análisis y diseño estructural y se evaluó la respuesta dinámica de la estructura según las especificaciones brindadas en el capítulo A.5 de la NSR – 10. Los efectos ortogonales se consideran al asignar el 100% del sismo en cada dirección y calcular los desplazamientos producidos por el método de las raíces cuadradas de la suma de los cuadrados (SRSS). La masa sísmica de la estructura se considera a partir del peso propio de los elementos (D) y el peso total del líquido almacenado (F).

7.2.1. Ajuste de Cortante Sísmico Tanque Elevado

Tal como se parecía en la Tabla 10, no se requiere de ajuste por cortante basar, puesto que el análisis modal efectuado (MEX y MEY) aplica más del 90% del cortante debido al método de la fuerza horizontal equivalente (EX y EY).

Tabla 10. Chequeo Cortante Basal Tanque Elevado.

Carga	FX (kN)	FY (kN)	Ratio
EX	439.85	0.00	-
EY	0.00	439.85	-
MEX	419.37	0.039	95.34%
MEY	0.039	419.37	95.34%

7.2.2. Masa Participante y Derivas de Piso Tanque Elevado

A continuación, en la Tabla 11, se presenta la masa participante para los 12 modos de vibración evaluados. Nótese que el primer modo asociado a cada dirección contiene más del 90% de la masa participante.

Tabla 11. Masa Participante Análisis Modal Tanque Elevado.

Modo No	Periodo	TRAN-X		TRAN-Y		ROTN-Z	
	T [S]	Masa (%)	Suma (%)	Masa (%)	Suma (%)	Masa (%)	Suma (%)
1	0.70	2.92	2.92	92.37	92.37	0.00	0.00
2	0.70	92.37	95.29	2.92	95.29	0.00	0.00
3	0.10	3.80	99.09	0.08	95.37	0.00	0.00
4	0.10	0.08	99.17	3.80	99.17	0.00	0.00
5	0.08	0.00	99.17	0.00	99.17	25.83	25.83
6	0.08	0.00	99.17	0.00	99.17	0.00	25.83
7	0.08	0.00	99.17	0.00	99.17	0.00	25.83

Modo No	Periodo	TRAN-X		TRAN-Y		ROTN-Z	
	T [S]	Masa (%)	Suma (%)	Masa (%)	Suma (%)	Masa (%)	Suma (%)
8	0.07	0.00	99.17	0.00	99.17	0.00	25.83
9	0.05	0.12	99.28	0.00	99.17	0.00	25.83
10	0.05	0.00	99.28	0.12	99.29	0.00	25.83
11	0.05	0.00	99.29	0.00	99.29	0.00	25.83
12	0.05	0.53	99.81	0.00	99.29	0.00	25.83

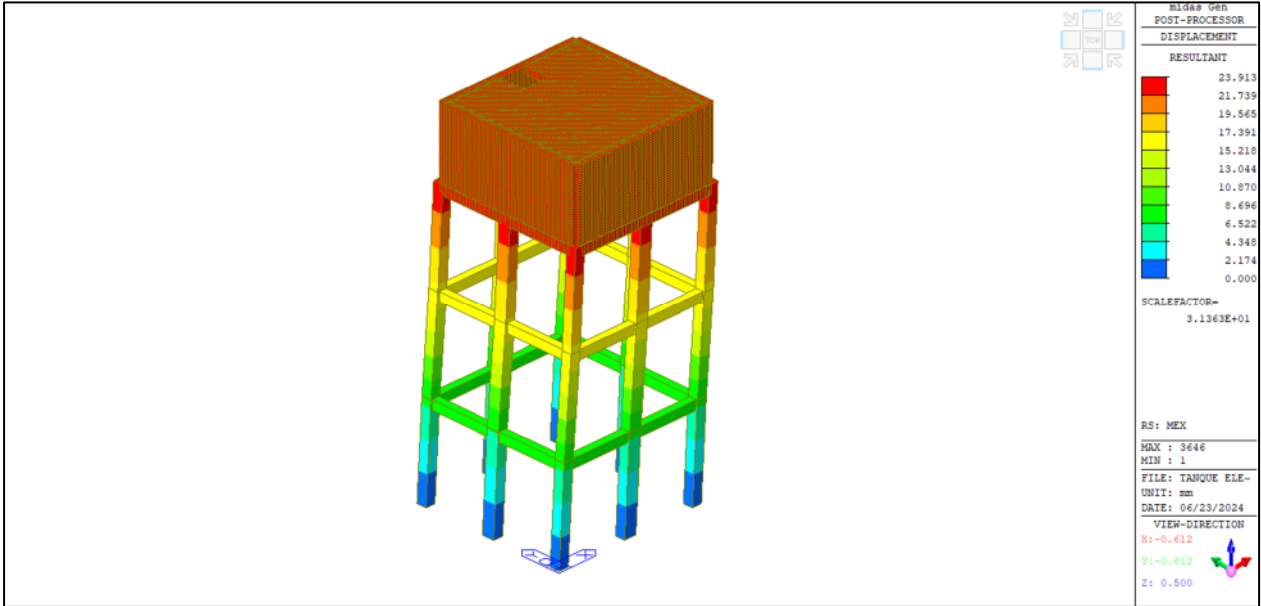
A continuación, en la Tabla 12 se presenta el chequeo de la deriva de piso de la estructural. Cabe aclarar que, si bien para la estructura analizada este no es un requisito indispensable para el diseño, si es un factor relevante al evaluar la rigidez del sistema estructural. Nótese que para ningún caso se obtienen derivas de piso superiores al 1%.

Tabla 12. Chequeo Derivas de Piso Tanque Elevado.

Load Case	Story	Story Height (mm)	P-Delta Incremental Factor (ad)	Allowable Story Drift Ratio	Maximum Drift of All Vertical Elements					Drift at the Center of Mass				
					Node	Story Drift (mm)	Modified Drift (mm)	Story Drift Ratio	Remark	Story Drift (mm)	Modified Drift (mm)	Drift Factor (Maximum/Curent)	Story Drift Ratio	Remark
RMC,Not Used, Cd=1, Ie=1, Scale Factor=1, Allowable Ratio=0.01 Press right mouse button and click 'Set Story Drift Parameters...' menu to change RMC or Cd/Ie/Scale Factor/Allowable Ratio/Beta!														
MEX(RS)	3F	4000.00	1.00	0.0100	14073	6.6242	6.6242	0.0017	OK	6.5506	6.5506	1.0112	0.0016	OK
MEX(RS)	2F	4000.00	1.00	0.0100	14080	10.5302	10.5302	0.0026	OK	10.0374	10.0374	1.0491	0.0025	OK
MEX(RS)	1F	4000.00	1.00	0.0100	14067	7.0409	7.0409	0.0018	OK	6.9388	6.9388	1.0147	0.0017	OK
MEY(RS)	3F	4000.00	1.00	0.0100	14077	6.6245	6.6245	0.0017	OK	6.5508	6.5508	1.0113	0.0016	OK
MEY(RS)	2F	4000.00	1.00	0.0100	14068	10.5311	10.5311	0.0026	OK	10.0375	10.0375	1.0492	0.0025	OK
MEY(RS)	1F	4000.00	1.00	0.0100	14079	7.0410	7.0410	0.0018	OK	6.9388	6.9388	1.0147	0.0017	OK

En la Figura 8 se muestra la configuración deformada de la estructura bajo las solicitaciones por sismo.

Figura 8. Configuración Deformada Sismo en X Tanque Elevado.



7.2.3. Coeficientes de Reducción de Resistencia

Se encuentra que la pérdida de la resistencia a momento de la unión viga-columnas no representa la pérdida de más del 33% de la resistencia ante las fuerzas horizontales de piso, ni causaría irregularidades en planta del tipo 1bP ($\Phi_r = 1$). En la Tabla 13 y la Tabla 14 se presenta la evaluación de la irregularidad en altura y en planta. Una vez establecidos los factores de reducción de resistencia, se calculó el coeficiente de capacidad de disipación de energía de la estructura. Tales valores se presentan en la Tabla 15.

Tabla 13. Chequeo de Irregularidad en Altura Tanque Elevado.

Load Case	Story	Level (mm)	Story Height (mm)	Story Drift (mm)	Story Shear Force (kN)	Story Stiffness	Upper Story Stiffness		Upper 3 Story Stiffness(Avg.)		Remark	Phi_p
							0.6K (Upper)	0.7K (Upper)	0.7K (3 Stories)	0.8K (3 Stories)		
MEX(RS)	3F	8000.00	4000.00	6.5506	380.76	610.63	0.00	0.00	0.00	0.00	Regular	1.0
MEX(RS)	2F	4000.00	4000.00	10.0374	407.95	398.51	366.38	427.44	213.72	244.25	Irregular	0.9
MEX(RS)	1F	0.00	4000.00	6.9388	419.37	576.47	239.11	278.96	353.20	403.66	Regular	1.0
MEY(RS)	3F	8000.00	4000.00	0.0014	0.03	2894803.32	0.00	0.00	0.00	0.00	Regular	1.0
MEY(RS)	2F	4000.00	4000.00	0.0007	0.05	5622425.57	1736881.99	2026362.33	1013181.16	1157921.33	Regular	1.0
MEY(RS)	1F	0.00	4000.00	0.0004	0.04	8993877.80	3373455.34	3935697.90	2981030.11	3406891.56	Regular	1.0

Load Case	Story	Level (mm)	Story Height (mm)	Story Mass (kN/g)	Adjacent Story Mass		Story Mass Ratio	Remark	Phi_p
					1.5M(Upper) (kN/g)	1.5M(Lower) (kN/g)			
MEX(RS)	4F	12000.00	0.00	0.199	0.000	0.030	6.652	Irregular	0.9
MEX(RS)	3F	8000.00	4000.00	0.020	0.299	0.030	0.667	Regular	1.0
MEX(RS)	2F	4000.00	4000.00	0.020	0.030	0.000	0.667	Regular	1.0
MEX(RS)	1F	0.00	4000.00	0.007	0.030	0.000	0.235	Regular	1.0
MEY(RS)	4F	12000.00	0.00	0.199	0.000	0.030	6.652	Irregular	0.9
MEY(RS)	3F	8000.00	4000.00	0.020	0.299	0.030	0.667	Regular	1.0
MEY(RS)	2F	4000.00	4000.00	0.020	0.030	0.000	0.667	Regular	1.0
MEY(RS)	1F	0.00	4000.00	0.007	0.030	0.000	0.235	Regular	1.0

Tabla 14. Chequeo de Irregularidad en Planta Tanque Elevado.

Load Case	Story	Level (mm)	Story Height (mm)	Average Value of Extreme Points		Maximum Value		Remark	Phi_p
				1.4*Story Drift (mm)	1.2*Story Drift (mm)	Node	Story Drift (mm)		
MEX(RS)	3F	8000.00	4000.00	9.2607	7.9378	12	6.6224	Regular	1.0
MEX(RS)	2F	4000.00	4000.00	13.8266	11.8513	6	9.8803	Regular	1.0
MEX(RS)	1F	0.00	4000.00	9.8492	8.4421	2	7.0385	Regular	1.0
MEY(RS)	3F	8000.00	4000.00	9.2610	7.9380	12	6.6228	Regular	1.0
MEY(RS)	2F	4000.00	4000.00	13.8268	11.8515	6	9.8805	Regular	1.0
MEY(RS)	1F	0.00	4000.00	9.8492	8.4422	2	7.0386	Regular	1.0

Tabla 15. Coeficientes Reducción de Capacidad de Disipación de Energía Tanque Elevado.

Φ_r	1.0
Φ_a	0.9
Φ_p	1.0
R_0	2.5
R	2.25

7.3. Reacciones en Apoyos Tanque Elevado.

A continuación, en la Tabla 16 se presentan las reacciones en los apoyos para las combinaciones de carga de servicio.

Tabla 16. Reacciones en Apoyos Combinaciones de Servicio Tanque Elevado.

Nodo	Combo	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kN*m)	MY (kN*m)	MZ (kN*m)
1	cLCB33	0.366	0.333	264.869	-419.041	492.427	10.137
2	cLCB33	-0.331	0.367	264.033	-493.703	-410.056	7.468
3	cLCB33	-0.350	-0.332	262.892	409.716	-464.772	9.680
4	cLCB33	0.333	-0.350	263.728	465.071	417.609	7.404
7161	cLCB33	0.034	-0.126	344.653	157.166	79.347	12.688
7162	cLCB33	-0.048	0.123	340.671	-160.665	-86.195	12.758
7167	cLCB33	-0.127	-0.048	342.130	84.780	-161.943	12.392
7168	cLCB33	0.124	0.034	343.551	-81.421	163.119	12.890
1	cLCB34	0.892	0.858	273.721	782.495	1704.538	26.113
2	cLCB34	0.187	0.893	272.867	707.246	792.115	23.961
3	cLCB34	0.167	0.186	271.961	1620.276	734.952	26.894
4	cLCB34	0.857	0.167	272.814	1676.087	1626.925	23.894
7161	cLCB34	1.109	0.070	352.947	1060.064	2496.699	21.431
7162	cLCB34	1.023	0.340	349.207	716.311	2324.250	21.729
7167	cLCB34	0.070	1.023	350.506	2500.730	714.666	21.115
7168	cLCB34	0.340	1.109	351.963	2333.289	1064.652	21.906
1	cLCB35	-0.151	-0.184	265.510	-1627.438	-707.869	-5.201
2	cLCB35	-0.856	-0.151	264.660	-1705.238	-1619.927	-8.676
3	cLCB35	-0.875	-0.857	263.762	-791.929	-1675.471	-7.069
4	cLCB35	-0.185	-0.875	264.614	-734.287	-783.190	-8.803
7161	cLCB35	-1.040	-0.343	349.491	-718.893	-2334.051	4.520
7162	cLCB35	-1.123	-0.074	345.814	-1061.085	-2501.101	4.482
7167	cLCB35	-0.343	-1.123	347.074	-2324.428	-1064.038	4.286
7168	cLCB35	-0.074	-1.040	348.541	-2497.658	-712.992	4.562

Nodo	Combo	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kN*m)	MY (kN*m)	MZ (kN*m)
1	cLCB36	14.936	14.964	377.810	33109.171	34064.623	357.238
2	cLCB36	14.230	14.936	376.724	33222.240	33152.209	353.799
3	cLCB36	14.285	14.231	375.548	34136.519	33232.821	355.873
4	cLCB36	14.968	14.282	376.634	34012.960	34115.974	354.010
7161	cLCB36	30.042	5.838	395.417	25299.727	67302.596	168.873
7162	cLCB36	30.073	6.111	390.959	24953.558	67362.342	172.773
7167	cLCB36	5.842	30.068	392.725	67232.006	24953.941	168.946
7168	cLCB36	6.110	30.042	394.067	67433.423	25307.254	175.572
1	cLCB37	14.937	14.888	377.811	33264.272	34065.790	392.968
2	cLCB37	14.231	15.012	376.724	33067.175	33153.352	389.987
3	cLCB37	14.284	14.308	375.549	33981.452	33231.669	392.707
4	cLCB37	14.967	14.205	376.637	34168.007	34114.802	390.525
7161	cLCB37	30.042	5.838	395.418	25299.663	67302.622	174.022
7162	cLCB37	30.073	6.111	390.955	24953.492	67362.296	178.243
7167	cLCB37	5.842	29.921	392.725	67528.367	24953.941	255.775
7168	cLCB37	6.110	30.189	394.067	67137.191	25307.254	262.612
1	cLCB38	15.012	14.963	377.807	33110.386	34219.372	394.676
2	cLCB38	14.307	14.937	376.718	33221.035	33306.954	390.767
3	cLCB38	14.205	14.232	375.545	34135.392	33072.079	392.207
4	cLCB38	14.888	14.281	376.631	34014.100	33955.172	390.700
7161	cLCB38	30.188	5.838	395.417	25299.727	67597.917	257.337
7162	cLCB38	29.921	6.111	390.959	24953.558	67054.825	261.452
7167	cLCB38	5.842	30.068	392.717	67232.104	24951.754	173.276
7168	cLCB38	6.109	30.042	394.064	67433.349	25305.072	180.157
1	cLCB39	15.013	14.887	377.808	33265.481	34220.534	427.208
2	cLCB39	14.308	15.013	376.718	33065.965	33308.092	423.752
3	cLCB39	14.204	14.309	375.546	33980.320	33070.921	425.835
4	cLCB39	14.887	14.204	376.634	34169.142	33953.995	424.010

Nodo	Combo	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kN*m)	MY (kN*m)	MZ (kN*m)
7161	cLCB39	30.188	5.838	395.418	25299.663	67597.943	260.654
7162	cLCB39	29.921	6.111	390.955	24953.492	67054.779	265.004
7167	cLCB39	5.842	29.921	392.717	67528.463	24951.754	258.580
7168	cLCB39	6.109	30.189	394.064	67137.117	25305.072	265.621
1	cLCB40	-14.194	-14.291	161.421	-33954.115	-33067.953	-336.326
2	cLCB40	-14.900	-14.194	160.803	-34220.232	-33980.020	-338.514
3	cLCB40	-14.992	-14.901	160.175	-33308.172	-34173.340	-336.048
4	cLCB40	-14.295	-14.990	160.794	-33071.160	-33272.239	-338.920
7161	cLCB40	-29.973	-6.111	307.020	-24958.556	-67139.948	-142.922
7162	cLCB40	-30.173	-5.846	304.062	-25298.332	-67539.193	-146.562
7167	cLCB40	-6.115	-30.167	304.854	-67055.704	-25303.313	-143.545
7168	cLCB40	-5.843	-29.972	306.437	-67597.792	-24955.593	-149.105
1	cLCB41	-14.195	-14.214	161.421	-34109.215	-33069.121	-372.056
2	cLCB41	-14.901	-14.271	160.803	-34065.168	-33981.164	-374.702
3	cLCB41	-14.991	-14.978	160.175	-33153.105	-34172.188	-372.882
4	cLCB41	-14.294	-14.914	160.791	-33226.208	-33271.067	-375.434
7161	cLCB41	-29.973	-6.111	307.020	-24958.493	-67139.974	-148.072
7162	cLCB41	-30.173	-5.846	304.066	-25298.266	-67539.147	-152.032
7167	cLCB41	-6.115	-30.020	304.854	-67352.064	-25303.313	-230.373
7168	cLCB41	-5.843	-30.119	306.437	-67301.560	-24955.593	-236.144
1	cLCB42	-14.271	-14.290	161.424	-33955.329	-33222.703	-373.764
2	cLCB42	-14.977	-14.195	160.809	-34219.027	-34134.765	-375.482
3	cLCB42	-14.913	-14.902	160.178	-33307.046	-34012.598	-372.382
4	cLCB42	-14.216	-14.989	160.797	-33072.301	-33111.437	-375.609
7161	cLCB42	-30.119	-6.111	307.020	-24958.556	-67435.269	-231.387
7162	cLCB42	-30.021	-5.846	304.062	-25298.332	-67231.676	-235.242
7167	cLCB42	-6.114	-30.167	304.862	-67055.801	-25301.126	-147.874
7168	cLCB42	-5.843	-29.972	306.440	-67597.718	-24953.411	-153.690

Nodo	Combo	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kN*m)	MY (kN*m)	MZ (kN*m)
1	cLCB43	-14.272	-14.213	161.424	-34110.424	-33223.865	-406.296
2	cLCB43	-14.978	-14.272	160.809	-34063.958	-34135.904	-408.467
3	cLCB43	-14.912	-14.979	160.177	-33151.973	-34011.440	-406.010
4	cLCB43	-14.215	-14.912	160.794	-33227.343	-33110.259	-408.919
7161	cLCB43	-30.120	-6.111	307.020	-24958.493	-67435.295	-234.704
7162	cLCB43	-30.021	-5.846	304.066	-25298.266	-67231.630	-238.793
7167	cLCB43	-6.114	-30.020	304.862	-67352.161	-25301.126	-233.179
7168	cLCB43	-5.843	-30.119	306.440	-67301.486	-24953.411	-239.153
1	cLCB44	0.762	0.727	272.695	481.253	1402.987	22.198
2	cLCB44	0.056	0.762	271.841	405.685	490.610	19.881
3	cLCB44	0.037	0.056	270.936	1318.750	433.649	22.649
4	cLCB44	0.727	0.037	271.789	1374.790	1325.661	19.807
7161	cLCB44	0.840	0.019	352.515	837.694	1892.856	19.317
7162	cLCB44	0.755	0.288	348.783	494.137	1721.081	19.573
7167	cLCB44	0.019	0.755	350.077	1897.585	492.328	19.011
7168	cLCB44	0.289	0.841	351.535	1729.421	842.447	19.738
1	cLCB45	-0.021	-0.054	266.537	-1326.196	-406.318	-1.286
2	cLCB45	-0.726	-0.020	265.686	-1403.678	-1318.421	-4.596
3	cLCB45	-0.745	-0.726	264.787	-490.404	-1374.168	-2.824
4	cLCB45	-0.055	-0.745	265.639	-432.991	-481.926	-4.716
7161	cLCB45	-0.771	-0.291	349.923	-496.524	-1730.207	6.634
7162	cLCB45	-0.855	-0.023	346.238	-838.911	-1897.932	6.638
7167	cLCB45	-0.291	-0.854	347.503	-1721.283	-841.700	6.390
7168	cLCB45	-0.022	-0.771	348.969	-1893.790	-490.786	6.730
1	cLCB46	11.294	11.307	350.762	24726.261	25673.051	270.543
2	cLCB46	10.589	11.295	349.734	24791.931	24760.680	267.260
3	cLCB46	10.625	10.589	348.626	25705.933	24807.051	269.383
4	cLCB46	11.310	10.623	349.654	25627.445	25692.448	267.394

Nodo	Combo	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kN*m)	MY (kN*m)	MZ (kN*m)
7161	cLCB46	22.540	4.345	384.368	19017.441	50497.278	129.898
7162	cLCB46	22.543	4.617	380.097	18672.072	50499.650	132.856
7167	cLCB46	4.348	22.538	381.741	50446.043	18671.784	129.885
7168	cLCB46	4.616	22.540	383.113	50554.521	19024.398	134.988
1	cLCB47	11.295	11.250	350.762	24842.586	25673.926	297.340
2	cLCB47	10.590	11.352	349.734	24675.632	24761.538	294.401
3	cLCB47	10.624	10.647	348.627	25589.632	24806.187	297.008
4	cLCB47	11.309	10.565	349.656	25743.730	25691.569	294.780
7161	cLCB47	22.540	4.345	384.368	19017.394	50497.297	133.760
7162	cLCB47	22.543	4.617	380.094	18672.022	50499.616	136.958
7167	cLCB47	4.348	22.428	381.741	50668.313	18671.784	195.006
7168	cLCB47	4.616	22.650	383.113	50332.347	19024.398	200.268
1	cLCB48	11.352	11.307	350.759	24727.171	25789.113	298.621
2	cLCB48	10.647	11.295	349.729	24791.027	24876.739	294.986
3	cLCB48	10.566	10.590	348.624	25705.087	24686.494	296.633
4	cLCB48	11.250	10.622	349.651	25628.300	25571.846	294.911
7161	cLCB48	22.650	4.345	384.368	19017.441	50718.769	196.247
7162	cLCB48	22.429	4.617	380.097	18672.072	50269.013	199.365
7167	cLCB48	4.347	22.538	381.735	50446.115	18670.144	133.132
7168	cLCB48	4.615	22.540	383.111	50554.466	19022.761	138.427
1	cLCB49	11.353	11.249	350.760	24843.493	25789.984	323.020
2	cLCB49	10.647	11.353	349.729	24674.725	24877.593	319.725
3	cLCB49	10.565	10.648	348.625	25588.783	24685.626	321.855
4	cLCB49	11.250	10.564	349.654	25744.582	25570.963	319.894
7161	cLCB49	22.650	4.345	384.368	19017.394	50718.788	198.735
7162	cLCB49	22.429	4.617	380.094	18672.022	50268.978	202.029
7167	cLCB49	4.347	22.428	381.735	50668.385	18670.144	197.110
7168	cLCB49	4.615	22.650	383.111	50332.291	19022.761	202.524

Nodo	Combo	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kN*m)	MY (kN*m)	MZ (kN*m)
1	cLCB50	-10.553	-10.634	188.470	-25571.204	-24676.381	-249.631
2	cLCB50	-11.259	-10.553	187.793	-25789.923	-25588.492	-251.975
3	cLCB50	-11.333	-11.260	187.097	-24877.586	-25747.570	-249.558
4	cLCB50	-10.637	-11.331	187.774	-24685.645	-24848.712	-252.303
7161	cLCB50	-22.471	-4.617	318.070	-18676.271	-50334.630	-103.948
7162	cLCB50	-22.642	-4.351	314.924	-19016.846	-50676.501	-106.645
7167	cLCB50	-4.620	-22.638	315.838	-50269.740	-19021.157	-104.483
7168	cLCB50	-4.349	-22.471	317.390	-50718.890	-18672.737	-108.520
1	cLCB51	-10.554	-10.576	188.469	-25687.529	-24677.257	-276.428
2	cLCB51	-11.259	-10.610	187.793	-25673.625	-25589.349	-279.116
3	cLCB51	-11.332	-11.317	187.096	-24761.286	-25746.706	-277.183
4	cLCB51	-10.636	-11.274	187.772	-24801.931	-24847.833	-279.689
7161	cLCB51	-22.471	-4.617	318.070	-18676.224	-50334.649	-107.810
7162	cLCB51	-22.642	-4.351	314.927	-19016.796	-50676.467	-110.748
7167	cLCB51	-4.620	-22.527	315.838	-50492.010	-19021.157	-169.605
7168	cLCB51	-4.349	-22.581	317.390	-50496.716	-18672.737	-173.800
1	cLCB52	-10.611	-10.633	188.472	-25572.115	-24792.443	-277.709
2	cLCB52	-11.316	-10.553	187.798	-25789.020	-25704.550	-279.701
3	cLCB52	-11.273	-11.260	187.099	-24876.741	-25627.013	-276.808
4	cLCB52	-10.578	-11.330	187.777	-24686.501	-24728.111	-279.821
7161	cLCB52	-22.581	-4.617	318.070	-18676.271	-50556.120	-170.296
7162	cLCB52	-22.528	-4.351	314.924	-19016.846	-50445.863	-173.155
7167	cLCB52	-4.620	-22.638	315.844	-50269.813	-19019.516	-107.731
7168	cLCB52	-4.349	-22.471	317.393	-50718.835	-18671.100	-111.959
1	cLCB53	-10.611	-10.576	188.472	-25688.436	-24793.315	-302.108
2	cLCB53	-11.317	-10.611	187.798	-25672.717	-25705.404	-304.440
3	cLCB53	-11.272	-11.318	187.099	-24760.437	-25626.145	-302.029
4	cLCB53	-10.577	-11.273	187.774	-24802.782	-24727.228	-304.803

Nodo	Combo	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kN*m)	MY (kN*m)	MZ (kN*m)
7161	cLCB53	-22.581	-4.617	318.070	-18676.224	-50556.140	-172.784
7162	cLCB53	-22.528	-4.351	314.927	-19016.796	-50445.829	-175.819
7167	cLCB53	-4.620	-22.527	315.844	-50492.083	-19019.516	-171.709
7168	cLCB53	-4.349	-22.581	317.393	-50496.660	-18671.100	-176.056
1	cLCB54	0.710	0.697	115.561	980.817	1456.904	19.438
2	cLCB54	0.346	0.710	115.212	954.783	985.688	18.813
3	cLCB54	0.339	0.346	114.572	1425.972	964.954	21.424
4	cLCB54	0.697	0.339	114.919	1445.391	1428.292	18.356
7161	cLCB54	1.087	0.189	144.611	908.901	2444.651	13.194
7162	cLCB54	1.055	0.224	142.828	866.890	2381.404	13.181
7167	cLCB54	0.188	1.055	143.583	2442.751	866.445	13.250
7168	cLCB54	0.224	1.087	144.040	2384.754	912.544	13.047
1	cLCB55	-0.333	-0.345	107.350	-1429.116	-955.503	-11.875
2	cLCB55	-0.697	-0.333	107.006	-1457.701	-1426.354	-13.824
3	cLCB55	-0.703	-0.697	106.372	-986.234	-1445.468	-12.539
4	cLCB55	-0.345	-0.704	106.718	-964.983	-981.824	-14.341
7161	cLCB55	-1.062	-0.224	141.156	-870.056	-2386.099	-3.717
7162	cLCB55	-1.091	-0.190	139.435	-910.507	-2443.947	-4.066
7167	cLCB55	-0.225	-1.091	140.151	-2382.407	-912.259	-3.578
7168	cLCB55	-0.190	-1.062	140.619	-2446.193	-865.100	-4.297
1	cLCB56	14.753	14.804	219.650	33307.493	33816.989	350.564
2	cLCB56	14.390	14.753	219.069	33469.777	33345.781	348.650
3	cLCB56	14.457	14.390	218.158	33942.214	33462.823	350.403
4	cLCB56	14.807	14.453	218.738	33782.264	33917.341	348.472
7161	cLCB56	30.020	5.957	187.082	25148.564	67250.548	160.636
7162	cLCB56	30.105	5.996	184.580	25104.137	67419.496	164.225
7167	cLCB56	5.960	30.099	185.802	67174.027	25105.720	161.081
7168	cLCB56	5.994	30.019	186.145	67484.888	25155.146	166.714

Nodo	Combo	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kN*m)	MY (kN*m)	MZ (kN*m)
1	cLCB57	14.754	14.727	219.650	33462.594	33818.156	386.294
2	cLCB57	14.391	14.830	219.069	33314.713	33346.925	384.838
3	cLCB57	14.455	14.467	218.159	33787.147	33461.671	387.237
4	cLCB57	14.806	14.377	218.741	33937.311	33916.169	384.987
7161	cLCB57	30.020	5.957	187.082	25148.501	67250.574	165.785
7162	cLCB57	30.105	5.996	184.576	25104.070	67419.450	169.695
7167	cLCB57	5.960	29.953	185.802	67470.388	25105.720	247.910
7168	cLCB57	5.994	30.166	186.145	67188.656	25155.146	253.753
1	cLCB58	14.830	14.803	219.647	33308.708	33971.738	388.002
2	cLCB58	14.467	14.754	219.063	33468.572	33500.526	385.618
3	cLCB58	14.377	14.391	218.156	33941.088	33302.081	386.736
4	cLCB58	14.728	14.452	218.735	33783.404	33756.539	385.162
7161	cLCB58	30.166	5.957	187.082	25148.564	67545.869	249.100
7162	cLCB58	29.953	5.996	184.580	25104.137	67111.979	252.905
7167	cLCB58	5.960	30.099	185.795	67174.124	25103.533	165.411
7168	cLCB58	5.993	30.020	186.142	67484.814	25152.963	171.299
1	cLCB59	14.831	14.726	219.647	33463.803	33972.900	420.534
2	cLCB59	14.468	14.831	219.063	33313.502	33501.665	418.604
3	cLCB59	14.376	14.468	218.156	33786.015	33300.923	420.365
4	cLCB59	14.727	14.376	218.738	33938.446	33755.361	418.472
7161	cLCB59	30.166	5.957	187.082	25148.501	67545.895	252.417
7162	cLCB59	29.953	5.996	184.576	25104.070	67111.933	256.456
7167	cLCB59	5.960	29.953	185.795	67470.484	25103.533	250.716
7168	cLCB59	5.993	30.166	186.142	67188.581	25152.963	256.762
1	cLCB60	-14.377	-14.452	3.261	-33755.793	-33315.587	-343.001
2	cLCB60	-14.741	-14.377	3.148	-33972.695	-33786.448	-343.662
3	cLCB60	-14.821	-14.742	2.786	-33502.477	-33943.338	-341.518
4	cLCB60	-14.456	-14.818	2.899	-33301.856	-33470.873	-344.457

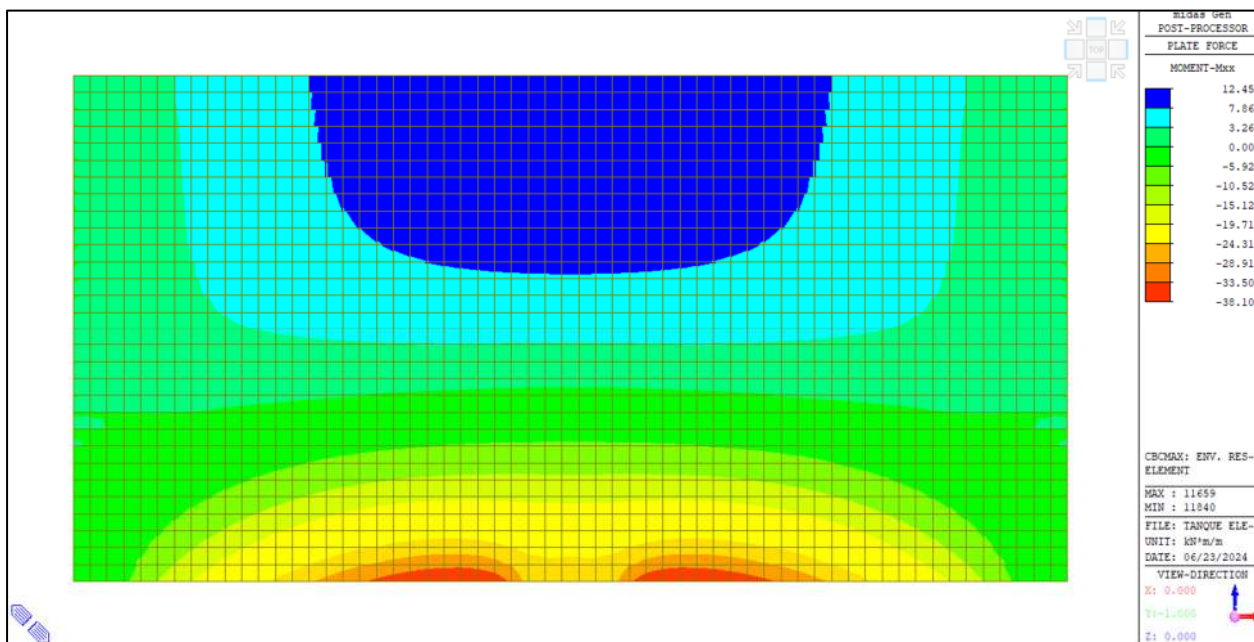
Nodo	Combo	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kN*m)	MY (kN*m)	MZ (kN*m)
7161	cLCB60	-29.995	-5.992	98.685	-25109.719	-67191.996	-151.159
7162	cLCB60	-30.141	-5.961	97.683	-25147.754	-67482.039	-155.109
7167	cLCB60	-5.997	-30.135	97.931	-67113.683	-25151.534	-151.409
7168	cLCB60	-5.959	-29.995	98.514	-67546.328	-25107.702	-157.963
1	cLCB61	-14.378	-14.375	3.260	-33910.894	-33316.755	-378.730
2	cLCB61	-14.741	-14.453	3.148	-33817.630	-33787.591	-379.850
3	cLCB61	-14.819	-14.818	2.785	-33347.410	-33942.186	-378.352
4	cLCB61	-14.455	-14.742	2.896	-33456.904	-33469.701	-380.972
7161	cLCB61	-29.995	-5.992	98.684	-25109.656	-67192.022	-156.309
7162	cLCB61	-30.141	-5.961	97.687	-25147.688	-67481.994	-160.580
7167	cLCB61	-5.997	-29.988	97.932	-67410.043	-25151.534	-238.238
7168	cLCB61	-5.959	-30.142	98.514	-67250.095	-25107.702	-245.003
1	cLCB62	-14.454	-14.451	3.264	-33757.007	-33470.337	-380.438
2	cLCB62	-14.817	-14.378	3.154	-33971.490	-33941.193	-380.630
3	cLCB62	-14.741	-14.743	2.788	-33501.350	-33782.596	-377.852
4	cLCB62	-14.376	-14.817	2.902	-33302.997	-33310.071	-381.147
7161	cLCB62	-30.142	-5.992	98.685	-25109.719	-67487.317	-239.624
7162	cLCB62	-29.989	-5.961	97.683	-25147.754	-67174.522	-243.789
7167	cLCB62	-5.997	-30.135	97.939	-67113.780	-25149.347	-155.739
7168	cLCB62	-5.959	-29.995	98.517	-67546.254	-25105.519	-162.548
1	cLCB63	-14.455	-14.374	3.264	-33912.102	-33471.499	-412.971
2	cLCB63	-14.818	-14.454	3.154	-33816.420	-33942.331	-413.615
3	cLCB63	-14.740	-14.819	2.788	-33346.278	-33781.438	-411.480
4	cLCB63	-14.375	-14.741	2.899	-33458.039	-33308.893	-414.457
7161	cLCB63	-30.142	-5.992	98.684	-25109.656	-67487.342	-242.941
7162	cLCB63	-29.989	-5.961	97.687	-25147.688	-67174.476	-247.341
7167	cLCB63	-5.997	-29.988	97.939	-67410.140	-25149.347	-241.044
7168	cLCB63	-5.959	-30.142	98.517	-67250.021	-25105.519	-248.012

7.4. Solicitaciones de Diseño Muros Tanque Elevado

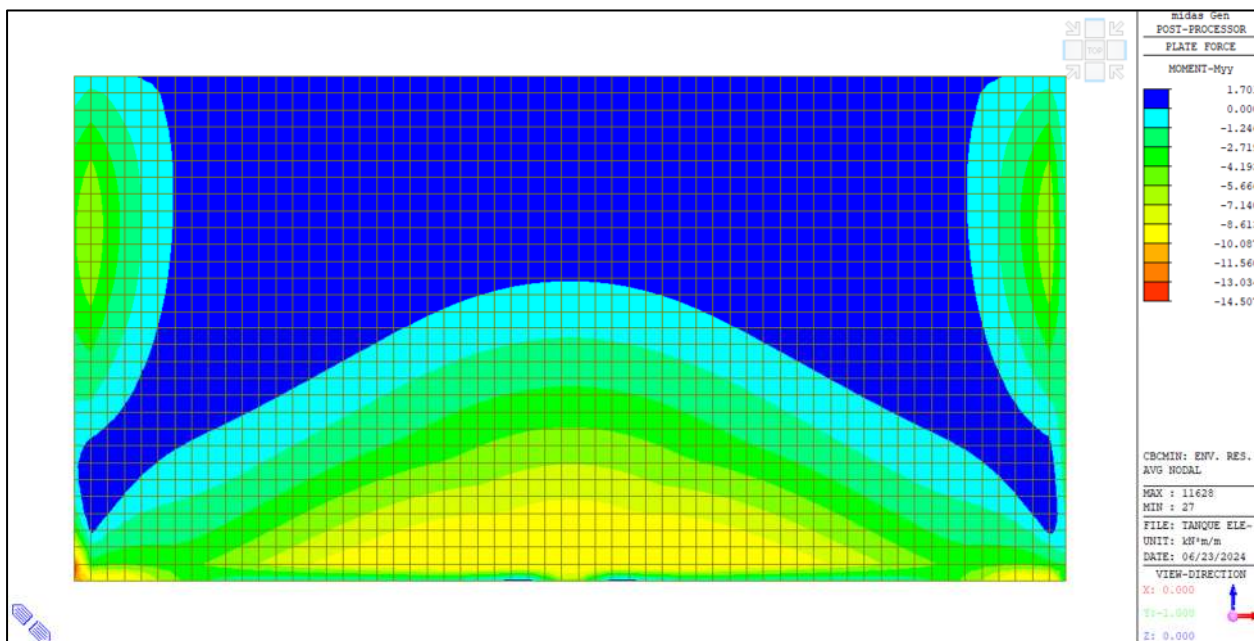
A continuación, en la Figura 9 se presentan las solicitaciones de diseño del tanque enterrado obtenidas a partir del modelo de análisis realizado.

Figura 9. Resultados de Análisis Muros Tanque Elevado.

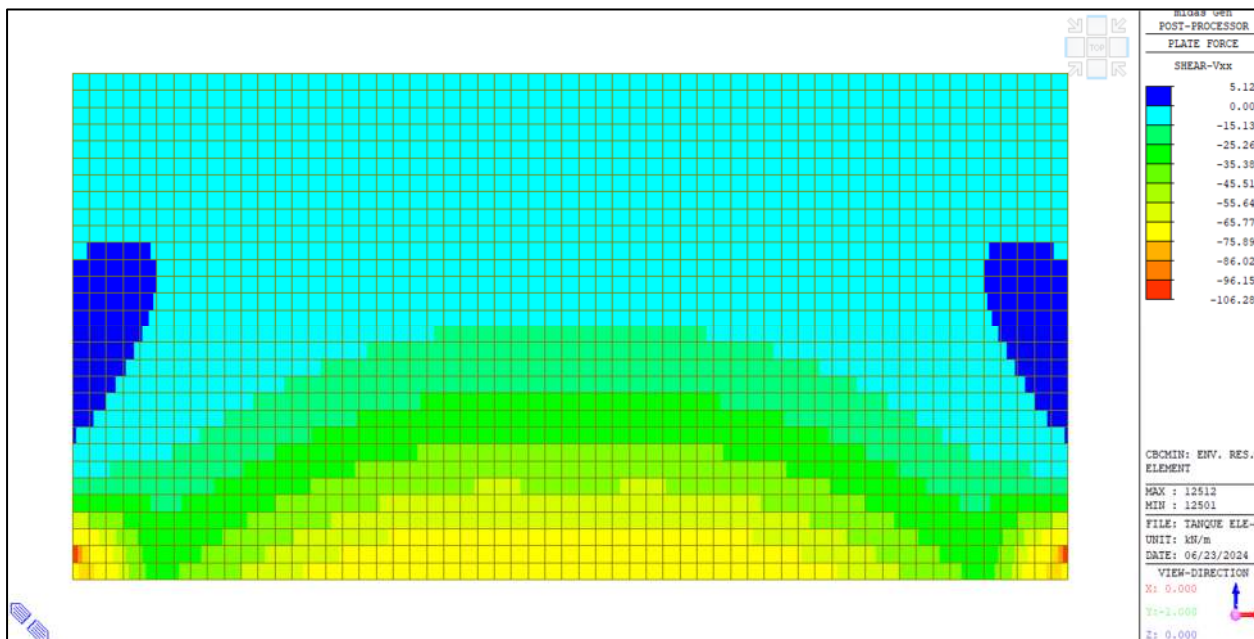
Envolvente de Momentos M_{xx} Muro 1 – kN-m.



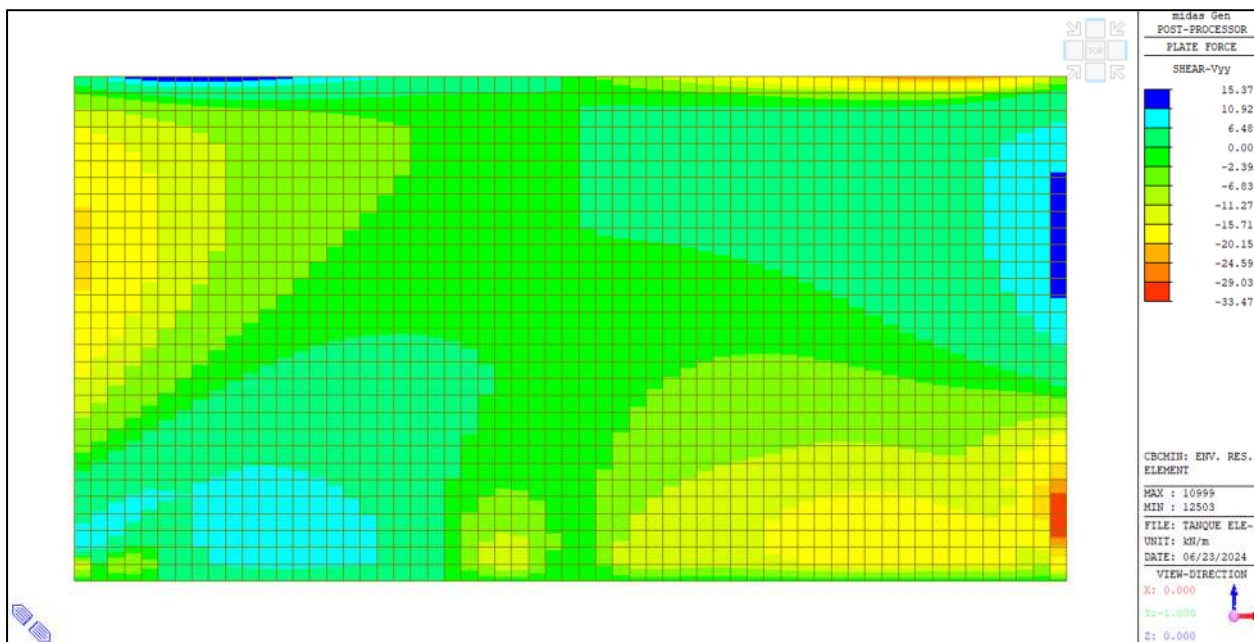
Envolvente de Momentos M_{yy} Muro 1 – kN-m.



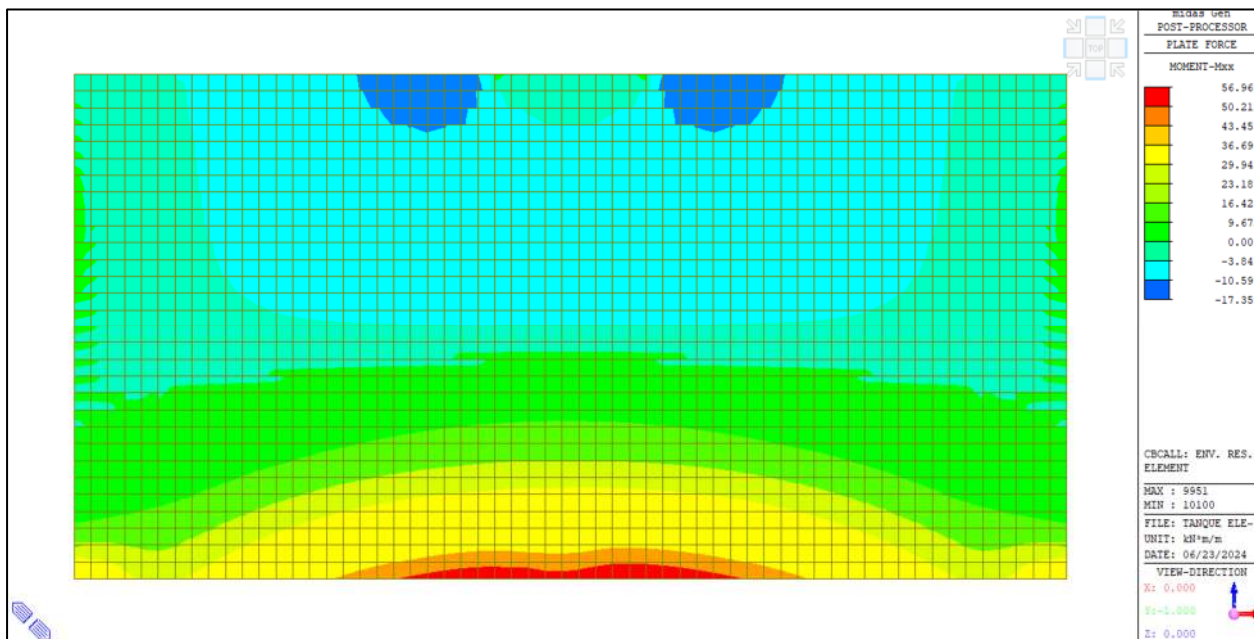
Envolvente de Cortante Vxx Muro 1 – kN.



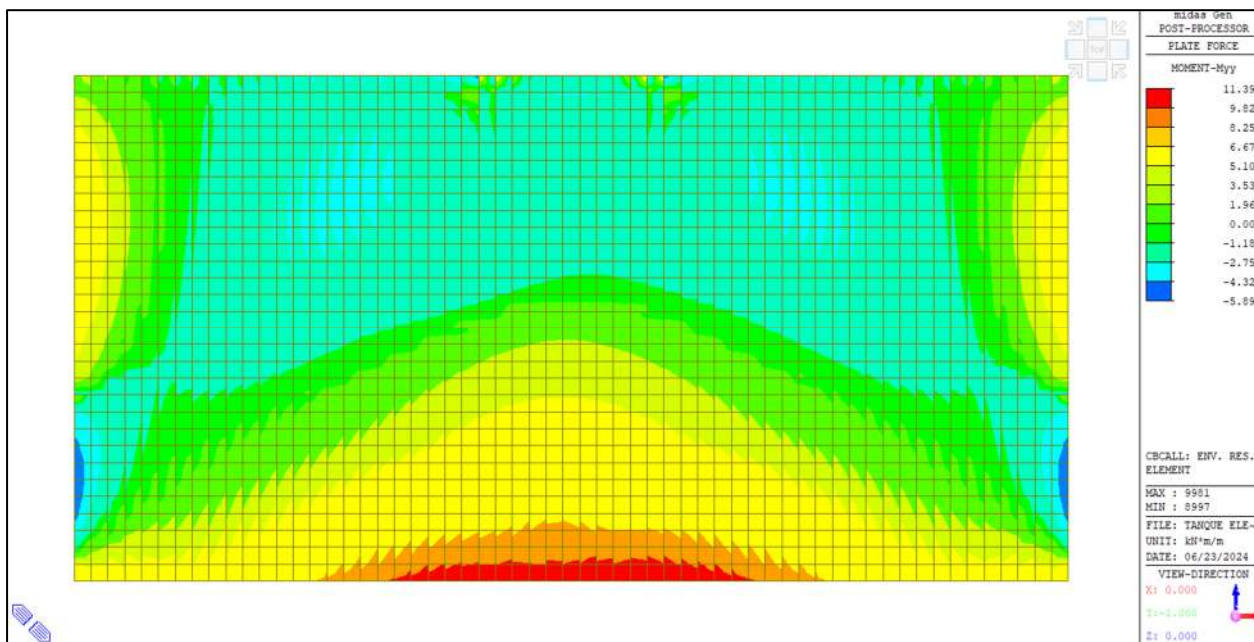
Envolvente de Cortante Vyy Muro 1 – kN.



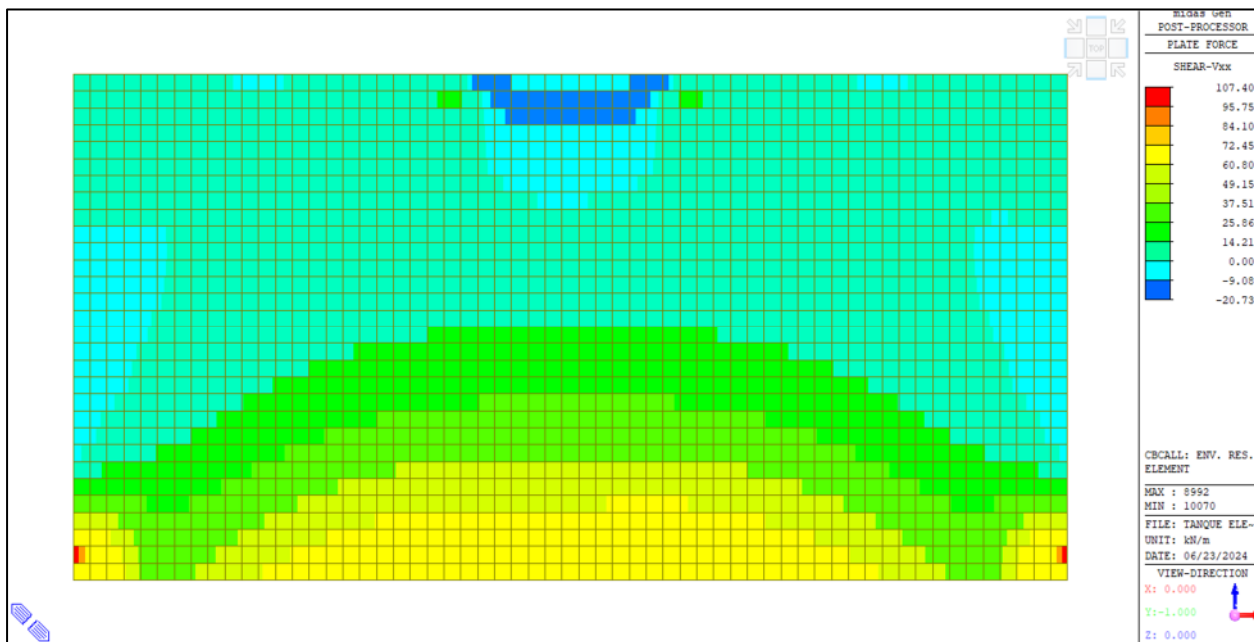
Envolvente de Momentos Mxx Muro 2 – kN-m.



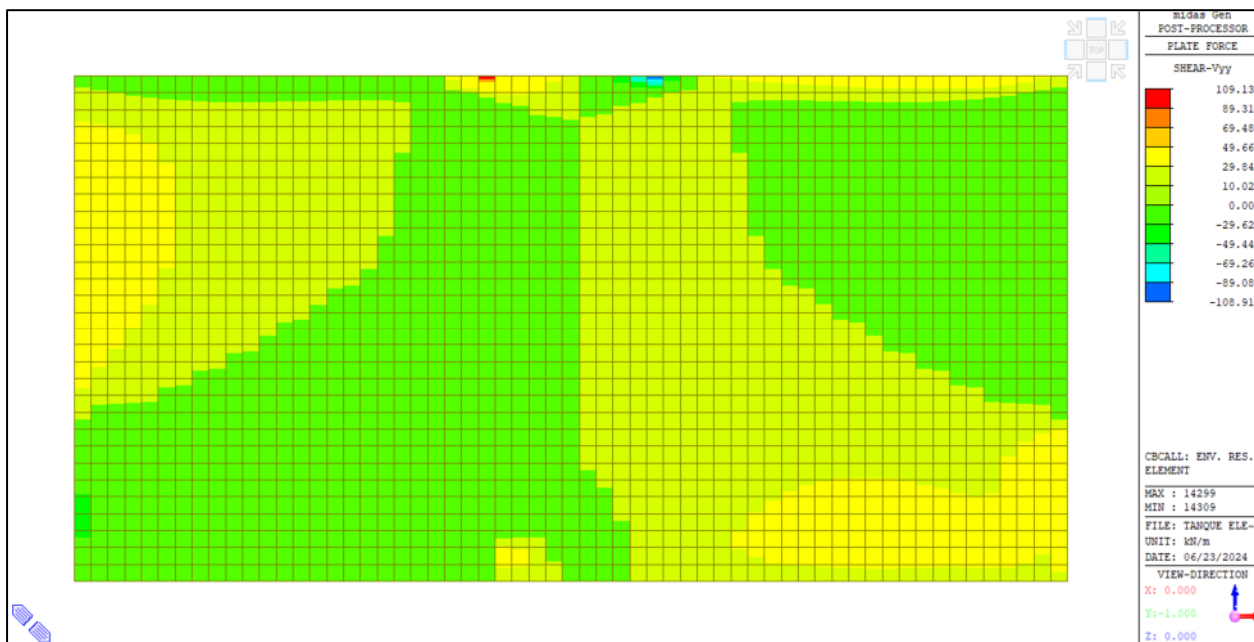
Envolvente de Momentos Myy Muro 2 – kN-m.



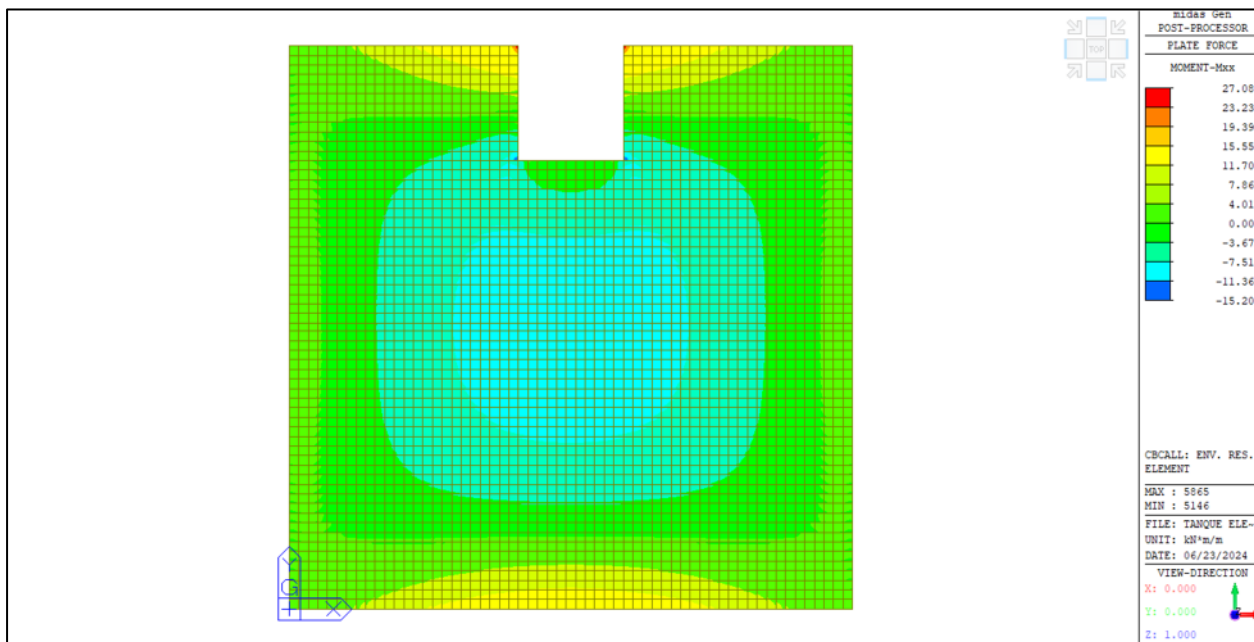
Envolvente de Cortante Vxx Muro 2 – kN.



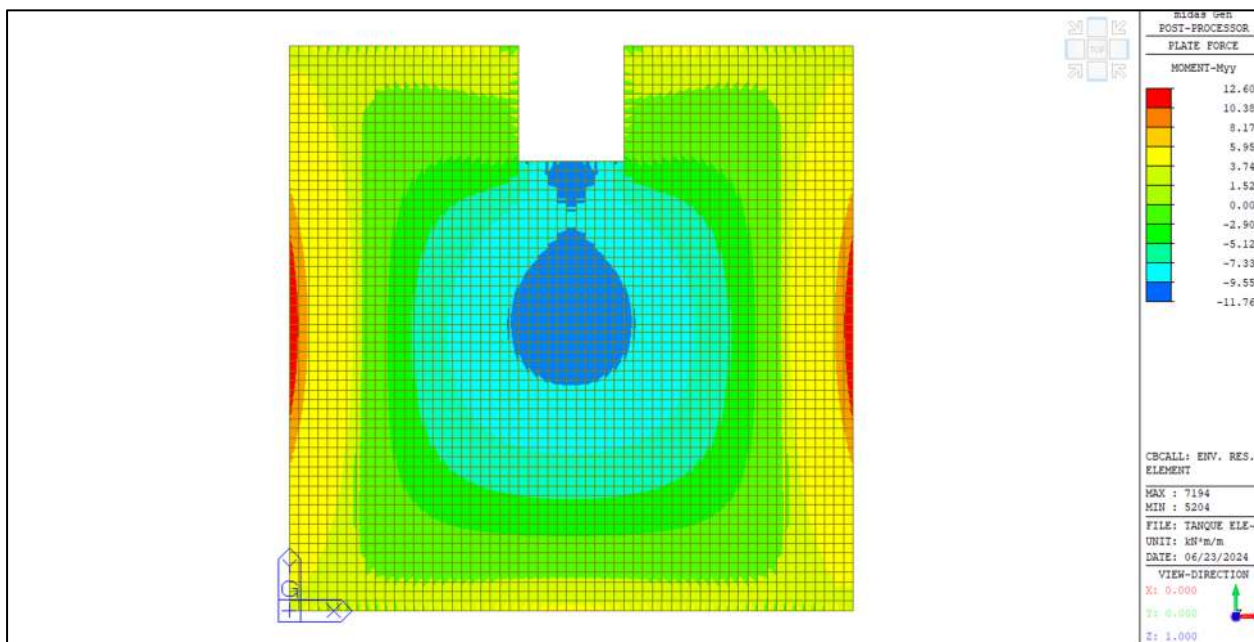
Envolvente de Cortante Vyy Muro 2 – kN.



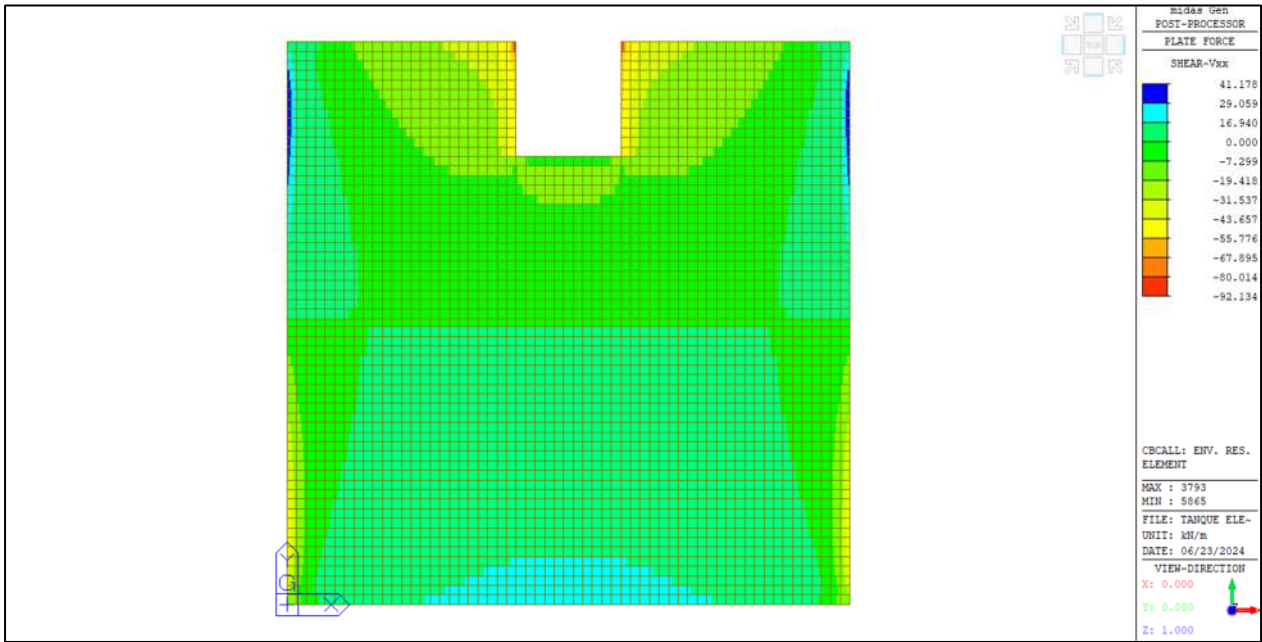
Envolvente de Momentos M_{xx} Losa Superior – kN-m.



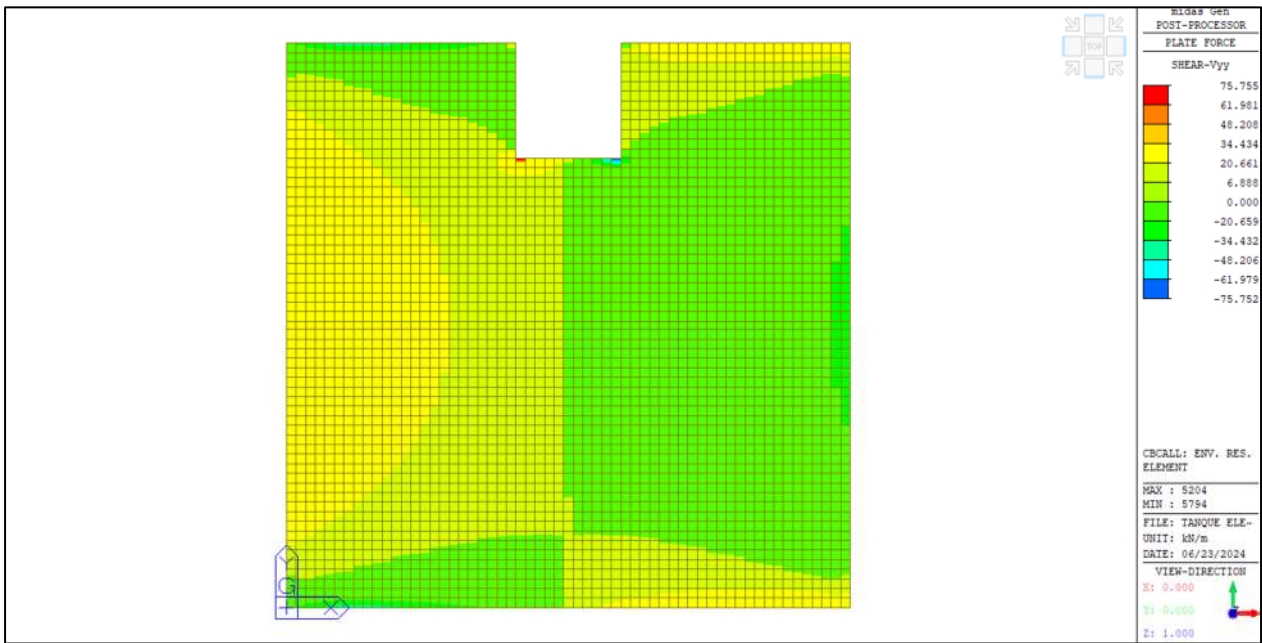
Envolvente de Momentos Myy Losa Superior – kN-m.



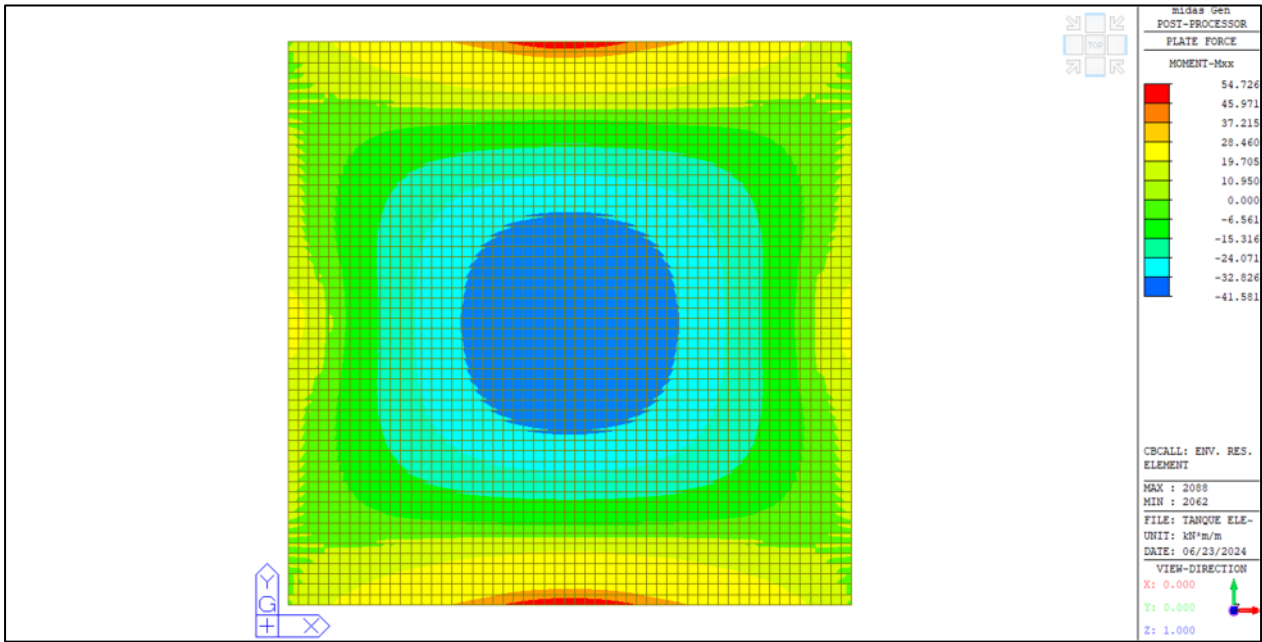
Envolvente de Cortante Vxx Losa Superior – kN.



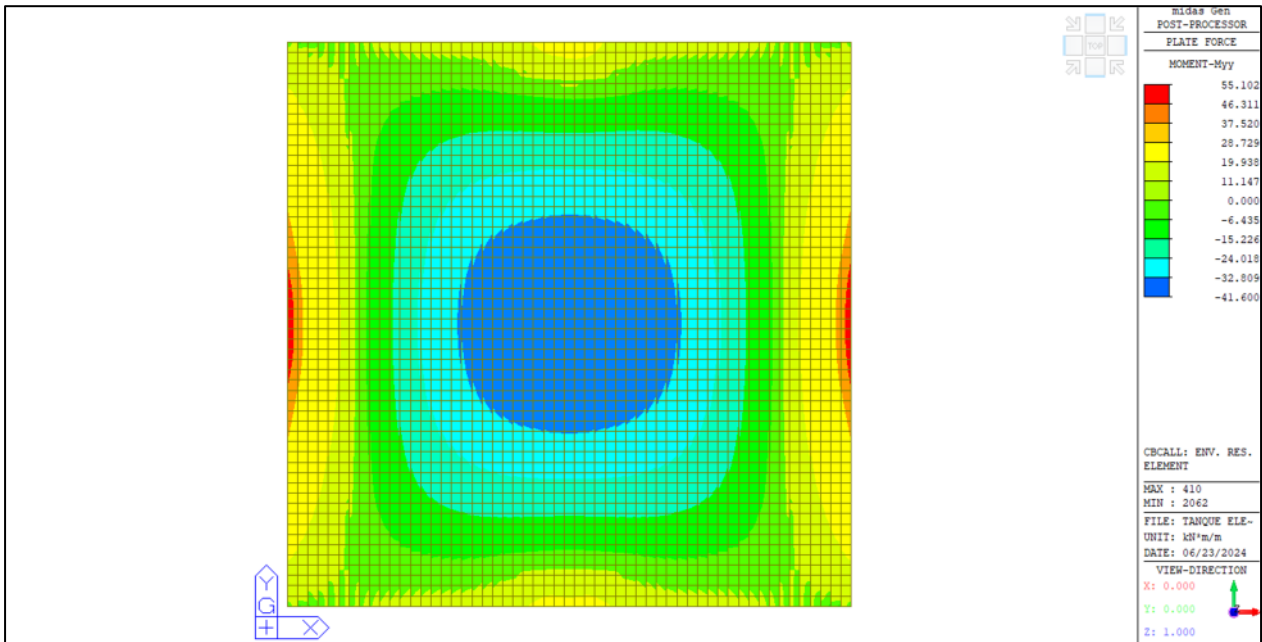
Envolvente de Cortante Vyy Losa Superior – kN.



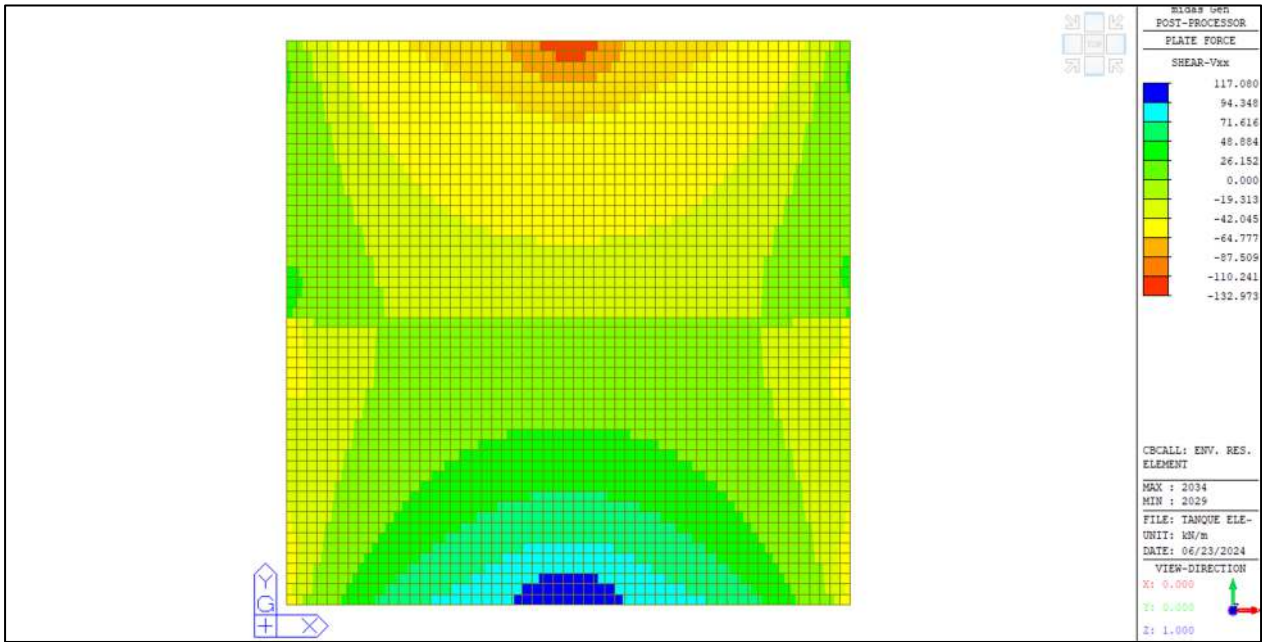
Envolvente de Momentos Mxx Losa Inferior – kN-m.



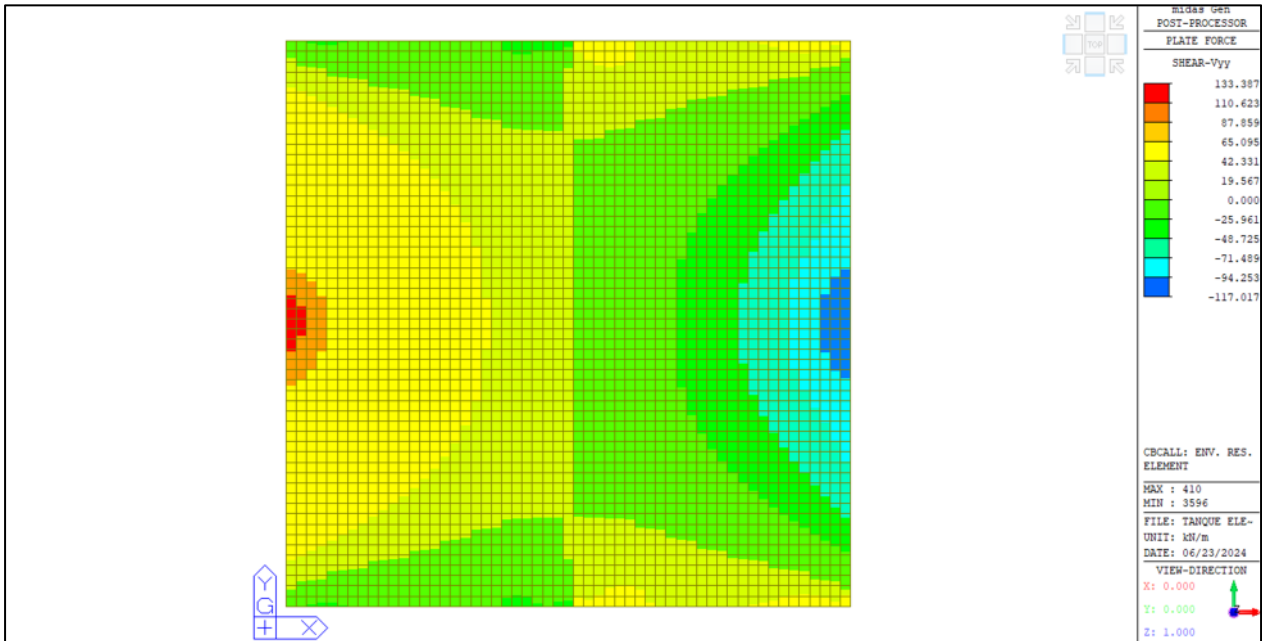
Envolvente de Momentos Myy Losa Inferior – kN-m.



Envolvente de Cortante Vxx Losa Inferior – kN.



Envolvente de Cortante Vyy Losa Inferior – kN.



7.5. Diseño Estructural Tanque Elevado

A continuación, de la Tabla 17 a la Tabla 20 se presenta el diseño de los muros y losas que conforman el tanque elevado. El diseño efectuado se ajusta a los requisitos estipulados en el Título C de la NSR-10, haciendo particular énfasis en el Título C.23.

Tabla 17. Diseño Muro 1 Tanque Elevado.

Diseño Muro 1							
Momento alrededor del eje horizontal				Momento alrededor del eje vertical			
Mu [kN-m]	77	cuantía Req.	0.00356	Mu [kN-m]	28	cuantía Req.	0.00188
b [m]	1	As req [mm2]	1069	b [m]	1	As req [mm2]	563
h [m]	0.30	# Barras N°4	9	h [m]	0.30	# Barras N°4	5
d' [m]	0.06	As lns. [mm2]	1161	d' [m]	0.07	As lns. [mm2]	645
d [m]	0.24	cuantía inst.	0.00387	d [m]	0.23	cuantía inst.	0.00215
Φ	0.9	s [mm]	111	Φ	0.9	s [mm]	200
fc [MPa]	28	a [m]	0.0205	fc [MPa]	28	a [m]	0.0114
fy [MPa]	420	c [m]	0.0241	fy [MPa]	420	c [m]	0.0134
Mcr [kN-m]	50	es	0.0273	Mcr [kN-m]	50	es	0.0487
Ru [kPa]	1449.593	ΦMr [kN-m]	102	Ru [kPa]	775.767	ΦMr [kN-m]	55
cuantía max.	0.02833			cuantía max.	0.02833		
Distribución del refuerzo (NSR-10 C-23-C.10.6)				Distribución del refuerzo (NSR-10 C-23-C.10.6)			
Ms [kN-m]	12	Bs	1.26	Ms [kN-m]	9	Bs	1.32
fs [MPa]	46	fs max [MPa]	287	fs [MPa]	65	fs max [MPa]	188
Resistencia al Corte				Resistencia al Corte			
Vu [kN]	34	Vc [kN]	214	Vu [kN]	15	Vc [kN]	203
φ	0.75	φVc [kN]	161	φ	0.75	φVc [kN]	152
Refuerzo vértical mínimo				Refuerzo horizontal mínimo			
Mu [kN-m]	-	cuantía Req.	0.00150	Mu [kN-m]	-	cuantía Req.	0.00150
b [m]	1	As req [mm2]	450	b [m]	1	As req [mm2]	450
h [m]	0.30	# Barras N°4	4	h [m]	0.30	# Barras N°4	4
d' [m]	0.06	As lns. [mm2]	516	d' [m]	0.07	As lns. [mm2]	516
d [m]	0.24	cuantía inst.	0.00172	d [m]	0.23	cuantía inst.	0.00172
Φ	0.9	s [mm]	250	Φ	0.9	s [mm]	250
fc [MPa]	28	a [m]	0.0091	fc [MPa]	28	a [m]	0.0091
fy [MPa]	420	c [m]	0.0107	fy [MPa]	420	c [m]	0.0107
Mcr [kN-m]	50	es	0.0652	Mcr [kN-m]	50	es	0.0617
Ru [kPa]	-	ΦMr [kN-m]	47	Ru [kPa]	-	ΦMr [kN-m]	44
cuantía max.	0.02833			cuantía max.	0.02833		

Tabla 18. Diseño Muro 2 Tanque Elevado.

Diseño Muro 2							
Momento alrededor del eje horizontal				Momento alrededor del eje vertical			
Mu [kN-m]	18	cuantía Req.	0.00150	Mu [kN-m]	39	cuantía Req.	0.00251
b [m]	1	As req [mm2]	450	b [m]	1	As req [mm2]	754
h [m]	0.30	# Barras N°4	4	h [m]	0.30	# Barras N°4	6
d' [m]	0.06	As lns. [mm2]	516	d' [m]	0.07	As lns. [mm2]	774
d [m]	0.24	cuantía inst.	0.00172	d [m]	0.23	cuantía inst.	0.00258
Φ	0.9	s [mm]	250	Φ	0.9	s [mm]	167
fc [MPa]	28	a [m]	0.0091	fc [MPa]	28	a [m]	0.0137
fy [MPa]	420	c [m]	0.0107	fy [MPa]	420	c [m]	0.0161
Mcr [kN-m]	50	es	0.0652	Mcr [kN-m]	50	es	0.0401
Ru [kPa]	448.073	ΦMr [kN-m]	47	Ru [kPa]	1031.755	ΦMr [kN-m]	66
cuantía max.	0.02833			cuantía max.	0.02833		
Distribución del refuerzo (NSR-10 C-23-C.10.6)				Distribución del refuerzo (NSR-10 C-23-C.10.6)			
Ms [kN-m]	16	Bs	1.24	Ms [kN-m]	4	Bs	1.32
fs [MPa]	128	fs max [MPa]	167	fs [MPa]	23	fs max [MPa]	214
Resistencia al Corte				Resistencia al Corte			
Vu [kN]	42	Vc [kN]	214	Vu [kN]	15	Vc [kN]	203
φ	0.75	φVc [kN]	161	φ	0.75	φVc [kN]	152
Refuerzo vértical mínimo				Refuerzo horizontal mínimo			
Mu [kN-m]	-	cuantía Req.	0.00150	Mu [kN-m]	-	cuantía Req.	0.00150
b [m]	1	As req [mm2]	450	b [m]	1	As req [mm2]	450
h [m]	0.30	# Barras N°4	4	h [m]	0.30	# Barras N°4	4
d' [m]	0.06	As lns. [mm2]	516	d' [m]	0.07	As lns. [mm2]	516
d [m]	0.24	cuantía inst.	0.00172	d [m]	0.23	cuantía inst.	0.00172
Φ	0.9	s [mm]	250	Φ	0.9	s [mm]	250
fc [MPa]	28	a [m]	0.0091	fc [MPa]	28	a [m]	0.0091
fy [MPa]	420	c [m]	0.0107	fy [MPa]	420	c [m]	0.0107
Mcr [kN-m]	50	es	0.0652	Mcr [kN-m]	50	es	0.0617
Ru [kPa]	-	ΦMr [kN-m]	47	Ru [kPa]	-	ΦMr [kN-m]	44
cuantía max.	0.02833			cuantía max.	0.02833		

Tabla 19. Diseño Losa Superior Tanque Elevado.

Diseño Losa Superior							
Momento alrededor del eje Y				Momento alrededor del eje vertical			
Mu [kN-m]	12	cuantía Req.	0.00150	Mu [kN-m]	18	cuantía Req.	0.00150
b [m]	1	As req [mm2]	450	b [m]	1	As req [mm2]	450
h [m]	0.30	# Barras N°4	4	h [m]	0.30	# Barras N°4	4
d' [m]	0.06	As lns. [mm2]	516	d' [m]	0.06	As lns. [mm2]	516
d [m]	0.24	cuantía inst.	0.00172	d [m]	0.24	cuantía inst.	0.00172
Φ	0.9	s [mm]	250	Φ	0.9	s [mm]	250
fc [MPa]	28	a [m]	0.0091	fc [MPa]	28	a [m]	0.0091
fy [MPa]	420	c [m]	0.0107	fy [MPa]	420	c [m]	0.0107
Mcr [kN-m]	50	es	0.0652	Mcr [kN-m]	50	es	0.0645
Ru [kPa]	298.715	ΦMr [kN-m]	47	Ru [kPa]	463.033	ΦMr [kN-m]	46
cuantía max.	0.02833			cuantía max.	0.02833		
Distribución del refuerzo (NSR-10 C-23-C.10.6)				Distribución del refuerzo (NSR-10 C-23-C.10.6)			
Ms [kN-m]	10	Bs	1.24	Ms [kN-m]	11	Bs	1.26
fs [MPa]	79	fs max [MPa]	167	fs [MPa]	88	fs max [MPa]	165
Resistencia al Corte				Resistencia al Corte			
Vu [kN]	23	Vc [kN]	214	Vu [kN]	35	Vc [kN]	212
φ	0.75	φVc [kN]	161	φ	0.75	φVc [kN]	159
Refuerzo vertical mínimo				Refuerzo horizontal mínimo			
Mu [kN-m]	-	cuantía Req.	0.00150	Mu [kN-m]	-	cuantía Req.	0.00150
b [m]	1	As req [mm2]	450	b [m]	1	As req [mm2]	450
h [m]	0.30	# Barras N°4	4	h [m]	0.30	# Barras N°4	4
d' [m]	0.06	As lns. [mm2]	516	d' [m]	0.06	As lns. [mm2]	516
d [m]	0.24	cuantía inst.	0.00172	d [m]	0.24	cuantía inst.	0.00172
Φ	0.9	s [mm]	250	Φ	0.9	s [mm]	250
fc [MPa]	28	a [m]	0.0091	fc [MPa]	28	a [m]	0.0091
fy [MPa]	420	c [m]	0.0107	fy [MPa]	420	c [m]	0.0107
Mcr [kN-m]	50	es	0.0652	Mcr [kN-m]	50	es	0.0645
Ru [kPa]	-	ΦMr [kN-m]	47	Ru [kPa]	-	ΦMr [kN-m]	46
cuantía max.	0.02833			cuantía max.	0.02833		

Tabla 20. Diseño Losa Inferior Tanque Elevado.

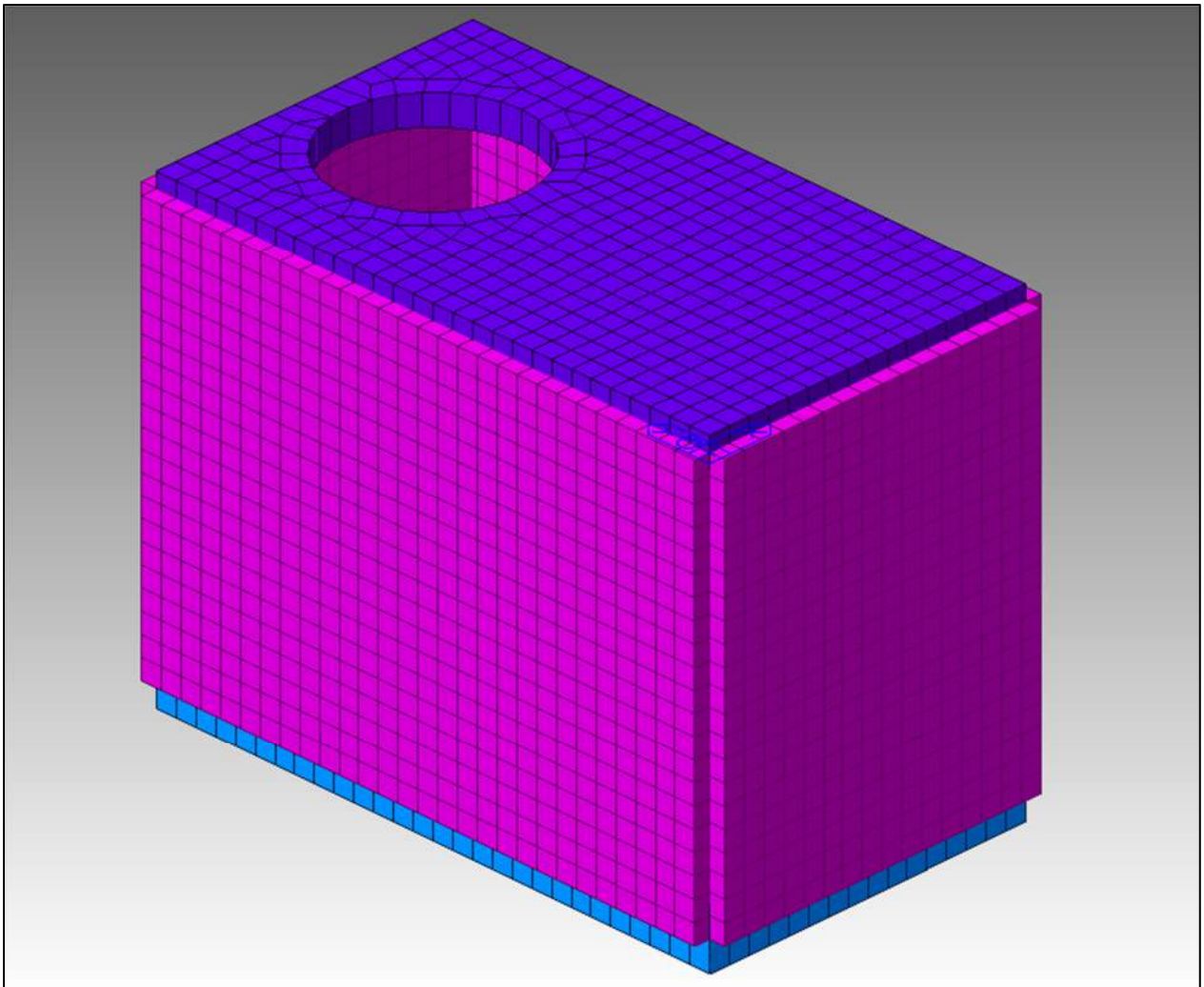
Diseño Losa Inferior							
Momento Negativo Eje X				Momento Negativo Eje Y			
Mu [kN-m]	54	cuantía Req.	0.00246	Mu [kN-m]	54	cuantía Req.	0.00273
b [m]	1	As req [mm2]	739	b [m]	1	As req [mm2]	819
h [m]	0.30	# Barras N°4	7	h [m]	0.30	# Barras N°4	7
d' [m]	0.06	As Ins. [mm2]	903	d' [m]	0.07	As Ins. [mm2]	903
d [m]	0.24	cuantía inst.	0.00301	d [m]	0.23	cuantía inst.	0.00301
Φ	0.9	s [mm]	143	Φ	0.9	s [mm]	143
f _c [MPa]	28	a [m]	0.0159	f _c [MPa]	28	a [m]	0.0159
f _y [MPa]	420	c [m]	0.0187	f _y [MPa]	420	c [m]	0.0187
M _{cr} [kN-m]	50	es	0.0360	M _{cr} [kN-m]	50	es	0.0340
Ru [kPa]	1012.226	ΦMr [kN-m]	80	Ru [kPa]	1118.862	ΦMr [kN-m]	76
cuantía max.	0.02833			cuantía max.	0.02833		
Distribución del refuerzo (NSR-10 C-23-C.10.6)				Distribución del refuerzo (NSR-10 C-23-C.10.6)			
Ms [kN-m]	47	Bs	1.25	Ms [kN-m]	47	Bs	1.33
f _s [MPa]	221	f _s max [MPa]	250	f _s [MPa]	232	f _s max [MPa]	236
Resistencia al Corte				Resistencia al Corte			
Vu [kN]	146	V _c [kN]	214	Vu [kN]	147	V _c [kN]	203
φ	0.75	φV _c [kN]	161	φ	0.75	φV _c [kN]	152
Momento Positivo Eje X				Momento Positivo Eje Y			
Mu [kN-m]	42	cuantía Req.	0.00207	Mu [kN-m]	42	cuantía Req.	0.00230
b [m]	1	As req [mm2]	622	b [m]	1	As req [mm2]	691
h [m]	0.30	# Barras N°4	5	h [m]	0.30	# Barras N°4	6
d' [m]	0.05	As Ins. [mm2]	645	d' [m]	0.06	As Ins. [mm2]	774
d [m]	0.25	cuantía inst.	0.00215	d [m]	0.24	cuantía inst.	0.00258
Φ	0.9	s [mm]	200	Φ	0.9	s [mm]	167
f _c [MPa]	28	a [m]	0.0114	f _c [MPa]	28	a [m]	0.0137
f _y [MPa]	420	c [m]	0.0134	f _y [MPa]	420	c [m]	0.0161
M _{cr} [kN-m]	50	es	0.0538	M _{cr} [kN-m]	50	es	0.0420
Ru [kPa]	855.348	ΦMr [kN-m]	60	Ru [kPa]	947.891	ΦMr [kN-m]	68
cuantía max.	0.02833			cuantía max.	0.02833		
Distribución del refuerzo (NSR-10 C-23-C.10.6)				Distribución del refuerzo (NSR-10 C-23-C.10.6)			
Ms [kN-m]	31	Bs	1.19	Ms [kN-m]	31	Bs	1.26
f _s [MPa]	195	f _s max [MPa]	208	f _s [MPa]	172	f _s max [MPa]	224
Resistencia al Corte				Resistencia al Corte			
Vu [kN]	-	V _c [kN]	223	Vu [kN]	-	V _c [kN]	212
φ	0.75	φV _c [kN]	167	φ	0.75	φV _c [kN]	159

El diseño de las Vigas, Columnas y Pilas que conforman el pórtico de la estructura, es presentado en el Anexo 2 al final del documento.

8. CÁMARA DE ENTRADA Y SALIDA

Para el diseño de la cámara de entrada y salida se ha desarrollado un modelo de análisis tridimensional a través de un software de análisis y diseño basado en elementos finitos. Los elementos correspondientes a muros y losas han sido modelados mediante elementos bidimensionales tipo Plate. En la Figura 10 se presenta un isométrico del modelo de análisis generado. En los muros y losa superior se emplearon secciones de 15cm; mientras que para la losa inferior se empleó una sección de 30cm.

Figura 10. Modelo de Análisis Cámara de Entrada y Salida.

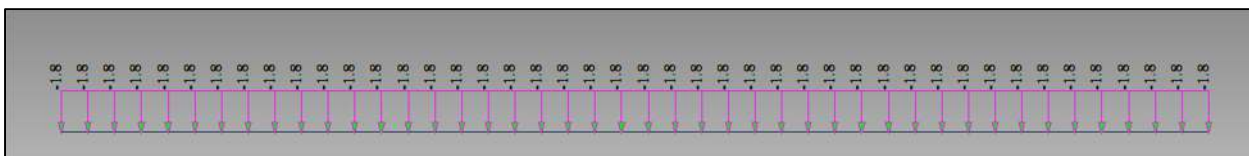


8.1. Asignación de Cargas Cámara de Entrada y Salida

La cámara de entrada y salida estará sometido a las cargas producidas por el peso propio de los elementos (D), la carga viva asociada al personal operativo que realice actividades de mantenimiento (L), la presión ejercida por el suelo sobre las paredes de la estructura (H) y el incremento en la presión del suelo durante el evento sísmico (E).

Figura 11. Asignación de Cargas Cámara de Entrada y Salida.

Carga Viva (L) kPa.



Presión Horizontal del Suelo (H) kPa.



Incremento de Carga durante el Evento Sísmico (E) kPa.

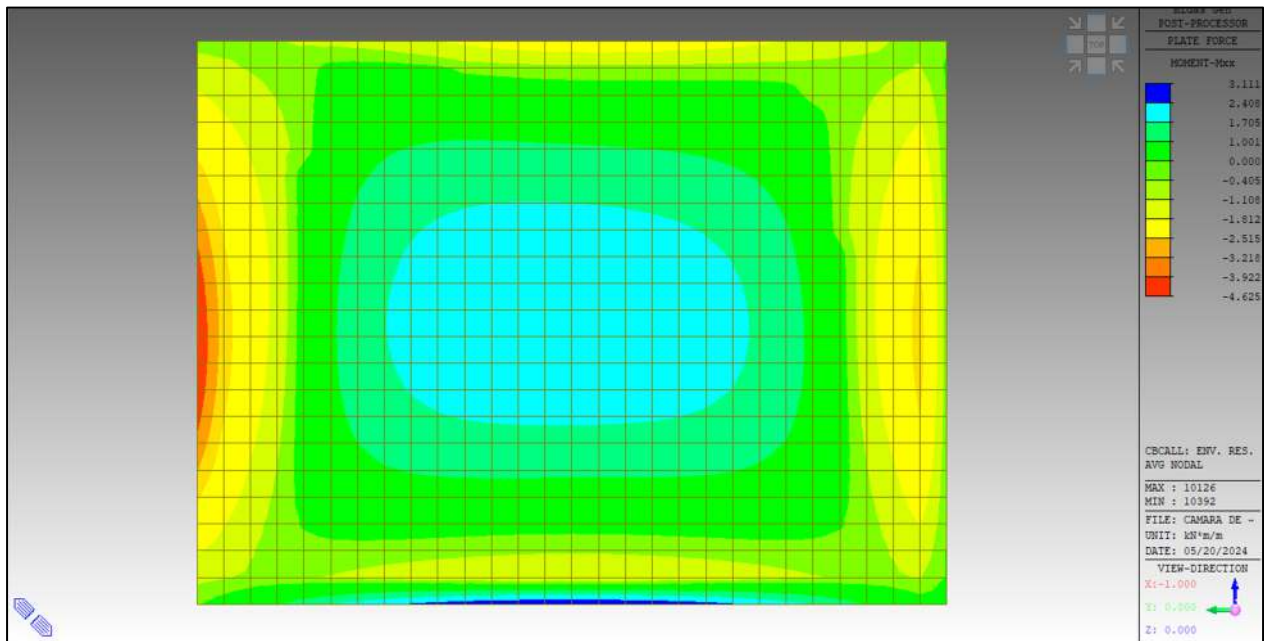


8.2. Análisis de Estructural Cámara de Entrada y Salida

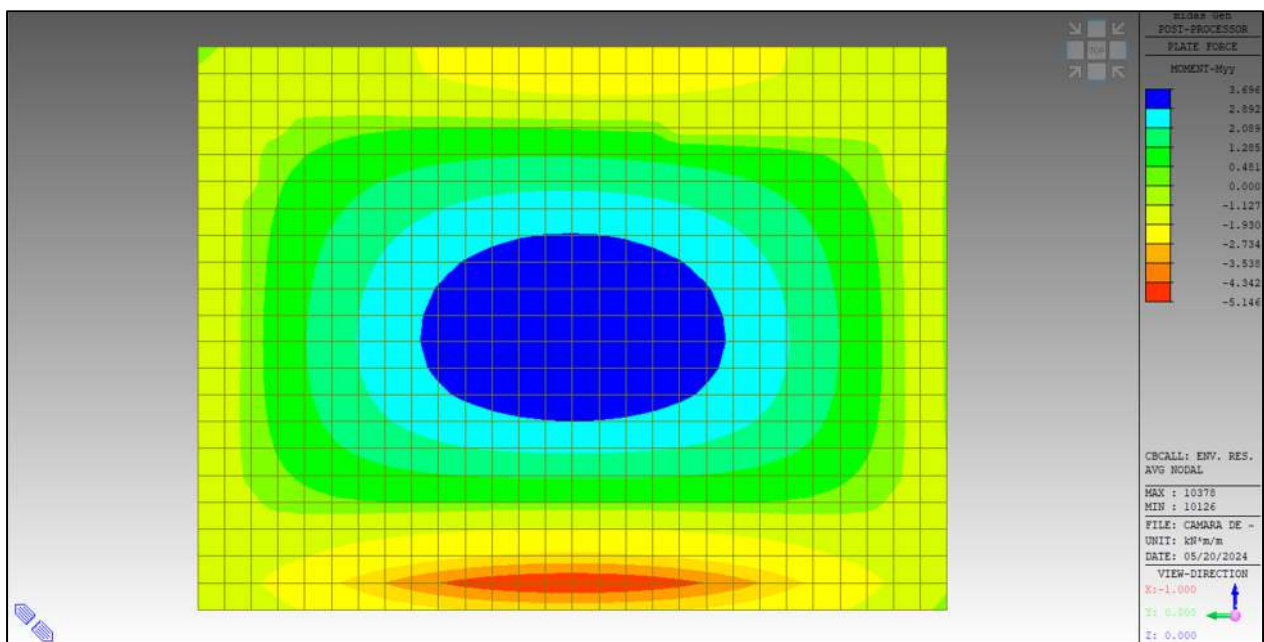
A continuación, en la Figura 12 se presentan las sollicitaciones de diseño del tanque enterrado obtenidas a partir del modelo de análisis realizado.

Figura 12. Resultados de Análisis Cámara de Entrada y Salida.

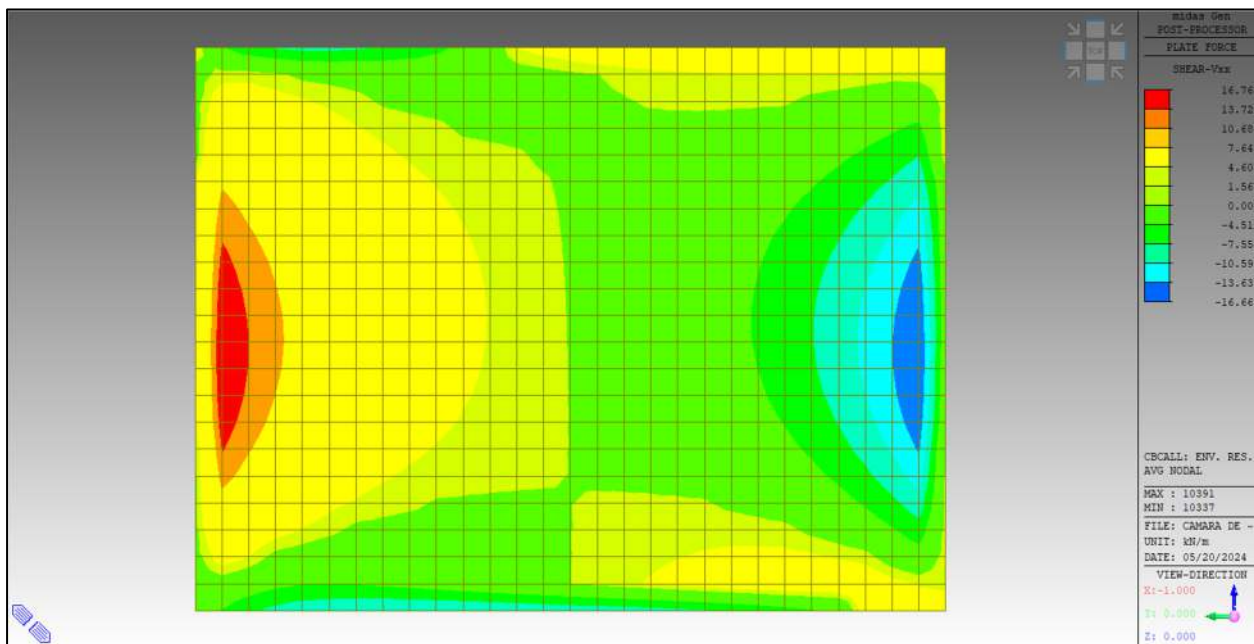
Envolvente de Momentos Mxx Muro 1 – kN-m.



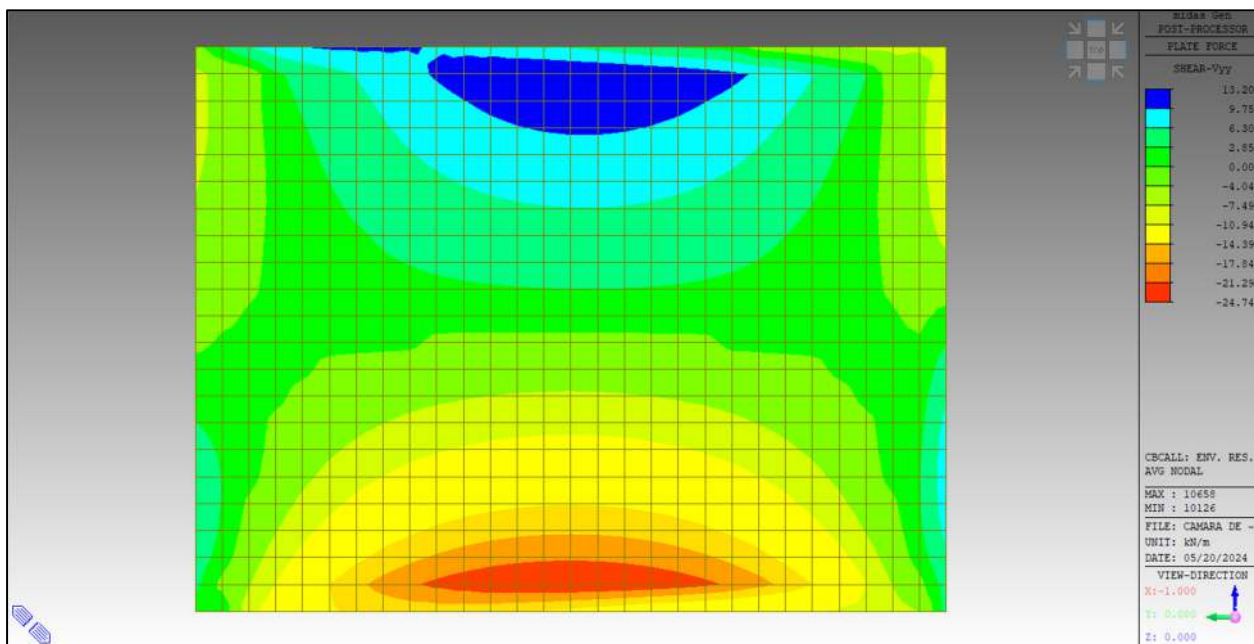
Envolvente de Momentos Myy Muro 1 – kN-m.



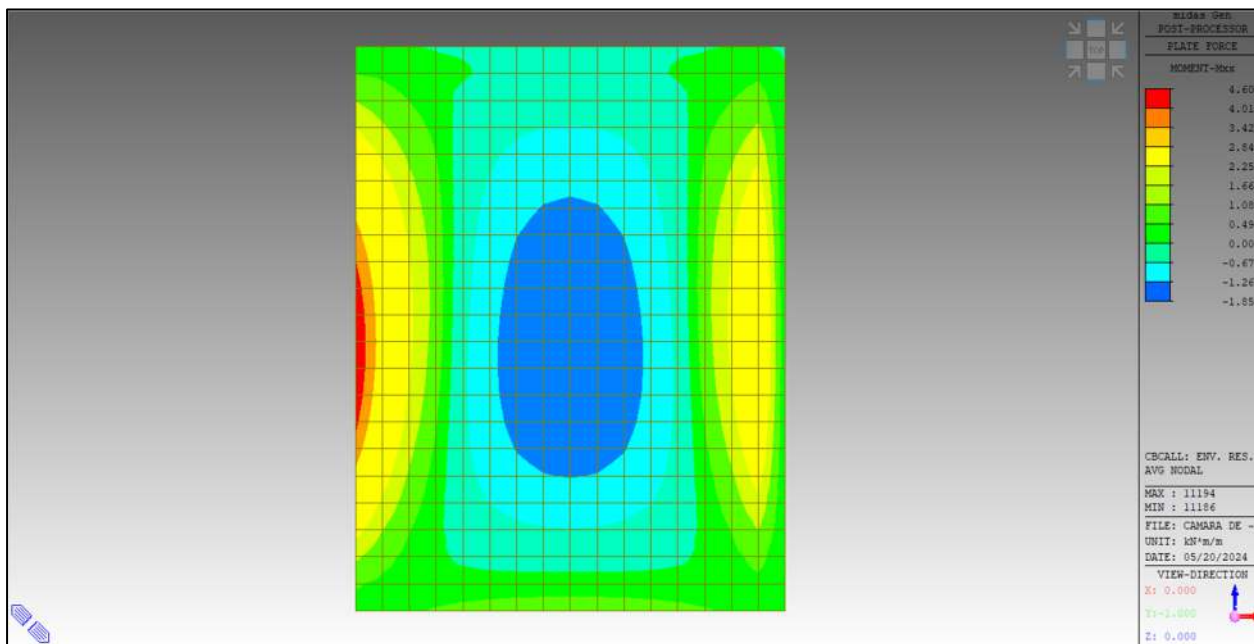
Envolvente de Cortante Vxx Muro 1 – kN.



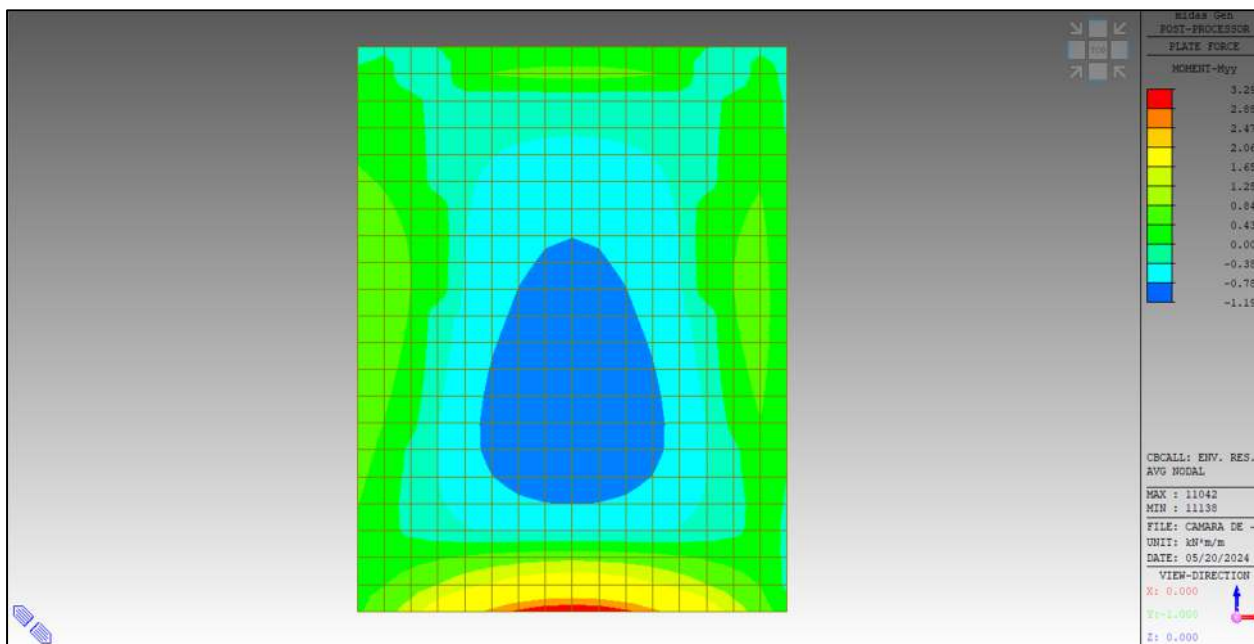
Envolvente de Cortante Vyy Muro 1 – kN.



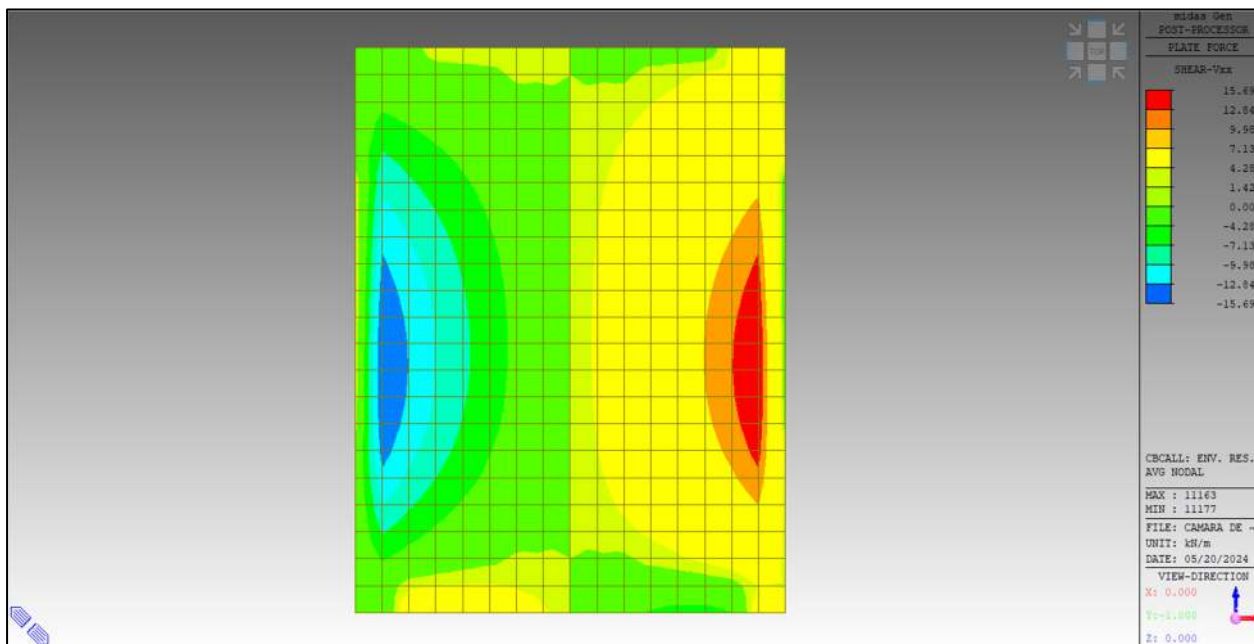
Envolvente de Momentos Mxx Muro 2 – kN-m.



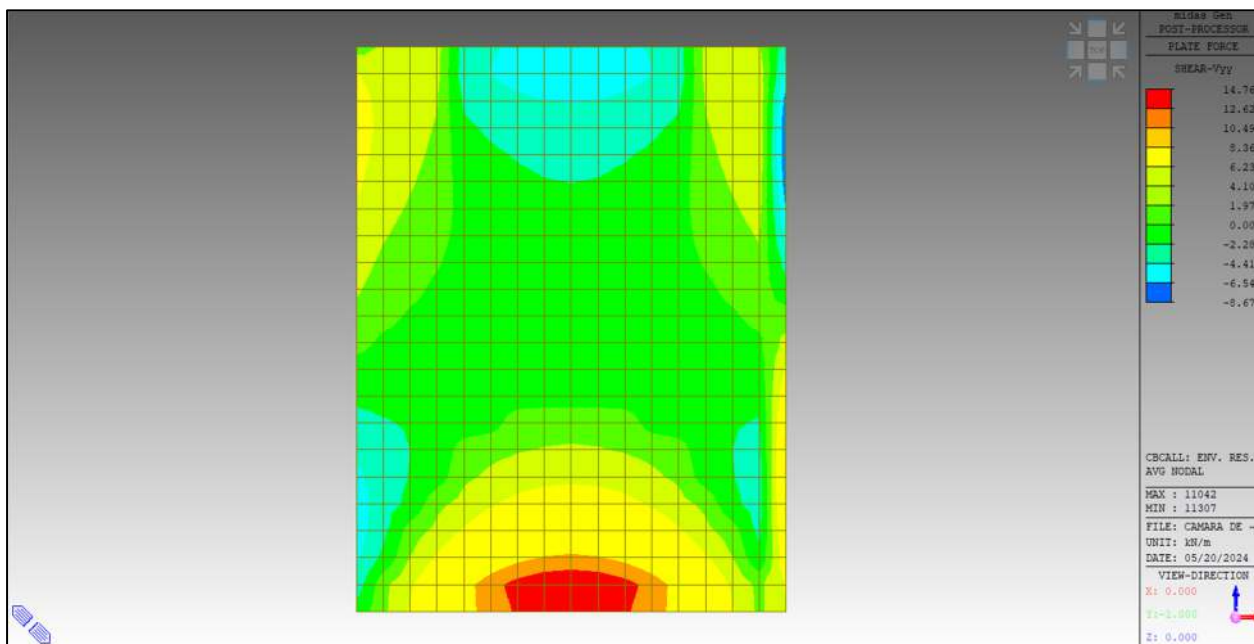
Envolvente de Momentos Myy Muro 2 – kN-m.



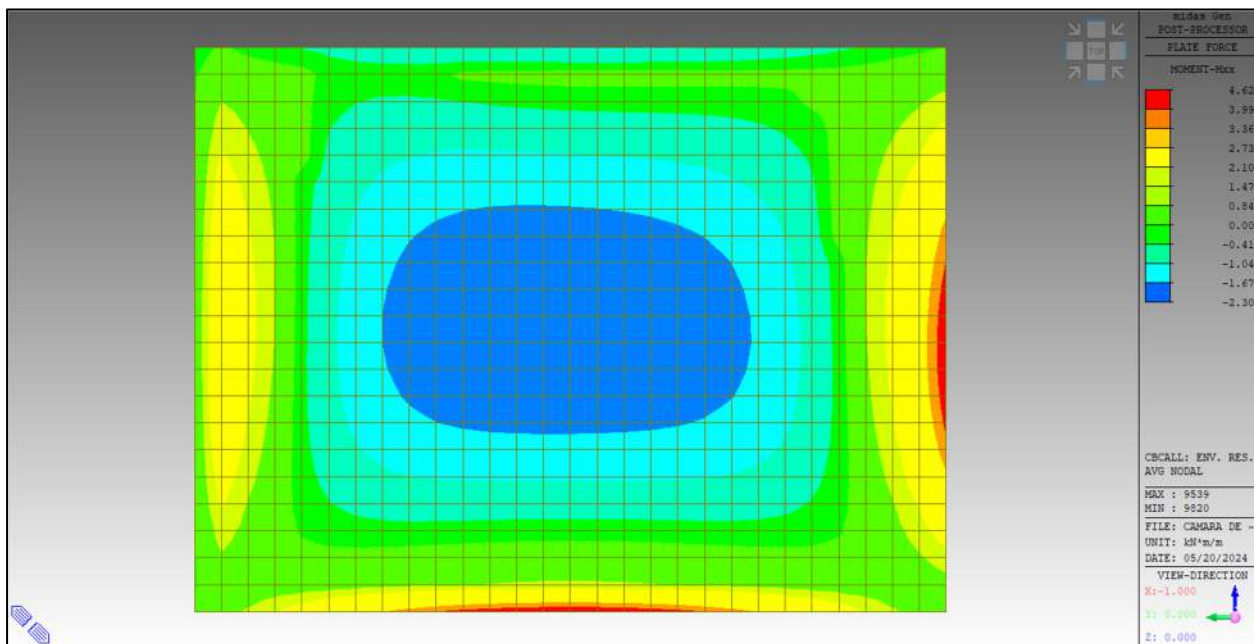
Envolvente de Cortante Vxx Muro 2 – kN.



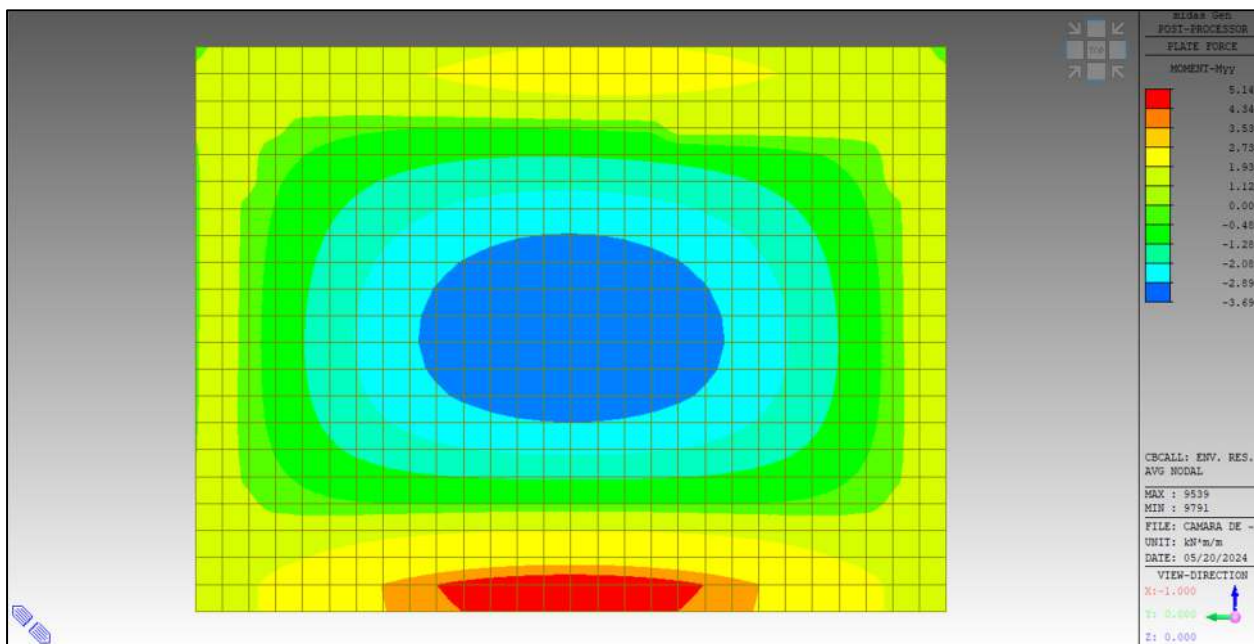
Envolvente de Cortante Vyy Muro 2 – kN.



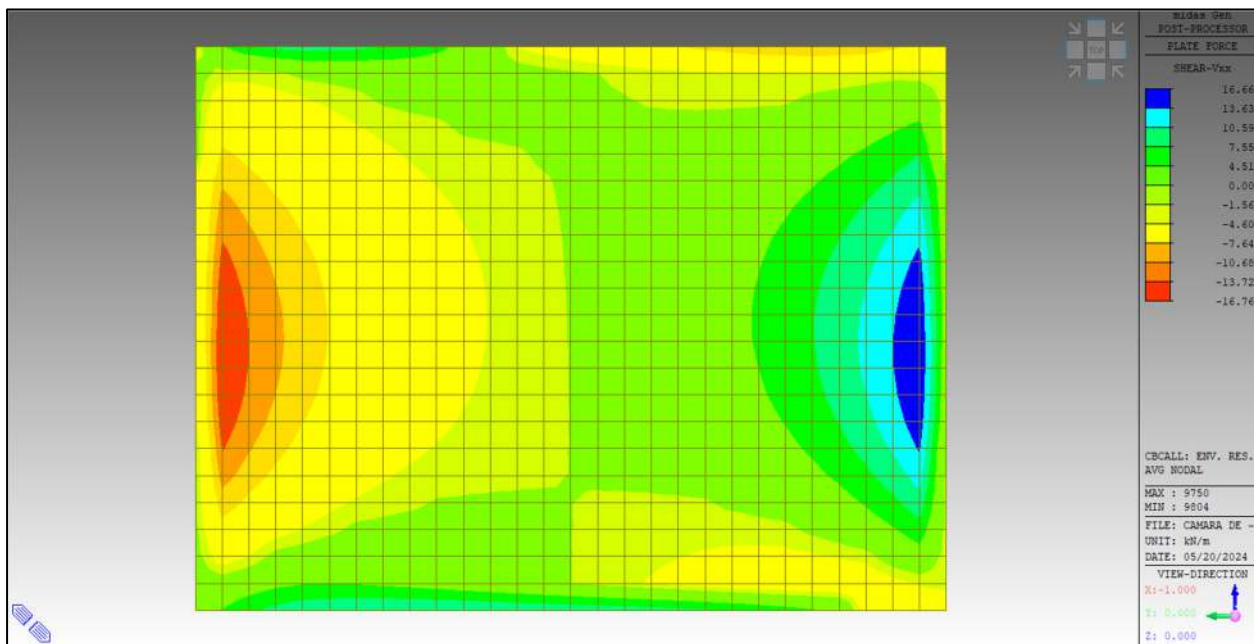
Envolvente de Momentos Mxx Muro 3 – kN-m.



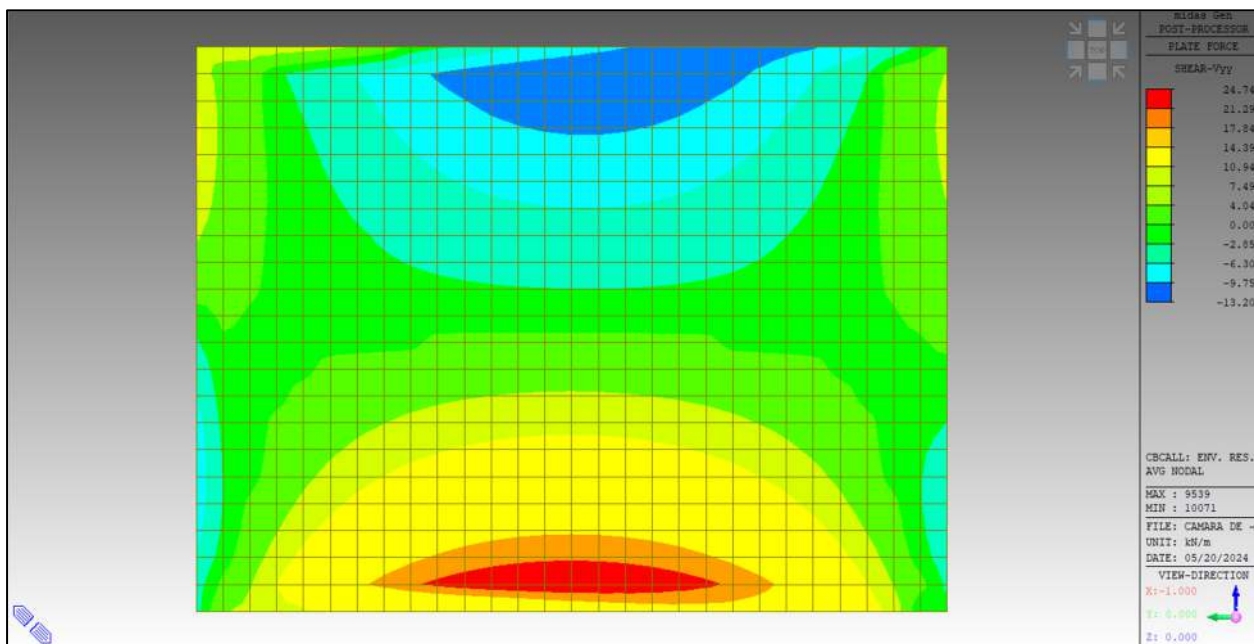
Envolvente de Momentos Myy Muro 3 – kN-m.



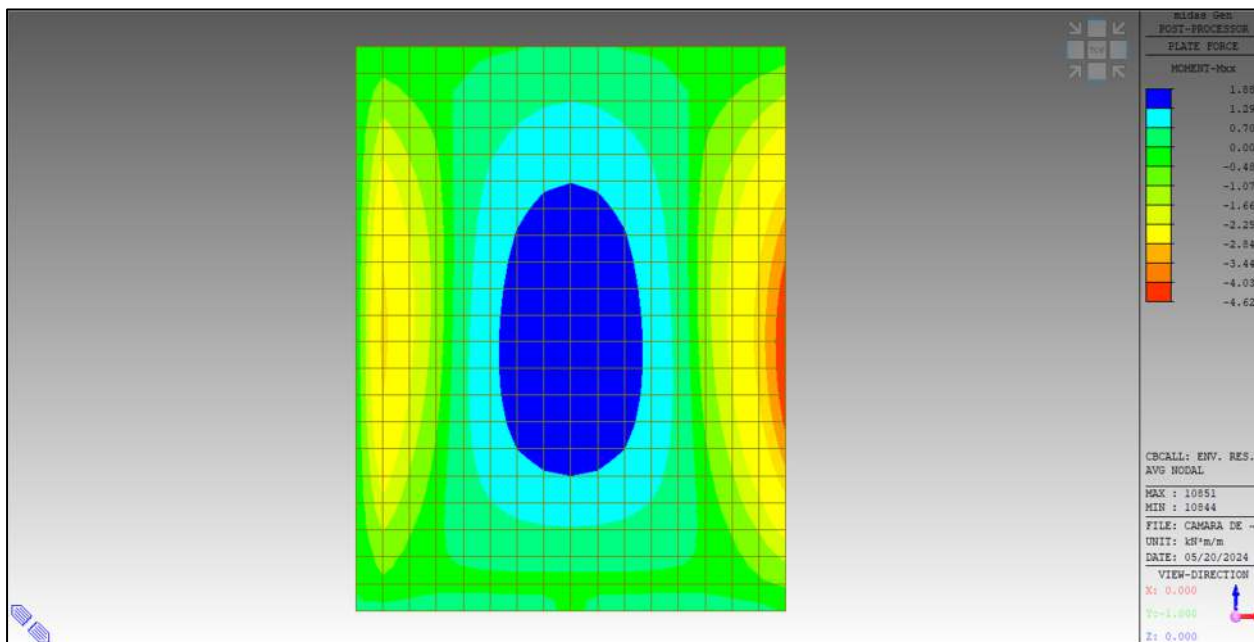
Envolvente de Cortante Vxx Muro 3 – kN.



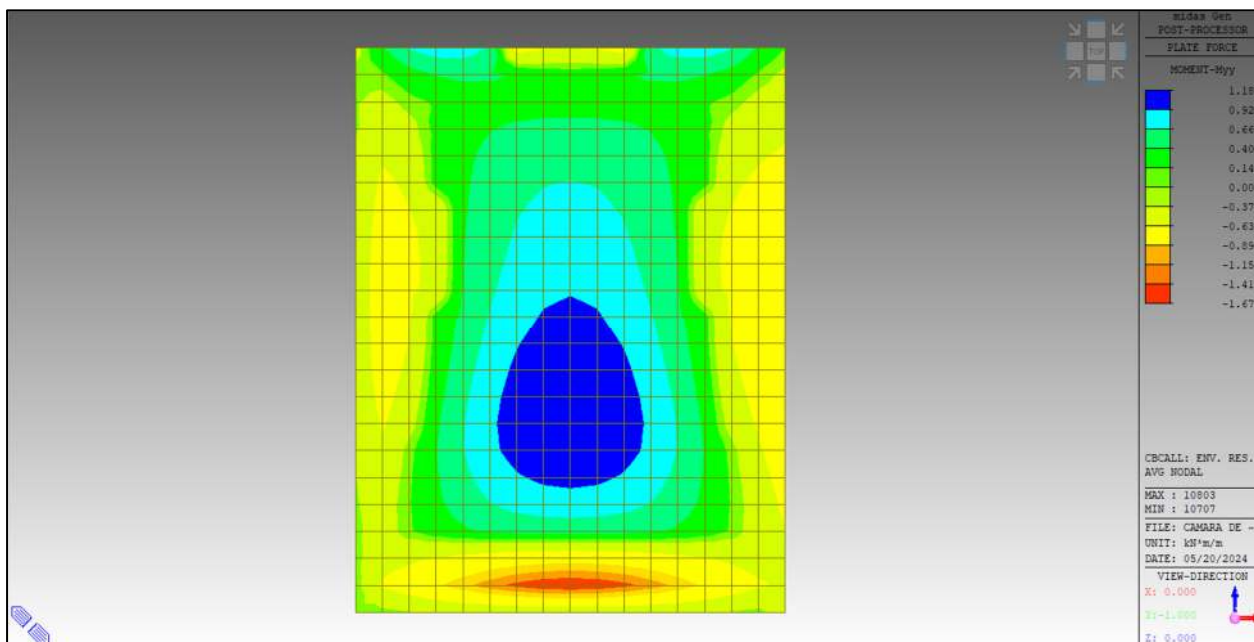
Envolvente de Cortante Vyy Muro 3 – kN.



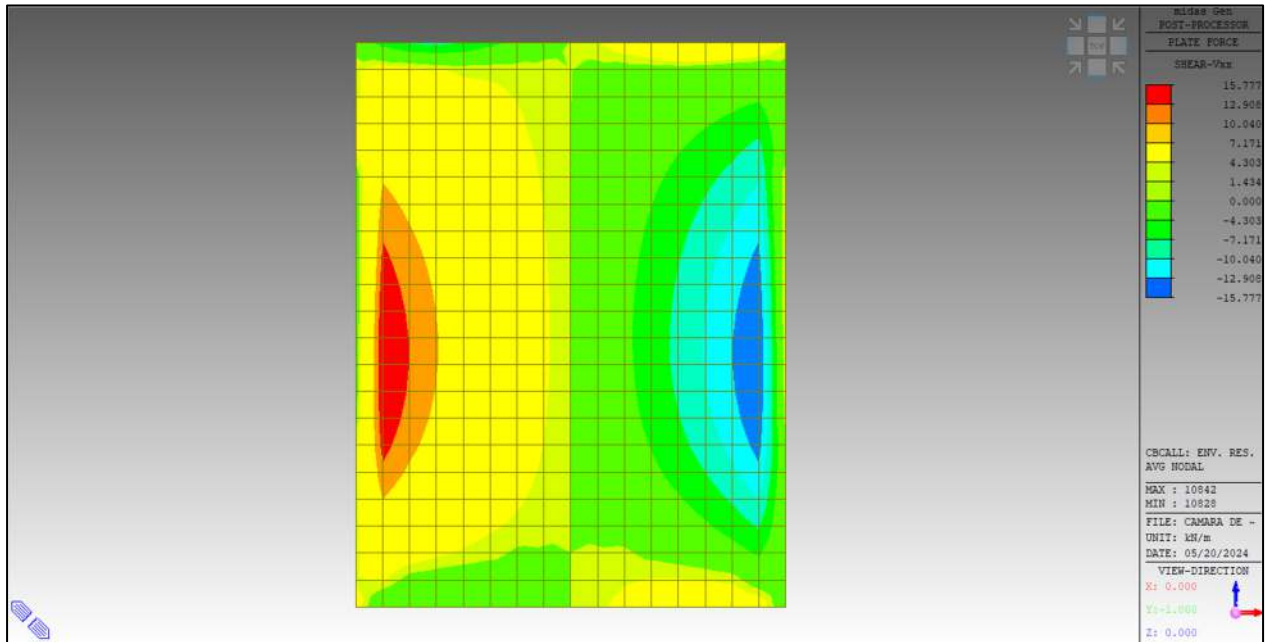
Envolvente de Momentos Mxx Muro 4 – kN-m.



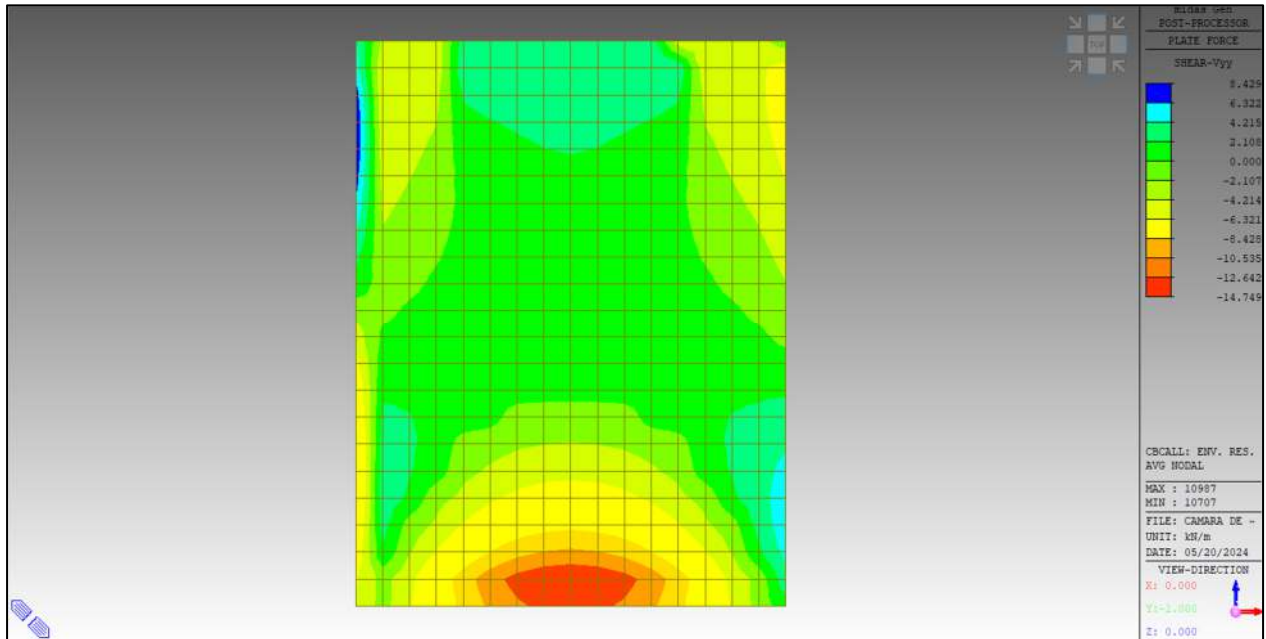
Envolvente de Momentos Myy Muro 4 – kN-m.



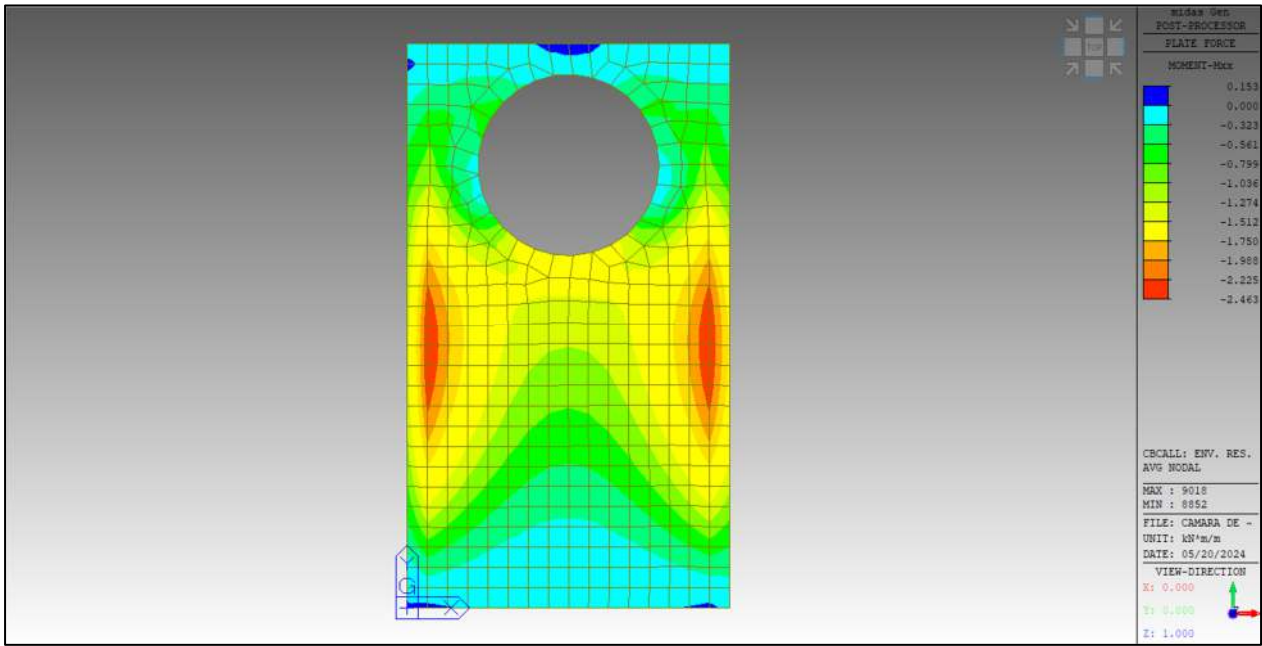
Envolvente de Cortante Vxx Muro 4 – kN.



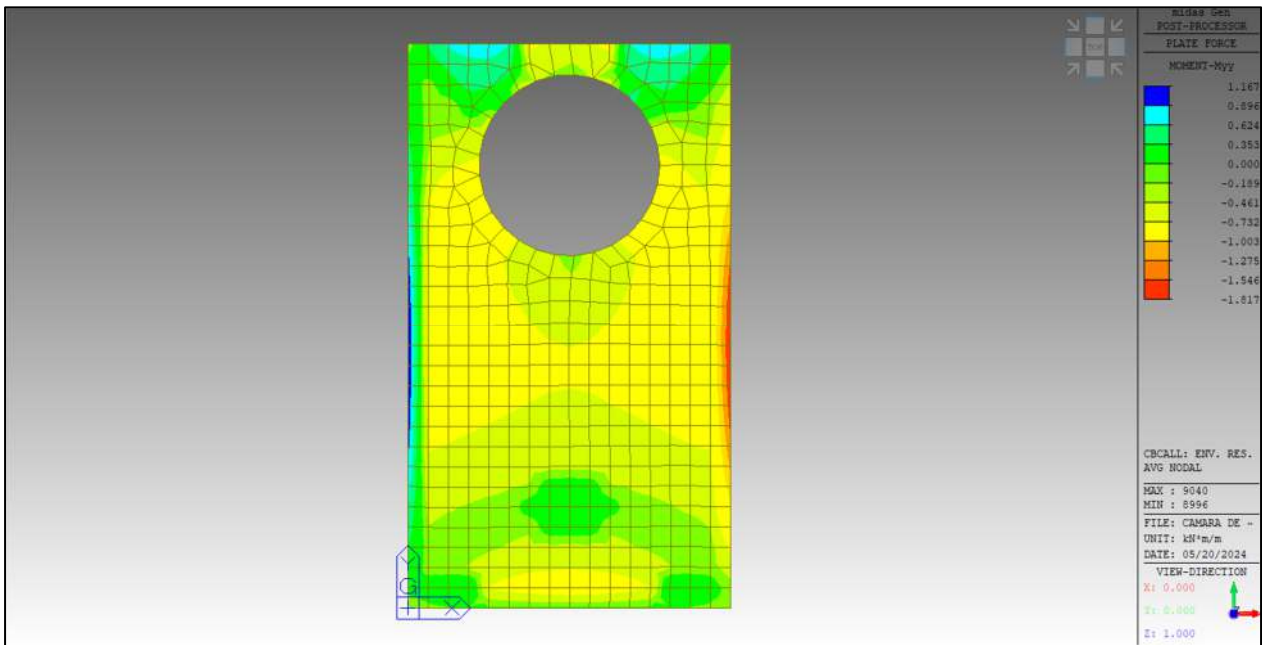
Envolvente de Cortante Vyy Muro 4 – kN.



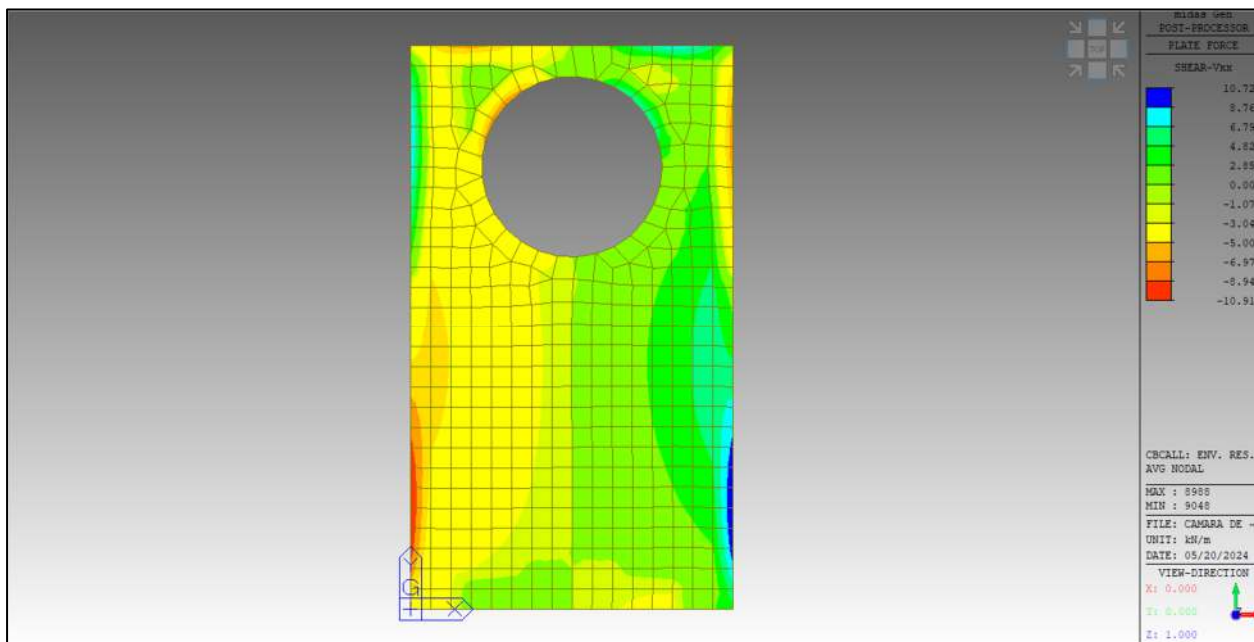
Envolvente de Momentos Mxx Losa Superior – kN-m.



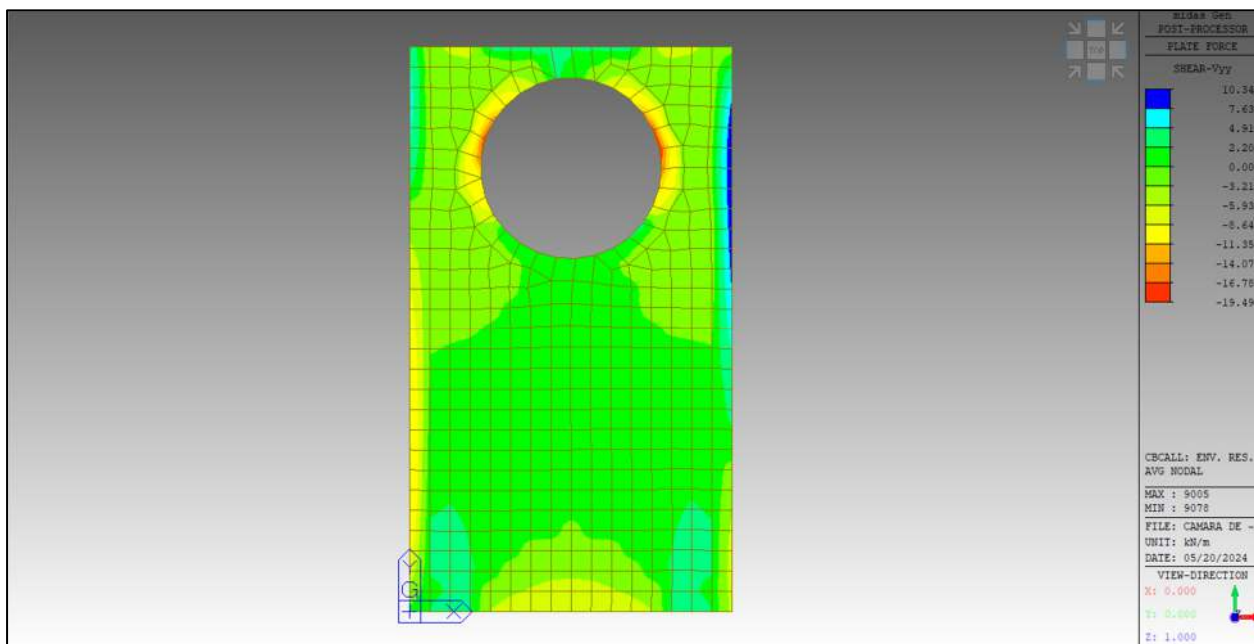
Envolvente de Momentos Myy Losa Superior – kN-m.



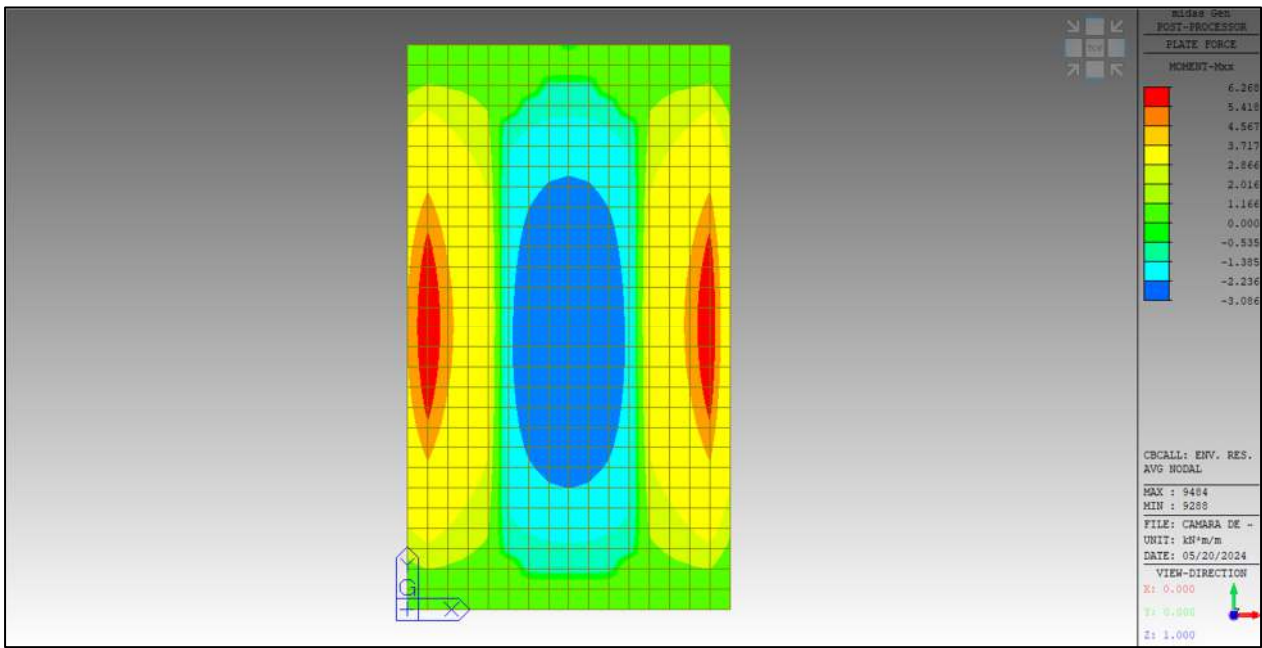
Envolvente de Cortante Vxx Losa Superior – kN.



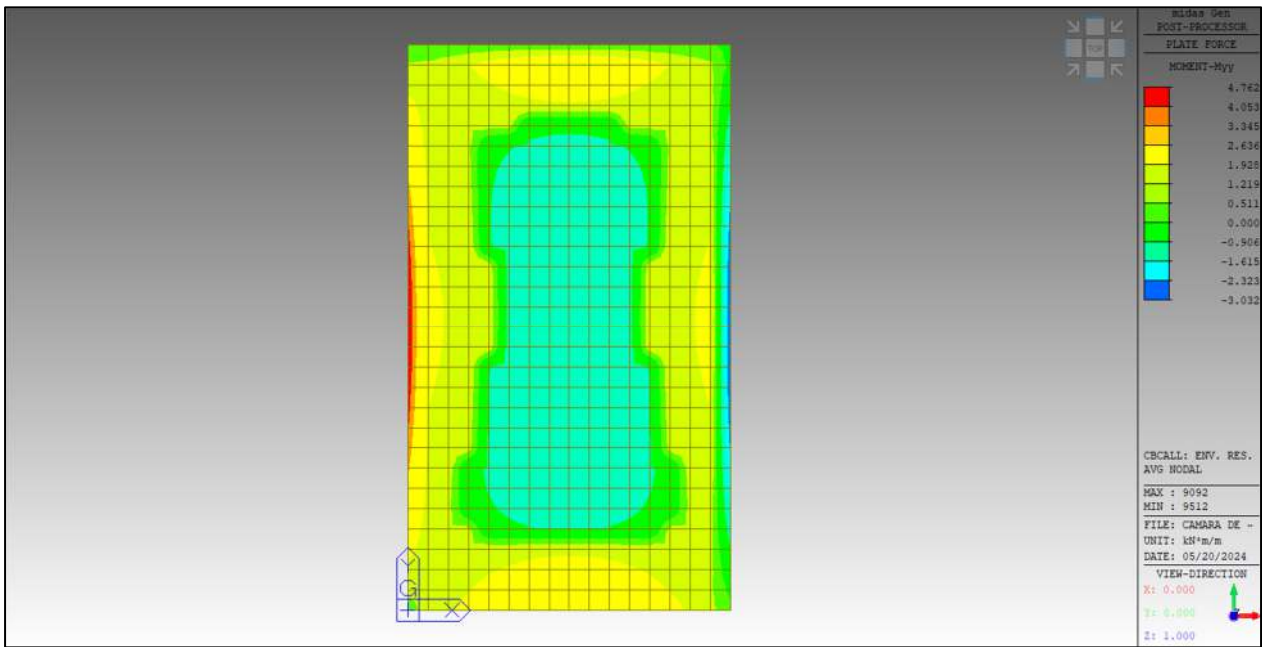
Envolvente de Cortante Vyy Losa Superior – kN.



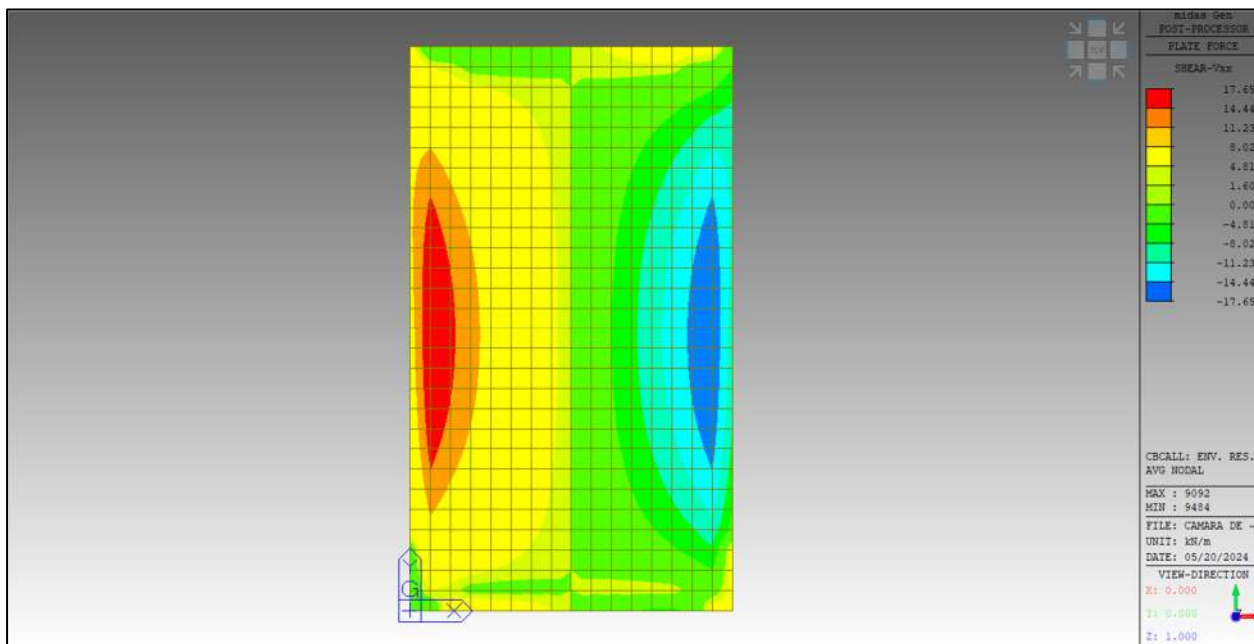
Envolvente de Momentos Mxx Losa Inferior – kN-m.



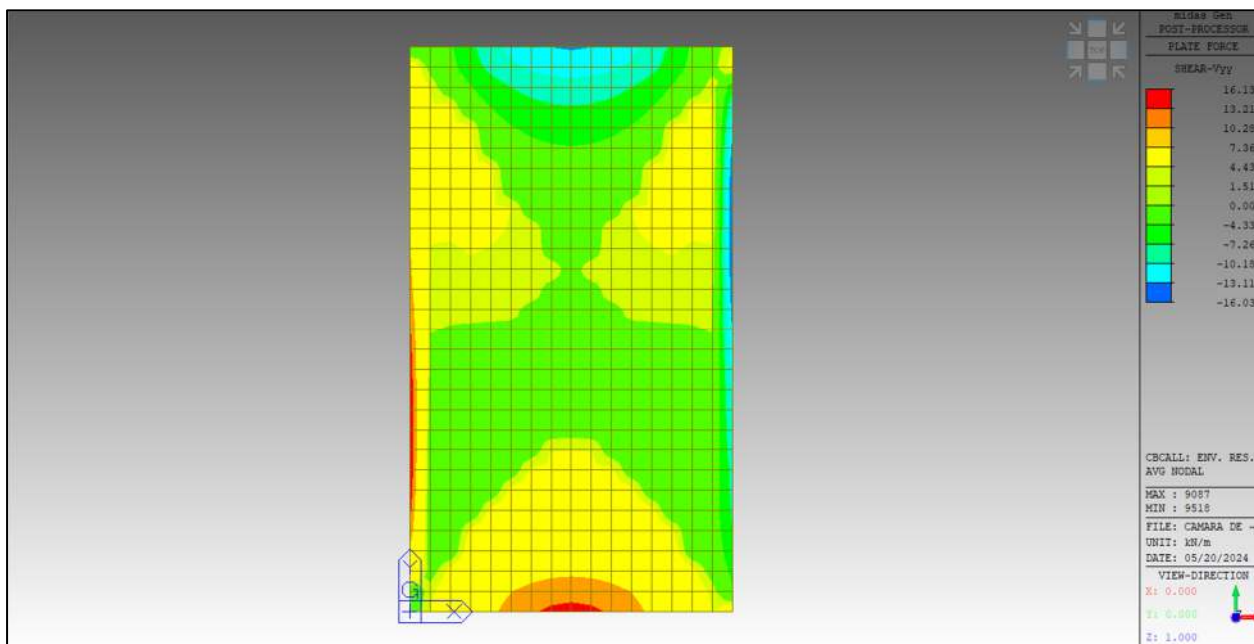
Envolvente de Momentos Myy Losa Inferior – kN-m.



Envolvente de Cortante Vxx Losa Inferior – kN.



Envolvente de Cortante Vyy Losa Inferior – kN.



8.3. Diseño de Elementos Estructurales Cámara de Entrada y Salida

A continuación, de la Tabla 21 a la Tabla 26 se presenta el diseño de los elementos que conforman el tanque enterrado. El diseño efectuado se ajusta a los requisitos estipulados en el Título C de la NSR-10, haciendo particular énfasis en el Título C.23.

Tabla 21. *Diseño Muro 1 Cámara de Entrada y Salida.*

Diseño Muro 1							
Momento alrededor del eje horizontal				Momento alrededor del eje vertical			
Mu [kN-m]	5	cuantía Req.	0.00611	Mu [kN-m]	5	cuantía Req.	0.00357
b [m]	1	As req [mm2]	917	b [m]	1	As req [mm2]	535
h [m]	0.15	# Barras N°4	8	h [m]	0.15	# Barras N°4	5
d' [m]	0.09	As Ins. [mm2]	1032	d' [m]	0.08	As Ins. [mm2]	645
d [m]	0.06	cuantía inst.	0.00688	d [m]	0.07	cuantía inst.	0.00430
Φ	0.9	s [mm]	125	Φ	0.9	s [mm]	200
f _c [MPa]	28	a [m]	0.0182	f _c [MPa]	28	a [m]	0.0114
f _y [MPa]	420	c [m]	0.0214	f _y [MPa]	420	c [m]	0.0134
M _{cr} [kN-m]	12	es	0.0048	M _{cr} [kN-m]	12	es	0.0124
Ru [kPa]	2429.286	ΦMr [kN-m]	18	Ru [kPa]	1450.240	ΦMr [kN-m]	15
cuantía max.	0.02833			cuantía max.	0.02833		
Distribución del refuerzo (NSR-10 C-23-C.10.6)				Distribución del refuerzo (NSR-10 C-23-C.10.6)			
Ms [kN-m]	3	Bs	3.72	Ms [kN-m]	2	Bs	2.47
f _s [MPa]	58	f _s max [MPa]	91	f _s [MPa]	59	f _s max [MPa]	100
Resistencia al Corte				Resistencia al Corte			
Vu [kN]	25	Vc [kN]	49	Vu [kN]	17	Vc [kN]	60
φ	0.75	φVc [kN]	37	φ	0.75	φVc [kN]	45

Tabla 22. Diseño Muro 2 Cámara de Entrada y Salida.

Diseño Muro 2							
Momento alrededor del eje horizontal				Momento alrededor del eje vertical			
Mu [kN-m]	3	cuantía Req.	0.00383	Mu [kN-m]	5	cuantía Req.	0.00355
b [m]	1	As req [mm2]	574	b [m]	1	As req [mm2]	532
h [m]	0.15	# Barras N°4	5	h [m]	0.15	# Barras N°4	5
d' [m]	0.09	As Ins. [mm2]	645	d' [m]	0.08	As Ins. [mm2]	645
d [m]	0.06	cuantía inst.	0.00430	d [m]	0.07	cuantía inst.	0.00430
Φ	0.9	s [mm]	200	Φ	0.9	s [mm]	200
fc [MPa]	28	a [m]	0.0114	fc [MPa]	28	a [m]	0.0114
fy [MPa]	420	c [m]	0.0134	fy [MPa]	420	c [m]	0.0134
Mcr [kN-m]	12	es	0.0095	Mcr [kN-m]	12	es	0.0124
Ru [kPa]	1554.064	ΦMr [kN-m]	12	Ru [kPa]	1442.714	ΦMr [kN-m]	15
cuantía max.	0.02833			cuantía max.	0.02833		
Distribución del refuerzo (NSR-10 C-23-C.10.6)				Distribución del refuerzo (NSR-10 C-23-C.10.6)			
Ms [kN-m]	2	Bs	3.21	Ms [kN-m]	2	Bs	2.47
fs [MPa]	64	fs max [MPa]	77	fs [MPa]	58	fs max [MPa]	100
Resistencia al Corte				Resistencia al Corte			
Vu [kN]	10	Vc [kN]	49	Vu [kN]	8	Vc [kN]	60
φ	0.75	φVc [kN]	37	φ	0.75	φVc [kN]	45

Tabla 23. Diseño Muro 3 Cámara de Entrada y Salida.

Diseño Muro 3							
Momento alrededor del eje horizontal				Momento alrededor del eje vertical			
Mu [kN-m]	5	cuantía Req.	0.00611	Mu [kN-m]	5	cuantía Req.	0.00356
b [m]	1	As req [mm2]	917	b [m]	1	As req [mm2]	534
h [m]	0.15	# Barras N°4	8	h [m]	0.15	# Barras N°4	5
d' [m]	0.09	As Ins. [mm2]	1032	d' [m]	0.08	As Ins. [mm2]	645
d [m]	0.06	cuantía inst.	0.00688	d [m]	0.07	cuantía inst.	0.00430
Φ	0.9	s [mm]	125	Φ	0.9	s [mm]	200
fc [MPa]	28	a [m]	0.0182	fc [MPa]	28	a [m]	0.0114
fy [MPa]	420	c [m]	0.0214	fy [MPa]	420	c [m]	0.0134
Mcr [kN-m]	12	es	0.0048	Mcr [kN-m]	12	es	0.0124
Ru [kPa]	2429.286	ΦMr [kN-m]	18	Ru [kPa]	1449.299	ΦMr [kN-m]	15
cuantía max.	0.02833			cuantía max.	0.02833		
Distribución del refuerzo (NSR-10 C-23-C.10.6)				Distribución del refuerzo (NSR-10 C-23-C.10.6)			
Ms [kN-m]	3	Bs	3.72	Ms [kN-m]	3	Bs	2.47
fs [MPa]	58	fs max [MPa]	91	fs [MPa]	62	fs max [MPa]	100
Resistencia al Corte				Resistencia al Corte			
Vu [kN]	25	Vc [kN]	49	Vu [kN]	17	Vc [kN]	60
φ	0.75	φVc [kN]	37	φ	0.75	φVc [kN]	45

Tabla 24. Diseño Muro 4 Cámara de Entrada y Salida.

Diseño Muro 4							
Momento alrededor del eje horizontal				Momento alrededor del eje vertical			
Mu [kN-m]	2	cuantía Req.	0.00192	Mu [kN-m]	5	cuantía Req.	0.00357
b [m]	1	As req [mm2]	287	b [m]	1	As req [mm2]	535
h [m]	0.15	# Barras N°4	3	h [m]	0.15	# Barras N°4	5
d' [m]	0.09	As Ins. [mm2]	430	d' [m]	0.08	As Ins. [mm2]	645
d [m]	0.06	cuantía inst.	0.00287	d [m]	0.07	cuantía inst.	0.00430
Φ	0.9	s [mm]	300	Φ	0.9	s [mm]	200
f _c [MPa]	28	a [m]	0.0076	f _c [MPa]	28	a [m]	0.0114
f _y [MPa]	420	c [m]	0.0089	f _y [MPa]	420	c [m]	0.0134
M _{cr} [kN-m]	12	es	0.0158	M _{cr} [kN-m]	12	es	0.0124
Ru [kPa]	791.194	ΦMr [kN-m]	8	Ru [kPa]	1450.240	ΦMr [kN-m]	15
cuantía max.	0.02833			cuantía max.	0.02833		
Distribución del refuerzo (NSR-10 C-23-C.10.6)				Distribución del refuerzo (NSR-10 C-23-C.10.6)			
Ms [kN-m]	1	Bs	3.00	Ms [kN-m]	2	Bs	2.47
f _s [MPa]	52	f _s max [MPa]	59	f _s [MPa]	59	f _s max [MPa]	100
Resistencia al Corte				Resistencia al Corte			
Vu [kN]	15	V _c [kN]	49	Vu [kN]	16	V _c [kN]	60
φ	0.75	φV _c [kN]	37	φ	0.75	φV _c [kN]	45

Tabla 25. Diseño Losa Superior Cámara de Entrada y Salida.

Diseño Losa Superior							
Momento alrededor del eje Y				Momento alrededor del eje vertical			
Mu [kN-m]	2	cuantía Req.	0.00150	Mu [kN-m]	2	cuantía Req.	0.00150
b [m]	1	As req [mm2]	225	b [m]	1	As req [mm2]	225
h [m]	0.15	# Barras N°4	3	h [m]	0.15	# Barras N°4	3
d' [m]	0.06	As Ins. [mm2]	430	d' [m]	0.07	As Ins. [mm2]	430
d [m]	0.09	cuantía inst.	0.00287	d [m]	0.08	cuantía inst.	0.00287
Φ	0.9	s [mm]	300	Φ	0.9	s [mm]	300
fc [MPa]	28	a [m]	0.0076	fc [MPa]	28	a [m]	0.0076
fy [MPa]	420	c [m]	0.0089	fy [MPa]	420	c [m]	0.0089
Mcr [kN-m]	12	es	0.0285	Mcr [kN-m]	12	es	0.0242
Ru [kPa]	415.009	ΦMr [kN-m]	15	Ru [kPa]	409.761	ΦMr [kN-m]	13
cuantía max.	0.02833			cuantía max.	0.02833		
Distribución del refuerzo (NSR-10 C-23-C.10.6)				Distribución del refuerzo (NSR-10 C-23-C.10.6)			
Ms [kN-m]	1	Bs	1.67	Ms [kN-m]	1	Bs	1.96
fs [MPa]	35	fs max [MPa]	107	fs [MPa]	32	fs max [MPa]	91
Resistencia al Corte				Resistencia al Corte			
Vu [kN]	10	Vc [kN]	82	Vu [kN]	19	Vc [kN]	71
φ	0.75	φVc [kN]	62	φ	0.75	φVc [kN]	53

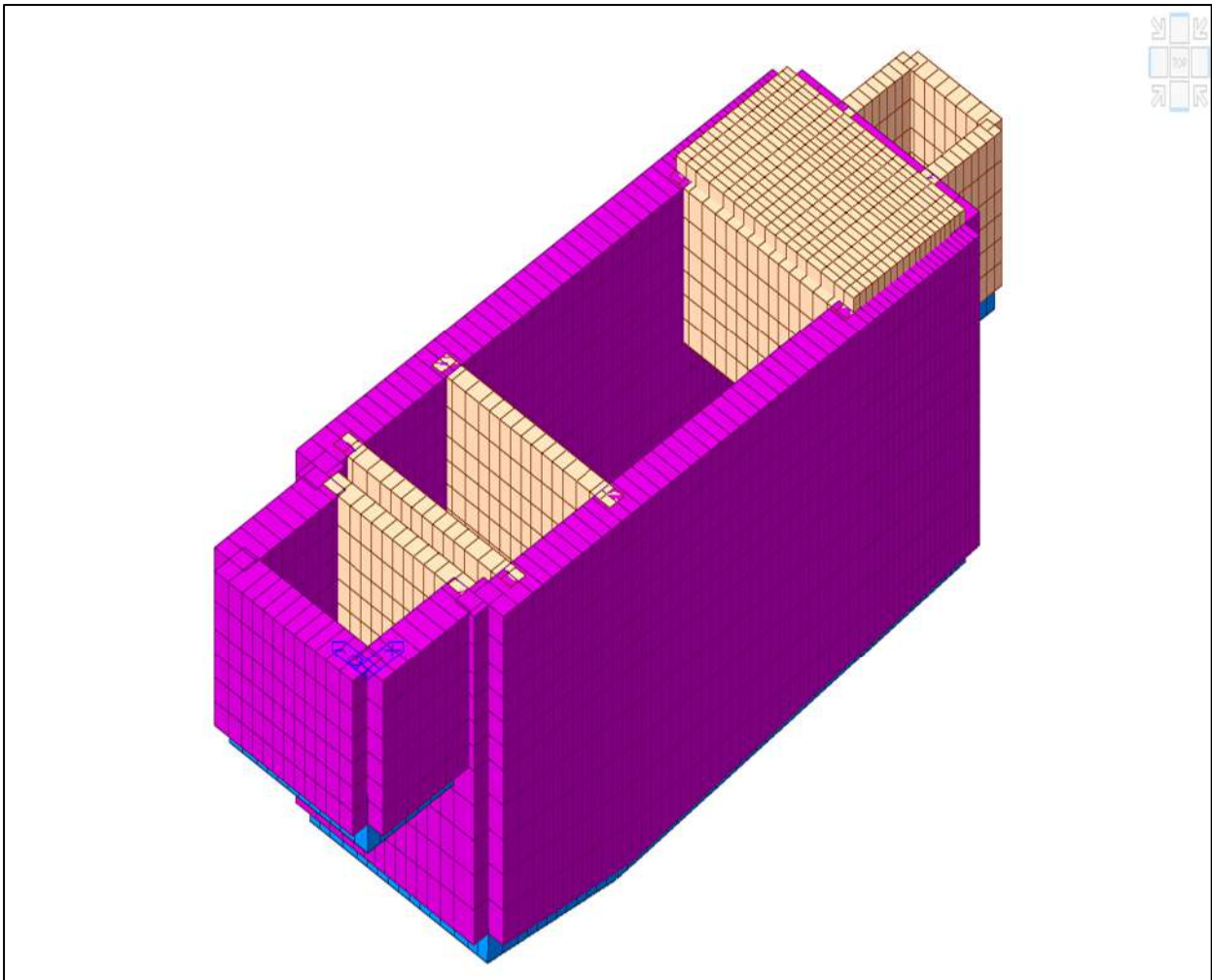
Tabla 26. Diseño Losa Inferior Cámara de Entrada y Salida.

Diseño Losa Inferior							
Momento alrededor del eje Y				Momento alrededor del eje vertical			
Mu [kN-m]	6	cuantía Req.	0.00150	Mu [kN-m]	5	cuantía Req.	0.00150
b [m]	1	As req [mm2]	450	b [m]	1	As req [mm2]	450
h [m]	0.30	# Barras N°4	4	h [m]	0.30	# Barras N°4	4
d' [m]	0.08	As lns. [mm2]	516	d' [m]	0.09	As lns. [mm2]	516
d [m]	0.22	cuantía inst.	0.00172	d [m]	0.21	cuantía inst.	0.00172
Φ	0.9	s [mm]	250	Φ	0.9	s [mm]	250
fc [MPa]	28	a [m]	0.0091	fc [MPa]	28	a [m]	0.0091
fy [MPa]	420	c [m]	0.0107	fy [MPa]	420	c [m]	0.0107
Mcr [kN-m]	50	es	0.0582	Mcr [kN-m]	50	es	0.0547
Ru [kPa]	193.749	ΦMr [kN-m]	42	Ru [kPa]	165.911	ΦMr [kN-m]	39
cuantía max.	0.02833			cuantía max.	0.02833		
Distribución del refuerzo (NSR-10 C-23-C.10.6)				Distribución del refuerzo (NSR-10 C-23-C.10.6)			
Ms [kN-m]	3	Bs	1.39	Ms [kN-m]	2	Bs	1.48
fs [MPa]	26	fs max [MPa]	149	fs [MPa]	24	fs max [MPa]	140
Resistencia al Corte				Resistencia al Corte			
Vu [kN]	17	Vc [kN]	192	Vu [kN]	16	Vc [kN]	181
φ	0.75	φVc [kN]	144	φ	0.75	φVc [kN]	136
Refuerzo vértical mínimo				Refuerzo horizontal mínimo			
Mu [kN-m]	-	cuantía Req.	0.00150	Mu [kN-m]	-	cuantía Req.	0.00150
b [m]	1	As req [mm2]	450	b [m]	1	As req [mm2]	450
h [m]	0.30	# Barras N°4	4	h [m]	0.30	# Barras N°4	4
d' [m]	0.08	As lns. [mm2]	516	d' [m]	0.09	As lns. [mm2]	516
d [m]	0.22	cuantía inst.	0.00172	d [m]	0.21	cuantía inst.	0.00172
Φ	0.9	s [mm]	250	Φ	0.9	s [mm]	250
fc [MPa]	28	a [m]	0.0091	fc [MPa]	28	a [m]	0.0091
fy [MPa]	420	c [m]	0.0107	fy [MPa]	420	c [m]	0.0107
Mcr [kN-m]	50	es	0.0582	Mcr [kN-m]	50	es	0.0547
Ru [kPa]	-	ΦMr [kN-m]	42	Ru [kPa]	-	ΦMr [kN-m]	39
cuantía max.	0.02833			cuantía max.	0.02833		

9. DESARENADOR

Para el diseño del desarenador se ha desarrollado un modelo de análisis tridimensional a través de un software de análisis y diseño basado en elementos finitos. Los elementos correspondientes a muros y losas han sido modelados mediante elementos bidimensionales tipo Plate. En la Figura 13 se presenta un isométrico del modelo de análisis generado. Se emplean secciones de muros de 30cm y 15cm y una losa de 30cm de espesor.

Figura 13. Modelo de Análisis Desarenador.

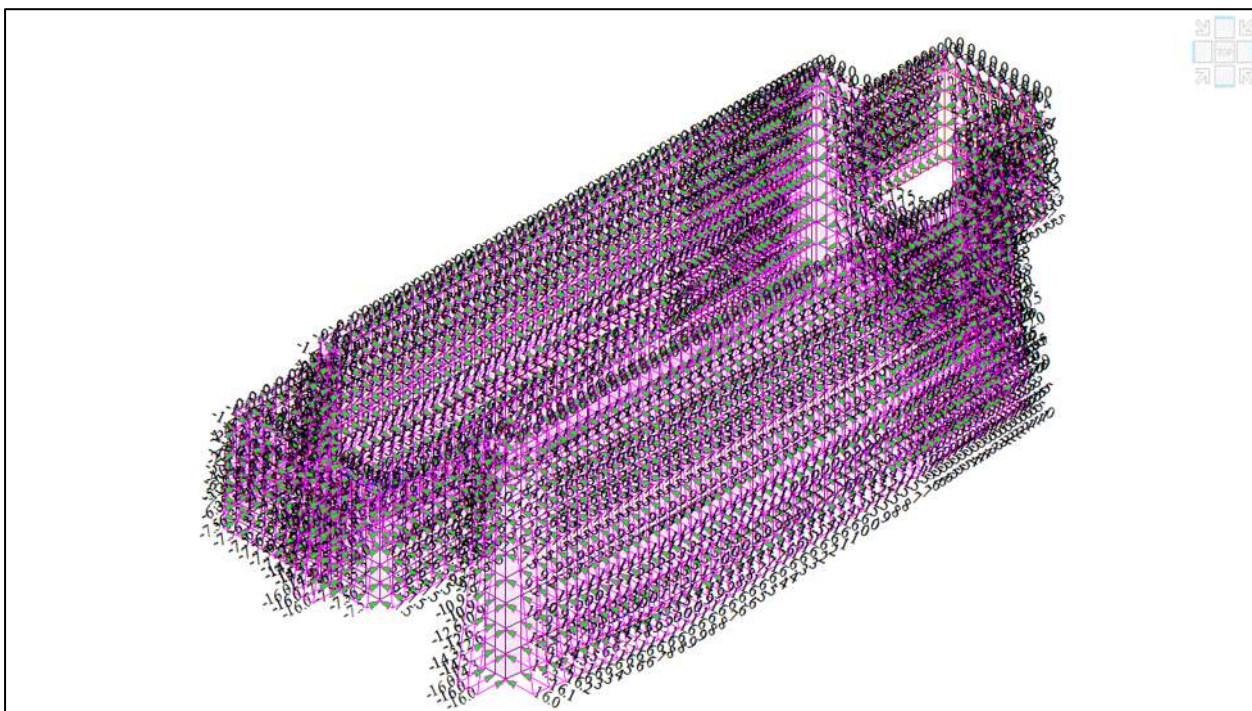


9.1. Asignación de Cargas Desarenador

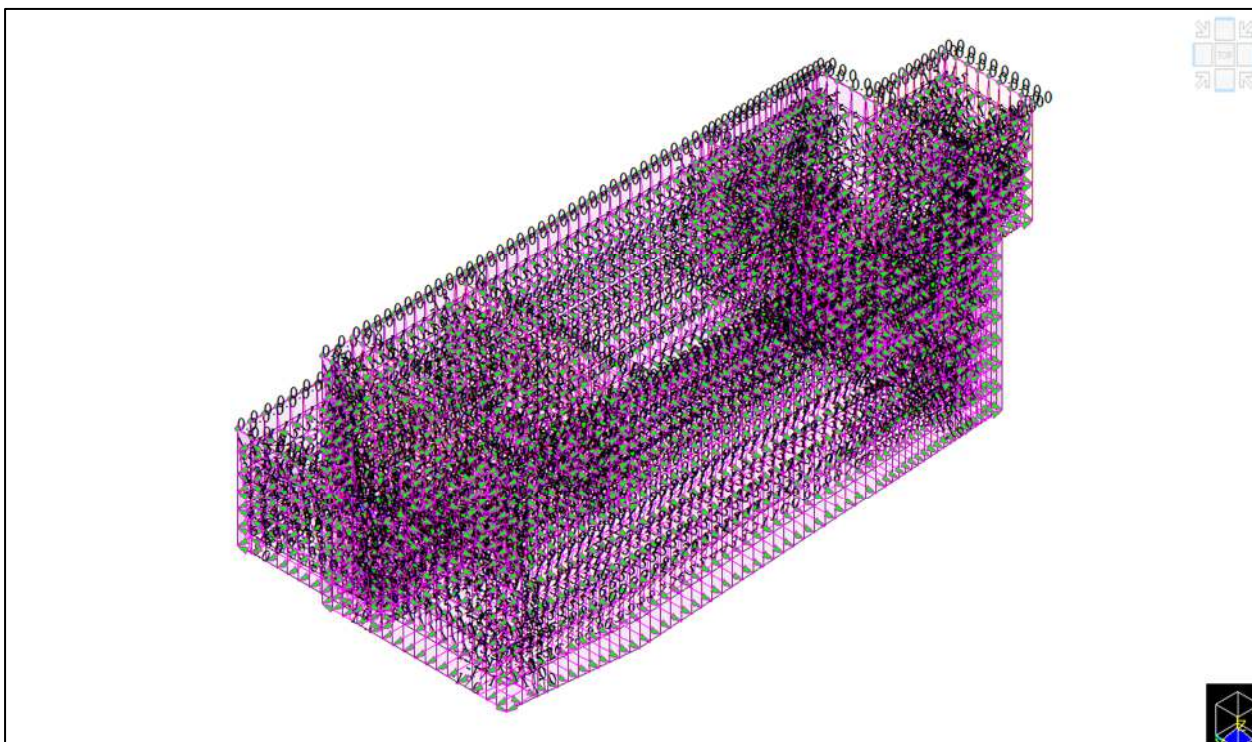
El desarenador estará sometido a las cargas producidas por el peso propio de los elementos (D), la presión ejercida por el suelo sobre las paredes de la estructura (H), la presión ejercida por el fluido almacenado (F) y el incremento en la presión del suelo durante el evento sísmico (E).

Figura 14. Asignación de Cargas al Desarenador.

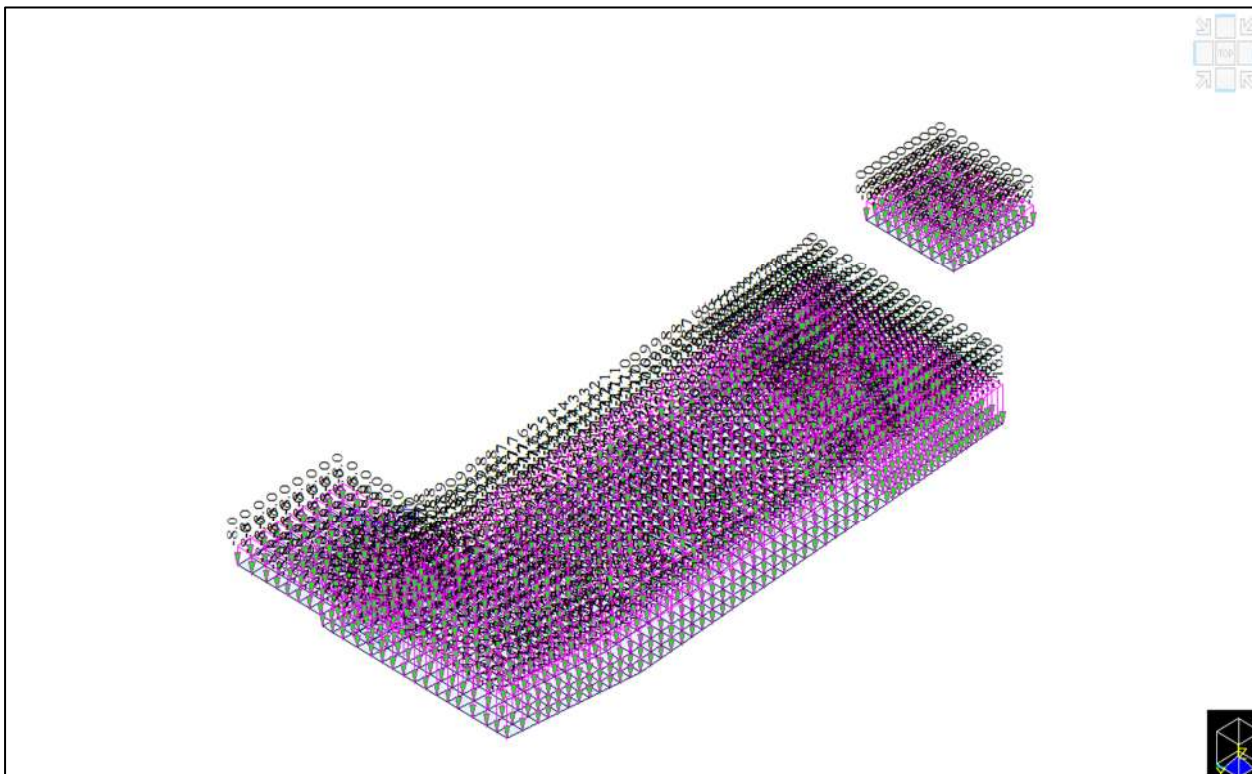
Presión Horizontal del Suelo (H) kPa.



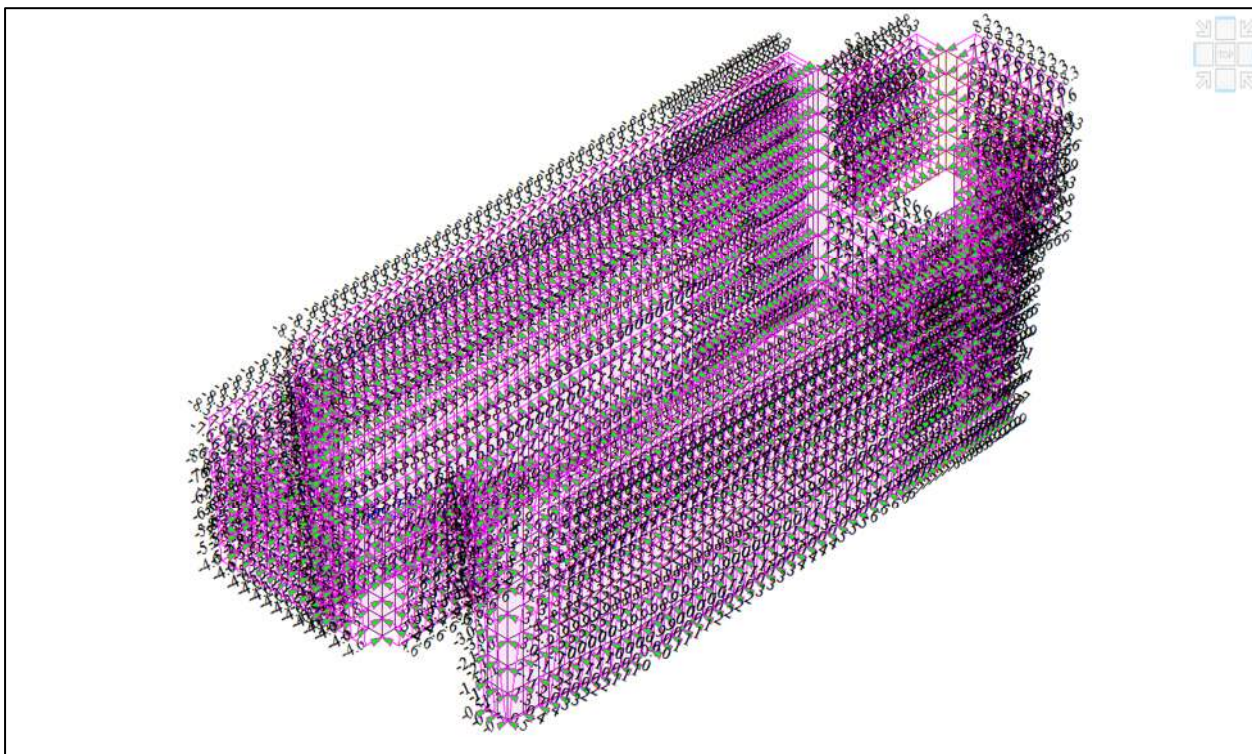
Presión Horizontal Ejercida por el Fluido Contenido (F) kPa.



Presión Vertical Ejercida por el Fluido Contenido (F) kPa.



Incremento de Carga durante el Evento Sísmico (E) kPa.

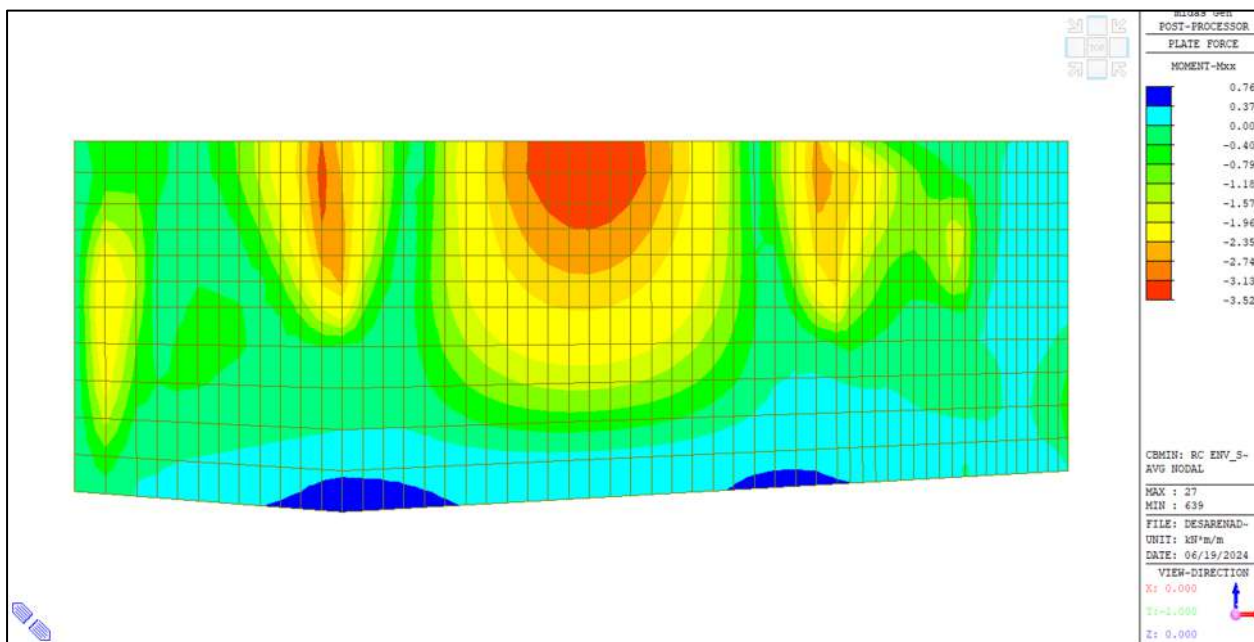


9.2. Análisis de Estructural Desarenador

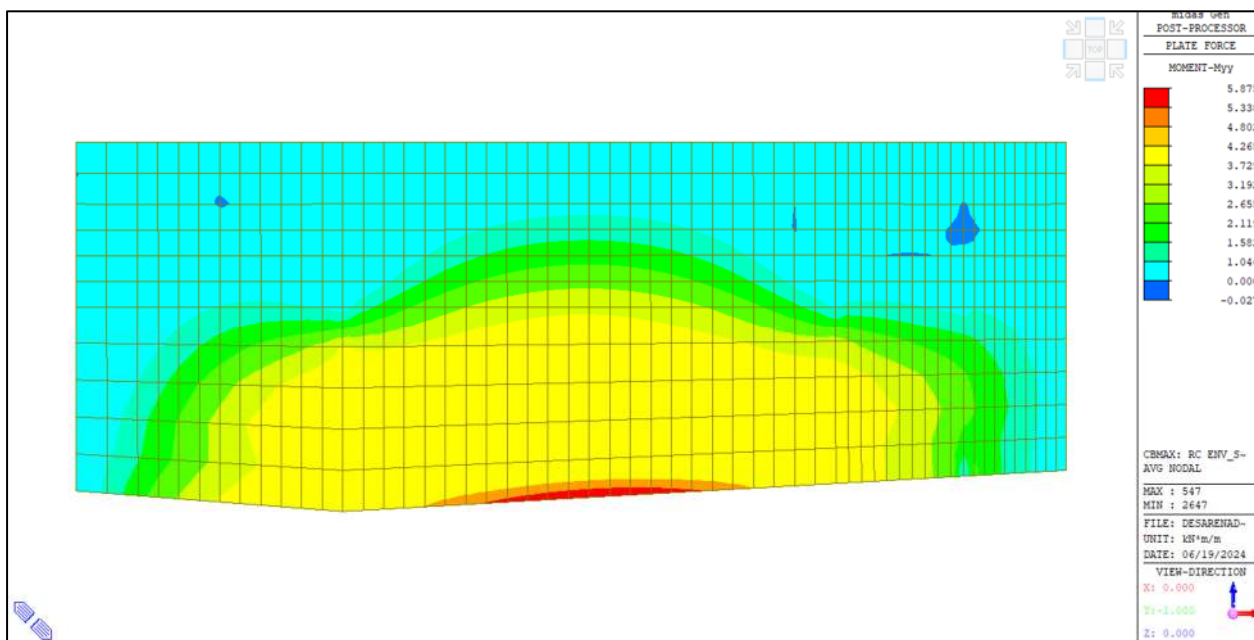
A continuación, en la Figura 15 se presentan las solicitaciones de diseño del desarenador obtenidas a partir del modelo de análisis realizado.

Figura 15. Resultados de Análisis Desarenador.

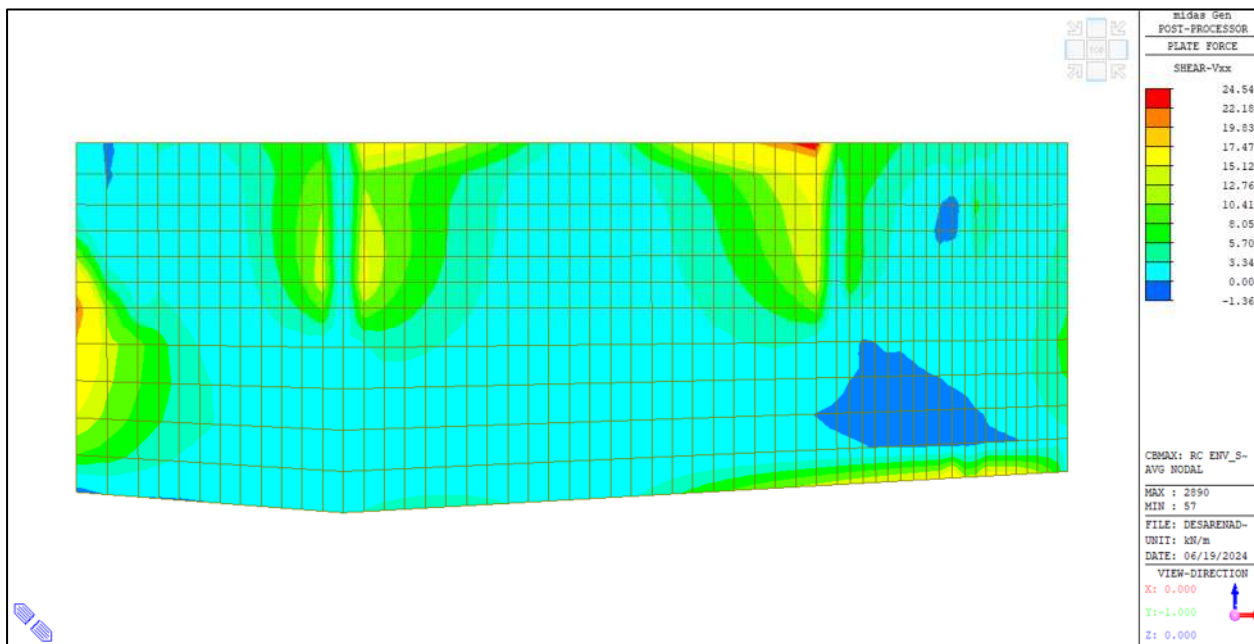
Envolvente de Momentos Mxx Muro 1 – kN-m.



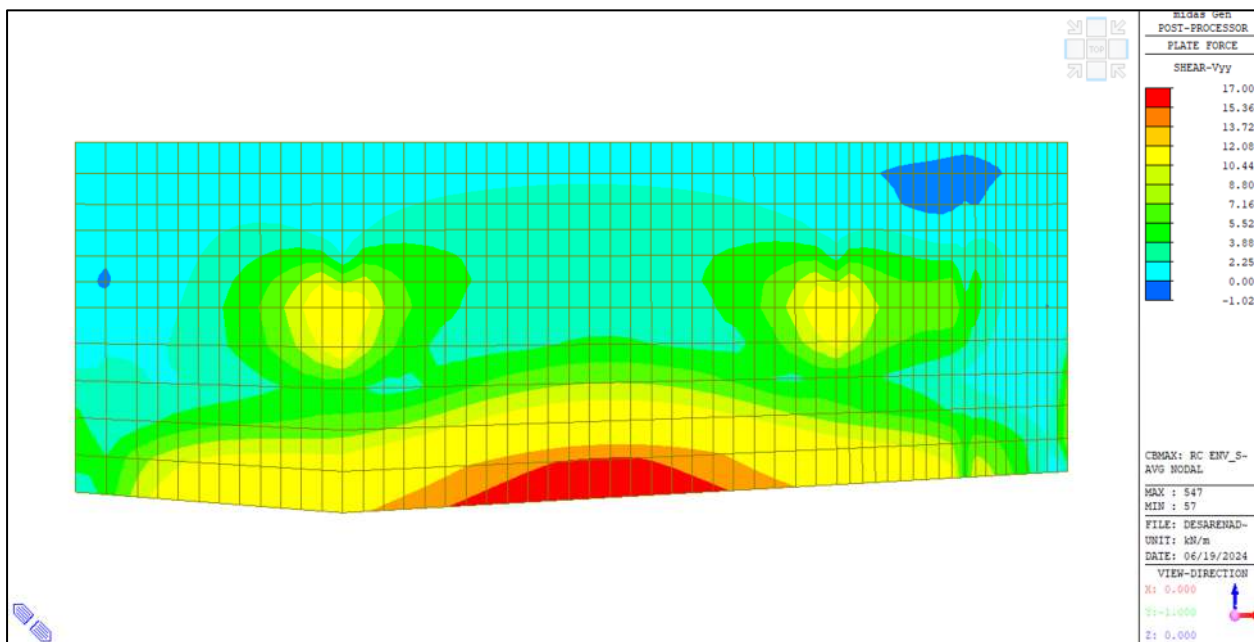
Envolvente de Momentos Myy Muro 1 – kN-m.



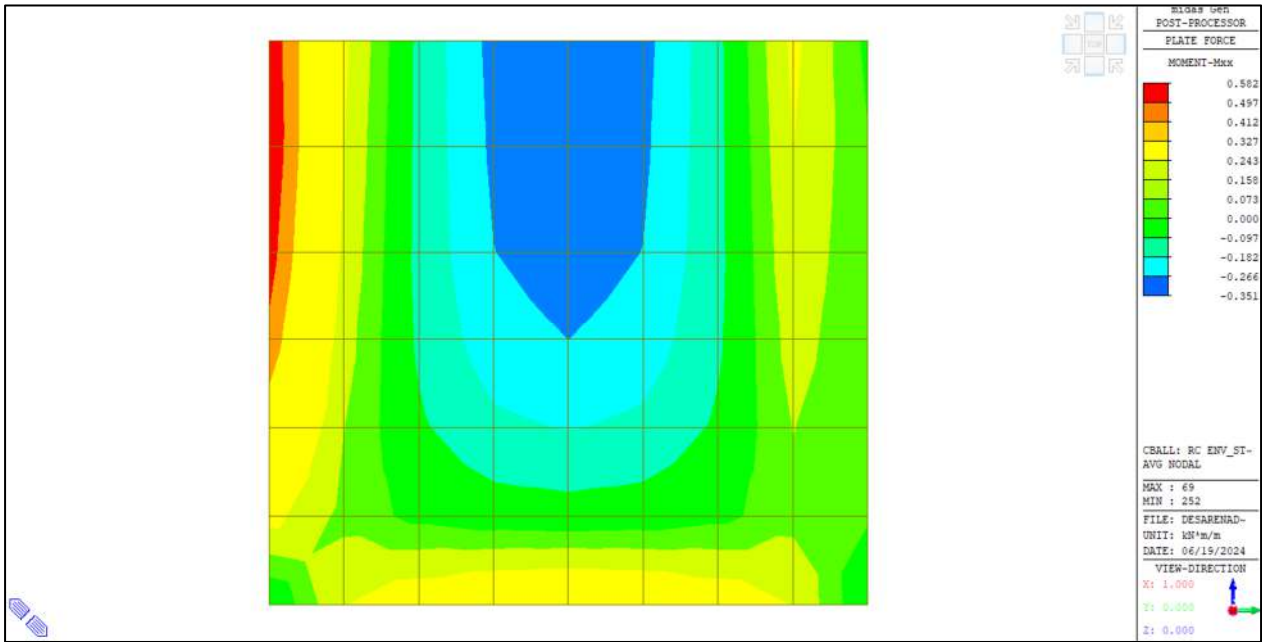
Envolvente de Cortante Vxx Muro 1 – kN.



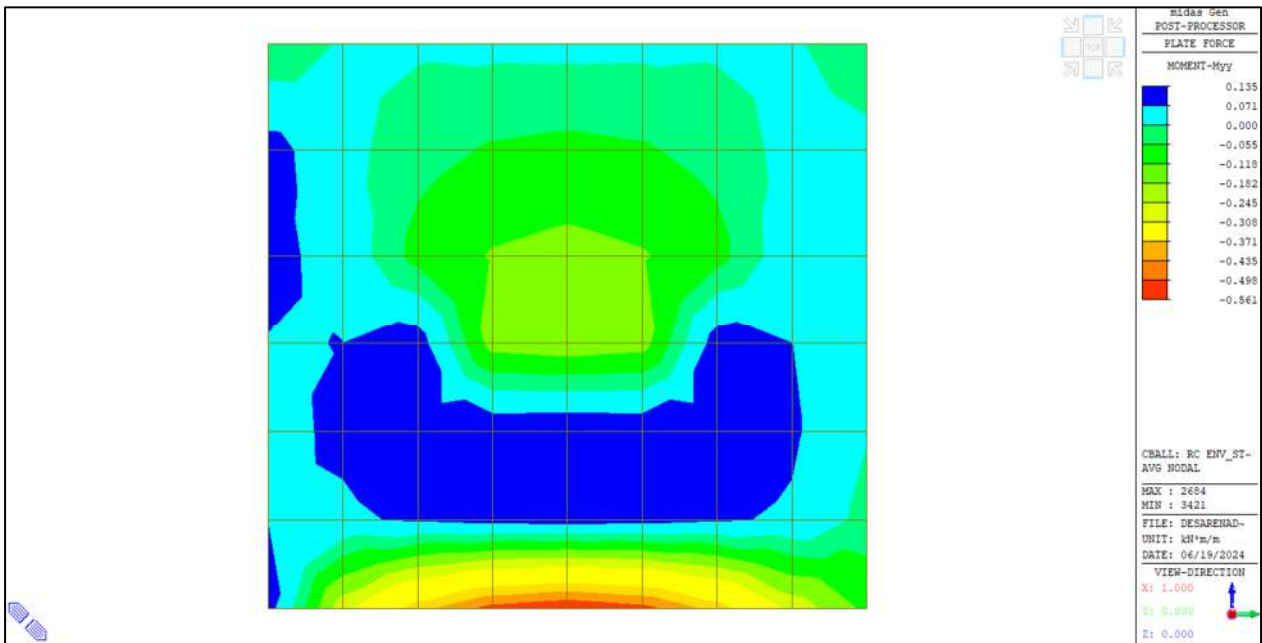
Envolvente de Cortante Vyy Muro 1 – kN.



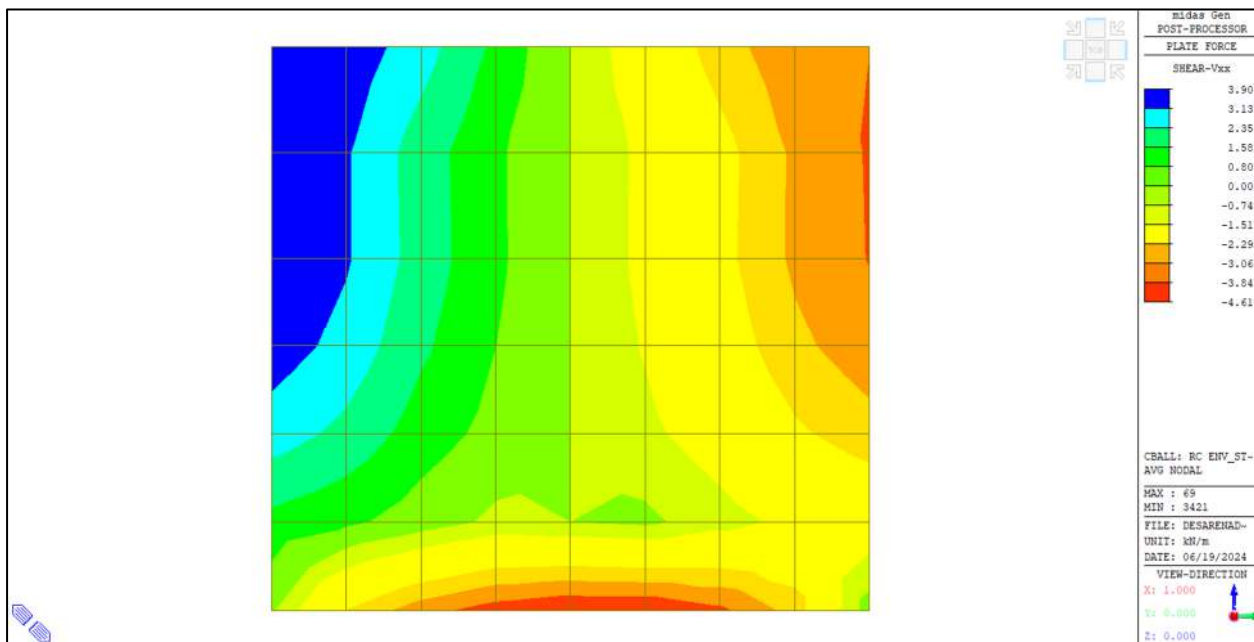
Envolvente de Momentos Mxx Muro 2 – kN-m.



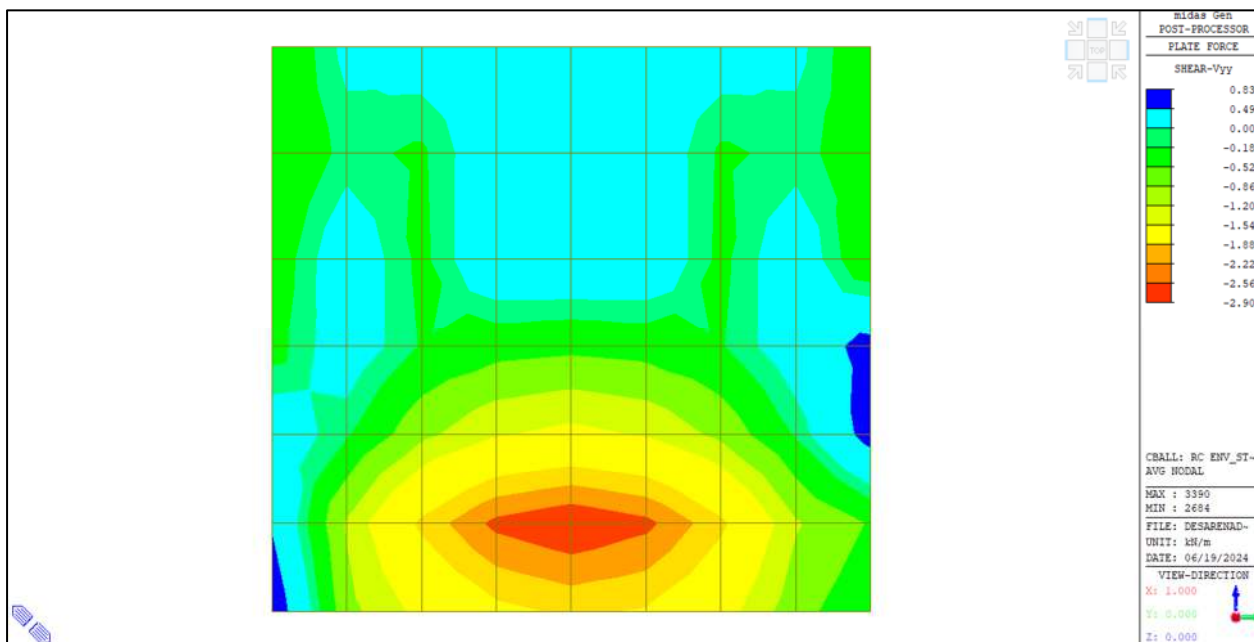
Envolvente de Momentos Myy Muro 2 – kN-m.



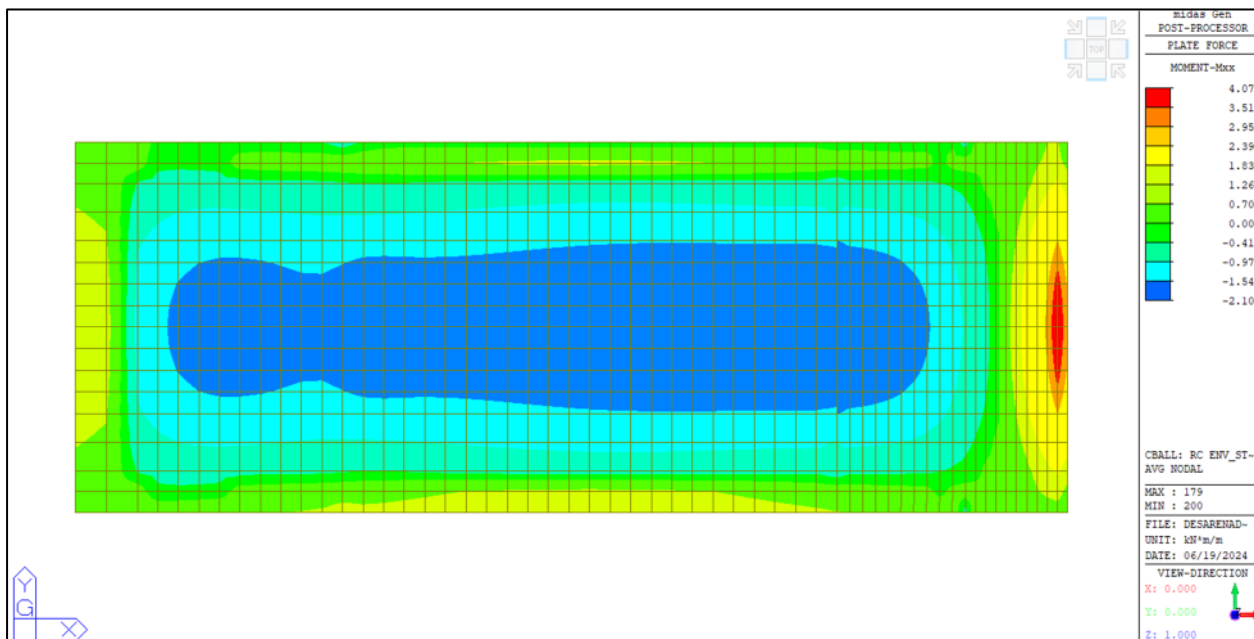
Envolvente de Cortante Vxx Muro 2 – kN.



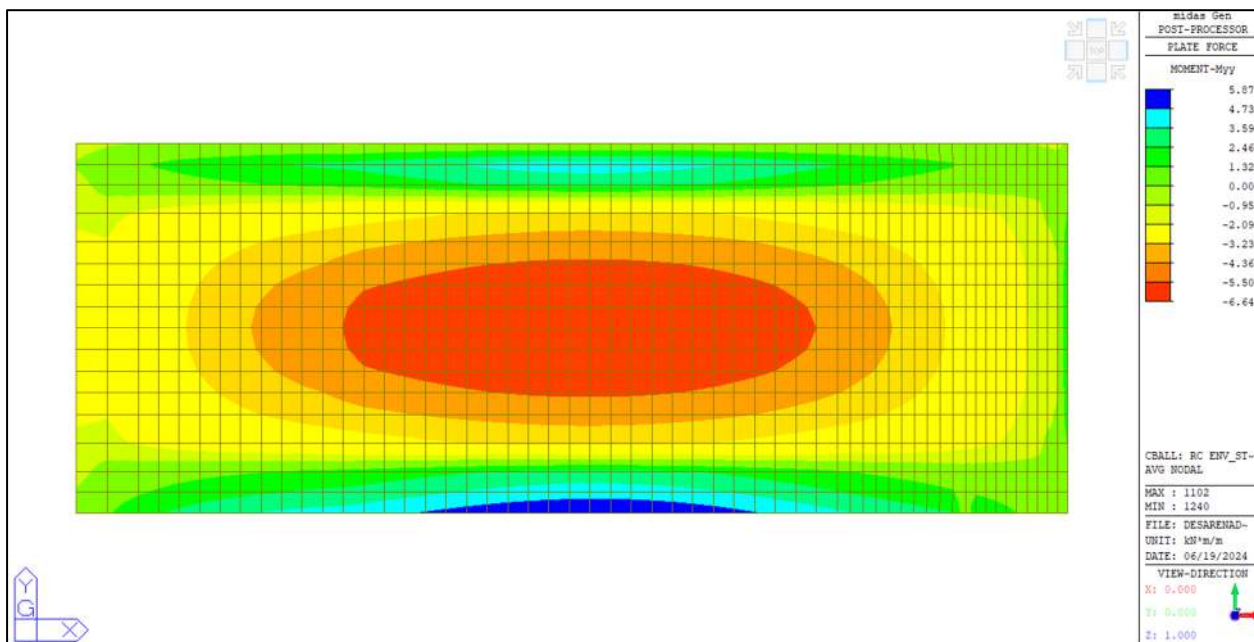
Envolvente de Cortante Vyy Muro 2 – kN.



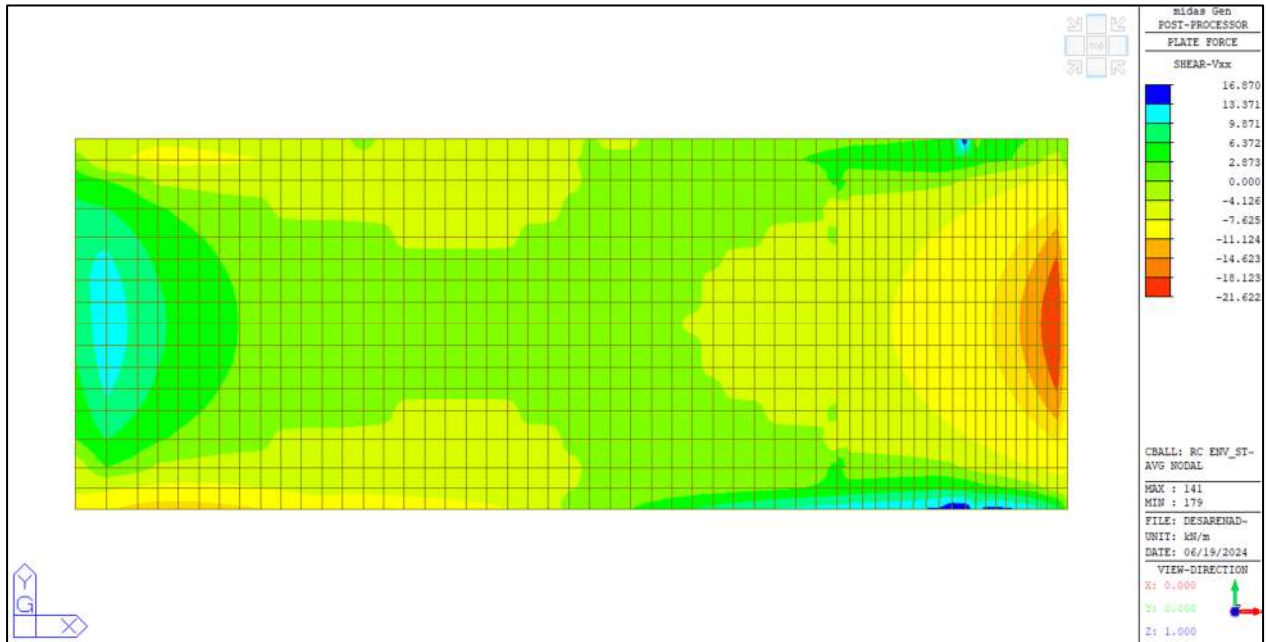
Envolvente de Momentos Mxx Losa – kN-m.



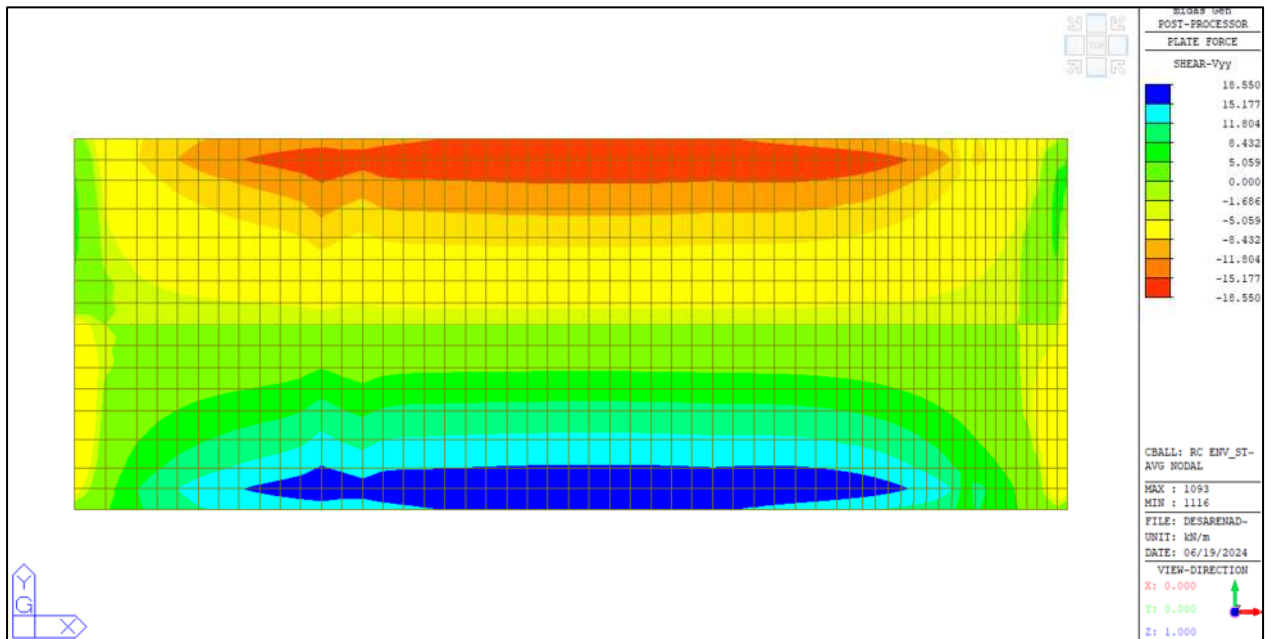
Envolvente de Momentos Myy Losa – kN-m.



Envolvente de Cortante Vxx Losa – kN.



Envolvente de Cortante Vyy Losa – kN.



9.3. Diseño de Elementos Estructurales Desarenador

A continuación, de la Tabla 27 a la Tabla 29 se presenta el diseño de los elementos que conforman el desarenador. El diseño efectuado se ajusta a los requisitos estipulados en el Título C de la NSR-10, haciendo particular énfasis en el Título C.23.

Tabla 27. Diseño Muro 1 Desarenador.

Diseño Muro 1							
Momento alrededor del eje horizontal				Momento alrededor del eje vertical			
Mu [kN-m]	4	cuantía Req.	0.00300	Mu [kN-m]	5	cuantía Req.	0.00300
b [m]	1	As req [mm2]	450	b [m]	1	As req [mm2]	450
h [m]	0.30	# Barras N°4	4	h [m]	0.30	# Barras N°4	4
d' [m]	0.08	As Ins. [mm2]	516	d' [m]	0.08	As Ins. [mm2]	516
d [m]	0.22	cuantía inst.	0.00172	d [m]	0.22	cuantía inst.	0.00344
Φ	0.9	s [mm]	250	Φ	0.9	s [mm]	250
fc [MPa]	28	a [m]	0.0091	fc [MPa]	28	a [m]	0.0091
fy [MPa]	420	c [m]	0.0107	fy [MPa]	420	c [m]	0.0107
Mcr [kN-m]	50	es	0.0582	Mcr [kN-m]	50	es	0.0582
Ru [kPa]	108.188	ΦMr [kN-m]	42	Ru [kPa]	154.554	ΦMr [kN-m]	42
cuantía max.	0.02833			cuantía max.	0.02833		
Distribución del refuerzo (NSR-10 C-23-C.10.6)				Distribución del refuerzo (NSR-10 C-23-C.10.6)			
Ms [kN-m]	2	Bs	1.39	Ms [kN-m]	2	Bs	1.39
fs [MPa]	18	fs max [MPa]	149	fs [MPa]	18	fs max [MPa]	149
Resistencia al Corte				Resistencia al Corte			
Vu [kN]	24	Vc [kN]	192	Vu [kN]	17	Vc [kN]	192
φ	0.75	φVc [kN]	144	φ	0.75	φVc [kN]	144

Tabla 28. Diseño Muro 2 Desarenador.

Diseño Muro 2							
Momento alrededor del eje horizontal				Momento alrededor del eje vertical			
Mu [kN-m]	1	cuantía Req.	0.00300	Mu [kN-m]	1	cuantía Req.	0.00300
b [m]	1	As req [mm2]	450	b [m]	1	As req [mm2]	450
h [m]	0.15	# Barras N°4	5	h [m]	0.15	# Barras N°4	5
d' [m]	0.09	As Ins. [mm2]	645	d' [m]	0.08	As Ins. [mm2]	645
d [m]	0.06	cuantía inst.	0.00430	d [m]	0.07	cuantía inst.	0.00430
Φ	0.9	s [mm]	200	Φ	0.9	s [mm]	200
f _c [MPa]	28	a [m]	0.0114	f _c [MPa]	28	a [m]	0.0114
f _y [MPa]	420	c [m]	0.0134	f _y [MPa]	420	c [m]	0.0134
M _{cr} [kN-m]	12	es	0.0095	M _{cr} [kN-m]	12	es	0.0124
Ru [kPa]	283.244	ΦMr [kN-m]	12	Ru [kPa]	188.139	ΦMr [kN-m]	15
cuantía max.	0.02833			cuantía max.	0.02833		
Distribución del refuerzo (NSR-10 C-23-C.10.6)				Distribución del refuerzo (NSR-10 C-23-C.10.6)			
Ms [kN-m]	1	Bs	3.21	Ms [kN-m]	1	Bs	2.47
f _s [MPa]	15	f _s max [MPa]	77	f _s [MPa]	12	f _s max [MPa]	100
Resistencia al Corte				Resistencia al Corte			
Vu [kN]	5	V _c [kN]	49	Vu [kN]	3	V _c [kN]	60
φ	0.75	φV _c [kN]	37	φ	0.75	φV _c [kN]	45

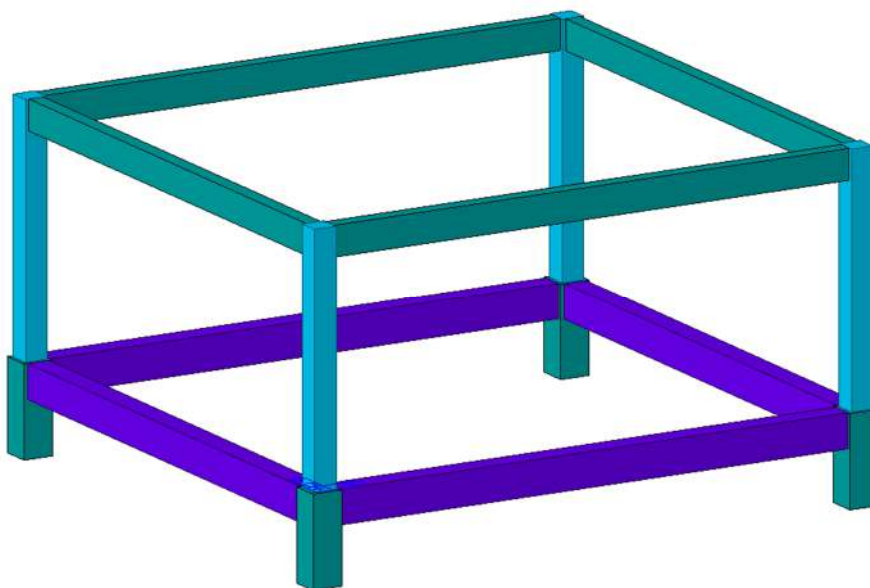
Tabla 29. Diseño Losa Desarenador.

Diseño Losa Inferior							
Momento alrededor del eje Y				Momento alrededor del eje vertical			
Mu [kN-m]	4	cuantía Req.	0.00150	Mu [kN-m]	6	cuantía Req.	0.00150
b [m]	1	As req [mm2]	450	b [m]	1	As req [mm2]	450
h [m]	0.30	# Barras N°4	4	h [m]	0.30	# Barras N°4	4
d' [m]	0.08	As Ins. [mm2]	516	d' [m]	0.09	As Ins. [mm2]	516
d [m]	0.22	cuantía inst.	0.00172	d [m]	0.21	cuantía inst.	0.00172
Φ	0.9	s [mm]	250	Φ	0.9	s [mm]	250
f _c [MPa]	28	a [m]	0.0091	f _c [MPa]	28	a [m]	0.0091
f _y [MPa]	420	c [m]	0.0107	f _y [MPa]	420	c [m]	0.0107
M _{cr} [kN-m]	50	es	0.0582	M _{cr} [kN-m]	50	es	0.0547
Ru [kPa]	123.643	ΦMr [kN-m]	42	Ru [kPa]	209.044	ΦMr [kN-m]	39
cuantía max.	0.02833			cuantía max.	0.02833		
Distribución del refuerzo (NSR-10 C-23-C.10.6)				Distribución del refuerzo (NSR-10 C-23-C.10.6)			
Ms [kN-m]	3	Bs	1.39	Ms [kN-m]	2	Bs	1.48
f _s [MPa]	26	f _s max [MPa]	149	f _s [MPa]	24	f _s max [MPa]	140
Resistencia al Corte				Resistencia al Corte			
Vu [kN]	21	Vc [kN]	192	Vu [kN]	18	Vc [kN]	181
φ	0.75	φVc [kN]	144	φ	0.75	φVc [kN]	136

10. CASETAS DE BOMBEO Y OPERACIÓN

Para el diseño de las casetas de bombeo y operación se ha desarrollado un modelo de análisis tridimensional a través de un software de análisis y diseño basado en elementos finitos. Los elementos correspondientes a vigas y columnas se modelaron como elementos tipo Beam. En la Figura 16 se presenta un isométrico del modelo de análisis generado.

Figura 16. Modelo de Análisis Caseta.



En la Tabla 30 se presentan las secciones de los elementos que componen la estructura.

Tabla 30. Secciones Elementos Caseta.

Elemento	Ubicación	Sección	
		b [m]	h [m]
Columnas	Extremos	0.30	0.30
Pedestales	Extremos	0.40	0.40
Vigas	Cimentación	0.30	0.45
	Entrepiso	0.20	0.40

10.1. Avalúo y Asignación de Cargas Tanque Elevado

Las casetas estarán sometidas a las cargas producidas por el peso propio de los elementos (D), el peso muerto de los elementos de cubierta (D), la carga viva de cubierta (Lr), el peso muerto de los muros de cerramiento (D) el efecto de la aceleración del suelo sobre la estructura durante el evento sísmico (E).

El peso propio de los elementos es calculado directamente por el software de análisis a partir de las dimensiones y la densidad de los materiales. A continuación, en la Figura 17 se presentan las cargas asignadas al modelo de análisis.

Figura 17. Asignación de Cargas a la Caseta.

Cargas Uniformemente Distribuidas Sobre las Vigas de Cubierta (kPa).

Floor Load Type

Floor Load Type Name & Description

Name :

Cubierta

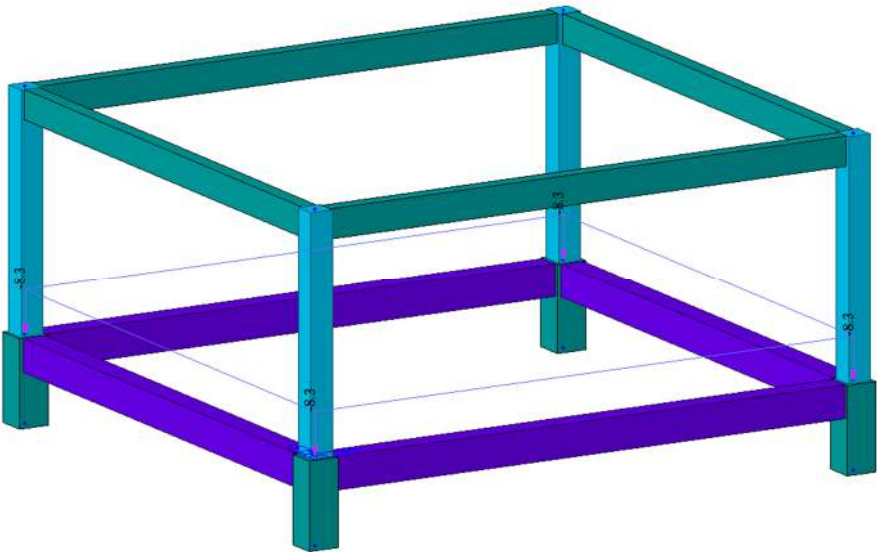
Description :

Floor Load & Load Case

	Load Case		Floor Load			
1.	D	▼	-0.7	...	kN/m ²	<input type="checkbox"/> Sub Beam Weight
2.	D	▼	-0.8	...	kN/m ²	<input type="checkbox"/> Sub Beam Weight
3.	D	▼	-0.03	...	kN/m ²	<input type="checkbox"/> Sub Beam Weight
4.	D	▼	-0.4	...	kN/m ²	<input type="checkbox"/> Sub Beam Weight
5.	Lr	▼	-0.5	...	kN/m ²	<input type="checkbox"/> Sub Beam Weight
6.	NONE	▼	0	...	kN/m ²	<input type="checkbox"/> Sub Beam Weight
7.	NONE	▼	0	...	kN/m ²	<input type="checkbox"/> Sub Beam Weight
8.	NONE	▼	0	...	kN/m ²	<input type="checkbox"/> Sub Beam Weight

Define Load Case...

Peso Muerto Muros de Cerramiento Sobre Vigas de Cimentación (kN/m).



10.2. Análisis Modal Casetas

El procedimiento de análisis sísmico se llevó a cabo mediante un análisis de modos de vibración. Para tal fin se modeló la estructura en el software análisis y diseño estructural y se evaluó la respuesta dinámica de la estructura según las especificaciones brindadas en el capítulo A.5 de la NSR – 10. Los efectos ortogonales se consideran al asignar el 100% del sismo en cada dirección y calcular los desplazamientos producidos por el método de las raíces cuadradas de la suma de los cuadrados (SRSS). La masa sísmica de la estructura se considera a partir del peso propio de los elementos (D).

10.2.1. Ajuste de Cortante Sísmico Casetas

Tal como se parecía en la Tabla 31, no se requiere de ajuste por cortante basar, puesto que el análisis modal efectuado (MEX y MEY) aplica más del 90% del cortante debido al método de la fuerza horizontal equivalente (EX y EY).

Tabla 31. Chequeo Cortante Basal Casetas.

Carga	FX (kN)	FY (kN)	Ratio
EX	31.668	0.00	-
EY	0.00	31.668	-
MEX	31.667	0.000	99.99%
MEY	0.000	31.667	99.99%

10.2.2. Masa Participante y Derivas de Piso Tanque Elevado

A continuación, en la Tabla 32, se presenta la masa participante para los 9 modos de vibración evaluados. Nótese que el primer modo asociado a cada dirección contiene más del 90% de la masa participante.

Tabla 32. Masa Participante Análisis Modal Casetas.

Modo No	Periodo	TRAN-X		TRAN-Y		ROTN-Z	
	T [S]	Masa (%)	Suma (%)	Masa (%)	Suma (%)	Masa (%)	Suma (%)
1	0.24	100.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.24	0.00	100.00	100.00	100.00	0.00	0.00
3	0.23	0.00	100.00	0.00	100.00	99.14	99.14
4	0.22	0.00	100.00	0.00	100.00	0.86	100.00
5	0.02	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00
6	0.02	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00

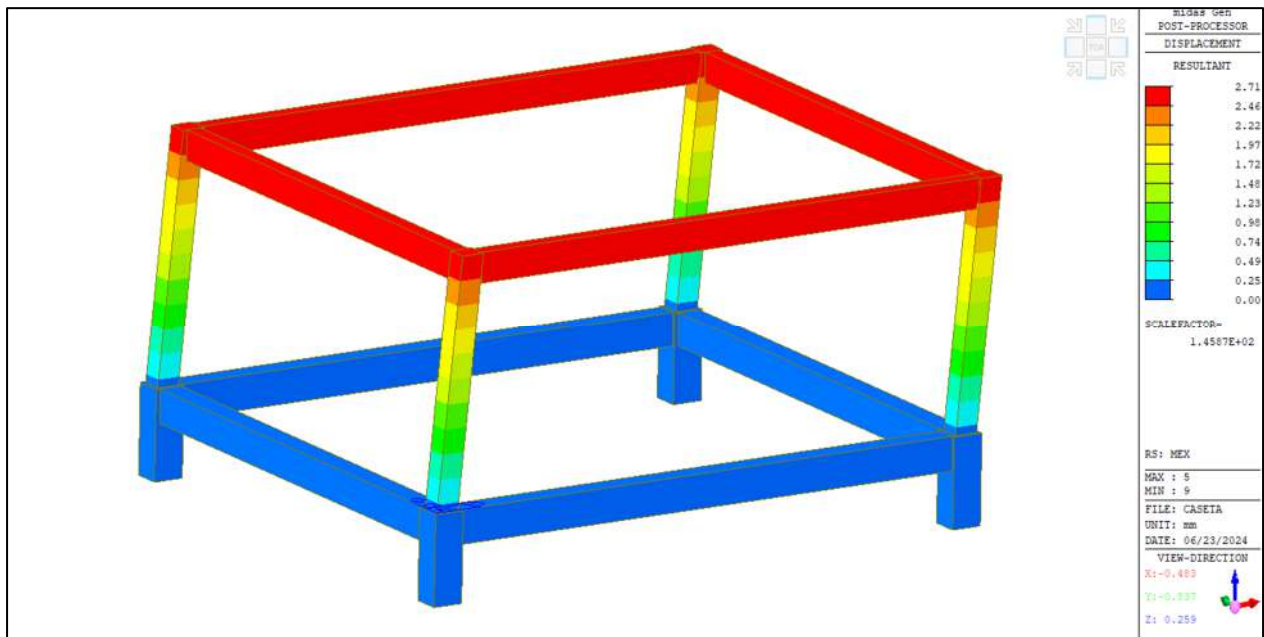
A continuación, en la Tabla 33 se presenta el chequeo de la deriva de piso de la estructural. Cabe aclarar que, si bien para la estructura analizada este no es un requisito indispensable para el diseño, si es un factor relevante al evaluar la rigidez del sistema estructural. Nótese que para ningún caso se obtienen derivas de piso superiores al 1%.

Tabla 33. Chequeo Derivas de Piso Casetas.

Load Case	Story	Story Height (m)	P-Delta Incremental Factor (ad)	Allowable Story Drift Ratio	Maximum Drift of All Vertical Elements					Drift at the Center of Mass				
					Node	Story Drift (m)	Modified Drift (m)	Story Drift Ratio	Remark	Story Drift (m)	Modified Drift (m)	Drift Factor (Maximum/Current)	Story Drift Ratio	Remark
RMC,Not Used, Cd=1, Ie=1, Scale Factor=1, Allowable Ratio=0.01 Press right mouse button and click 'Set Story Drift Parameters...' menu to change RMC or Cd/Ie/Scale Factor/Allowable Ratio/Beta!														
MEX(RS)	1F	3.30	1.00	0.0100	1	0.0025	0.0025	0.0008	OK	0.0025	0.0025	1.0000	0.0008	OK
MEY(RS)	1F	3.30	1.00	0.0100	4	0.0025	0.0025	0.0007	OK	0.0025	0.0025	1.0000	0.0007	OK

En la Figura 18 se muestra la configuración deformada de la estructura bajo las solicitaciones por sismo.

Figura 18. Configuración Deformada Sismo en X Casetas.



10.2.3. Coeficientes de Reducción de Resistencia

Se encuentra que la pérdida de la resistencia a momento de la unión viga-columnas no representa la pérdida de más del 33% de la resistencia ante las fuerzas horizontales de piso, ni causaría irregularidades en planta del tipo 1bP ($\Phi_r = 1$). En la Tabla 34 y la Tabla 35 se presenta la evaluación de la irregularidad en altura y en planta. Una vez establecidos los factores de reducción de resistencia, se calculó el coeficiente de capacidad de disipación de energía de la estructura. Tales valores se presentan en la Tabla 36.

Tabla 34. Chequeo de Irregularidad en Altura Casetas.

Load Case	Story	Level (mm)	Story Height (mm)	Story Weight (kN)	Adjacent Story Weight		Story Weight Ratio	Story Drift Angle Ratio	Remark
					1.25M(Lower) (kN)	0.75M(Lower) (kN)			
MEX(RS)	Roof	3300.00	0.00	168.895	0.000	0.000	0.000	0.000	Regular
MEX(RS)	1F	0.00	3300.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	Regular
MEY(RS)	Roof	3300.00	0.00	168.895	0.000	0.000	0.000	0.000	Regular
MEY(RS)	1F	0.00	3300.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	Regular

Load Case	Story	Level (mm)	Story Height (mm)	Story Drift (mm)	Story Shear Force (kN)	Story Stiffness	Lower Story Stiffness		Story Stiffness Ratio	Story Drift Angle Ratio	Remark
							1.1K (Lower)	0.7K (Lower)			
MEX(RS)	1F	0.00	3300.00	2.5432	31.67	1297.60	0.00	0.00	0.000	0.000	Regular
MEY(RS)	1F	0.00	3300.00	0.0000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	Regular

Tabla 35. Chequeo de Irregularidad en Planta Casetas.

Load Case	Story	Level (mm)	Story Height (mm)	Average Value of Extreme Points		Maximum Value		Remark	Phi_p
				1.4*Story Drift (mm)	1.2*Story Drift (mm)	Node	Story Drift (mm)		
MEX(RS)	1F	0.00	3300.00	3.5604	3.0518	1	2.5432	Regular	1.0
MEY(RS)	1F	0.00	3300.00	3.4480	2.9555	4	2.4629	Regular	1.0

Tabla 36. Coeficientes Reducción de Capacidad de Disipación de Energía Casetas.

Φ_r	1.0
Φ_a	1.0
Φ_p	1.0
R_0	2.5
R	2.5

10.3. Reacciones en Apoyos Casetas.

A continuación, en la Tabla 37 se presentan las reacciones en los apoyos para las combinaciones de carga de servicio.

Tabla 37. Reacciones en Apoyos Combinaciones de Servicio Casetas.

Nodo	Combo	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kN*m)	MY (kN*m)	MZ (kN*m)
1	cLCB38	0.000	0.000	1.285	0.823	-1.098	0.000
2	cLCB38	0.000	0.000	1.285	0.823	1.098	0.000
3	cLCB38	0.000	0.000	1.285	-0.823	1.098	0.000
4	cLCB38	0.000	0.000	1.285	-0.823	-1.098	0.000
9	cLCB38	40.423	36.009	131.495	-7.452	8.260	0.000
10	cLCB38	-40.423	36.009	131.495	-7.452	-8.260	0.000
11	cLCB38	-40.423	-36.009	131.495	7.452	-8.260	0.000
12	cLCB38	40.423	-36.009	131.495	7.452	8.260	0.000
1	cLCB39	0.000	0.000	1.285	0.823	-1.098	0.000

Nodo	Combo	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kN*m)	MY (kN*m)	MZ (kN*m)
2	cLCB39	0.000	0.000	1.285	0.823	1.098	0.000
3	cLCB39	0.000	0.000	1.285	-0.823	1.098	0.000
4	cLCB39	0.000	0.000	1.285	-0.823	-1.098	0.000
9	cLCB39	38.794	34.662	138.112	-7.352	8.166	0.000
10	cLCB39	-38.794	34.662	138.112	-7.352	-8.166	0.000
11	cLCB39	-38.794	-34.662	138.112	7.352	-8.166	0.000
12	cLCB39	38.794	-34.662	138.112	7.352	8.166	0.000
1	cLCB40	0.000	0.000	1.328	0.823	-1.139	0.000
2	cLCB40	0.000	0.000	1.243	0.824	1.057	0.000
3	cLCB40	0.000	0.000	1.286	-0.824	1.098	0.000
4	cLCB40	0.000	0.000	1.285	-0.823	-1.098	0.000
9	cLCB40	39.119	36.010	130.529	-7.453	5.890	0.000
10	cLCB40	-41.728	36.008	132.461	-7.452	-10.630	0.000
11	cLCB40	-41.728	-36.008	132.461	7.452	-10.630	0.000
12	cLCB40	39.119	-36.010	130.529	7.453	5.890	0.000
1	cLCB41	0.000	0.000	1.324	0.858	-1.098	0.000
2	cLCB41	0.000	0.000	1.285	0.823	1.098	0.000
3	cLCB41	0.000	0.000	1.286	-0.823	1.100	0.000
4	cLCB41	0.000	0.000	1.247	-0.787	-1.100	0.000
9	cLCB41	40.425	34.597	130.361	-4.966	8.260	0.000
10	cLCB41	-40.425	34.597	130.361	-4.966	-8.260	0.000
11	cLCB41	-40.422	-37.421	132.630	9.938	-8.260	0.000
12	cLCB41	40.422	-37.421	132.630	9.938	8.260	0.000
1	cLCB42	0.000	0.000	1.242	0.823	-1.057	0.000
2	cLCB42	0.000	0.000	1.327	0.821	1.139	0.000
3	cLCB42	0.000	0.000	1.284	-0.821	1.098	0.000
4	cLCB42	0.000	0.000	1.285	-0.823	-1.098	0.000
9	cLCB42	41.728	36.008	132.461	-7.452	10.630	0.000
10	cLCB42	-39.119	36.010	130.529	-7.453	-5.890	0.000
11	cLCB42	-39.119	-36.010	130.529	7.453	-5.890	0.000
12	cLCB42	41.728	-36.008	132.461	7.452	10.630	0.000
1	cLCB43	0.000	0.000	1.246	0.787	-1.098	0.000
2	cLCB43	0.000	0.000	1.285	0.823	1.098	0.000

Nodo	Combo	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kN*m)	MY (kN*m)	MZ (kN*m)
3	cLCB43	0.000	0.000	1.284	-0.823	1.096	0.000
4	cLCB43	0.000	0.000	1.323	-0.858	-1.096	0.000
9	cLCB43	40.422	37.421	132.630	-9.938	8.260	0.000
10	cLCB43	-40.422	37.421	132.630	-9.938	-8.260	0.000
11	cLCB43	-40.425	-34.597	130.361	4.966	-8.260	0.000
12	cLCB43	40.425	-34.597	130.361	4.966	8.260	0.000
1	cLCB44	0.000	0.000	1.432	0.883	-1.023	0.000
2	cLCB44	0.000	0.000	1.429	0.891	1.173	0.000
3	cLCB44	0.000	0.000	1.432	-0.754	1.185	0.000
4	cLCB44	0.000	0.000	1.429	-0.763	-1.011	0.000
9	cLCB44	42.660	38.678	135.301	-3.418	12.385	-0.217
10	cLCB44	-38.187	38.270	135.309	-2.812	-4.135	-0.217
11	cLCB44	-37.728	-33.748	135.301	12.092	-3.435	-0.217
12	cLCB44	43.119	-33.340	135.309	11.486	13.085	-0.217
1	cLCB45	0.000	0.000	1.431	0.887	-1.017	0.000
2	cLCB45	0.000	0.000	1.431	0.887	1.179	0.000
3	cLCB45	0.000	0.000	1.431	-0.759	1.179	0.000
4	cLCB45	0.000	0.000	1.431	-0.758	-1.017	0.000
9	cLCB45	42.897	38.467	135.305	-3.105	12.747	0.008
10	cLCB45	-37.950	38.481	135.305	-3.126	-3.773	0.008
11	cLCB45	-37.965	-33.537	135.305	11.779	-3.797	0.008
12	cLCB45	42.882	-33.551	135.305	11.800	12.723	0.008
1	cLCB46	0.000	0.000	1.431	0.887	-1.017	0.000
2	cLCB46	0.000	0.000	1.431	0.887	1.179	0.000
3	cLCB46	0.000	0.000	1.431	-0.758	1.179	0.000
4	cLCB46	0.000	0.000	1.431	-0.759	-1.017	0.000
9	cLCB46	42.882	38.481	135.305	-3.126	12.723	-0.007
10	cLCB46	-37.965	38.467	135.305	-3.105	-3.797	-0.007
11	cLCB46	-37.950	-33.551	135.305	11.800	-3.773	-0.007
12	cLCB46	42.897	-33.537	135.305	11.779	12.747	-0.007
1	cLCB47	0.000	0.000	1.429	0.891	-1.011	0.000
2	cLCB47	0.000	0.000	1.432	0.883	1.185	0.000
3	cLCB47	0.000	0.000	1.429	-0.763	1.173	0.000

Nodo	Combo	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kN*m)	MY (kN*m)	MZ (kN*m)
4	cLCB47	0.000	0.000	1.432	-0.754	-1.023	0.000
9	cLCB47	43.119	38.270	135.309	-2.812	13.085	0.218
10	cLCB47	-37.728	38.678	135.301	-3.418	-3.435	0.218
11	cLCB47	-38.187	-33.340	135.309	11.486	-4.135	0.218
12	cLCB47	42.660	-33.748	135.301	12.092	12.385	0.218
1	cLCB48	0.000	0.000	1.138	0.763	-1.173	0.000
2	cLCB48	0.000	0.000	1.141	0.754	1.023	0.000
3	cLCB48	0.000	0.000	1.138	-0.891	1.011	0.000
4	cLCB48	0.000	0.000	1.141	-0.883	-1.185	0.000
9	cLCB48	38.187	33.340	127.690	-11.486	4.135	0.217
10	cLCB48	-42.660	33.748	127.682	-12.092	-12.385	0.217
11	cLCB48	-43.119	-38.270	127.690	2.812	-13.085	0.217
12	cLCB48	37.728	-38.678	127.682	3.418	3.435	0.217
1	cLCB49	0.000	0.000	1.139	0.758	-1.179	0.000
2	cLCB49	0.000	0.000	1.139	0.759	1.017	0.000
3	cLCB49	0.000	0.000	1.139	-0.887	1.017	0.000
4	cLCB49	0.000	0.000	1.139	-0.887	-1.179	0.000
9	cLCB49	37.950	33.551	127.686	-11.800	3.773	-0.008
10	cLCB49	-42.897	33.537	127.686	-11.779	-12.747	-0.008
11	cLCB49	-42.882	-38.481	127.686	3.126	-12.723	-0.008
12	cLCB49	37.965	-38.467	127.686	3.105	3.797	-0.008
1	cLCB50	0.000	0.000	1.139	0.759	-1.179	0.000
2	cLCB50	0.000	0.000	1.139	0.758	1.017	0.000
3	cLCB50	0.000	0.000	1.139	-0.887	1.017	0.000
4	cLCB50	0.000	0.000	1.139	-0.887	-1.179	0.000
9	cLCB50	37.965	33.537	127.686	-11.779	3.797	0.007
10	cLCB50	-42.882	33.551	127.686	-11.800	-12.723	0.007
11	cLCB50	-42.897	-38.467	127.686	3.105	-12.747	0.007
12	cLCB50	37.950	-38.481	127.686	3.126	3.773	0.007
1	cLCB51	0.000	0.000	1.141	0.754	-1.185	0.000
2	cLCB51	0.000	0.000	1.138	0.763	1.011	0.000
3	cLCB51	0.000	0.000	1.141	-0.883	1.023	0.000
4	cLCB51	0.000	0.000	1.138	-0.891	-1.173	0.000

Nodo	Combo	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kN*m)	MY (kN*m)	MZ (kN*m)
9	cLCB51	37.728	33.748	127.682	-12.092	3.435	-0.218
10	cLCB51	-43.119	33.340	127.690	-11.486	-13.085	-0.218
11	cLCB51	-42.660	-38.678	127.682	3.418	-12.385	-0.218
12	cLCB51	38.187	-38.270	127.690	2.812	4.135	-0.218
1	cLCB52	0.000	0.000	1.317	0.823	-1.129	0.000
2	cLCB52	0.000	0.000	1.253	0.824	1.067	0.000
3	cLCB52	0.000	0.000	1.286	-0.824	1.098	0.000
4	cLCB52	0.000	0.000	1.285	-0.823	-1.098	0.000
9	cLCB52	38.223	34.999	135.733	-7.377	6.412	0.000
10	cLCB52	-40.180	34.998	137.182	-7.377	-9.967	0.000
11	cLCB52	-40.180	-34.998	137.182	7.377	-9.967	0.000
12	cLCB52	38.223	-34.999	135.733	7.377	6.412	0.000
1	cLCB53	0.000	0.000	1.315	0.849	-1.098	0.000
2	cLCB53	0.000	0.000	1.285	0.823	1.098	0.000
3	cLCB53	0.000	0.000	1.286	-0.823	1.099	0.000
4	cLCB53	0.000	0.000	1.256	-0.796	-1.099	0.000
9	cLCB53	39.203	33.940	135.607	-5.513	8.190	0.000
10	cLCB53	-39.203	33.940	135.607	-5.513	-8.190	0.000
11	cLCB53	-39.200	-36.057	137.309	9.242	-8.190	0.000
12	cLCB53	39.200	-36.057	137.309	9.242	8.190	0.000
1	cLCB54	0.000	0.000	1.253	0.823	-1.067	0.000
2	cLCB54	0.000	0.000	1.317	0.822	1.129	0.000
3	cLCB54	0.000	0.000	1.284	-0.822	1.098	0.000
4	cLCB54	0.000	0.000	1.285	-0.823	-1.098	0.000
9	cLCB54	40.180	34.998	137.182	-7.377	9.967	0.000
10	cLCB54	-38.223	34.999	135.733	-7.377	-6.412	0.000
11	cLCB54	-38.223	-34.999	135.733	7.377	-6.412	0.000
12	cLCB54	40.180	-34.998	137.182	7.377	9.967	0.000
1	cLCB55	0.000	0.000	1.255	0.796	-1.098	0.000
2	cLCB55	0.000	0.000	1.285	0.823	1.098	0.000
3	cLCB55	0.000	0.000	1.284	-0.823	1.096	0.000
4	cLCB55	0.000	0.000	1.313	-0.849	-1.096	0.000
9	cLCB55	39.200	36.057	137.309	-9.242	8.190	0.000

Nodo	Combo	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kN*m)	MY (kN*m)	MZ (kN*m)
10	cLCB55	-39.200	36.057	137.309	-9.242	-8.190	0.000
11	cLCB55	-39.203	-33.940	135.607	5.513	-8.190	0.000
12	cLCB55	39.203	-33.940	135.607	5.513	8.190	0.000
1	cLCB56	0.000	0.000	1.395	0.868	-1.042	0.000
2	cLCB56	0.000	0.000	1.393	0.874	1.154	0.000
3	cLCB56	0.000	0.000	1.395	-0.771	1.163	0.000
4	cLCB56	0.000	0.000	1.393	-0.778	-1.033	0.000
9	cLCB56	42.101	38.011	134.349	-4.427	11.354	-0.163
10	cLCB56	-38.746	37.705	134.355	-3.972	-5.167	-0.163
11	cLCB56	-38.402	-34.313	134.349	10.932	-4.641	-0.163
12	cLCB56	42.445	-34.007	134.355	10.478	11.879	-0.163
1	cLCB57	0.000	0.000	1.394	0.871	-1.037	0.000
2	cLCB57	0.000	0.000	1.394	0.871	1.159	0.000
3	cLCB57	0.000	0.000	1.394	-0.775	1.158	0.000
4	cLCB57	0.000	0.000	1.394	-0.774	-1.037	0.000
9	cLCB57	42.279	37.853	134.352	-4.192	11.625	0.006
10	cLCB57	-38.568	37.863	134.352	-4.207	-4.895	0.006
11	cLCB57	-38.580	-34.155	134.352	10.697	-4.913	0.006
12	cLCB57	42.267	-34.166	134.352	10.713	11.607	0.006
1	cLCB58	0.000	0.000	1.394	0.871	-1.037	0.000
2	cLCB58	0.000	0.000	1.394	0.871	1.158	0.000
3	cLCB58	0.000	0.000	1.394	-0.774	1.159	0.000
4	cLCB58	0.000	0.000	1.394	-0.775	-1.037	0.000
9	cLCB58	42.267	37.863	134.352	-4.207	11.607	-0.006
10	cLCB58	-38.580	37.853	134.352	-4.192	-4.913	-0.006
11	cLCB58	-38.568	-34.166	134.352	10.713	-4.895	-0.006
12	cLCB58	42.279	-34.155	134.352	10.697	11.625	-0.006
1	cLCB59	0.000	0.000	1.393	0.874	-1.033	0.000
2	cLCB59	0.000	0.000	1.395	0.868	1.163	0.000
3	cLCB59	0.000	0.000	1.393	-0.778	1.154	0.000
4	cLCB59	0.000	0.000	1.395	-0.771	-1.042	0.000
9	cLCB59	42.445	37.705	134.355	-3.972	11.879	0.163
10	cLCB59	-38.402	38.011	134.349	-4.427	-4.641	0.163

Nodo	Combo	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kN*m)	MY (kN*m)	MZ (kN*m)
11	cLCB59	-38.746	-34.007	134.355	10.478	-5.167	0.163
12	cLCB59	42.101	-34.313	134.349	10.932	11.354	0.163
1	cLCB60	0.000	0.000	1.175	0.778	-1.154	0.000
2	cLCB60	0.000	0.000	1.177	0.771	1.042	0.000
3	cLCB60	0.000	0.000	1.175	-0.874	1.033	0.000
4	cLCB60	0.000	0.000	1.177	-0.868	-1.163	0.000
9	cLCB60	38.746	34.007	128.641	-10.478	5.167	0.163
10	cLCB60	-42.101	34.313	128.635	-10.932	-11.354	0.163
11	cLCB60	-42.445	-37.705	128.641	3.972	-11.879	0.163
12	cLCB60	38.402	-38.011	128.635	4.427	4.641	0.163
1	cLCB61	0.000	0.000	1.176	0.774	-1.159	0.000
2	cLCB61	0.000	0.000	1.176	0.775	1.037	0.000
3	cLCB61	0.000	0.000	1.176	-0.871	1.037	0.000
4	cLCB61	0.000	0.000	1.176	-0.871	-1.158	0.000
9	cLCB61	38.568	34.166	128.638	-10.713	4.895	-0.006
10	cLCB61	-42.279	34.155	128.638	-10.697	-11.625	-0.006
11	cLCB61	-42.267	-37.863	128.638	4.207	-11.607	-0.006
12	cLCB61	38.580	-37.853	128.638	4.192	4.913	-0.006
1	cLCB62	0.000	0.000	1.176	0.775	-1.158	0.000
2	cLCB62	0.000	0.000	1.176	0.774	1.037	0.000
3	cLCB62	0.000	0.000	1.176	-0.871	1.037	0.000
4	cLCB62	0.000	0.000	1.176	-0.871	-1.159	0.000
9	cLCB62	38.580	34.155	128.638	-10.697	4.913	0.006
10	cLCB62	-42.267	34.166	128.638	-10.713	-11.607	0.006
11	cLCB62	-42.279	-37.853	128.638	4.192	-11.625	0.006
12	cLCB62	38.568	-37.863	128.638	4.207	4.895	0.006
1	cLCB63	0.000	0.000	1.177	0.771	-1.163	0.000
2	cLCB63	0.000	0.000	1.175	0.778	1.033	0.000
3	cLCB63	0.000	0.000	1.177	-0.868	1.042	0.000
4	cLCB63	0.000	0.000	1.175	-0.874	-1.154	0.000
9	cLCB63	38.402	34.313	128.635	-10.932	4.641	-0.163
10	cLCB63	-42.445	34.007	128.641	-10.478	-11.879	-0.163
11	cLCB63	-42.101	-38.011	128.635	4.427	-11.354	-0.163

Nodo	Combo	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kN*m)	MY (kN*m)	MZ (kN*m)
12	cLCB63	38.746	-37.705	128.641	3.972	5.167	-0.163
1	cLCB64	0.000	0.000	0.814	0.494	-0.700	0.000
2	cLCB64	0.000	0.000	0.729	0.495	0.618	0.000
3	cLCB64	0.000	0.000	0.772	-0.495	0.659	0.000
4	cLCB64	0.000	0.000	0.771	-0.494	-0.659	0.000
9	cLCB64	22.950	21.607	77.931	-4.472	2.586	0.000
10	cLCB64	-25.559	21.604	79.863	-4.471	-7.326	0.000
11	cLCB64	-25.559	-21.604	79.863	4.471	-7.326	0.000
12	cLCB64	22.950	-21.607	77.931	4.472	2.586	0.000
1	cLCB65	0.000	0.000	0.810	0.529	-0.659	0.000
2	cLCB65	0.000	0.000	0.771	0.494	0.659	0.000
3	cLCB65	0.000	0.000	0.772	-0.494	0.661	0.000
4	cLCB65	0.000	0.000	0.733	-0.458	-0.661	0.000
9	cLCB65	24.256	20.194	77.762	-1.985	4.956	0.000
10	cLCB65	-24.256	20.194	77.762	-1.985	-4.956	0.000
11	cLCB65	-24.252	-23.017	80.032	6.957	-4.956	0.000
12	cLCB65	24.252	-23.017	80.032	6.957	4.956	0.000
1	cLCB66	0.000	0.000	0.728	0.494	-0.618	0.000
2	cLCB66	0.000	0.000	0.813	0.492	0.700	0.000
3	cLCB66	0.000	0.000	0.770	-0.492	0.659	0.000
4	cLCB66	0.000	0.000	0.771	-0.494	-0.659	0.000
9	cLCB66	25.559	21.604	79.863	-4.471	7.326	0.000
10	cLCB66	-22.950	21.607	77.931	-4.472	-2.586	0.000
11	cLCB66	-22.950	-21.607	77.931	4.472	-2.586	0.000
12	cLCB66	25.559	-21.604	79.863	4.471	7.326	0.000
1	cLCB67	0.000	0.000	0.732	0.458	-0.659	0.000
2	cLCB67	0.000	0.000	0.771	0.494	0.659	0.000
3	cLCB67	0.000	0.000	0.770	-0.494	0.657	0.000
4	cLCB67	0.000	0.000	0.809	-0.529	-0.657	0.000
9	cLCB67	24.252	23.017	80.032	-6.957	4.956	0.000
10	cLCB67	-24.252	23.017	80.032	-6.957	-4.956	0.000
11	cLCB67	-24.256	-20.194	77.762	1.985	-4.956	0.000
12	cLCB67	24.256	-20.194	77.762	1.985	4.956	0.000

Nodo	Combo	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kN*m)	MY (kN*m)	MZ (kN*m)
1	cLCB68	0.000	0.000	0.918	0.554	-0.584	0.000
2	cLCB68	0.000	0.000	0.915	0.562	0.734	0.000
3	cLCB68	0.000	0.000	0.918	-0.425	0.745	0.000
4	cLCB68	0.000	0.000	0.915	-0.433	-0.572	0.000
9	cLCB68	26.491	24.275	82.703	-0.437	9.081	-0.217
10	cLCB68	-22.018	23.867	82.711	0.169	-0.831	-0.217
11	cLCB68	-21.559	-19.344	82.703	9.111	-0.131	-0.217
12	cLCB68	26.950	-18.936	82.711	8.505	9.781	-0.217
1	cLCB69	0.000	0.000	0.917	0.558	-0.578	0.000
2	cLCB69	0.000	0.000	0.917	0.558	0.740	0.000
3	cLCB69	0.000	0.000	0.917	-0.429	0.739	0.000
4	cLCB69	0.000	0.000	0.917	-0.429	-0.578	0.000
9	cLCB69	26.728	24.064	82.707	-0.124	9.443	0.008
10	cLCB69	-21.780	24.078	82.706	-0.145	-0.469	0.008
11	cLCB69	-21.796	-19.133	82.707	8.798	-0.493	0.008
12	cLCB69	26.712	-19.147	82.706	8.819	9.419	0.008
1	cLCB70	0.000	0.000	0.917	0.558	-0.578	0.000
2	cLCB70	0.000	0.000	0.917	0.558	0.739	0.000
3	cLCB70	0.000	0.000	0.917	-0.429	0.740	0.000
4	cLCB70	0.000	0.000	0.917	-0.429	-0.578	0.000
9	cLCB70	26.712	24.078	82.706	-0.145	9.419	-0.007
10	cLCB70	-21.796	24.064	82.707	-0.124	-0.493	-0.007
11	cLCB70	-21.780	-19.147	82.706	8.819	-0.469	-0.007
12	cLCB70	26.728	-19.133	82.707	8.798	9.443	-0.007
1	cLCB71	0.000	0.000	0.915	0.562	-0.572	0.000
2	cLCB71	0.000	0.000	0.918	0.554	0.745	0.000
3	cLCB71	0.000	0.000	0.915	-0.433	0.734	0.000
4	cLCB71	0.000	0.000	0.918	-0.425	-0.584	0.000
9	cLCB71	26.950	23.867	82.711	0.169	9.781	0.218
10	cLCB71	-21.559	24.275	82.703	-0.437	-0.131	0.218
11	cLCB71	-22.018	-18.936	82.711	8.505	-0.831	0.218
12	cLCB71	26.491	-19.344	82.703	9.111	9.081	0.218
1	cLCB72	0.000	0.000	0.624	0.433	-0.734	0.000

Nodo	Combo	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kN*m)	MY (kN*m)	MZ (kN*m)
2	cLCB72	0.000	0.000	0.627	0.425	0.584	0.000
3	cLCB72	0.000	0.000	0.624	-0.562	0.572	0.000
4	cLCB72	0.000	0.000	0.627	-0.554	-0.745	0.000
9	cLCB72	22.018	18.936	75.092	-8.505	0.831	0.217
10	cLCB72	-26.491	19.344	75.084	-9.111	-9.081	0.217
11	cLCB72	-26.950	-23.867	75.092	-0.169	-9.781	0.217
12	cLCB72	21.559	-24.275	75.084	0.437	0.131	0.217
1	cLCB73	0.000	0.000	0.625	0.429	-0.740	0.000
2	cLCB73	0.000	0.000	0.625	0.429	0.578	0.000
3	cLCB73	0.000	0.000	0.625	-0.558	0.578	0.000
4	cLCB73	0.000	0.000	0.625	-0.558	-0.739	0.000
9	cLCB73	21.780	19.147	75.088	-8.819	0.469	-0.008
10	cLCB73	-26.728	19.133	75.088	-8.798	-9.443	-0.008
11	cLCB73	-26.712	-24.078	75.088	0.145	-9.419	-0.008
12	cLCB73	21.796	-24.064	75.088	0.124	0.493	-0.008
1	cLCB74	0.000	0.000	0.625	0.429	-0.739	0.000
2	cLCB74	0.000	0.000	0.625	0.429	0.578	0.000
3	cLCB74	0.000	0.000	0.625	-0.558	0.578	0.000
4	cLCB74	0.000	0.000	0.625	-0.558	-0.740	0.000
9	cLCB74	21.796	19.133	75.088	-8.798	0.493	0.007
10	cLCB74	-26.712	19.147	75.088	-8.819	-9.419	0.007
11	cLCB74	-26.728	-24.064	75.088	0.124	-9.443	0.007
12	cLCB74	21.780	-24.078	75.088	0.145	0.469	0.007
1	cLCB75	0.000	0.000	0.627	0.425	-0.745	0.000
2	cLCB75	0.000	0.000	0.624	0.433	0.572	0.000
3	cLCB75	0.000	0.000	0.627	-0.554	0.584	0.000
4	cLCB75	0.000	0.000	0.624	-0.562	-0.734	0.000
9	cLCB75	21.559	19.344	75.084	-9.111	0.131	-0.218
10	cLCB75	-26.950	18.936	75.092	-8.505	-9.781	-0.218
11	cLCB75	-26.491	-24.275	75.084	0.437	-9.081	-0.218
12	cLCB75	22.018	-23.867	75.092	-0.169	0.831	-0.218

El diseño estructural de los elementos que componen las casetas es presentado en el Anexo 2 al final de este documento.

11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El proyecto se desarrolla en el municipio de San José del Guaviare, departamento de Guaviare; el cual, se encuentra en una zona de amenaza sísmica alta. Las estructuras yacen sobre un perfil de suelo Tipo D. Se ha optado por un sistema estructural compuesto por muros de concreto para el tanque semienterrado, la cámara de entrada/salida y el desarenador y un sistema estructural compuesto por un pórtico en concreto resistente a momentos con capacidad disipación de energía DMI para el tanque elevado y las casetas de operación y bombeo.
- Todas las estructuras deberán construirse de acuerdo con las especificaciones técnicas fijadas en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NRS - 10.
- Todas las estructuras contempladas en este estudio serán fabricadas en concreto reforzado Clase P1 según lo dispuesto en la Tabla C.4.3.1 de la NSR – 10, su resistencia a la compresión a los 28 días deberá ser de 28 MPa, el contenido mínimo de material cementante deberá ser de 330 kg/m³, el tamaño máximo de agregado será de 25 mm y la relación agua/cemento no podrá superar 0.45.
- Deberá emplearse acero de refuerzo con esfuerzo de fluencia $f_y=420$ MPa.
- El material de lleno deberá satisfacer todos los requisitos fijados en el Artículo 610 de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del INVIAS. Este no podrá tener un peso unitario que exceda los 20 kN/m³ y, su ángulo de fricción deberá ser de al menos 30°.
- Las caras de los elementos en contacto directo con el suelo deberán contar un recubrimiento de 75mm. Las caras de los elementos al aire libre o en contacto con agua, deberán contar con un recubrimiento de 50mm. Las vigas y columnas del pórtico del tanque elevado contarán con un recubrimiento de 40mm.
- El concreto debe colocarse en capas horizontales de 30 cm a 60 cm.
- No debe permitirse al concreto caer libremente más allá de 0.9 m de altura.
- El vibrador debe introducirse dentro de la capa inferior para que se ligen las dos capas de mezcla y formen una sola unidad. La vibración debe continuar hasta que salgan burbujas de aire o surja una película de agua en la superficie. Se permite y recomienda el vibrado de la mezcla hasta antes de iniciar el fraguado inicial del concreto.
- Deberá asegurarse el correcto curado del concreto, de acuerdo con las especificaciones del capítulo C.5.11 de la NSR-10.

- Todo el refuerzo deberá ser amarrado. Se prohíbe el uso de soldadura.
- Se debe retirar en su totalidad todo espesor de capas vegetales y/o turbas antes de disponer la losa inferior o zarpa de fundación.
- No se construirán cimientos sobre tuberías preexistentes; para lo cual, se recomienda retirarlas y relocalizarlas.
- Sobre el suelo de base se echará una capa de concreto de $f'c=14\text{MPa}$ de 15 cm de espesor, como solado de limpieza.
- Las juntas entre elementos serán machihembradas y; en el caso de las obras hidráulicas, se instalará sello en cinta PVC.
- Donde se requiera mejoramiento del estrato de fundación este deberá realizarse en concreto ciclópeo y no podrá superar los 40 cm de espesor.
- El estrato de fundación deberá ser validado por el especialista en geotecnia o el protocolo de aprobación definido por el mismo.
- La estabilidad de todas las estructuras deberá ser validada por un especialista en Geotecnia.

12. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. (2012). Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10. Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. Bogotá D.C.
- [2] Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. (2013). AIS 180-13 Recomendaciones para Requisitos Sísmicos de Estructuras Diferentes de Edificaciones. Bogotá D.C.

ANEXOS

Anexo 1. Planos Estructurales Acueducto Agua Bonita.

Anexo 2. Memorias de Cálculo Columnas, Vigas y Pilas Acueducto Agua Bonita