ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL EN EL BARRIO CENTRO Y EL BARRIO EL TOPO DEL MUNICIPIO DE PAUNA

ESTUDIOS Y DISEÑOS ESTRUCTURALES

Tunja., Diciembre de 2024

INFORME ESTUDIOS Y DISEÑO DE ESTRUCTURAS

CONTROL DE VERSIONES

Versión	Fecha	Descripción de Modificación	Folios
01	2024-Dic-26	Versión original para revisión y comentarios.	78

ESTADO DE REVISIÓN Y APROBACIÓN

Realizado por

Juan Pablo Acevedo INGENIERO CIVIL M.P. 15202174330 BYC
I.C Especialista estructural

TABLA DE CONTENIDO

Pág.

0. Introducción 6
1. Descripción, alcance y localización del proyecto 7
1.1 Descripción del proyecto 7
1.2 Alcance 7
1.3 Documentos de referencia. 7
1.4 Normas de diseño. 8
1.5 Nomenclatura y notación. 8
1.5.1 Nomenclatura de materiales. 8
1.5.2 Nomenclatura de parámetros geotécnicos. 8
1.6 Materiales 9
1.6.1 Concreto. 9
1.6.2 Acero de refuerzo. 9
1.6.3 Mampostería 9
1.7 Parámetros geotécnicos. 9
1.8 Filosofía, criterios y metodología de diseño. 10
1.8.1 Estructuras generales 10
1.9 Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR10 11
1.9.1 Combinaciones de carga. 11
1.9.2 Refuerzo mínimo. 14
1.9.3 Resistencia requerida. 15
2. Cargas de diseño 16
2.1 Peso propio de los elementos (DC) (D) 16
2.2 Carga Agua (F) 16
2.3 Carga Viva (LL) (L) 16
2.4 Empuje Horizontal del Relleno (EH) 16
3. Análisis de carga viva 18
3.1 Cargas de diseño 18
3.1.1 Carga Viva (LL) 18
3.1.2 Evaluación de cargas 19
3.2 Generalidades del diseño de los elementos estructurales 19
3.2.1 Criterios de diseño 20
3.3 Diseño estructural 2.0 x 2.0 20
3.3.1 Avaluó de cargas 23
4. Pozo de inspección tipo 25
4.1 Geometría de los elementos 25
4.1.1 Muros 25
4.1.2 Cimentación 25
4.1.3 Nivel freático 25
4.2 Parámetros iniciales 26
4.2.1 Coeficiente de presión lateral del suelo 26
4.2.2 Propiedades mecánicas 26

4.2.3 Geometría para el análisis 26
4.3 Valor de coeficiente de disipación de energía. 26
4.4 Espectro sísmico 27
4.4.1 Coeficientes sísmicos 27
4.5 Diseño de los elementos estructurales 27
4.5.1 Materiales seleccionados 28
4.5.2 Espesores de elementos 28
4.5.3 Simulación del suelo. 29
4.5.4 Análisis de cargas 29
4.5.5 Aplicación de cargas 32
4.5.6 Resultados 35
4.5.7 Cálculos para coeficiente de durabilidad ambiental 40
4.5.8 Esfuerzos de diseño ultimo 40
4.6 Diseño a flexión y verificación de cortante de los elementos 42
4.6.1 Diseño a flexión 42
4.7 Capacidad de carga 44
5. Conclusiones y recomendaciones 45
5.1 Conclusiones 45
5.2 Recomendaciones 45
6. Referencias 46

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1 Documentos de referencia 8
Tabla 2 Combinaciones de análisis y diseño NSR10 14
Tabla 3 Datos iniciales. 20
Tabla 4 Propiedades mecánicas de los elementos estructurales 21
Tabla 5 Propiedades de interacción rueda/eje 21
Tabla 6 Área para distribución de carga viva / consolidado 22
Tabla 7 Esquema de distribución de carga viva sección longitudinal 22
Tabla 8 Esquema de distribución de carga viva sección planta 23
Tabla 9 Carga real critica 23
Tabla 10 Sobrecargas vivas 23
Tabla 11 Consolidado de carga viva 24
Tabla 12 Consolidado de dimensiones 25
Tabla 13 Concreto 28
Tabla 14 Geometría de los elementos 28
Tabla 15 Peso equivalente 29
Tabla 16 componentes conectivos e impulsivos 29
Tabla 17 Centro de gravedad de los componentes 29
Tabla 18 Propiedades dinámicas 29
Tabla 19 Respuesta sísmicas. 30

Tabla 20 Distribuciones de la fuerza Dinamica. 30
Tabla 21 Presión progresiva sobre el muro del tanque. 32
Tabla 22. Resultados losa superior estado límite de resistencia 39
Tabla 23. Resultados losa inferior estado límite de resistencia 39
Tabla 24. Resultados losa superior estado límite de servicio 40
Tabla 25. Resultados losa inferior estado límite de servicio 40
Tabla 26. Resultados para el cálculo de SD 40
Tabla 27. Resultados últimos losa superior estado límite de resistencia 41
Tabla 28. Resultados últimos losa inferior estado límite de resistencia 41
Tabla 29. Resumen de resultados 42
Tabla 30. Diseño a flexión de losa inferior 42
Tabla 31. Diseño a cortante losa inferior 43
Tabla 32. Chequeo por agrietamiento, esfuerzo de la barra y separación máxima 43
Tabla 33. Diseño a flexión de losa superior 43
Tabla 34. Diseño a cortante losa superior 44
Tabla 35. Chequeo por agrietamiento, esfuerzo de la barra y separación máxima 44
Tabla 36. Chequeo por capacidad del suelo 44

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Resultados de salida del software de modelación

Anexo 2. Planos estructurales

0. Introducción

Dadas las condiciones hidráulicas del proyecto se hace necesario implementar una solución estructural que contemple el diseño de pozos de inspección en mampostería de diferentes diámetros y alturas; las losas de techo como la de piso son elaboradas en concreto reforzado, con muros en mampostería simple-

Cada una de estas obras se describen a continuación y se realizará un diseño estructural para los mismos.

Se diseña cumpliendo condiciones mínimas de la Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo resistente NSR10 para el análisis de cargas y para el cálculo se usa el programa SAP2000, modelando la estructura idealizada, con las dimensiones más críticas.

El presente documento contiene el diseño estructural para el cabezal que se realizara para el municipio de Pauna – Boyacá.

1. Descripción, alcance y localización del proyecto

A continuación, se hace una descripción general del proyecto desde el punto de vista estructural en lo referente la localización del área de influencia

1.1 Descripción del proyecto

El proyecto contempla realizar los estudios y diseños definitivos de todos los componentes legales, institucionales, técnicos, ambientales, financieros, según los requerimientos exigidos por las resoluciones emitidas por el ministerio de vivienda cuidad y territorio MVCT 672 de 2015 y 1063 de 2016, 330 de 2017y 661 de 2019.

Se elaborara el pozo de inspección en mampostería aplicando el análisis de carga proveniente de ACI350 para contención de líquidos según recomendaciones de la NSR10 y se verifica según el método de esfuerzos admisibles.

La geometría de las losas se tiene en cuenta los espesores recomendados dado en la NSR10 C.23-C.14 que serán proyectados de 20cm para ambos casos (como parámetro inicial), se tendrán en cuenta la construcción normal, para garantizar el proceso constructivo de cimbra se realiza el chequeo según lo recomienda NSR10 C.23-C.6.

1.2 Alcance

Este estudio considera realizar los estudios y diseños para construcción las obras estipuladas, teniendo en cuenta la información suministrada por las demás áreas técnicas que hacen parte integral de la consultoría original y siguiendo los parámetros de entrega de proyectos según los términos de presentación de proyectos según la resolución 330 de 2017 del MVCT., y teniendo en cuenta la necesidad requerida por el municipio dadas las visitas de obra.

1.3 Documentos de referencia.

En la siguiente tabla se presentan los documentos que sirvieron de referencia para el análisis

y diseño estructural de las estructuras.

Tabla 1 Documentos de referencia

Ítem	Documento
1	Planos del hidráulico, suministrado por el director de consultoría.
2	Informe geotécnico Elaborado por Global Civil de fecha de diciembre de 2024

Fuente: Autor

1.4 Normas de diseño.

- Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10.
- Code Requirements for Environmental Engineering Concrete Structures and Commentary ACI-350-06
- Norma Colombiana de Diseño de Puentes - CCP 14
- AASHTO LRFD Bridge Design Specifications 8th Ed. 2017

1.5 Nomenclatura y notación.

1.5.1 Nomenclatura de materiales.

La nomenclatura de los materiales, empleada para la elaboración de este documento, se indica a continuación:

- f'c: Resistencia del concreto a compresión [MPa].
- Ec: Módulo de elasticidad del concreto [MPa].
- fy: Esfuerzo de fluencia del acero [MPa].
- Es: Módulo de elasticidad del acero [MPa].

1.5.2 Nomenclatura de parámetros geotécnicos.

La nomenclatura de los parámetros geotécnicos, empleada para la elaboración de este documento, se indica a continuación:

- γ_w: Peso específico del agua [kN / m^3].

- γ_s: Peso específico del suelo [kN / m^3].
- γ_c: Peso específico del concreto [kN / m^3].
- Φ: Ángulo de fricción interna del suelo [°].
- σ_{adm}: Capacidad portante admisible del suelo [kN / m^2].
- μ: Coeficiente de fricción entre el suelo y el concreto.
- Kh: Módulo de resorte horizontal del suelo [kN / m^3].
- Kv: Módulo de resorte vertical del suelo [kN / m^3].

1.6 Materiales

1.6.1 Concreto.

- Concretos tapas f´c= 28 MPa, relación agua material cementante (A/C) ≤ 0.45

  Módulo de elasticidad: E=3900 * Raíz (28 MPa) = 20637 MPa.

- Concreto de limpieza: f'c=14 MPa.

1.6.2 Acero de refuerzo.

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

1.6.3 Mampostería

- Resistencia máxima a compresión f'm = 15 N/m2

  Modulo de elasticidad: E= 1000 MPa.

1.7 Parámetros geotécnicos. [1]

A continuación, se presentan los paramentos geotécnicos que sirvieron de base para el diseño de cimentaciones, el proyecto considero dos estudios geotécnicos en el sitio de construcción

[1] Tomado del documento de referencia 1. Estudio geotécnico.

de la obra, de los cuales se adoptaron los parámetros geotécnicos más relevantes y complementarios para realizar el diseño y se consolida en un solo producto geotécnico.

De acuerdo con el área de construcción del proyecto, al perfil del subsuelo explorado, y al tipo de estructura a construirse, lo más adecuado desde el punto de vista técnico y económico, La cimentación de colectores como cimientos continuos y para los pozos se recomienda adoptar una cimentación superficial mediante losa o placa de cimentación.

Figura 1 Parámetros geotécnico – Capacidad admisible.

Se indican únicamente los valores extraídos del estudio de suelos los cuales fueron adoptados para el diseño estructural.

$$\sigma adm = 10 \frac{t}{m2} \approx 100\ Kpa$$

Fuente: Tomado del documento de referencia 1. Estudio geotécnico.

1.8 Filosofía, criterios y metodología de diseño.

1.8.1 Estructuras generales [2]

Las estructuras fueron diseñadas siguiendo del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR10.

Se considerarán para el análisis la carga muerta D, sobrecarga por carga viva L, empuje lateral de tierras H, empuje vertical del relleno, cargas dinámicas del empuje de agua. Los efectos

[2] Jorge Iván Matiz Chica. Método simplificado para el análisis y diseño de tanques rectangulares en concreto reforzado a partir de la formulación de los elementos finitos. universidad nacional de Colombia. 2011

sísmicos “E” serán considerados según el sitio de construcción.

Los principales requerimientos a tener en cuenta, para el análisis y diseño de estructuras hidráulicas, de acuerdo con lo consignado en la norma Colombiana, NSR-10, especialmente lo relacionado en el Capítulo C.23, “Tanques y estructuras de ingeniería ambiental de concreto”. Recordemos que este capítulo está basado en el estudio de la norma ACI350-06.

Es importante anotar que en el primer párrafo del numeral C.23.0 de la NSR-10 se expone lo siguiente: “Todos los requisitos del Título C de la NSR-10 son aplicables a estructuras de ingeniería ambiental de concreto excepto donde se modifican en el presente Capítulo C.23. Si en C.23 no se hace referencia a un ordinal del Título C, este requisito debe cumplirse y es igualmente aplicable a estructuras ambientales. Cuando un requisito contenido en el Título C no es aplicable a estructuras ambientales esto se indica explícitamente en el C.23.".

Sin embargo se debe entender que el documento del ACI350-06 es un documento completo e independiente del documento para edificios ACI318-08, mientras que en Colombia solo tenemos como guía la NSR-10, la cual está enfocada a edificios, exceptuando por lo indicado en el capítulo C.23. Por lo anterior es muy difícil abarcar todos los criterios y recomendaciones incluidos en un documento y resumirlos para condensarlos en un solo capítulo

Las estructuras fueron diseñadas siguiendo del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR10.

1.9 Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR10

1.9.1 Combinaciones de carga.

Para este caso de análisis, se desarrollan las combinaciones consistentes con los estados límite de resistencia, referidos en el titulo B de la NSR10 de la sección B.2.4.2. Y las dadas en el ACI350-

en la sección 9.2.1

Figura 2 Combinaciones básicas NSR10

$$1.4(D+F) \quad \text{(B.2.4-1)}$$

$$1.2(D+F+T)+1.6(L+H)+0.5(L_r \text{ ó } G \text{ ó } L_e) \quad \text{(B.2.4-2)}$$

$$1.2D+1.6(L_r \text{ ó } G \text{ ó } L_e)+(L \text{ ó } 0.8W) \quad \text{(B.2.4-3)}$$

$$1.2D+1.6W+1.0L+0.5(L_r \text{ ó } G \text{ ó } L_e) \quad \text{(B.2.4-4)}$$

$$1.2D+1.0E+1.0L \quad \text{(B.2.4-5)}$$

$$0.9D+1.6W+1.6H \quad \text{(B.2.4-6)}$$

$$0.9D+1.0E+1.6H \quad \text{(B.2.4-7)}$$

Fuente: Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR10 Titulo B numeral B.2.4.2

Figura 3 Combinaciones básicas ACI350

Combinación	Numeral ACI350-06
U = 1.4 (D + F)	(9-1)
U = 1.2 (D + F + T) + 1.6 (L + H) + 0.5 (Lr or S or R)	(9-2)
U = 1.2D + 1.6 (Lr or S or R) + (1.0L or 0.8W)	(9-3)
U = 1.2D + 1.6W + 1.0L + 0.5 (Lr or S or R)	(9-4)
U = 1.2D + 1.2F + 1.0E + 1.6H + 1.0L + 0.2S	(9-5)
U = 0.9D + 1.2F + 1.6W + 1.6H	(9-6)
U = 0.9D + 1.2F + 1.0E + 1.6H	(9-7)

Fuente: Code Requirements for Environmental Engineering Concrete Structures and CommentaryAmerican concrete numeral 9.2.1 tabla 2-6

Dónde:

- D = Carga Muerta.
- E = Fuerzas sísmicas de diseño (E = Fs/R).
- F = Cargas debidas al peso y presión de fluidos.
- Fa = carga debido a la inundación (subpresión).
- L = Carga de impacto o de objetos móviles.
- H = Cargas debidas al empuje lateral de suelo.

Las combinaciones de carga empleadas fueron: B.2.4-1, B.2.4-2, B.2.4-5, B.2.4-7 de la NSR10, y 9-1 9-2 9-5 Y 9-7 del ACI350, dado que no se consideraron las cargas de viento. ni de granizo, como de empozamiento. De igual manera se establecieron las combinaciones de carga más crítica para cada estado a evaluar.

Se observa su similitud a las combinaciones del ACI350-06 y la NSR10. Las diferencias más representativas son el reemplazo de la carga de nieve por la carga de granizo, la eliminación de la carga de lluvia, la eliminación de la carga por fluido y granizo en la combinación B.2.4.5 y la ausencia en las dos últimas combinaciones de las cargas por fluido; sin embargo no tienen mayor diferencia en este caso de estudio

Dadas las condiciones específicas de esta estructura se tuvo en cuenta para la carga viva L, los efectos de impacto que pueden causar el material de arrastre del rio y se serán incluidos por separado de las cargas de presión de fluidos.

Con esto se tienen los siguientes coeficientes para las combinaciones:

- B.2.4-1 $1.4\ (D + F)$
- B.2.4-2 $1.4\ (D + F) + 1.6\ (L + H)$
- B.2.4-5 $1.2\ (D) + 1.0\ (E) + 1\ (L)$
- B.2.4-7 $0.9\ (D) + 1.0\ (E) + 1.6\ (H)$

- U 9.1 $1.4\ (D + F)$
- U 9.2 $1.2\ (D + F) + 1.6\ (L + H)$
- U 9.5 $1.2\ (D) + 1.0\ (E) + 1\ (L)$
- U 9.7 $0.9\ (D) + 1.0\ (E) + 1.6\ (H)$

Se presenta a continuación la tabla que consigna todas las combinaciones desarrolladas:

Tabla 2 Combinaciones de análisis y diseño NSR10

TABLE: Combination Definitions					
ComboName	**ComboType**	**AutoDesign**	**CaseType**	**CaseName**	**ScaleFactor**
Text	Text	Yes/No	Text	Text	Unitless
E	Envelope	No	Response Spectrum	SISMO X	9.81
E			Response Spectrum	SISMO Y	9.81
1.4 (D)	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1.4
1.4 (D) + 1.6 (L+H)	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1.4
1.4 (D) + 1.6 (L+H)			Linear Static	EH	1.6
1.4 (D) + 1.6 (L+H)			Linear Static	LS	1.6
1.2 D + E + L	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1.2
1.2 D + E + L			Response Combo	E	1
1.2 D + E + L			Linear Static	LS	1
0.9 D + E +1.6 H	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	0.9
0.9 D + E +1.6 H			Response Combo	E	1
0.9 D + E +1.6 H			Linear Static	EH	1.6

Fuente: Autor. Extraído de modelo Sap2000

TABLE: Combination Definitions					
ComboName	**ComboType**	**AutoDesign**	**CaseType**	**CaseName**	**ScaleFactor**
Text	Text	Yes/No	Text	Text	Unitless
HIPOTESIS 1	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1.4
HIPOTESIS 2	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1.2
HIPOTESIS 2			Response Combo	F	1.2
HIPOTESIS 3	Linear Add	No	Response Combo	1.4 (D+F)	1
HIPOTESIS 3			Response Combo	1.2 (D+F) + 1.6 (L+H)	1
HIPOTESIS 3			Response Combo	0.9 D + E +1.6 H	1

1.9.2 Refuerzo mínimo.

El refuerzo mínimo a flexión definido por el reglamento NSR10, se define según los parámetros del título C en el numeral C23.C.7.12.2.1 mencionando que los elementos expuestos a condiciones ambientales o que deban ser impermeables incluyendo losas y muros, el área de refuerzo de

retracción y temperatura debe cumplir, como mínimo, las cuantías de área de refuerzo sobre la sección bruta dadas en la Tabla C.23-C.7.12.2.1.

Figura 4 Criterio para refuerzo mínimo NSR10

TABLA C.23-C.7.12.2.1 — CUANTÍAS MÍNIMAS DE RETRACCIÓN DE FRAGUADO Y VARIACIÓN DE TEMPERATURA

Distancia entre juntas para compensar movimientos†	Cuantías mínimas de refuerzo de retracción de fraguado y variación de temperatura	
	f_y = 240 MPa	f_y = 420 MPa
menos de 6 m	0.0030	0.0030
6 a menos de 9 m	0.0040	0.0030
9 a menos 12 m	0.0050	0.0040
12 m o más	0.0060*	0.0050*

†La distancia es entre juntas de expansión y juntas de contracción de profundidad total. Cuando se trate de juntas de contracción de profundidad parcial las cuantías mínimas se deben determinar multiplicando la distancia real entre juntas de contracción de profundidad parcial por 1.5.

*Corresponde a la cuantía máxima a emplear cuando no se proveen juntas para compensar movimientos.

Fuente: Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR10 Titulo C.

1.9.3 Resistencia requerida.

Las secciones no son controladas por los esfuerzos de compresión, por tal razón deben multiplicarse por el coeficiente de durabilidad ambiental S_d, en relación a la expresión:

Figura 5 Ecuación de coeficiente de durabilidad ambiental

$$S_d = \frac{\phi f_y}{\gamma f_s} \geq 1.0 \qquad \text{(C.23-1)} \qquad \text{donde } \gamma = \frac{\text{carga mayorada}}{\text{carga no mayorada}}$$

Fuente: Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR10 Titulo C numeral C.9.2

Para el caso de estudio el esfuerzo permisible a tracción f_s causado por flexión y cortante severa arrojando las siguientes condiciones:

- fs= 120 [Mpa]. Para los efectos de flexión.
- fs = 140 [Mpa]. Para los efectos de cortante.

2. Cargas de diseño

E l análisis y diseño se realizó para las siguientes cargas teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

2.1 Peso propio de los elementos (DC) (D)

El peso propio de los elementos estructurales se asigna directamente en el modelo de análisis cuando se define la geometría y los materiales que componen cada uno de los elementos estructurales

2.2 Carga Agua (F)

Se evalúa las condiciones particulares la cual está sometida la estructura en los empujes o cargas provenientes a los efectos dinámicos del agua.

2.3 Carga Viva (LL) (L)

Para considerar la carga viva a la cual está sometida la estructura se evaluará únicamente la carga viva que será la de uso,

Para el caso de las losas y las cargas vehiculares se diseñan bajo los lineamientos del CPP14 El diseño de los elementos en concreto se desarrollará a partir de todo lo descrito en la sección 5 del CCP14: junto al diseño por capacidad [5.7.3.2.1], se verificaron los requisitos de refuerzo mínimo [5.7.3.3.2] y los requisitos de durabilidad (control de agrietamiento) [5.7.3.4] para exposición Clase 1.

2.4 Empuje Horizontal del Relleno (EH)

Presión lateral del relleno ejercida por el terreno en los muros laterales; en este caso ese efecto de empuje lateral aumentara conforme la profundidad de la estructura. Para el caso constructivo se evaluarán las condiciones críticas de empuje.

Figura 6 Ecuación de empuje horizontal del relleno

$$EH = k_a \cdot \gamma_s \cdot H$$

Donde,

k_a = Coeficiente de presión lateral de suelo

γ_s = peso unitario total de suelo (kN/m3)

H = Altura del relleno (m)

3. Análisis de carga viva

Según las necesidades requeridas por el proyecto para dar transitabilidad de la vía, se evaluaron las condiciones geotécnicas particulares para cada sitio y se tuvo en cuenta las diferentes alternativas de soluciones estructurales analizadas en conjunto con el equipo geotécnico perteneciente a la presente consultoría, donde se tuvo como resultado realizar pozos de inspección en mampostería.

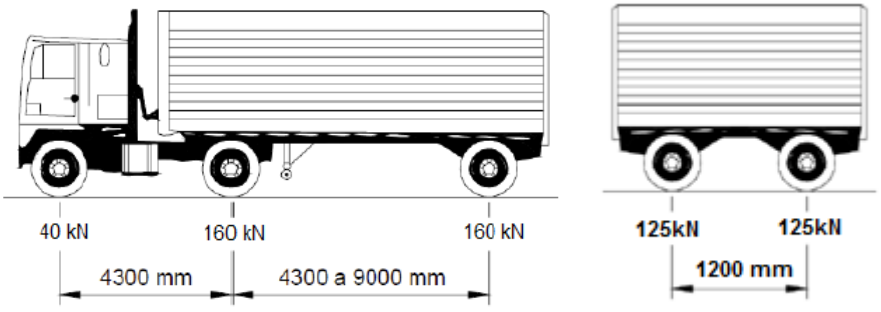
3.1 Cargas de diseño

3.1.1 Carga Viva (LL)

3.1.1.1 Carga Vehicular

La carga viva vehicular de diseño CCP-14 consiste en una combinación de Camión o tándem de diseño con carga de carril de diseño. Esta carga se considerará dada la proyección de vía en el muro a construir.

Figura 7 Camión de diseño



Camión de Diseño Tándem de Diseño

Carga de Carril de Diseño

Fuente: Norma Colombiana de Diseño de Puentes - LRFD – CCP14 Figura 3.6.1.2.2-1

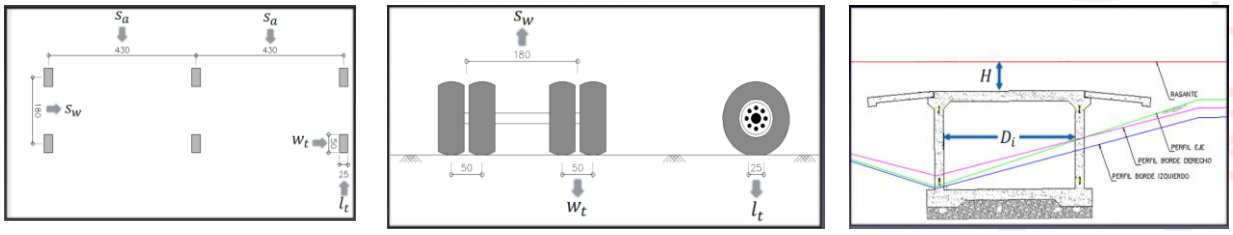
En cada uno de los vehículos analizados se aplica la fuerza centrífuga y de frenado. La fuerza

centrífuga se evalúa con base en una velocidad de 80 kph que es equivalente a 22.2 m/seg , con un factor de carga del eje de 4/3 (1.33) y fuerza de frenado de 25% del peso de los ejes del camión.

3.1.2 Evaluación de cargas

De acuerdo con indicado en los capítulos anteriores se evalúa las cargas de diseño que afectan a la estructura, se realiza la evaluación de cargas correspondiente afectada por el camión de diseño. Esta información es extraída de del procedimiento de análisis simplificado mediante hojas de cálculo.

Figura 8 Esquema de aplicación de cargas



Fuente: Esquemas de aplicación de cargas

Donde,

Altura de Relleno	H
Distancia entre ruedas	sw
Ancho de parche de la Rueda	wt
Distancia entre ejes	sa
Longitud del parche de la Rueda	lt
Altura Interior Libre de la Estructura (h Box)	
Ancho Interior Libre de la estructura (b box) Luz	B
Diámetro Interior o Tramo Libre de la estructura (h box)	Di / H
Longitud Transversal de vía/Obra	Le
Espesor cte. de Box Placa superior	e_sup
Espesor cte. de Box Placa Inferior	e_inf
Espesor cte. de Box Muros Laterales	e_Muro
Altura de Mejoramiento de Placa Base	Hc
Factor de distribución de Carga Viva	LLDF

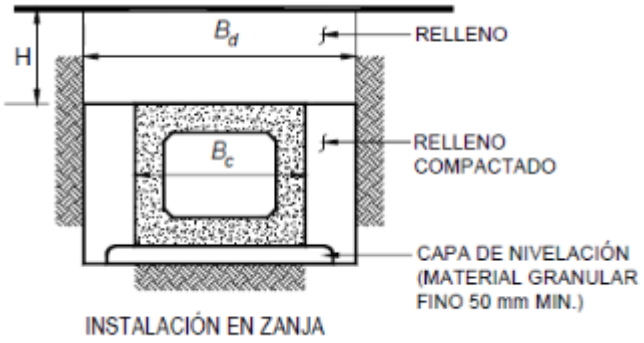
3.2 Generalidades del diseño de los elementos estructurales

Se realizo mediante la aplicación del capítulo 12 del CCP144 denominado: "*12.11* —

ALCANTARILLAS TIPO CAJÓN DE CONCRETO REFORZADO COLADO IN SITU Y PREFABRICADO Y ARCOS DE CONCRETO REFORZADO COLADO IN SITU" del cual se toman la distribución de cargas y sobrecargas conforme al incremento de carga dinámica para estructuras enterradas estipuladas en [3.6.2.2]. Además, se consideraron la modificación de caras de suelo para considerar la interacción suelo estructura.

Se realizo el diseño bajo la premisa de que se realizará la construcción de box en zanja y las cargas vivas del camión de diseño se realizó mediante el análisis de espesor de franja critica.

Figura 9 Esquema de instalación de box en zanja



Fuente: Norma Colombiana de Diseño de Puentes - LRFD - CCP sección 12.11.2.2.1-2

3.2.1 Criterios de diseño

Inicialmente se determina que la estructura presenta un tráfico perpendicular a la estructura mediante la instalación de zanja. El espesor de la losa se determinó de acuerdo con la luz entre apoyos tomando en cuenta el análisis de losa maciza [Tabla 2.5.2.6.3 -1]

El ancho de calzada para la(s) estructura(s) de box es de 4.80 m 1 carril y 20 cm de bordillo.

Aunque el diseño predispone un concreto hidráulico como superficie de rodadura, el diseño se incrementó con un espesor atribuyendo a pavimento en caso de la entidad municipal decida en algún momento un cambio de la superficie de rodadura.

3.3 Diseño estructural 2.0 x 2.0

Recordando, se realizará el diseño de elementos de box para los siguientes elementos:

Tabla 3 Datos iniciales.

Altura de Relleno	*Caso 1*	*Carga viva directa del camion de Diseño*	H	0	[mm]	0.00	[m]
Distancia entre ruedas			sw	1800	[mm]	1.80	[m]
Ancho de parche de la Rueda			wt	500	[mm]	0.50	[m]

Distancia entre ejes	sa	4300	[mm]	4.30	[m]
Longitud del parche de la Rueda	lt	250	[mm]	0.25	[m]
Altura Interior Libre de la Estructura (h Box)					
Ancho Interior Libre de la estructura (b box) Luz	B	1300	[mm]	1.30	[m]
Diámetro Interior o Tramo Libre de la estructura (h box)	Di / H	1300	[mm]	1.30	[m]
Longitud Transversal de vía/Obra	Le	5000	[mm]	5.00	[m]
Espesor cte. de Box Placa superior	e_sup	200	[mm]	0.20	[m]
Espesor cte. de Box Placa Inferior	e_inf	200	[mm]	0.20	[m]
Espesor cte. de Box Muros Laterales	e_Muro	200	[mm]	0.20	[m]
Espesor cte. de Box Muros Internos	e_Mint	200	[mm]	0.20	[m]
Altura de Mejoramiento de Placa Base	Hc	0	[mm]	0.00	[m]
Factor de distribución de Carga Viva	LLDF	1.15		1.15	

Fuente: Autor.

Las cargas adicionales se establecen suponiendo que no existe relleno en la parte superior del box de tal manera que la carga viva llega en su totalidad y que tendrá una capeta asfáltica para tráfico.

Tabla 4 Propiedades mecánicas de los elementos estructurales

Peso Unitario del Pavimento	γPav	22.5	[kN/m3]
Peso Unitario del Relleno	γRelleno	20.0	[kN/m3]
Peso Unitario del Suelo	γSuelo	20.0	[kN/m3]
Resistencia a la Compresión del Concreto	f'c	28.0	[MPa]
Peso Volumétrico del Concreto	γc	24.0	[kN/m3]
Resistencia a la fluencia del acero	Fy	420.0	[MPa]
Coeficiente de Empuje en Reposo	Ko	0.50	
Espesor de capa de Pavimento	e_pav	0.05	[m]
Carga del Pavimento	Dw	1.13	[kN/m2]
Altura de Empuje	H2	2.40	[m]
Empuje del Relleno	E1	0.00	[kN/m2]
Empuje sobre el Box	E2	24.00	[kN/m2]
Factor de Instalaciones de carga	Ft	0.00	
Carga de suelo no mayorada	We	0.0	[kN/m2]

Fuente: Autor.

Para la determinación de la distribución de la carga viva en el sentido transversal a la Estructura se toma como tráfico perpendicular a la estructura.

Tabla 5 Propiedades de interacción rueda/eje

Profundidad del lleno sobre la estructura	Hint-t	3454	[mm]
Ancho del parche de la carga viva en la profundidad H	ww	328	[mm]

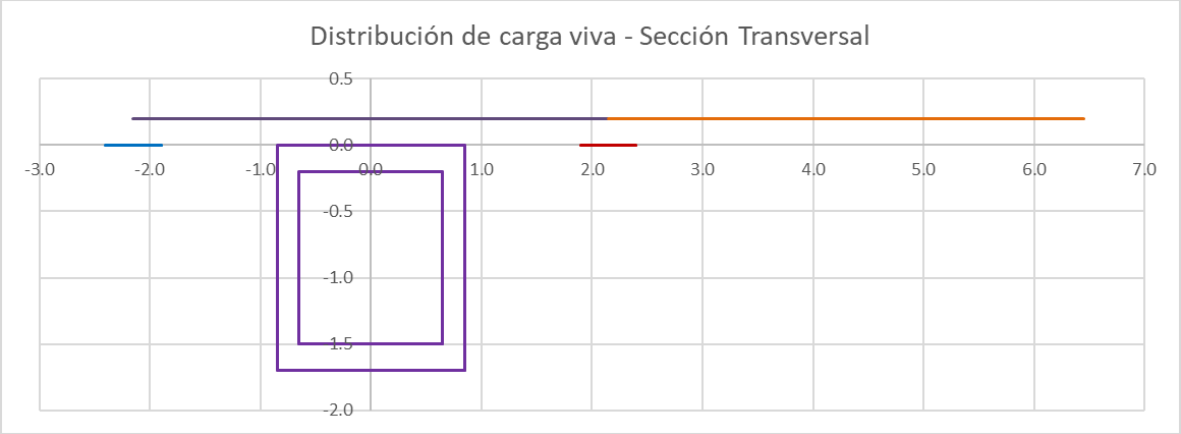
Fuente: Autor.

Tabla 6 Área para distribución de carga viva / consolidado

Área rectangular en la profundidad h	ALL	164000	[mm2]
Profundidad del lleno sobre la estructura	Hint-t	3454	[mm]
Ancho del parche de la carga viva en la profundidad H	ww	328	[mm]
Profundidad de interacción Rueda/Eje Paralela a la estructura	Hint-p	1130	[mm]
Longitud del parche de ña carga viva en la profundidad H	lw	500	[mm]
Número de carriles Cargados	#C	2.00	
Factores de Presencia Múltiple	m	1.00	
DISTRIBUCIÓN DE CARGA VIVA A TRAVÉS DE LLENOS DE TIERRA			
Carga Viva Aplicada en la superficie a todas las Ruedas	P	160000	[N]
Presión Vertical en la corona por carga viva	PL	1.2976	[N/mm2]
Profundidad Mínima de Recubrimiento de Tierra Sobre la Estruc	DE	0	[mm]
Incremento por carda Dinámica	IM	33.00	%

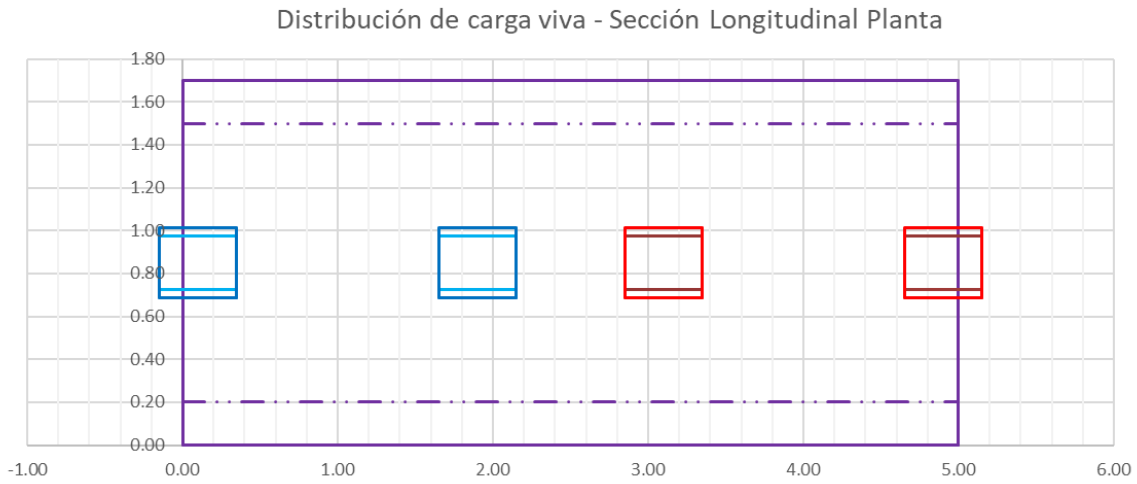
Fuente: Autor.

Tabla 7 Esquema de distribución de carga viva sección longitudinal



Fuente: Autor.

Tabla 8 Esquema de distribución de carga viva sección planta



Fuente: Autor.

Los esquemas anteriores expresan que no hay traslapo entre las cargas vivas y que la carga viva vehicular se tomara como presión real como el eje de camión de diseño afectado por el impacto.

Tabla 9 Carga real critica

Distancia de traslapos de cargas	Lt	0.00	[m]
Presión Real vertical En Zona critica	Pl	1.347	[N/mm2]
Carga real Critica	Pl	2.1E+05	[N]
Longitud del parche de la carga viva en la profundidad H	lw	0.50	[m]

Fuente: Autor.

Por tal motivo se realizará el avaluó de cargas conforme a la carga real critica obtenida

3.3.1 Avaluó de cargas

Tabla 10 Sobrecargas vivas

Se permite emplear el Análisis Simplificado					**SI**			
L1	1.50	<	18	[m]		L1	1500	[mm]
W1	5.0	<	18	[m]	Para dos carriles	W1	5000	[mm]
W1	5.0	<	9	[m]	Para Un Carril	W1	5000	[mm]

Espesor de franja Para dos carriles cargados	E	2492	[mm]
Espesor de franja Para un carril cargado	E	1400	[mm]
Espesor Franja Critica	Ecritica	1400	[mm]
Espesor Para Fatiga	Efatiga	2429	[mm]

Franja Extrema o Borde longitudinal	4.6.2.1.4b	Eborde	1000	[mm]
Distancia a		a	350	[mm]

Fuente: Autor.

Así que, se tiene que las cargas vivas serán aplicadas en el espesor de franja critica en relación con la carga real critica que llega a la losa por metro de longitud. De igual manera las demás cargas se aplicarán por metro lineal de diseño.

Tabla 11 Consolidado de carga viva

Carga distribuida por carga viva - Camión de Diseño	WLL	152.0	[kN/m]

Fuente: Autor.

4. Pozo de inspección tipo

Para todos los casos aplica el principio de los pozos de inspección bajo diseño de mamposteria, se tienen las siguientes condiciones

Tabla 12 Consolidado de dimensiones

Dimensiones	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4
Altura [m]	1.50	2.00	2.50	3.00
Diámetro [m]	1.70	1.70	1.70	2.00

Fuente: Autor.

4.1 Geometría de los elementos

4.1.1 Muros

El espesor de los muros se realizó siguiendo en cuenta las recomendaciones de la NSR10 en el titulo D y el espesor recomendado es de 10 cm

Figura 10 Resistencia mínima a la compresión de mampostería

Tabla 1. Propiedades físicas de las unidades de mampostería estructural

Tipo	Resistencia mínima [1] a la compresión Pa (Kgf/cm²)		Absorción de agua máxima en %			
			Interior *		Exterior	
	Prom. 5 U	Unidad	Prom. 5 U	Unidad	Prom. 5 U	Unidad
PH	5.0 (50)	3.5 (35)	13	16	13.5	14
PV	18.0 (180)	15.0 (150)	13	16	13.5	14
M	20.0 (200)	15.0 (150)	13	16	13.5	14

Fuente: NTC 4205 Numeral 5.1.2

Arrojando un valor recomendado de resistencia de 15 Pa ., para el primer criterio de la norma.

4.1.2 Cimentación

Para la cimentación se realizará “superficial” elaborada en una losa de piso de 0.2 m., de espesor.

4.1.3 Nivel freático

Según el estudio de suelos, existe presencia de nivel freatico a profundidades variables entre 1.20m y en las zonas bajas a 1.30 m. Para el análisis estructural se realizará para con la mas critica que será 1.50 m desde el suelo

4.2 Parámetros iniciales

4.2.1 Coeficiente de presión lateral del suelo

Dado que en el caso de los muros de contención que ejercen las paredes de las cámaras pueden girar o desplazarse conforme al terreno hacia el exterior comprimiendo el terreno, se toma el valor del empuje pasivo para el análisis.

Ko: 0.50

4.2.2 Propiedades mecánicas

Esfuerzo admisible del suelo	σ_{adm}	1000	[kN/m2]
Peso Unitario del Relleno	γRe	20.0	[kN/m3]
Peso Especifico del Concreto	γc	24.0	[kN/m3]
Peso Especifico del Agua	γa	10.0	[kN/m3]
Resistencia del Concreto	f'c	28.0	[MPa]
Resistencia fluencia del acero	Fy	420.0	[MPa]
Esfuerzo para Tracción directa	fs	140.0	[MPa]
Coeficiente Activo de Tierras	Ka	0.33	
Factor de Reduccion de Resistencia	φf	0.9	
Coeficiente de Empuje en Reposo	Ko	0.5	
Modulo de elasticidad del concreto	Ec	24870062	[kN/m2]

4.2.3 Geometría para el análisis

Altura enterrada	H1	-1.50	[m]
Coeficiente de tierras	Ko	0.50	

4.3 Valor de coeficiente de disipación de energía.

Tipo de estructura	Tanques, contenedores de liquidos y gases a presion,apoyados sobre columnas arriostradas, con diagonales, o no		
Uso del tanque	Estanques cuyo contenido es usable para distintos propósitos después de un terremoto, o estanque que son parte de sistemas de salvataje		
Tipo de estructura	Tanques con base restringida o no restringida, sin anclar	¿ Superficial o enterrado?	Enterrado

Dado que el diseño se basa para estructuras enterradas se emplearán las siguientes condiciones:

** Se emplean estos valores dado que no será estructura que contenga liquido en todo momento.

Con base en las condiciones anteriores se obtiene:

Coeficiente de capacidad de disipación de energía	Ro	2.0	I	1.25
Factor de modificación de respuesta [tabla 4.1.1 b]	Ri	2.00	Rc	1.00

4.4 Espectro sísmico

Dado que son estructuras enterradas los efectos sísmicos no son tomados en cuenta.

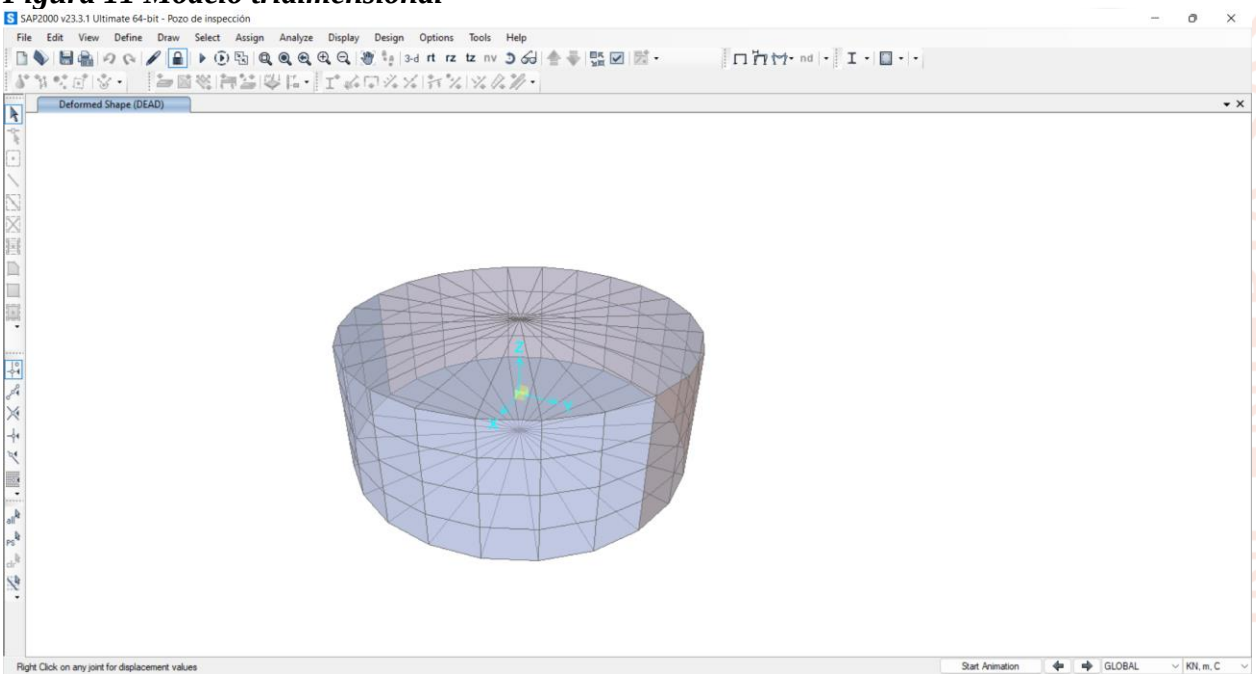
4.4.1 Coeficientes sísmicos

Tipo de perfil del suelo			D		
Zona sísmica			Alta		
Capacidad de disipación de E			DES		
Ss	1.00	S_1	0.50	S_{DS}	0.73
Fa	**1.10**	Fv	1.50	S_{D1}	0.50

4.5 Diseño de los elementos estructurales

Para este diseño se realiza el modelo tridimensional en SAP2000

Figura 11 Modelo tridimensional



Fuente: Autor. Unidades en kN/m^2

4.5.1 Materiales seleccionados

Tabla 13 Concreto

TABLE: Material Properties 03b - Concrete Data							
Material	**Fc**	**eFc**	**LtWtConc**	**SSCurveOpt**	**SSHysType**	**SFc**	**SCap**
Text	KN/m2	KN/m2	Yes/No	Text	Text	Unitless	Unitless
4000Psi	27579.03	27579.03	No	Mander	Takeda	0.002219	0.005

Fuente: Autor basado en NSR10 título A.

El material seleccionado es de concreto de 4000 PSI.

4.5.2 Espesores de elementos

Tabla 14 Geometría de los elementos

TABLE: Area Section Properties							
Section	**Material**	**MatAngle**	**AreaType**	**Type**	**DrillDOF**	**Thickness**	**BendThick**
Text	Text	Degrees	Text	Text	Yes/No	m	m
Losa	4000Psi	0	Shell	Shell-Thin	Yes	0.2	0.2
Muro	4000Psi	0	Shell	Shell-Thin	Yes	0.2	0.2

Fuente: Autor basado en NSR10 titulo A.

4.5.3 Simulación del suelo.

Se simula el suelo mediante resortes "spring" unidireccional que trabaja solo a compresión, estos se aplican en toda el área de contacto con el suelo.

TABLE: Area Spring Assignments									
Area	Type	Stiffness	SimpleType	Face	Dir1Type	CoordSys	VecX	VecY	VecZ
Text	Text	KN/m/m2	Text	Text	Text	Text	Unitless	Unitless	Unitless
…	Simple	15.5	Compression Only	Bottom	User Vector	GLOBAL	0	1	0

4.5.4 Análisis de cargas

Tabla 15 Peso equivalente

Altura del tanque libre sin tapa	Hw	1.50	[m]
Lado largo interno	L	2.00	[m]
Lado ancho interno	B	2.00	[m]
Borde libre	BL	0.30	[m]
Profundidad de diseño de depósito de líquido	HL	1.20	[m]
Masa total del almacén de líquidos	WL	48	[kN]
Masa del muro del estanque	Ww	63	[kN]
Masa por unidad de ancho del estanque	Mw	7	[kN/m]
Coeficiente de masa efectiva	ξ	0.74	OK

Fuente: Autor.

Tabla 16 componentes conectivos e impulsivos

Masa equivalente de la componente impulsiva	wi/ wL	Wi	30	[kN]
Masa equivalente de la componente Convectiva	Wc / wL	Wc	20	[kN]
Masa impulsiva del contenido líquido		Mi	7.44	[kN/m]

Fuente: Autor.

Tabla 17 Centro de gravedad de los componentes

hi	0.45	[m]	hc	0.73	[m]
hi'	0.82	[m]	hc'	0.93	[m]

Fuente: Autor.

Tabla 18 Propiedades dinámicas

hw	0.75	[m]	h	0.65	[m]
k	177687		m	14.64	[kN/m]
ωi	110.2	[rad/s]	Ti	0.03	[seg]

λ	5.4		ωc	3.85	[rad/s]
Tc	1.63	[seg]			

Fuente: Autor.

Tabla 19 Respuesta sísmicas.

Ts	0.68	[seg]
Ci	0.73	[seg]
Cc	0.46	[seg]
Pw	21.63	[kN]
Pc	11.59	[kN]
Pi	13.63	[kN]

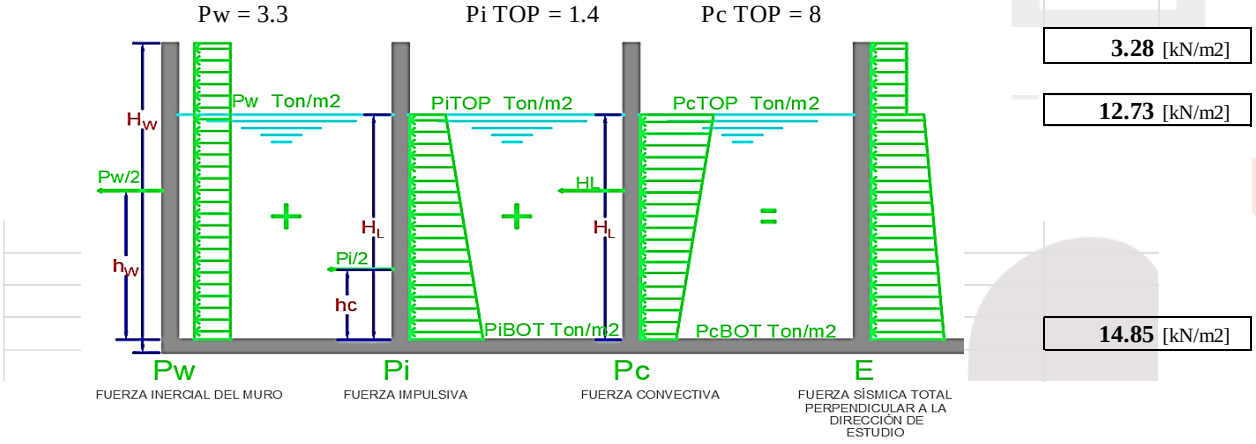
Fuente: Autor.

Tabla 20 Distribuciones de la fuerza Dinamica.

yTOP	1.20	[m]	yBOT	0.00	[m]
Pi TOP	1.42	[kN/m2]	Pi BOT	9.94	[kN/m2]
Pc TOP	8.03	[kN/m2]	Pc BOP	1.63	[kN/m2]
Pw	3.28	[kN/m2]			

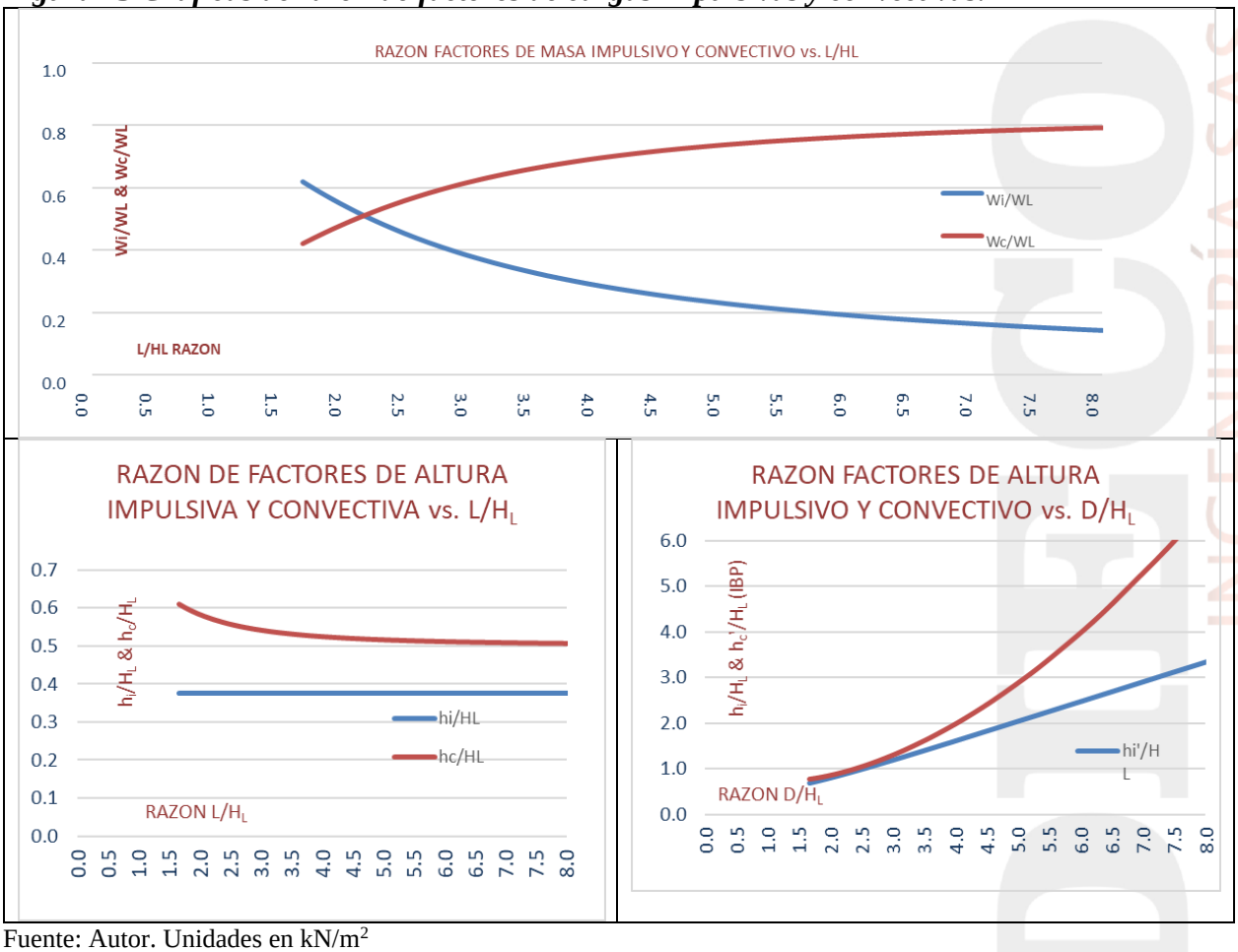
Fuente: Autor.

Figura 12 Consolidado de cargas



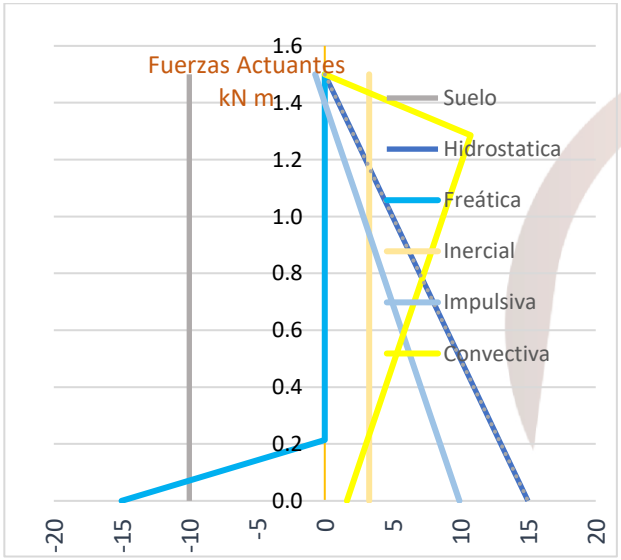
Fuente: Autor. Unidades en kN/m^2

Figura 13 Graficas de razón de factores de cargas impulsivas y convectivas.



Fuente: Autor. Unidades en kN/m^2

Figura 14 Grafica de momentos actuantes en muros laterales



Fuente: Autor. Unidades en kN/m^2

Tabla 21 Presión progresiva sobre el muro del tanque.

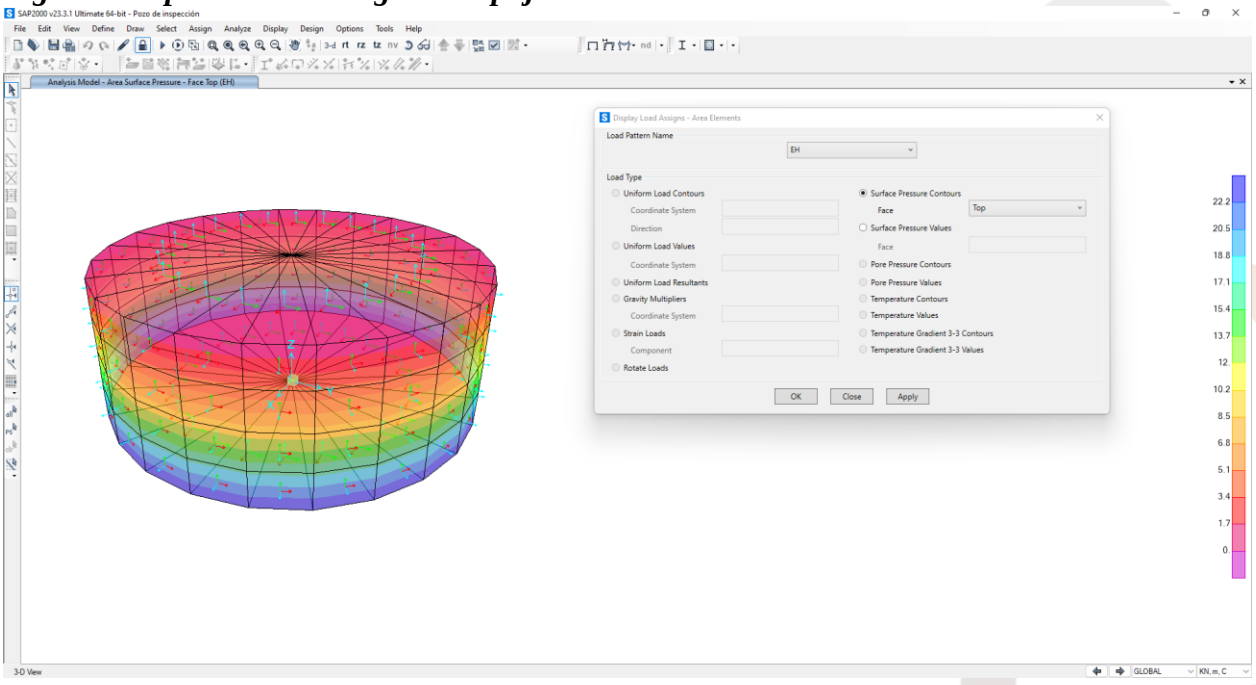
	ESTÁTICAS			DINAMICAS				
Altura	Suelo	Freática	Hidrostatica	Inercial	Impulsiva	Convectiva	Envolvente [kN/m]	
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	min	max
0.00	10.0	0.0	0.0	3.3	-0.7	0.0	-0.7	3.3
0.21	10.0	0.0	2.1	3.3	0.8	10.8	0.8	10.8
0.43	10.0	0.0	4.3	3.3	2.3	9.2	2.3	9.2
0.64	10.0	0.0	6.4	3.3	3.9	7.7	3.3	7.7
0.86	10.0	0.0	8.6	3.3	5.4	6.2	3.3	6.2
1.20	10.0	0.0	12.0	3.3	7.8	3.8	3.3	7.8
1.29	10.0	0.0	12.9	3.3	8.4	3.2	3.2	8.4
1.50	10.0	15.0	15.0	3.3	9.9	1.6	1.6	9.9

Fuente: Autor.

4.5.5 Aplicación de cargas

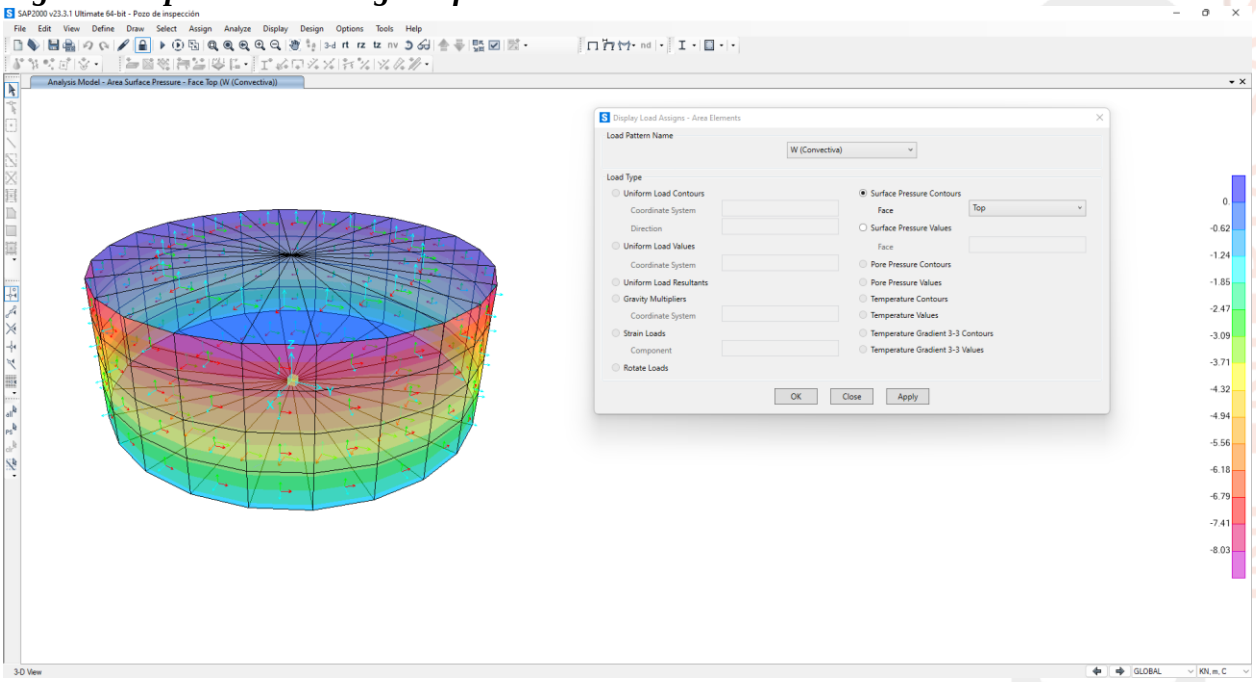
Se realiza la aplicación para cada una de las cargas propuestas para este diseño. A continuación, se indica la aplicación de cada una de estas.

Figura 15 Aplicación de carga de empuje de tierras lateral



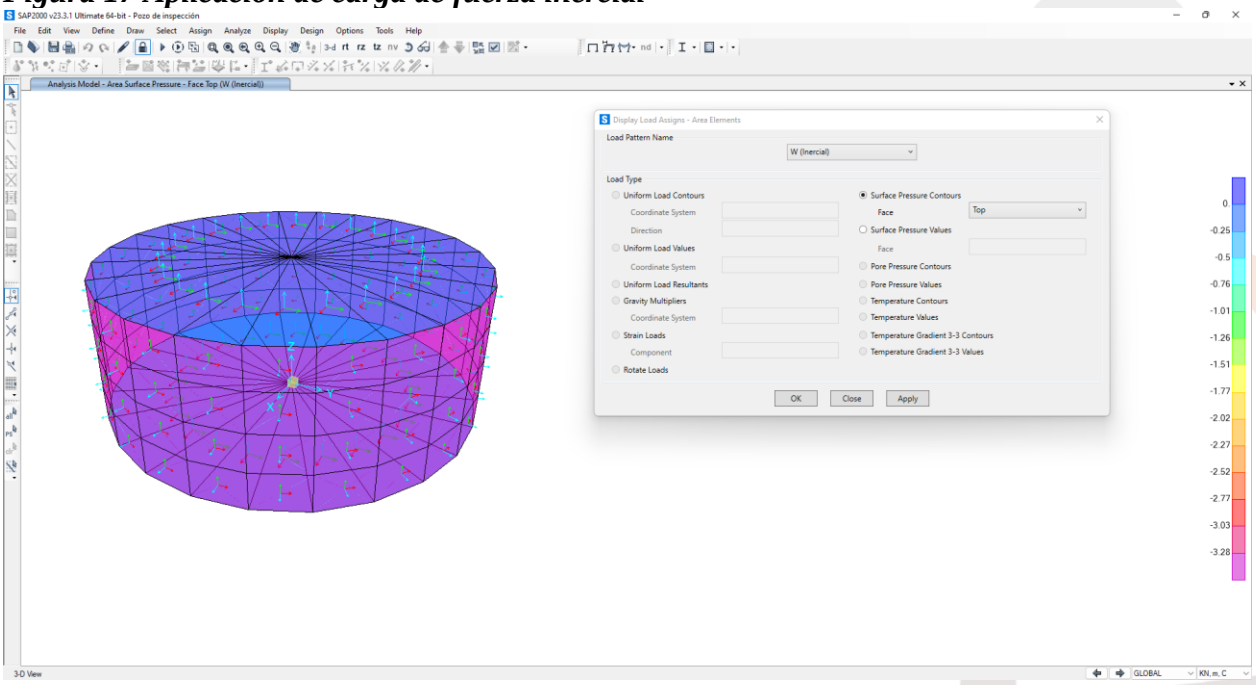
Fuente: Autor. Unidades en kN/m^2

Figura 16 Aplicación de carga de fuerza convectiva



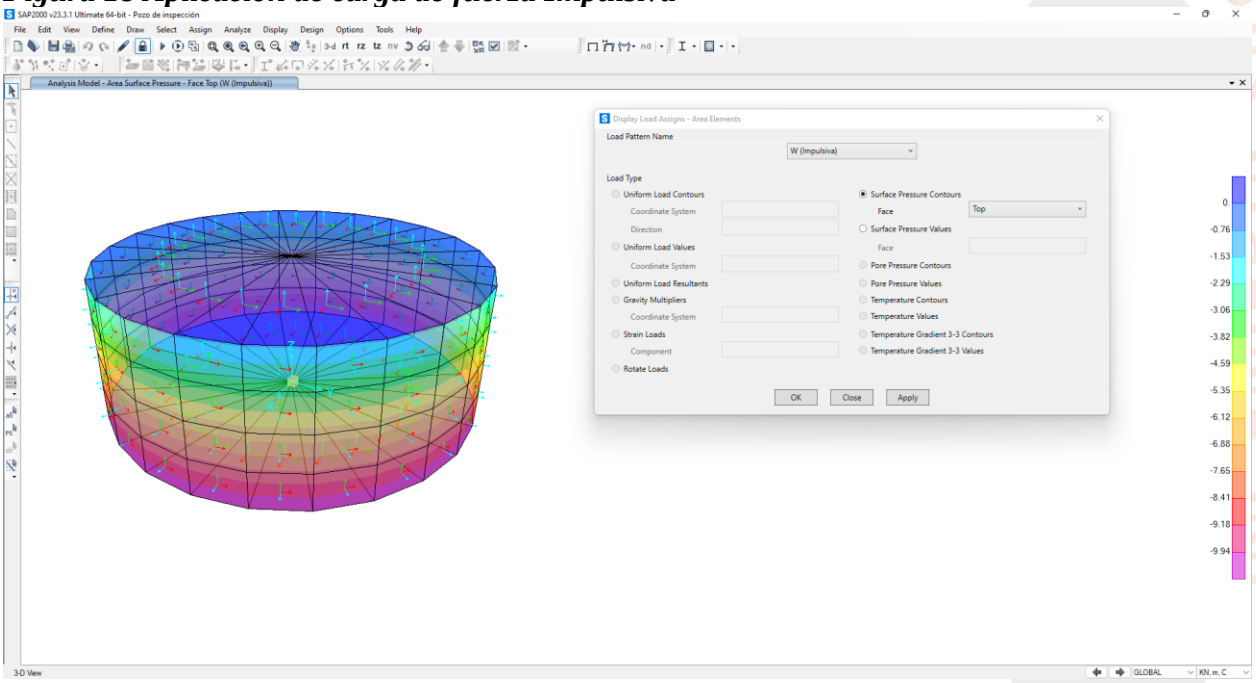
Fuente: Autor. Unidades en kN/m^2

Figura 17 Aplicación de carga de fuerza inercial



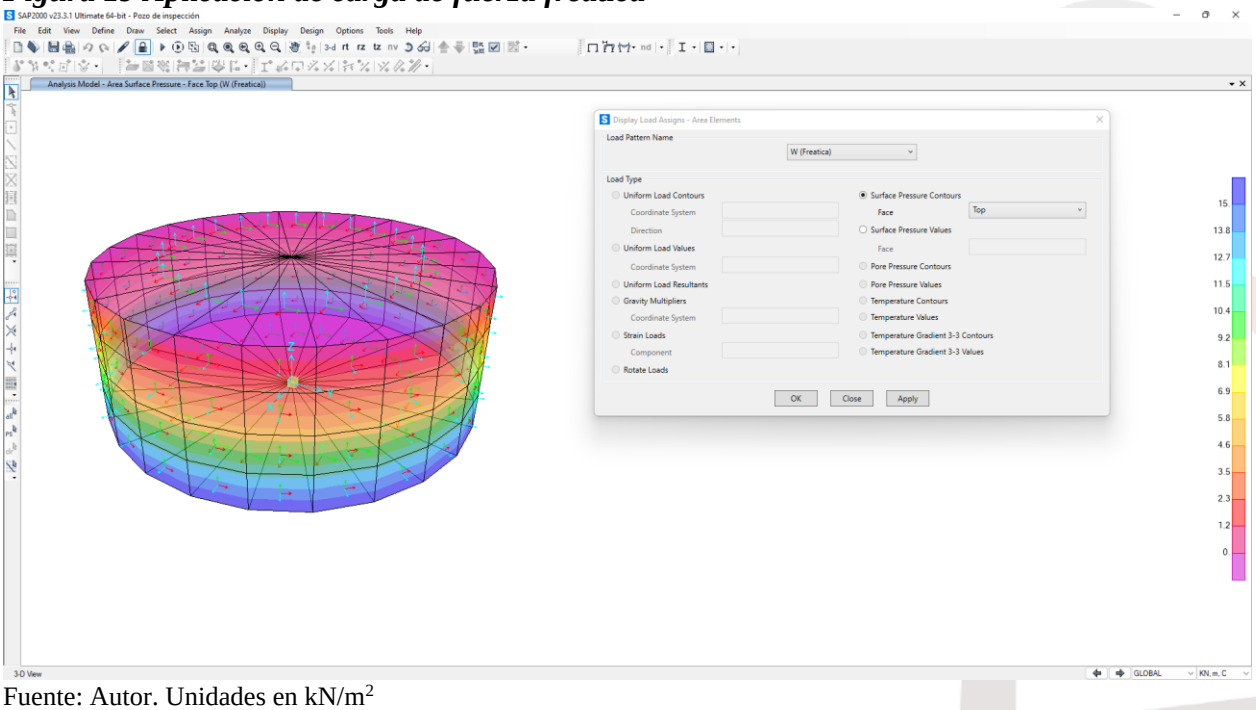
Fuente: Autor. Unidades en kN/m^2

Figura 18 Aplicación de carga de fuerza Impulsiva



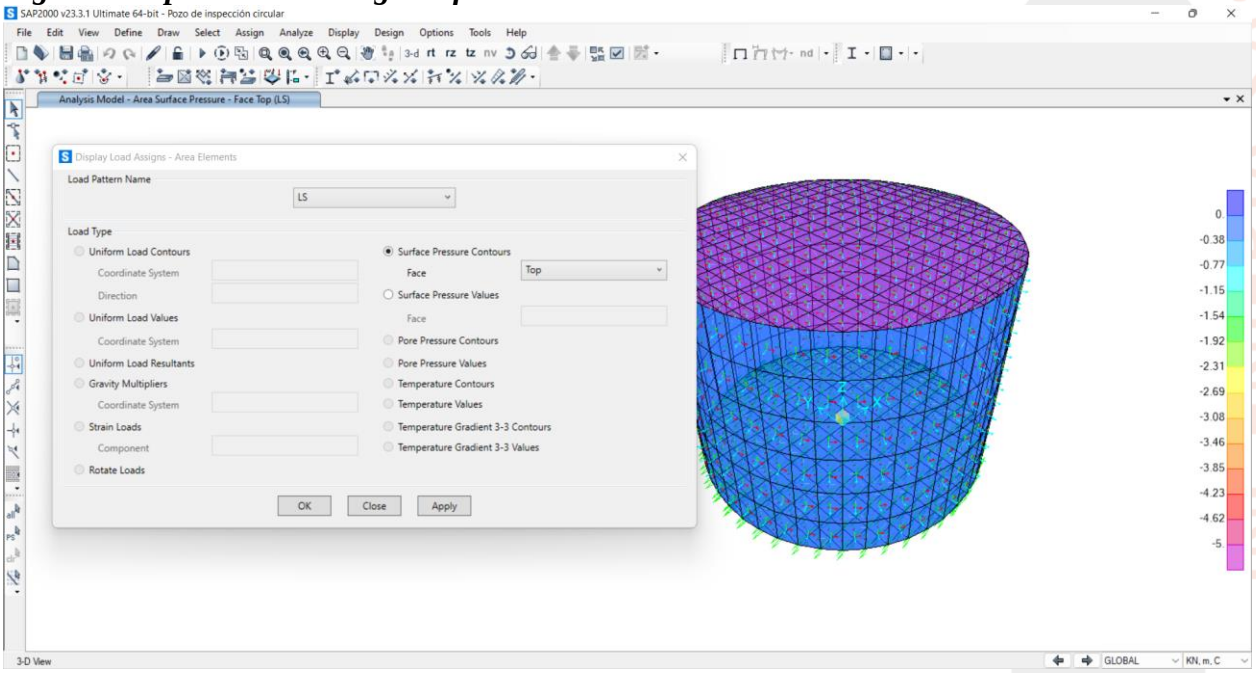
Fuente: Autor. Unidades en kN/m^2

Figura 19 Aplicación de carga de fuerza freatica



Fuente: Autor. Unidades en kN/m^2

Figura 20 Aplicación de carga de fuerza viva



Fuente: Autor. Unidades en kN/m^2

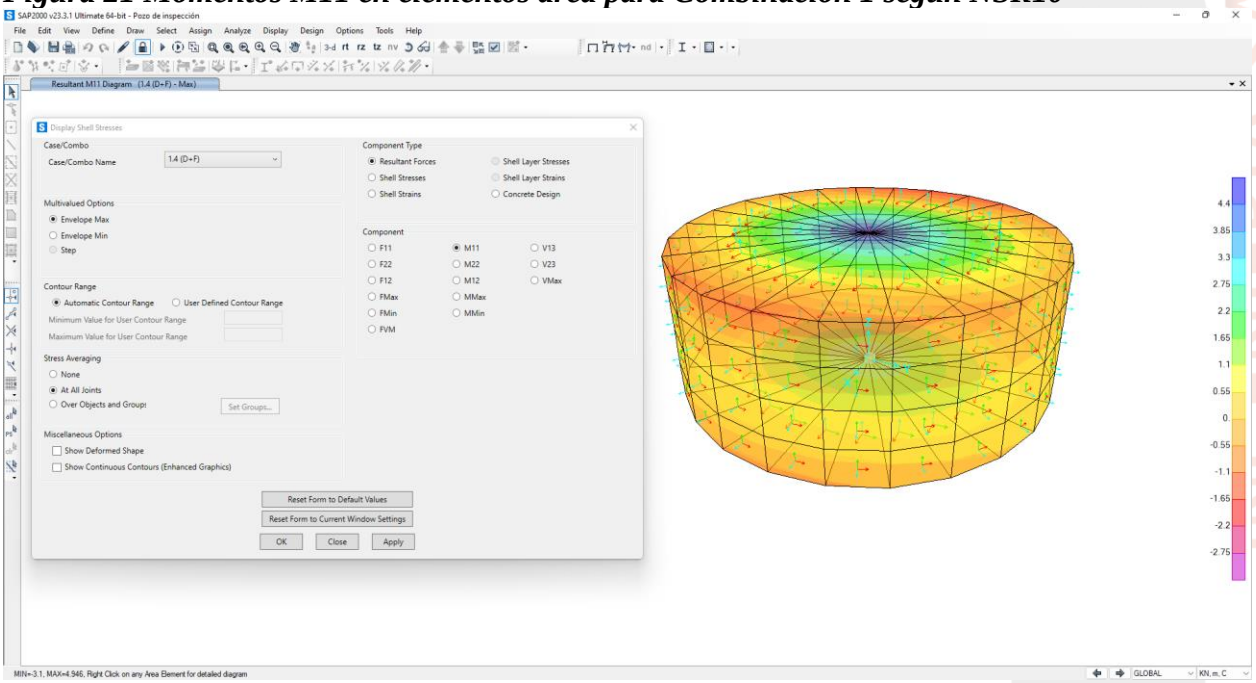
4.5.6 Resultados

Se analizan separadamente para muros laterales, para la losa inferior. Recordando las combinaciones de carga:

- U 9.1 $1.4\ (D + F)$ Combinación 1
- U 9.2 $1.2\ (D + F) + 1.6\ (L + H)$ Combinación 2
- U 9.3 – 9.4 $1.2\ (D) + 1\ (L)$ Combinación 3
- U 9.5 $1.2\ (D) + 1.2\ (F) + 1.0\ (E) + 1.6\ (H)$ Combinación 4
- U 9.6 $0.9\ (D) + 1.2\ (F) + 1.6\ (H)$ Combinación 5
- U 9.7 $0.90\ (D) + 1.2\ (F) + 1.0\ (E) + 1.6\ (H)$ Combinación 6

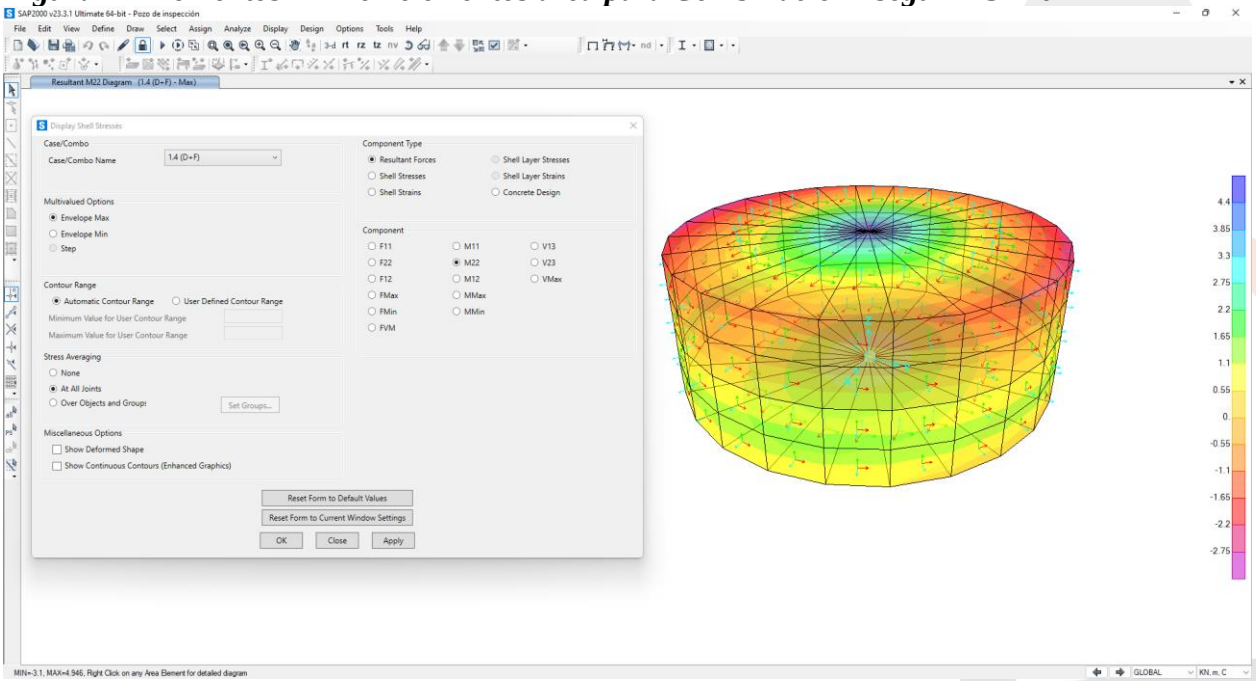
TABLE: Combination Definitions					
ComboName	ComboType	AutoDesign	CaseType	CaseName	ScaleFactor
Text	Text	Yes/No	Text	Text	Unitless
E	Envelope	No	Response Spectrum	SISMO X	9.81
E			Response Spectrum	SISMO Y	9.81
F	Envelope	No	Linear Static	W (Convectiva)	1
F			Linear Static	W (Impulsiva)	1
F			Linear Static	W (Inercial)	1
F			Linear Static	W (Freatica)	1
1.4 (D+F)	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1.4
1.4 (D+F)			Response Combo	F	1.4
1.2 (D+F) + 1.6 (L+H)	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1.2
1.2 (D+F) + 1.6 (L+H)			Response Combo	F	1.2
1.2 (D+F) + 1.6 (L+H)			Linear Static	LL	1.6
1.2 (D+F) + 1.6 (L+H)			Linear Static	EH	1.6
1.2 D + 1.2 F + E + 1.6 H + L	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1.2
1.2 D + 1.2 F + E + 1.6 H + L			Response Combo	E	1
1.2 D + 1.2 F + E + 1.6 H + L			Linear Static	LL	1
1.2 D + 1.2 F + E + 1.6 H + L			Response Combo	F	1.2
1.2 D + 1.2 F + E + 1.6 H + L			Linear Static	EH	1.6
0.9 D + 1.2 F + E +1.6 H	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	0.9
0.9 D + 1.2 F + E +1.6 H			Response Combo	E	1
0.9 D + 1.2 F + E +1.6 H			Linear Static	EH	1.6
0.9 D + 1.2 F + E +1.6 H			Response Combo	F	1.2
1.2 D + 1.0 L	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1.2
1.2 D + 1.0 L			Linear Static	LL	1
0.9 D + 1.2 F + 1.6 H	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	0.9
0.9 D + 1.2 F + 1.6 H			Linear Static	EH	1.6
0.9 D + 1.2 F + 1.6 H			Response Combo	F	1.2

Figura 21 Momentos M11 en elementos área para Combinación 1 según NSR10



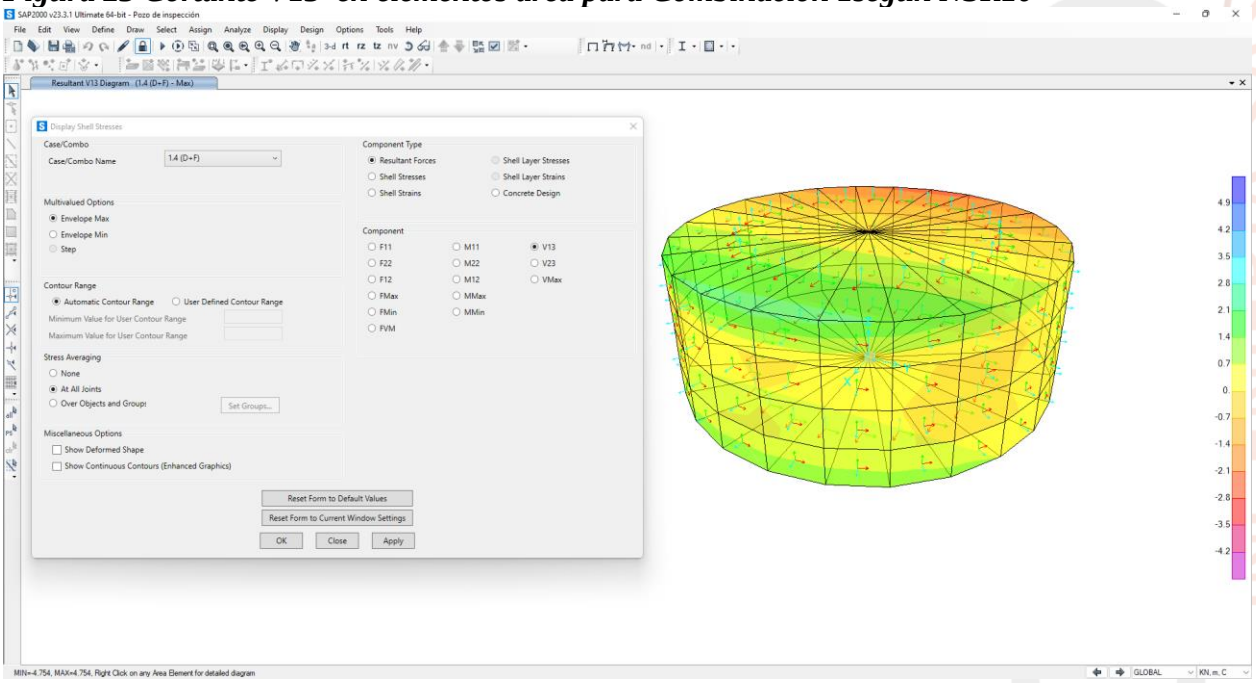
Fuente: Autor. Unidades en kN/m^2

Figura 22 Momentos M22 en elementos área para Combinación 1según NSR10



Fuente: Autor. Unidades en kN/m^2

Figura 23 Cortante V13 en elementos área para Combinación 1según NSR10



Fuente: Autor. Unidades en kN/m^2

De manera análoga se realiza para cada combinación de carga arrojando los siguientes resultados:

	Mín. de M11	Mín. de M12	Mín. de M22	Mín. de V13	Mín. de V23
1.4 (D+F)	-0.7	-0.4	-0.7	-5.5	-5.5
1.2 (D+F) + 1.6 (L+H)	-1.2	-0.7	-1.2	-11.4	-11.4
0.9 D + 1.2 F + 1.6 H	-0.3	-0.2	-0.3	-3.5	-3.5
1.2 D + 1.2 F + L + 1.6 H	-0.9	-0.6	-0.9	-8.9	-8.9
0.9 D + 1.2 F + 1.6 H + E	-0.4	-0.3	-0.4	-5.6	-5.6
1.2 D + 1.0 L + 1.0 E	-1.2	-0.6	-1.2	-11.0	-11.0
Total general	**-1.2**	**-0.7**	**-1.2**	**-11.4**	**-11.4**

	Máx. de M11	Máx. de M12	Máx. de M22	Máx. de V13	Máx. de V23
1.4 (D+F)	0.6	0.4	0.6	5.5	5.5
1.2 (D+F) + 1.6 (L+H)	1.5	0.7	1.5	11.4	11.4
0.9 D + 1.2 F + 1.6 H	0.6	0.2	0.6	3.5	3.5
1.2 D + 1.2 F + L + 1.6 H	1.2	0.6	1.2	8.9	8.9
0.9 D + 1.2 F + 1.6 H + E	0.7	0.3	0.7	5.6	5.6
1.2 D + 1.0 L + 1.0 E	1.2	0.6	1.2	11.0	11.0
Total general	**1.5**	**0.7**	**1.5**	**11.4**	**11.4**

Tabla 22. Resultados losa superior estado límite de resistencia
Fuente: Autor. Extraído del modelo de análisis en Sap2000. Unidades en kN – m

	Mín. de M11	Mín. de M12	Mín. de M22	Mín. de V13	Mín. de V23
1.4 (D+F)	-0.9	-0.5	-0.9	-8.4	-8.4
1.2 (D+F) + 1.6 (L+H)	-1.4	-0.7	-1.4	-10.5	-10.5
0.9 D + 1.2 F + 1.6 H	-0.8	-0.3	-0.8	-5.4	-5.4
1.2 D + 1.2 F + L + 1.6 H	-1.3	-0.6	-1.3	-9.3	-9.3
0.9 D + 1.2 F + 1.6 H + E	-1.2	-0.5	-1.2	-10.3	-9.7
1.2 D + 1.0 L + 1.0 E	-1.5	-0.7	-1.5	-14.2	-13.6
Total general	**-1.5**	**-0.7**	**-1.5**	**-14.2**	**-13.6**

	Máx. de M11	Máx. de M12	Máx. de M22	Máx. de V13	Máx. de V23
1.4 (D+F)	1.1	0.5	1.1	8.4	8.4
1.2 (D+F) + 1.6 (L+H)	1.1	0.7	1.1	10.5	10.5
0.9 D + 1.2 F + 1.6 H	0.5	0.3	0.5	5.4	5.4
1.2 D + 1.2 F + L + 1.6 H	0.9	0.6	0.9	9.3	9.3
0.9 D + 1.2 F + 1.6 H + E	0.8	0.5	0.8	9.7	10.3
1.2 D + 1.0 L + 1.0 E	1.4	0.7	1.4	13.6	14.2
Total general	**1.4**	**0.7**	**1.4**	**13.6**	**14.2**

Tabla 23. Resultados losa inferior estado límite de resistencia
Fuente: Autor. Extraído del modelo de análisis en Sap2000. Unidades en kN – m

	Mín. de M11	Mín. de M12	Mín. de M22	Mín. de V13	Mín. de V23
(D+L)	-0.5	-0.3	-0.5	-3.9	-3.9
D + F + L + H	-0.9	-0.5	-0.9	-8.1	-8.1
D+ F+ H+ 0.75 E	-0.5	-0.3	-0.5	-5.5	-5.5
D + L +0.75E	-1.1	-0.5	-1.1	-9.7	-9.7
D + F + H	-0.4	-0.3	-0.4	-3.9	-3.9
Total general	**-1.1**	**-0.5**	**-1.1**	**-9.7**	**-9.7**

	Máx. de M11	Máx. de M12	Máx. de M22	Máx. de V13	Máx. de V23
(D+L)	0.4	0.3	0.4	3.9	3.9
D + F + L + H	1.1	0.5	1.1	8.1	8.1
D+ F+ H+ 0.75 E	0.7	0.3	0.7	5.5	5.5
D + L +0.75E	1.1	0.5	1.1	9.7	9.7
D + F + H	0.6	0.3	0.6	3.9	3.9
Total general	**1.1**	**0.5**	**1.1**	**9.7**	**9.7**

Tabla 24. Resultados losa superior estado límite de servicio
Fuente: Autor. Extraído del modelo de análisis en Sap2000. Unidades en kN – m

	Mín. de M11	Mín. de M12	Mín. de M22	Mín. de V13	Mín. de V23
(D+L)	-0.6	-0.4	-0.6	-6.0	-6.0
D + F + L + H	-1.1	-0.5	-1.1	-8.1	-8.1
D+ F+ H+ 0.75 E	-1.1	-0.5	-1.1	-9.7	-9.2
D + L +0.75E	-1.3	-0.6	-1.3	-11.8	-11.3
D + F + H	-0.8	-0.4	-0.8	-6.0	-6.0
Total general	**-1.3**	**-0.6**	**-1.3**	**-11.8**	**-11.3**

	Máx. de M11	Máx. de M12	Máx. de M22	Máx. de V13	Máx. de V23
(D+L)	0.8	0.4	0.8	6.0	6.0
D + F + L + H	0.9	0.5	0.9	8.1	8.1
D+ F+ H+ 0.75 E	0.9	0.5	0.9	9.2	9.7
D + L +0.75E	1.2	0.6	1.2	11.3	11.8
D + F + H	0.6	0.4	0.6	6.0	6.0
Total general	**1.2**	**0.6**	**1.2**	**11.3**	**11.8**

Tabla 25. Resultados losa inferior estado límite de servicio
Fuente: Autor. Extraído del modelo de análisis en Sap2000. Unidades en kN – m

4.5.7 Cálculos para coeficiente de durabilidad ambiental

Combinacion	γ	Sd
1.4 (D+F)	1.40	1.93
1.2 (D+F) + 1.6 (L+H)	1.44	1.88
0.9 D + 1.2 F + 1.6 H	1.02	2.65
1.2 D + 1.2 F + L + 1.6 H	1.21	2.23
0.9 D + 1.2 F + 1.6 H + E	1.02	1.00
1.2 D + 1.0 L + 1.0 E	1.11	1.00

Tabla 26. Resultados para el cálculo de SD
Fuente: Autor. Extraído del modelo de análisis en Sap2000.

4.5.8 Esfuerzos de diseño ultimo

Serán los dados por estado limite de resistencia afectados por SD

	Mín. de M11	Mín. de M12	Mín. de M22	Mín. de V13	Mín. de V23
1.4 (D+F)	-1.4	-0.7	-1.4	-10.6	-10.6

1.2 (D+F) + 1.6 (L+H)	-2.3	-1.4	-2.3	-21.4	-21.4
0.9 D + 1.2 F + 1.6 H	-0.7	-0.6	-0.7	-9.4	-9.4
1.2 D + 1.2 F + L + 1.6 H	-2.0	-1.3	-2.0	-19.9	-19.9
0.9 D + 1.2 F + 1.6 H + E	-0.4	-0.3	-0.4	-5.6	-5.6
1.2 D + 1.0 L + 1.0 E	-1.2	-0.6	-1.2	-11.0	-11.0
Total general	**-2.3**	**-1.4**	**-2.3**	**-21.4**	**-21.4**

	Máx. de M11	Máx. de M12	Máx. de M22	Máx. de V13	Máx. de V23
1.4 (D+F)	1.2	0.7	1.2	10.6	10.6
1.2 (D+F) + 1.6 (L+H)	2.9	1.4	2.9	21.4	21.4
0.9 D + 1.2 F + 1.6 H	1.5	0.6	1.5	9.4	9.4
1.2 D + 1.2 F + L + 1.6 H	2.7	1.3	2.7	19.9	19.9
0.9 D + 1.2 F + 1.6 H + E	0.7	0.3	0.7	5.6	5.6
1.2 D + 1.0 L + 1.0 E	1.2	0.6	1.2	11.0	11.0
Total general	**2.9**	**1.4**	**2.9**	**21.4**	**21.4**

Tabla 27. Resultados últimos losa superior estado límite de resistencia
Fuente: Fuente: Autor. Extraído del modelo de análisis en Sap2000. Unidades en kN – m

	Mín. de M11	Mín. de M12	Mín. de M22	Mín. de V13	Mín. de V23
1.4 (D+F)	-1.7	-1.0	-1.7	-16.1	-16.1
1.2 (D+F) + 1.6 (L+H)	-2.7	-1.3	-2.7	-19.8	-19.8
0.9 D + 1.2 F + 1.6 H	-2.2	-0.9	-2.2	-14.2	-14.2
1.2 D + 1.2 F + L + 1.6 H	-2.9	-1.3	-2.9	-20.7	-20.7
0.9 D + 1.2 F + 1.6 H + E	-1.2	-0.5	-1.2	-10.3	-9.7
1.2 D + 1.0 L + 1.0 E	-1.5	-0.7	-1.5	-14.2	-13.6
Total general	**-2.9**	**-1.3**	**-2.9**	**-20.7**	**-20.7**

	Máx. de M11	Máx. de M12	Máx. de M22	Máx. de V13	Máx. de V23
1.4 (D+F)	2.2	1.0	2.2	16.1	16.1
1.2 (D+F) + 1.6 (L+H)	2.1	1.3	2.1	19.8	19.8
0.9 D + 1.2 F + 1.6 H	1.3	0.9	1.3	14.2	14.2
1.2 D + 1.2 F + L + 1.6 H	2.1	1.3	2.1	20.7	20.7
0.9 D + 1.2 F + 1.6 H + E	0.8	0.5	0.8	9.7	10.3
1.2 D + 1.0 L + 1.0 E	1.4	0.7	1.4	13.6	14.2
Total general	**2.2**	**1.3**	**2.2**	**20.7**	**20.7**

Tabla 28. Resultados últimos losa inferior estado límite de resistencia
Fuente: Fuente: Autor. Extraído del modelo de análisis en Sap2000. Unidades en kN – m

ELU DIS	M11 (+)	M11 (-)	M12 (+)	M12 (-)	M22 (+)	M22 (-)	V13	V23

LOSA DE PISO	2	-3	1	-1	2	-3	21	21
LOSA SUPERIOR	1	-2	1	-1	1	-2	21	21

Tabla 29. Resumen de resultados
Fuente: Fuente: Autor. Extraído del modelo de análisis en Sap2000. Unidades en kN - m

4.6 Diseño a flexión y verificación de cortante de los elementos

Espesor Muros C23-C14.6.2	e	0.20	[m]
Espesor Losa inferior	e_losa	0.20	[m]
Ø Flexión		0.90	
Esfuerzo Admisible Suelo	σ_{adm}	250.0	[KN/m2]
Resistencia Compresión Concreto	f'c	28.0	[MPa]
Esfuerzo de Fluencia del Acero	fy	420.0	[MPa]
Peso Especifico Concreto	γconcre	24.00	[KN/m3]
Peso Especifico Relleno/Suelo	γrelleno	18.00	[KN/m3]
Peso Especifico del Fluido/Agua	γAgua	10.00	[KN/m3]
Recubrimiento	re	0.075	[m]
CUANTIAS			
Máxima	ρmax	0.021	
Mínima	ρmin	0.003	
Refuezo Horizontal	C23.C.7.12.2.1	0.003	
Refuezo Vertical	C23.C.14.3.2	0.003	

4.6.1 Diseño a flexión

FLEXIÓN	Mu	Cuantía		As	Barra	As Barra	Numero	S req	S Inst.
	[KN m /m]	ρ req	ρdiseño	[cm2]		[cm2]	Barras	[cm]	[cm]
M11 (+)	2.2	0.0003	0.0030	3.9	4	1.27	4	32	25
M11 (-)	-2.9	0.0005	0.0030	3.9	4	1.27	4	32	25
M12 (+)	1.3	0.0002	0.0030	3.9	4	1.27	4	32	**25**
M12 (-)	-1.3	0.0002	0.0030	3.9	4	1.27	4	32	**25**
M22 (+)	2.2	0.0003	0.0030	3.9	4	1.27	4	32	25
M22 (-)	-2.9	0.0005	0.0030	3.9	4	1.27	4	32	25
Retracción	C.23-C.7.12.2.1		0.0021	2.7	4	1.27	3	47	**47**

Tabla 30. Diseño a flexión de losa inferior
Fuente: Autor.

Para barras horizontales #4 cada 25cm contra el talud y #4 cada 25cm contra el agua y Para barras verticales #4 cada 25cm contra el talud y #4 cada 25cm contra el agua

CORTANTE	Vu	Vc	φ Vc	
	[kN]	[kN]	[kN]	
V13	14.2	115.3	98.0	**Cumple**
V12	14	115.3	98.0	**Cumple**

Tabla 31. Diseño a cortante losa inferior
Fuente: Autor.

FLEXIÓN	Mu	Cuantía		As	Barra	As Barra	Numero	S req	S Inst.
	[KN m /m]	ρ req	ρdiseño	[cm2]		[cm2]	Barras	[cm]	[cm]
M22 (+)	1.2	0.0003	0.0030	3.9	4	1.27	4	32	**25**

Por Fisuración

Ms	Esp	Ms Esp	Ast	dc	d	y	Inercia T	fs	
[kN m/m]	[m]	[kN m2/m]	[cm2]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm4]	[MPa]	
1.2	0.25	0.3	12.7	7.6	12.4	3.4	1281	20.3	Ok

Esfuerzo Barra

Jd	Fss	0.6 Fy	
[cm]	[MPa]	[MPa]	
11.2	20.3	252.0	Ok

Separación Max

β	Smax	S ins	
	[cm]	[cm]	
1.88	226.4	25	Ok

Tabla 32. Chequeo por agrietamiento, esfuerzo de la barra y separación máxima .
Fuente: Autor.

FLEXIÓN	Mu	Cuantía		As	Barra	As Barra	Numero	S req	S Inst.
	[KN m /m]	ρ req	ρdiseño	[cm2]		[cm2]	Barras	[cm]	[cm]
M11 (+)	1.2	0.0002	0.0030	3.9	3	0.72	6	18	**15**
M11 (-)	-2.3	0.0004	0.0030	3.9	3	0.72	6	18	**15**
M12 (+)	0.6	0.0001	0.0030	3.9	3	0.72	6	18	**15**
M12 (-)	-1.4	0.0002	0.0030	3.9	3	0.72	6	18	**15**
M22 (+)	1.2	0.0002	0.0030	3.9	3	0.72	6	18	**15**
M22 (-)	-2.3	0.0004	0.0030	3.9	3	0.72	6	18	**15**
Retracción	C.23-C.7.12.2.1		0.0021	2.7	3	0.72	4	26	**26**

Tabla 33. Diseño a flexión de losa superior
Fuente: Autor.

Para barras horizontales #3 cada 15cm contra el talud y #3 cada 15cm contra el agua y Para barras verticales #3 cada 15cm contra el talud y #3 cada 15cm contra el agua

CORTANTE	Vu	Vc	φ Vc	
	[kN]	[kN]	[kN]	
V13	11.4	115.3	98.0	**Cumple**
V12	11	115.3	98.0	**Cumple**

Tabla 34. Diseño a cortante losa superior
Fuente: Autor.

FLEXIÓN	Mu	Cuantía		As	Barra	As Barra	Numero	S req	S Inst.
	[KN m /m]	ρ req	ρdiseño	[cm2]		[cm2]	Barras	[cm]	[cm]
M22 (+)	1.1	0.0002	0.0030	3.9	3	0.72	6	18	**15**

Por Fisuración

Ms	Esp	Ms Esp	Ast	dc	d	y	Inercia T	fs	
[kN m/m]	[m]	[kN m2/m]	[cm2]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm4]	[MPa]	
1.1	0.15	0.2	7.2	7.4	12.6	2.7	841	18.9	Ok

Esfuerzo Barra

Jd	Fss	0.6 Fy	
[cm]	[MPa]	[MPa]	
11.7	18.9	252.0	Ok

Separación Max

β	Smax	S ins	
	[cm]	[cm]	
1.83	252.0	15	Ok

Tabla 35. Chequeo por agrietamiento, esfuerzo de la barra y separación máxima .
Fuente: Autor.

4.7 Capacidad de carga

Para este caso la estructura se apoya en zona rocosa, según las indicaciones del estudio de suelos anexo; sin embargo se calcula de acuerdo con lo indicado.

Tabla 36. Chequeo por capacidad del suelo

Esfuerzo admisible del suelo	[kN/m2]	100.0
Carga muerta de la estructura	[kN]	257.1
Área de contacto	[m2]	50.3
Esfuerzo actuante	[kN/m2]	5.11
Relación		2%

Fuente: Autor

Cumple con la capacidad de carga para el suelo de fundación.

5. Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

En este documento se presentó el análisis y diseño estructural de los elementos estructurales acá descritos para el municipio de Pauna – Boyacá , partiendo de la información suministrada por las demás áreas de la consultoría en su fase de estudio inicial y rediseño del contratista.

Los empujes dinámicos se tomaron según las condiciones del lugar y discutidas en mesas técnicas de trabajo con el equipo de formulación del proyecto.

El diseño de la ampliación sigue los parámetros dados por la NSR10.

Los planteamientos indicados en este documento se ven reflejados en los planos adjuntos

5.2 Recomendaciones

Se debe elevar cualquier consulta o inquietud al diseñador para dar cumplimento a estas memorias.

6. Referencias

- ACI-COMMITTEE-350, I. Code requeriments for Environmental Engineering concrete structures. United States of America.
- ACI Comité 318. (2015). Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318SUS-14) y Comentarios. (A. C. Institute, Ed.), ACI Structural Journal (Segunda). Farmington Hills. https://doi.org/10.1016/S11306343(05)73662-X
- AIS, A. C. de I. S.-. (2010). Reglamento Colombiano de Construccion Sismoresistente - NSR 10. (V. y D. T. Ministerio de Ambiente, Ed.). Bogotá D. C.
- Das, B. M. (2011). Principles of Foundation Engineering (SI Seventh). Ciudad de México: Cengage Learning.
- EAAB-E.S.P., I. E. de A. y A. de B.-. NS-002: Criterios de diseño estructural (2013). Colombia.
- EAAB-E.S.P., I. E. de A. y A. de B.-. NS-005: Juntas y sellos para juntas en estructuras de concreto (2013). Colombia.
- Transporte–INVIAS–AIS, I. M. de. Norma Colombiana de Diseño de Puentes-LRFD-CCP 14 (2014). Colombia. Jimenez, O. (2021).