



**Pasantía en apoyo en los procesos de diseño estructural con base en
programas Building Information Modeling (BIM) en la organización
DIECO INGENIERIA S.A.S.**

**Harol Sneyder Fonseca Leal
Código: 20481717493**

**Universidad Antonio Nariño
Programa Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería Ambiental y Civil
Duitama, Colombia**

2021

Pasantía en apoyo en los procesos de diseño estructural con base en programas Building Information Modeling (BIM) en la organización

DIECO INGENIERIA S.A.S.

Harol Sneyder Fonseca Leal

**Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:
Ingeniero Civil**

Director (a):

MSc. Gestión y dirección de proyectos

Esp. Gerencia de proyectos de construcción

Ing. Civil

Juan Carlos Fonseca Barbosa

Línea de Investigación:

Pasantía.

Universidad Antonio Nariño

Programa Ingeniería Civil

Facultad de Ingeniería Ambiental y Civil

Duitama, Colombia

2021

NOTA DE ACEPTACIÓN

El trabajo de grado titulado pasantía en apoyo en los procesos de diseño estructural con base en programas Building Information Modeling (BIM) en la organización DIECO INGENIERIA S.A.S., Cumple con los requisitos para optar Al título de ingeniero Civil.

Firma del Tutor

Firma Jurado

Firma Jurado

Duitama, 08 de noviembre de 2021

Contenido

1	Resumen	1
	Abstract	2
2	Introducción.....	3
3	Objetivos.....	4
	3.1 Objetivo general	4
	3.2 Objetivos Específicos.....	4
4	Planteamiento del problema.....	5
5	Presentación de la empresa.....	6
	5.1 Misión.....	6
	5.2 Visión	6
	5.3 Políticas de calidad.....	6
	5.4 servicios ofrecidos.....	7
6	Marco conceptual	8
	6.1 Generalidades	8
	6.1.1 Definición	8
	6.1.2 Tipos de tanques	8
	6.1.3 Clasificación de tanques de almacenamiento	9
	6.2 Tanque de almacenamiento de aguas por el método Housner	10
	6.3 Normas de diseño	12
	6.4 Diseño y cálculos de estructuras	13
7	Metodología.....	18
	7.1 Normas de diseño	19
	7.2 Nomenclatura y anotaciones	19
	7.2.1 Nomenclatura de materiales.....	19
	7.2.2 Nomenclatura de parámetros geotécnicos	19
	7.3 Materiales	20
	7.3.1 Concreto.....	20
	7.3.2 Acero de refuerzo.....	20
	7.4 Materiales	20
	7.5 Reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10.....	21

7.5.1	Combinaciones de carga	21
7.5.2	Refuerzo mínimo	23
7.5.3	Resistencia requerida	23
7.6	Cargas de diseño.....	24
7.6.1	Cargas estáticas.....	24
7.6.2	Presiones laterales de tierras	25
7.7	Cargas dinámicas.....	25
7.7.1	Cargas sísmicas.....	25
8	Resultados.....	27
8.1	Diseño estructural.....	27
8.1.1	Geometría de los elementos	27
8.2	Muros	29
8.3	Evaluación de cargas.....	29
8.4	Espectro sísmico.....	30
8.5	Análisis de carga	31
8.6	Presión progresiva sobre el muro del tanque	35
8.6.1	Cargas resultantes distribuidas.....	35
8.6.2	Momentos de diseño.	36
8.6.3	Momentos sin mayorar de diseño.	37
8.6.4	Factor de durabilidad	37
8.6.5	Chequeo de espesor	37
8.6.6	Cálculo del refuerzo.....	37
8.6.7	Disposición del refuerzo reactor UASB	38
8.6.8	Verificación de la presión del suelo.....	39
8.7	Resultados finales de estructuras PTAR municipio de Tota - Boyacá.....	40
8.7.1	Disposición de refuerzo estructura de alivio.....	40
8.7.2	Disposición de refuerzo cribado desarenador	42
8.7.3	Disposición de refuerzo pozo de inspección.....	44
8.7.4	Disposición de refuerzo filtro percolador	45
8.7.5	Disposición de refuerzo Tanque homogenizador	47
8.7.6	Disposición de refuerzo espesador de lodos	48
8.7.7	Disposición de refuerzo lecho de secado	50
9	Conclusiones.....	53
10	Anexos	55
11	Referencias Bibliográficas	56

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Tanque rectangular en concreto reforzado.</i>	9
Figura 2 <i>Tanque cuadrado en concreto reforzado.</i>	9
Figura 3 <i>Tanque cilíndrico en concreto reforzado.</i>	9
Figura 4 <i>Clasificación de tanques de almacenamiento.</i>	10
Figura 5 <i>Modelo dinámico de Housner.</i>	11
Figura 6 <i>Normas relacionadas para el análisis estructural.</i>	13
Figura 7 <i>Clasificación de cargas, diseño y cálculo estructural.</i>	14
Figura 8 <i>Ciclos de procesos de construcción de Building Information.</i>	15
Figura 9 <i>Beneficios del uso de herramientas de Building Information Modeling.</i>	16
Figura 10 <i>Combinaciones básicas.</i>	22
Figura 11 <i>Coefficientes de combinaciones.</i>	22
Figura 12 <i>Criterio para refuerzo mínimo NSR-10.</i>	23
Figura 13 <i>Ecuación de coeficiente de durabilidad ambiental</i>	24
Figura 14 <i>Fórmula de la masa equivalente del componente impulsivo del almacén de líquidos.</i> 26	
Figura 15 <i>Fórmula de la masa equivalente del componente convectivo del almacén de líquidos.</i>	26
Figura 16 <i>Alturas de centros de gravedad.</i>	26
Figura 17 <i>Tipo de estructura.</i>	27
Figura 18 <i>El espesor de los muros se realizó teniendo en cuenta las recomendaciones de la NSR10 en el título C.23-C.14.6.</i>	29
Figura 19 <i>Esquema general del tanque.</i>	31
Figura 20 <i>Fórmula de coeficiente de masa efectiva.</i>	31
Figura 21 <i>Fórmulas para hallar las propiedades dinámicas.</i>	32
Figura 22 <i>Consolidación de cargas del tanque</i>	34
Figura 23 <i>Momento actuante en los muros.</i>	36
Figura 24 <i>Momento actuante en la losa inferior.</i>	36
Figura 25 <i>Esquema de refuerzos reactor UASB.</i>	39
Figura 26 <i>Esquema de refuerzo estructura de alivio.</i>	41
Figura 27 <i>Esquema de refuerzo cribado desarenador.</i>	43
Figura 28 <i>Esquema de refuerzo pozo de inspección.</i>	45
Figura 29 <i>Esquema de refuerzo filtro percolador.</i>	46
Figura 30 <i>Esquema de refuerzo tanque homogenizador.</i>	48
Figura 31 <i>Esquema de refuerzo espesador de lodos.</i>	50
Figura 32 <i>Esquema de refuerzo lecho de secado</i>	52

Lista de tablas

Tabla 1 <i>Variables de estudio</i>	12
Tabla 2 <i>Beneficios BIM</i>	17
Tabla 3 <i>Documentos de referencia</i>	18
Tabla 4 <i>Datos generales de la estructura</i>	27
Tabla 5 <i>Factores de modificación de respuesta</i>	28
Tabla 6 <i>Geometría de la estructura</i>	28
Tabla 7 <i>Avaluó de cargas</i>	29
Tabla 8 <i>Parámetros sísmicos</i>	30
Tabla 9 <i>Propiedades mecánicas</i>	30
Tabla 10 <i>Geometría para el análisis</i>	30
Tabla 11 <i>Peso equivalente</i>	31
Tabla 12 <i>Componentes convectivos (CV) e impulsivos (IM)</i>	32
Tabla 13 <i>Centros de gravedad de componentes (CV) e (IM)</i>	32
Tabla 14 <i>Propiedades dinámicas</i>	32
Tabla 15 <i>Respuesta sísmica</i>	33
Tabla 16 <i>Distribución de la fuerza dinámica</i>	34

Lista de Símbolos y Abreviaturas

Símbolos con letras latinas

Símbolo	Término	Unidad SI
B	Lado ancho interno	m
BL	Borde libre	m
Cc	Factor de amplificación de espectro período-dependiente para los movimientos horizontales de la componente de convección	
Ci	Factor de amplificación de espectro período-dependiente para los movimientos horizontales de la componente de impulsión	
CV	Presiones convectivas	
D	Carga muerta	
E	Fuerzas sísmicas de diseño ($E=Fs/R$)	
e_li	Espesor losa inferior	m
Ec	Módulo de elasticidad del concreto	MPa
Ec	Módulo de elasticidad del concreto	kN/m ²
Es	Módulo de elasticidad del acero	Mpa
F	Cargas debidas al peso y presión de fluidos	
Fa	Carga debido a la anunciación (subpresión)	Jd
f'c	Resistencia del concreto a compresión	MPa
Fs	Esfuerzo para Tracción directa	MPa
Fy	Esfuerzo de fluencia del acero	MPa
Fy	Resistencia fluencia del acero	MPa
H	Cargas debidas al empuje lateral de suelo	
H	Altura del relleno	
Hc	Altura sobre la base del muro al centro de gravedad de la fuerza lateral convectiva	m
He	Altura enterrada tanque	m
Hi	Altura Sobre la base del muro al centro de gravedad de la fuerza lateral impulsiva	m
HL	Profundidad de diseño de depósito de líquido	m
Hr	Altura superficial libre del terreno	m
Hw	Altura sobre la base del muro al centro de gravedad del shell del tanque	m
Hw	Altura del tanque libre sin tapa	m
IM	Presiones impulsivas	
K	Rigidez de flexión de una unidad de ancho de un muro rectangular-lineal	MPa
Ka	Coefficiente de presión lateral activa	
Kh	Módulo de resorte horizontal del suelo	kN / m ³
Ko	Coefficiente de Empuje en Reposo	
Kv	Módulo de resorte vertical del suelo	kN / m ³
L	Carga de impacto o de objetos móviles	
L	Largo interno de estanques rectangulares, paralelo a la dirección de la fuerza sísmica.	m

Símbolo	Término	Unidad SI
M	Masa	kN*s ² /m ⁴
M _i	Masa impulsiva del contenido líquido	kN/m
M _w	Masa por unidad de ancho del estanque	kN/m
P _c	Fuerza total lateral convectiva	kN
P _i	Fuerza total impulsiva asociada a W _i	kN
P _w	Fuerza de inercia lateral de la aceleración de muro	kN
R _i	Factor de modificación de respuesta	
R _o	Coefficiente de capacidad de disipación de energía	
T _c	Período natural del primer modo (convectivo) de batimiento de agua	S
T _i	Período fundamental de oscilación del estanque (más la componente impulsiva del contenido)	S
T _w	Espesor muros	m
W _c	Masa equivalente de la componente Convectiva	kN
W _e	Masa efectiva dinámica de la estructura del estanque	kN
W _i	Masa equivalente de la componente impulsiva del almacén de líquidos	kN
W _L	Masa total del almacén de líquidos	kN
W _w	Masa del muro del estanque	kN

Símbolos con letras griegas

Símbolo	Término	Unidad SI
Γ	Peso unitario del relleno	kN/m ³
Γ _c	Peso específico del concreto	kN / m ³
Γ _s	Peso específico del suelo	kN / m ³
Γ _w	Peso específico del agua	kN / m ³
Λ	Coefficiente definido	
M	Coefficiente de fricción entre el suelo y el concreto	
Ξ	Coefficiente de masa efectiva	
Σ _{adm}	Capacidad portante admisible del suelo	kN / m ²
Φ	Ángulo de fricción interna del suelo	°
Φ _f	Factor de Reducción de Resistencia	
Ω _c	Frecuencia circular de oscilación del primer modo (convectivo) de batimiento de agua	rad/s
Ω _i	Frecuencia circular del modo impulsivo de vibración	rad/s

(Dedicatoria)

Gracias a Dios primeramente por darme el privilegio de avanzar en el desarrollo personal y profesional, al lado de mi familia, que me han apoyado en esta etapa de mi vida, siendo mis pilares en este camino el cual no fue tan sencillo de culminar, pero gracias a su paciencia, amor y sus aportes en mi vida, me han permitido dedicarles el fruto de nuestro esfuerzo.

Así como a cada uno de mis guías, amigos y tutores, por permitirme conocerlos y disfrutar de cada una de sus virtudes y sapiencia, que permitieron formarme como profesional en la rama de la ingeniería.

1 Resumen

Para los futuros ingenieros civiles de la Universidad Antonio Nariño se hace de vital importancia el desarrollar actividades entorno a la sapiencia obtenida durante el proceso de formación, siendo esta practica la alternativa que permite obtener un crecimiento profesional. El presente trabajo se base en las actividades realizadas en la empresa DIECO INGENIERÍA S.A.S. donde se resume el desarrollo como auxiliar de ingeniería en los procesos de diseño y cálculo de estructuras especiales, y la introducción de alternativas de diseño por medio del software REVIT de AUTODESK, como herramienta de diseño Building Information Modeling (BIM).

El propósito con el desarrollo de esta pasantía es mejorar los procesos de diseño ejecutados en la empresa anteriormente nombrada, siendo esto un aporte al desarrollo y mejoramiento de los proyectos relacionados con estructuras especiales, como son los tanques de almacenamiento de fluidos, los cuales están sometidos a diferentes condiciones que interactúan con la estructura.

Abstract

For the future civil engineers of the Antonio Nariño University it is of vital importance to develop activities around the knowledge obtained during the training process, being this practice the alternative that allows to obtain a professional growth. The present work is based on the activities carried out in the company DIECO INGENIERIA S.A.S., where the development as an engineering assistant in the processes of design and calculation of special structures, and the introduction of design alternatives by means of the software REVIT of AUTODESK, as a design tool Building Information Modeling (BIM) is summarized.

The purpose of this internship is to improve the design processes executed in the above mentioned company, being this a contribution to the development and improvement of projects related to special structures, such as fluid storage tanks, which are subjected to different conditions that interact with the structure.

2 Introducción

Este informe final permite recoger el desarrollo de actividades durante el proceso de pasantía en la empresa DIECO INGENIERÍA S.A.S, donde se abarca una serie de labores involucradas con el cálculo y diseño de estructuras especializadas, puntualmente tanques que conservan fluidos dentro de una planta de tratamiento de aguas residuales, y a los que se le introduce el método Housner, con el fin de determinar más profundamente las condiciones a las que se estará expuestas las estructuras que se relacionaran dentro del presente documento, así como la incorporación de las normas pertinentes para la elaboración de los análisis y cálculos de dichas estructuras.

Adicionalmente, se incorporarán alternativas de diseño por medio de software que permiten conocer más claramente detalles constructivos, que hacen parte de las nuevas tendencias en el mercado de la Ingeniería, siendo un apoyo en el desarrollo de estos procesos, como lo es BIM, haciendo uso del programa REVIT.

3 Objetivos

3.1 Objetivo general

Apoyar las labores de diseño estructural de ingeniería, definidas por la empresa DIECO INGENIERÍA S.A.S. por medio de herramientas de asistencia BIM, para mejorar los procesos de diseño.

3.2 Objetivos Específicos

Diseñar una hoja de cálculo para el modelado estructural de tanques de fluidos implementando la metodología de Housner y desarrollada por la norma ACI-350, en Excel de Microsoft en compañía del ingeniero calculista.

Incorporar actividades de diseño y parametrización por medio de herramientas de asistencia BIM “Revit”, que permite evaluar y mejorar el componente estructural de acuerdo a las normas vigentes, según la naturaleza de los proyectos.

4 Planteamiento del problema

DIECO INGENIERIA S.A.S identifica con NIT 901042314-6, es una empresa fundada hace cuatro años en la ciudad de Tunja-Boyacá, se dedica a la gestión y ejecución de proyectos de construcción de ingeniería y arquitectura, diseño y consultoría. (RUES, s.f.)

La organización en la que se implementará la práctica profesional, posee gran demanda en proyectos a nivel nacional relacionados con consultoría en diseño de estructuras, lo que permite involucrar al estudiante pasante en los diferentes procesos y en la toma de decisiones, otorgándole al estudiante un carácter profesional, ético y responsable con la sociedad a la cual más adelante se le prestará un servicio.

La propuesta es relevante debido a que actualmente en su estructura organizacional no existe el cargo de auxiliar de ingeniería. Dada la demanda manifestada, se determina la necesidad de incluir personal que se encargue en el apoyo de los procesos que se realizan dentro de la empresa, tales como: velar por la recolección de información técnica de cada uno de los proyectos en la etapa de diseño, dentro de estos se encuentran planos estructurales, memorias de cálculo, especificaciones técnicas, todo con el fin de mantener un orden y permitir dar la información adecuada y eficiente al equipo de trabajo, elaborar diseños y redactar cada una de las especificaciones según la necesidad de los proyectos.

Teniendo en cuenta que, dentro de las principales necesidades generadas en la empresa para la ejecución de proyectos de construcciones civil, se pretende promover alternativas que permitan mejorar el desarrollo de diseños y de cálculos de los diferentes procesos estructurales, ya que en la actualidad se han generado herramientas que permiten una interacción directa entre diseñador y proyecto, reconociendo los posibles errores humanos generados.

5 Presentación de la empresa

DIECO INGENIERIA S.A.S, inscrita en el RUT (registro único tributario), con NIT (numero tributario de identificación) 901.042.314-6, es una empresa fundada el 06 de enero del año 2017 en la ciudad de Tunja-Boyacá, bajo la actividad principal M7110 “Actividades de arquitectura e ingeniería y otras Actividades conexas de consultoría técnica” y como segunda actividad económica F4290 “Construcción de otras obras de ingeniería civil”; la empresa se dedica principalmente a la gestión y ejecución de proyectos de construcción de ingeniería y arquitectura, diseño y consultoría. (RUES, s.f.)

La empresa cuenta con el apoyo de profesionales altamente calificados, que brindan una adecuada y alta calidad en el diseño, consultoría y construcción de estructuras, siendo su fuerte, el análisis y la ejecución en la fase estructural.

5.1 Misión

Desarrollar proyectos de ingeniería y construcción, basándose en la planeación, organización, dirección, ejecución y control en proyectos de ingeniería estructural, brindando seguridad, calidad y cumplimiento a sus clientes.

5.2 Visión

DIECO INGENIERIA S.A.S. busca consolidarse en el sector de la construcción como una empresa líder de ingeniería y construcción, reconocida por su alta calidad y servicio, que le permita obtener un crecimiento constante y de mejora en sus procesos, prestándole servicios a empresas públicas y privadas, por medio de nuestros colaboradores en ambientes positivos.

5.3 Políticas de calidad

Es de fundamental importancia para DIECO INGENIERIA S.A.S. ser una empresa reconocida por su calidad y servicio en el diseño estructural y en la construcción de proyectos de ingeniería; apoyándose en el mejoramiento constante de los procesos de consultoría, diseño y

construcción. El desempeño y el alcance de los proyectos serán evaluados a partir del compromiso, eficiencia y calidad establecidos antes, durante y posterior a la ejecución de los proyectos.

5.4 servicios ofrecidos

DIECO INGENIERIA S.A.S. suministra los servicios profesionales especializados de ingeniería civil en asesoría, consultoría y de construcción en el área estructural, permitiendo solucionar las problemáticas presentadas en el sector de ingeniería básica y de detalles de los siguientes tipos:

- Edificaciones.
- Acueductos y alcantarillados.
- Plantas de tratamiento para agua potable y residual.
- Estructuras de contención.
- Puentes.
- Otras

6 Marco conceptual

6.1 Generalidades

6.1.1 Definición

Un tanque se define como una estructura capaz de almacenar fluidos u otros materiales según la composición, el uso o la necesidad tales como: gases, agua, alimentos, fluidos a presión, oxígenos, entre otros. El uso de estos está presente en la mayoría de industrias del país y del mundo.

Su uso está presente desde el almacenamiento de agua, hasta el uso para la contención de materiales peligrosos. A continuación, algunas definiciones:

“Los tanques son estructuras especiales, construidas con el fin de almacenar algún material o sustancia, usualmente se utilizan en almacenamiento de agua u otros líquidos, como pueden ser: combustibles y químicos. Estas estructuras de igual manera se usan para almacenar gases y desperdicios, ya sean sólidos o líquidos, como también pueden formar parte de procesos productivos o de manufactura, para almacenamiento de granos, y a veces son manipulados como reactores”. (Galindo & Arregui, 2004)

Por consiguiente, los tanques son estructuras especiales, que permiten el almacenamiento de líquidos, gases y productos sólidos, que se encuentran en uso para industria, así como la sociedad en general, con el fin de suplir necesidades por medio del almacenamiento.

6.1.2 Tipos de tanques

Dentro de los criterios de clasificación de tanques, existen de acuerdo a su forma tales como:

Rectangulares **Figura 1**

Tanque rectangular en concreto reforzado.

Cuadrados **Figura 2**

Tanque cuadrado en concreto reforzado.

Cilíndricos **Figura 3**

Figura 1

Tanque rectangular en concreto reforzado.



Nota. Tanque cuadrado. Elaboración propia.

Figura 2

Tanque cuadrado en concreto reforzado.



Nota. Tanque cuadrado. Tomada de (Huertadesing, 2020)

Figura 3

Tanque cilíndrico en concreto reforzado.



Nota. Tanque circular. Tomada de (Dismocan, 2021)

Tanque cilíndrico en concreto reforzado.

6.1.3 Clasificación de tanques de almacenamiento

Los tanques de almacenamiento se pueden clasificar según el criterio de construcción, sea por su forma, orientación, tipo de material, condiciones a las que estará expuesto, presiones de

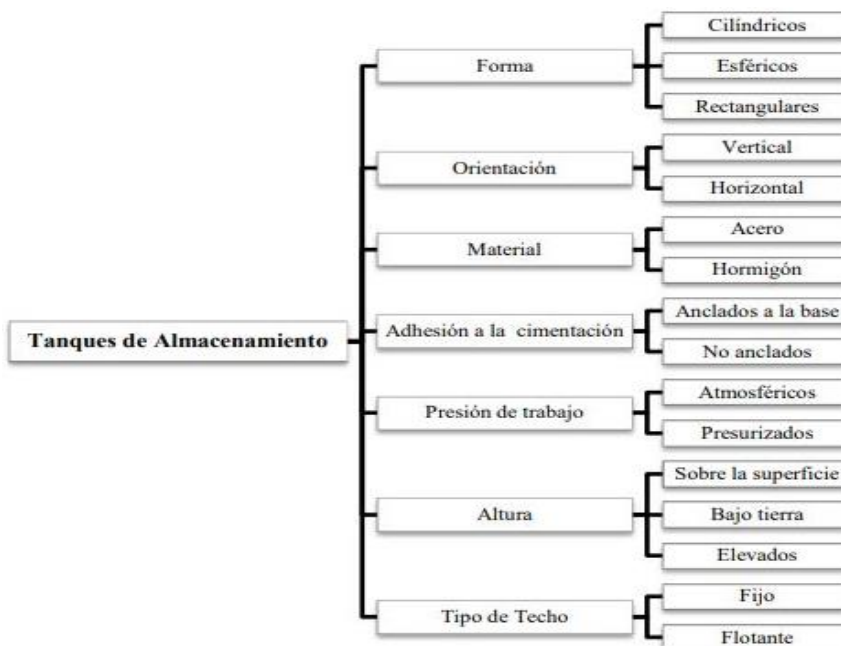
trabajo, entre otras.

A continuación, se mostrará sus clasificaciones. Figura 4

Clasificación de tanques de almacenamiento.

Figura 4

Clasificación de tanques de almacenamiento.



Nota. Clasificación de tanques. Tomada de (Pupiales & Alex, 2013)

6.2 Tanque de almacenamiento de aguas por el método Housner

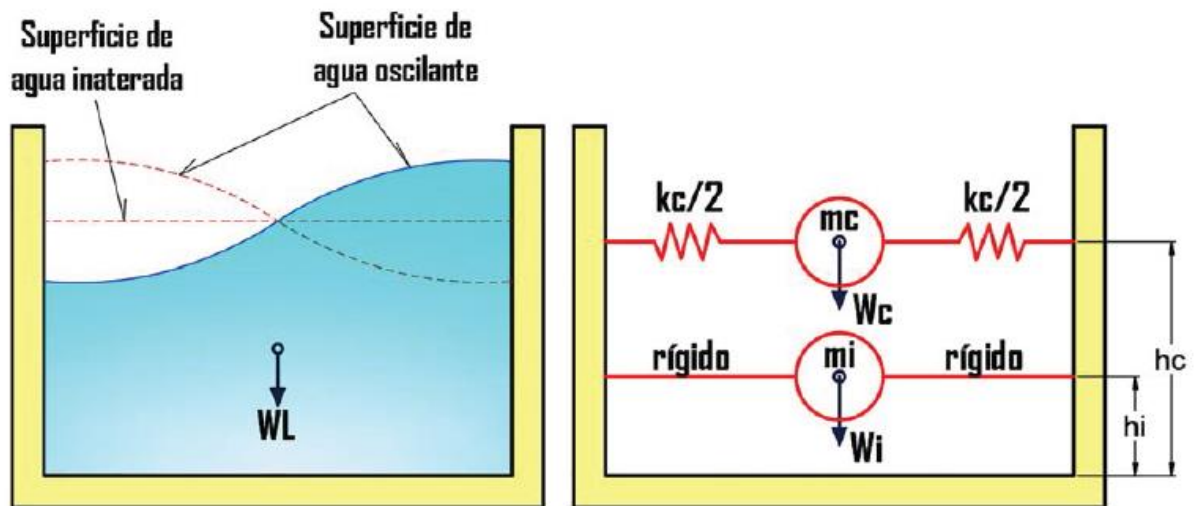
Dentro de los métodos establecidos para el análisis de tanques con contenido de líquidos, se encuentra un estudio establecido por Housner en el año 1963, donde se consideran las áreas de contenido de líquido, partiendo de la parte inferior a media, como la masa impulsiva, donde las presiones permiten un movimiento rígido con el depósito y la zona superior restante del tanque trabaja como la masa convectiva, la cual actúa como una masa sujeta a las paredes, siendo una

zona flexible, que representa la acción de las olas del líquido.

Housner sugirió, que la representación dinámica de los fluidos debía ser una aproximación de los dos modelos de masa, los cuales sería la masa impulsiva y la masa convectiva, siendo estas el comportamiento dinámico incorporado en una estructura de almacenamiento de fluidos. (Livaoglu, 2008)

Figura 5

Modelo dinámico de Housner.



Nota. Sistema dinámico equivalente para tanques de agua. Tomado de (Canchari & Arévalo, 2016)

Se presenta a continuación la tabla 1, donde se relacionan las actividades a realizar; las cuales requieren apoyo de diseño de estructuras con asistencia de herramientas BIM, delimitando el problema a los conceptos que permiten elaborar el marco teórico.

Tabla 1*Variables de estudio.*

Disciplina	Ingeniería Civil
Campo de Estudio	Infraestructura de estructuras especiales
Estructura a Analizar	estructuras especiales (contenedoras de fluidos)
Variable de Análisis	Diseño
	Normas de diseño
Variables relacionadas	Diseño y cálculos de estructuras Implementación de herramientas BIM

Nota. Elaboración fuente Propia

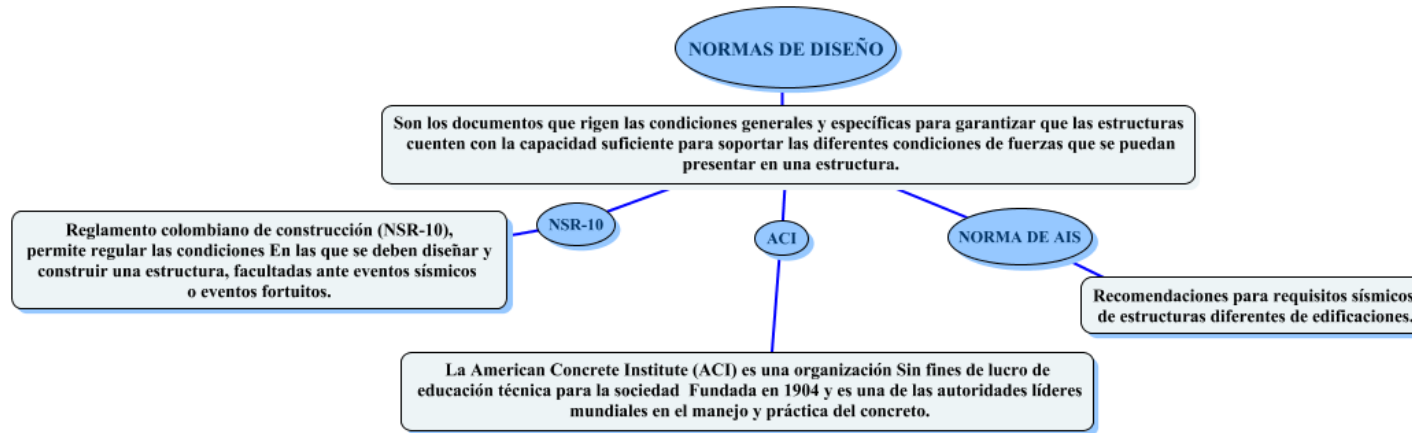
6.3 Normas de diseño

Son los documentos que rigen las condiciones generales y específicas para garantizar que las estructuras cuenten con la capacidad suficiente para soportar las diferentes condiciones de fuerzas que se puedan presentar en una estructura, tales como, fuerzas gravitacionales, fuerzas sísmicas, fuerzas de empuje, fuerzas naturales (lluvia, viento, nieve), entre otras, así mismo tener la capacidad de soportar condiciones extremas ante eventos fortuitos.

A partir de las especificaciones de diseño, construcción, mantenimiento de infraestructura se presenta la descripción de los aspectos más relevantes a tener en cuenta dentro de las normas colombianas y estadounidenses, en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se presenta las normas relacionadas con el diseño.

Figura 6

Normas relacionadas para el análisis estructural.



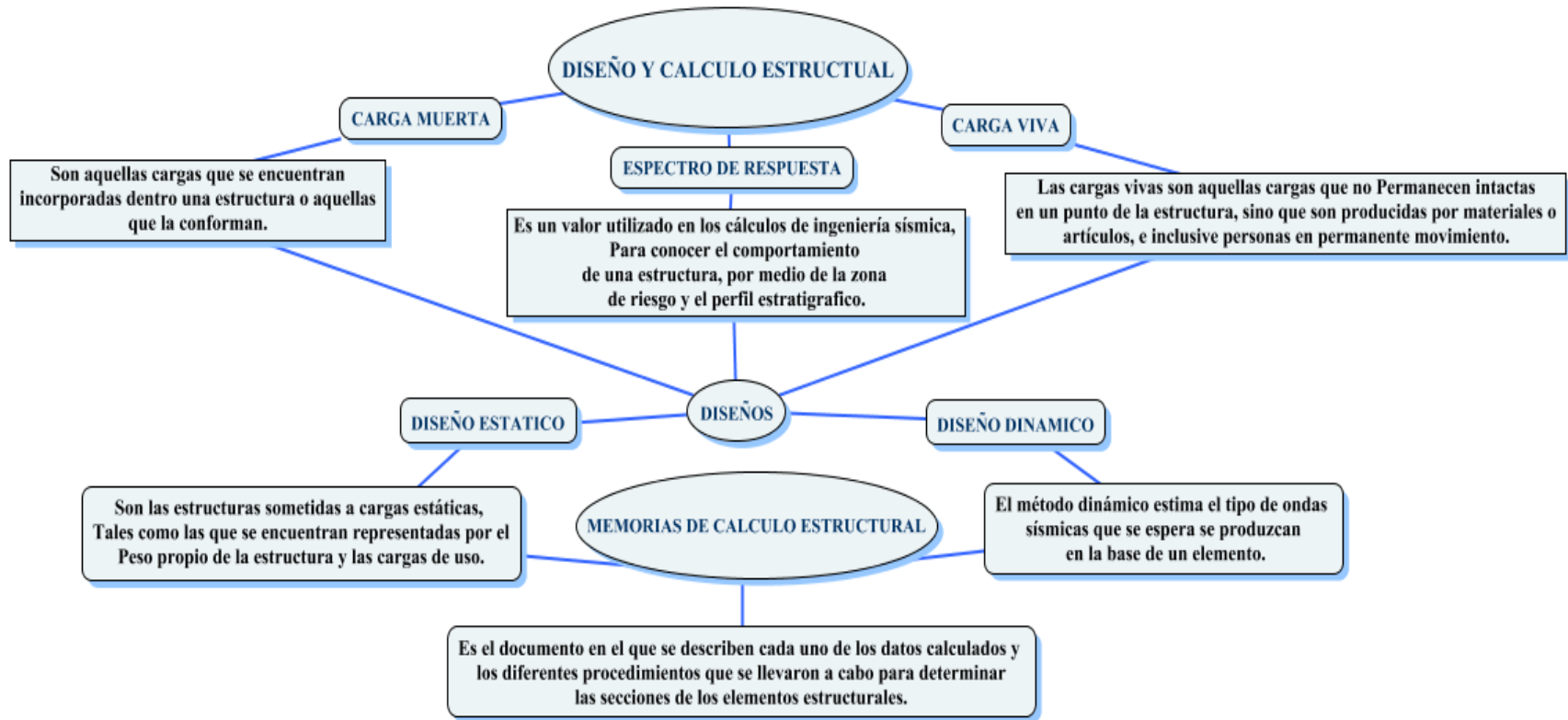
Nota. Normas aplicadas en el diseño. Elaboración propia

6.4 Diseño y cálculos de estructuras

A partir de las especificaciones de diseño, construcción, mantenimiento de infraestructura se presenta la descripción de los aspectos más relevantes a tener en cuenta dentro de las normas colombianas, en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se presenta clasificación de cargas, diseño y cálculo estructural:

Figura 7

Clasificación de cargas, diseño y cálculo estructural.



Nota. Clasificación de cargas y diseños en cálculo estructural. Elaboración propia

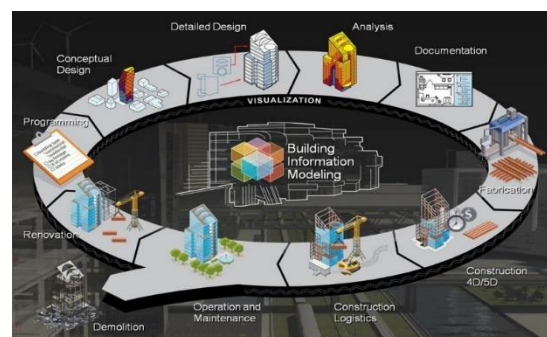
Son los análisis necesarios que se deben realizar para conocer las condiciones a las que pueden estar expuestas las estructuras, las que se desarrollan a partir de las cualidades que ofrecen los materiales, sus propiedades mecánicas y el comportamiento que se genera en condiciones desfavorables, lo que permite concebir los estudios pertinentes de estabilidad en las estructuras. Implementación de herramientas BIM

Building Information Modeling es un proceso de representación que permite la creación y generación de vistas multidimensionales conformadas por datos, referencias y detalles a través de todo el proceso de vida de un proyecto. (Ingenieros, 2019)

Dentro de las razones más significativas de un bajo desempeño en la ingeniería y la construcción. Es el hecho de no poder visualizar cada uno de los procesos de construcción y el realizar un adecuado flujo de información entre diferentes equipos de trabajo. BIM busca hacer un adecuado uso colaborativo entre los diferentes miembros que conforman cada una de las ramas del proyecto, llámense arquitectura, ingeniería, construcción o mantenimiento, con el fin de interactuar todos los miembros del equipo durante todo el proceso y así poder llegar al alcance esperado. (Ahmed.M. Eldeep, 2021)

Figura 8

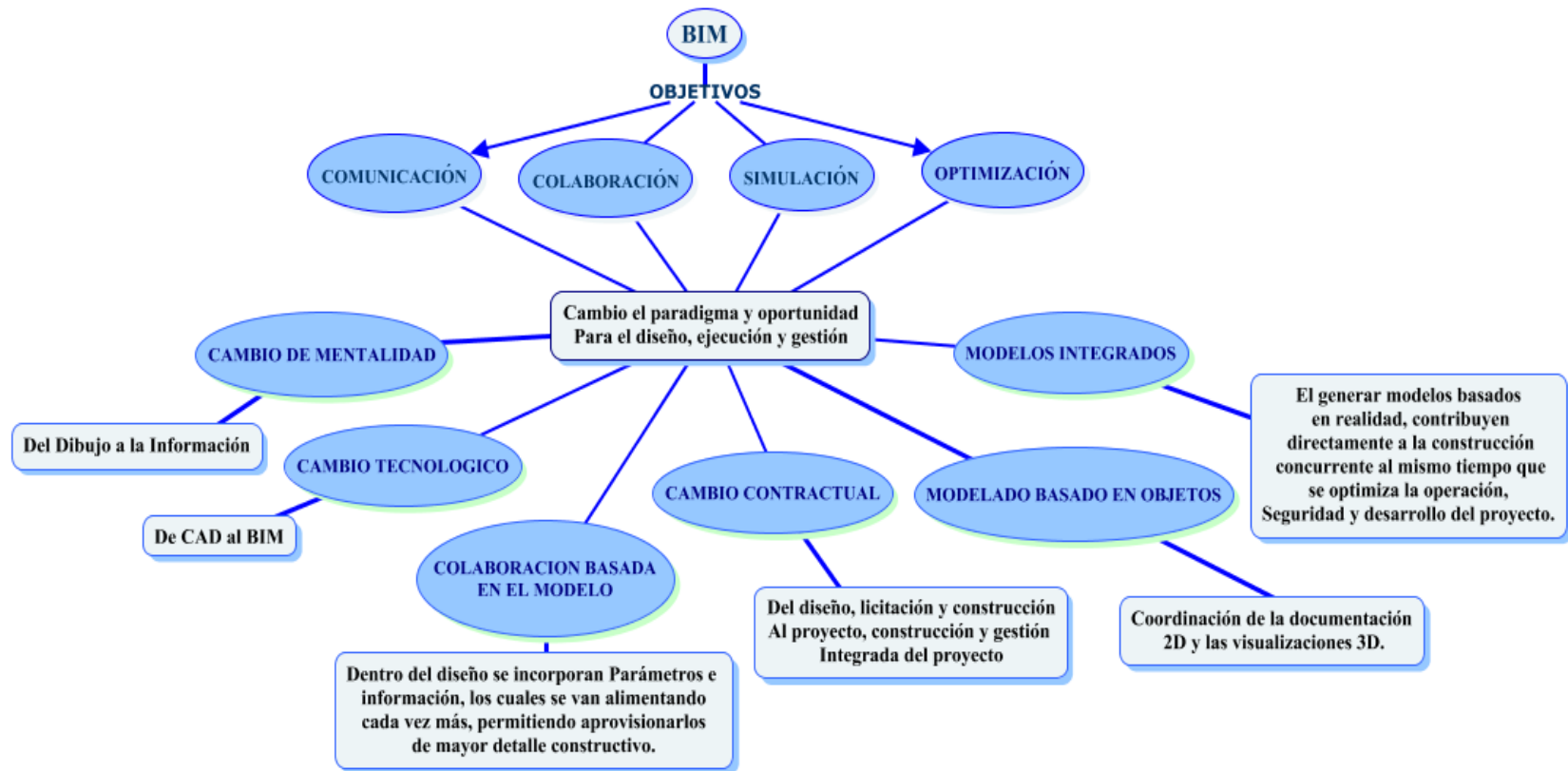
Ciclos de procesos de construcción de Building Information.



Nota. Procesos de la metodología BIM. (ingeniería, 2021)

Figura 9

Beneficios del uso de herramientas de Building Information Modeling.



Nota. Beneficios de la metodología BIM. Elaboración propia

Los métodos tradicionales han marcado muchos atributos, que han convertido a los proyectos de construcción frágiles frente a disputas durante su proceso de ejecución, así como las problemáticas entre las personas interesadas en el desarrollo del proyecto, los presupuestos ajustados y la falta de estímulos que permitan una mayor colaboración en el desarrollo de actividades. Por lo consecuente, uno de los mayores desafíos en este tipo de procesos, es el generar documentos e información entendible y clara, por lo que ha determinado que los beneficios de la implementación del BIM en la resolución de conflictos son: (Arayas, 2019)

Tabla 2

Beneficios BIM.

Autores	Principales hallazgos	Razón proporcionada
(Greenwald, 2012)	Se posibilita una amplia eliminación de conflictos tanto de diseño como de programación en las primeras fases del proyecto.	Por medio del BIM se preserva ambiente de colaboración basado en documentos formales.
(El Hawary, 2016)	Simplifica las causas de las demandas.	Minimiza la holgura de incertidumbre en la estimación de cantidades.
(Aref Charehzehi, 2017)	Por medio de marco BIM se controlan los diferentes fundamentos de conflictos, por medio del reconocimiento de interrupciones, con el uso de la visualización en 3D y la programación en 4D.	Provee mayor eficiencia en la gestión de demandas.
(Coyne, 2008)	Por medio del diseño de 4D se pueden reducir los retrasos, debido a las demandas.	Mayor fluidificación en la identificación y visualización de retrasos.
(Olfa Hamdi, 2013)	Dentro del uso de las herramientas BIM en las etapas de diseño y construcción se visualizaron vacíos. Pero por otro lado desde el punto de vista contractual se pueden manejar estos vacíos.	Presenta desviaciones concurrentes entre los interesados.

Nota. Resumen de los beneficios de la implementación del BIM en la resolución de conflictos.

Tomado de (Arayas, 2019)

7 Metodología

Para desarrollar de manera correcta el proceso de pasantía como auxiliar de ingeniería en el área de estructuras, se asignan las funciones y actividades pertinentes al cargo, para dar cumplimiento con el alcance y la necesidad del proyecto, dentro de los horarios establecidos por la empresa; donde se realizó la respectiva inducción y capacitación por parte del ingeniero director de consultoría, acerca de las reglas técnicas y administrativas de la empresa DIECO INGENIERIA S.A.S., y de cada una de las actividades a cumplir con fin de efectuar el objetivo asignado.

Una vez proporcionada la información para la ejecución de las actividades como auxiliar de ingeniería, se dio inicio a la implementación metodológica para la correcta ejecución de las tareas asignadas, las cuales se describen a continuación:

En la siguiente tabla se presentan los documentos que sirvieron de referencia para el análisis y diseño estructural de los componentes de la PTAR, por medio de herramientas BIM y uno de los software líder “Revit”, donde se da inicio a la parametrización de familias y de cada uno de los elementos que componen el sistema de tratamiento de aguas, con el fin de visualizar el proceso e incorporación del refuerzo en cada uno de los componente creados con el propósito de mitigar errores en las cantidades y distribución de aceros.

Tabla 3

Documentos de referencia.

Ítem	Documento
1	Diseño hidráulico.
2	Estudio geotécnico elaborado en el lugar de estudio.
3	Estudio Topográfico.

Nota. Elaboración propia

7.1 Normas de diseño

- Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10.
- Code Requirements for Environmental Engineering Concrete Structures and Commentary ACI-350-06
- Recomendaciones para requisitos sísmicos de Estructuras diferentes a edificaciones AIS 180-13

7.2 Nomenclatura y anotaciones

7.2.1 Nomenclatura de materiales

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

f_c : Resistencia del concreto a compresión [MPa].

E_c : Módulo de elasticidad del concreto [MPa].

f_y : Esfuerzo de fluencia del acero [MPa].

E_s : Módulo de elasticidad del acero [MPa].

7.2.2 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 [$^\circ$].

σ_{adm} : Capacidad portante admisible del suelo [kN / m^2].

μ : Coeficiente de fricción entre el suelo y el concreto.

K_h : Módulo de resorte horizontal del suelo [kN / m^3].

K_v : Módulo de resorte vertical del suelo [kN / m^3].

7.3 Materiales

7.3.1 Concreto

Concretos muros: $f'_c = 28 \text{ MPa}$, relación agua material cementante (A/C) ≤ 0.45

Módulo de elasticidad: $E = 3900 * \text{Raíz}(28 \text{ MPa}) = 20637 \text{ MPa}$.

Concreto losas: $f'_c = 28 \text{ MPa}$, relación agua (A/C) ≤ 0.45

Módulo de elasticidad: $E = 3900 * \text{Raíz}(28 \text{ MPa}) = 20637 \text{ MPa}$.

Concreto de limpieza: $f'_c = 14 \text{ MPa}$.

7.3.2 Acero de refuerzo

Acero de refuerzo corrugado: ASTM A – 706M, $f_y = 420 \text{ MPa}$.

7.4 Materiales

Las estructuras fueron diseñadas siguiendo los lineamientos de diseño establecidos en la Norma Colombiana de Construcción Sismo Resistente NSR10, Code Requirements for Environmental Engineering Concrete Structures and Commentary ACI-350-06, y recomendaciones para requisitos sísmicos de Estructuras diferentes a edificaciones AIS 180-13. Lo que se pretende en este caso es analizar las condiciones de carga más críticas, por medio de la comparación de las hipótesis de carga, evaluando las condiciones a las que puede estar expuesto el elemento estructural, de la siguiente manera: tanque vacío, tanque lleno de fluido, tanque lleno de fluido y sometido a fuerzas sísmicas del ACI-350, el NSR-10 y las recomendaciones de la AIS 180-13. Dadas las condiciones necesarias, se hace la comparación a partir de los movimientos sísmicos del terreno por medio de presiones hidrodinámicas. Tales como: presiones convectivas (CV), presiones impulsivas (IM) y presiones Inerciales. Lo que permitirá predecir el

comportamiento del líquido y el efecto a la deformación de las paredes de la estructura frente a los empujes laterales que soportará, lo que facilita el reconocer los posibles excesos de presiones dinámicas del agua dada la geometría de las estructuras, por tal razón, las consideraciones de carga para empujes laterales se consideran con ACI-350-06.

El diseño se realizó con las combinaciones de carga dada en la norma NSR-10. Se considerarán para el análisis: La carga muerta D, carga debido al peso y presión de fluidos con densidades definidas y altura máximas controlables, o momentos y fuerzas internas F, cargas debido al peso y empuje del suelo, del agua en el suelo, u otro material H, empuje vertical del relleno, cargas dinámicas del empuje de agua (cargas convectivas e impulsivas). Los efectos sísmicos “EQ” serán considerados según el sitio de construcción.

El diseño de los elementos en concreto se desarrollará a partir de todo lo descrito en la ACI – 350-06: 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 2.

7.5 Reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10

7.5.1 Combinaciones de carga

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

Figura 10

Combinaciones básicas.

$1.4(D+F)$	(B.2.4-1)
$1.2(D+F+T)+1.6(L+H)+0.5(L_r \text{ ó } G \text{ ó } L_e)$	(B.2.4-2)
$1.2D+1.6(L_r \text{ ó } G \text{ ó } L_e)+(L \text{ ó } 0.8W)$	(B.2.4-3)
$1.2D+1.6W+1.0L+0.5(L_r \text{ ó } G \text{ ó } L_e)$	(B.2.4-4)
$1.2D+1.0E+1.0L$	(B.2.4-5)
$0.9D+1.6W+1.6H$	(B.2.4-6)
$0.9D+1.0E+1.6H$	(B.2.4-7)

Nota: Reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10 título B numeral

B.2.4.2.

Las combinaciones de carga empleadas fueron: B.2.4-1, B.2.4-2, B.2.4-7, no se consideraron las cargas de viento, ni de granizo ni de empozamiento. De igual manera, se establecieron las combinaciones de carga más crítica para cada estado a evaluar.

Con esto se tienen los siguientes coeficientes para las combinaciones:

Figura 11

Coefficientes de combinaciones.

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

D = Carga Muerta.

E = Fuerzas sísmicas de diseño ($E = F_s/R$).

F = Cargas debidas al peso y presión de fluidos.

Fa = carga debido a la anunciación (Subpresión).

L = Carga de impacto o de objetos móviles.

H = Cargas debidas al empuje lateral de suelo.

Nota: Reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10 título B

7.5.2 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 12

Criterio para refuerzo mínimo NSR-10.

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.

Nota: Reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10 Título C.

7.5.3 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 13

Ecuación de coeficiente de durabilidad ambiental

$$S_d = \frac{\phi f_y}{\gamma f_s} \geq 1.0 \quad (\text{C.23-1})$$

donde $\gamma = \frac{\text{carga mayorada}}{\text{carga no mayorada}}$

Nota: 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:

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

7.6 Cargas de diseño

El análisis y diseño se efectuó para las siguientes cargas teniendo en cuenta los parámetros que se presentaran a continuación:

7.6.1 Cargas estáticas

Estas cargas pueden ser de tipo gravitacional o laterales, donde las cargas gravitacionales son aquellas cargas verticales que se le adicionan al peso propio sobre la estructura, normalmente se generan debido a sobrecargas constantes, como materiales de relleno, equipos o cargas propias por uso. Tales como: Las cargas muertas y vivas debido a la ocupación de la estructura.

Acorde a lo anterior, las cargas laterales en el estanque son generadas por las presiones hidrostáticas producidas por el peso específico del líquido y de la profundidad a la que se analice la estructura, dentro de estas cargas se incluyen las debidas al peso específico del suelo y el coeficiente de presión lateral del terreno, donde se clasificara según el caso.

Activo (K_a)

Pasivo (K_p)

Reposo (K_o)

7.6.2 Presiones laterales de tierras

Dentro del análisis se considera el cálculo de presión de tierras, donde se elige el coeficiente que permite determinar la presión lateral debido al empuje del terreno sobre los costados de la estructura. La condición en la que se verá expuesto el estanque es en estado de reposo, donde la estructura y el terreno están en equilibrio, debido a que los elementos de contención se consideran restringidos al movimiento.

7.7 Cargas dinámicas

7.7.1 Cargas sísmicas

Para la determinación de las cargas sísmicas, se debe evaluar las cargas hidrodinámicas e inerciales de la estructura enterrada, basándose en el modelo generado por el señor Housner (1963), donde se determinan las fuerzas dinámicas producidas por el fluido. Tales como: fuerzas convectivas y fuerzas impulsivas, las cuales se pueden determinar gracias a la norma (ACI 350.3-06), determinando los requerimientos mínimos exigidos en el análisis y diseño de estructuras contenedoras de líquidos.

Las masas equivalentes W_i y W_c , y alturas de centro de gravedad, h_i , h_c , h_i' y h_c' , de estanques montados, deben ser computados usando las ecuaciones correspondientes a la Ec. 9.2, para estanques de paredes rectangular.

Figura 14

Fórmula de la masa equivalente del componente impulsivo del almacén de líquidos.

$$\frac{W_i}{W_L} = \frac{\tanh[0.866(L/H_L)]}{0.866(L/H_L)}$$

Nota. Reglamento ACI-350.3 Ecu. 9.2.1.

Figura 15

Fórmula de la masa equivalente del componente convectivo del almacén de líquidos.

$$\frac{W_c}{W_L} = 0.264(L/H_L) \tanh[3.16(H_L/L)]$$

Nota. Reglamento ACI-350.3 Ecu. 9.2.2.

Alturas de centros de gravedad

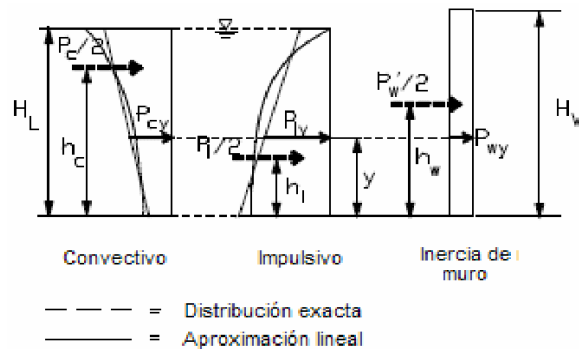
$$\begin{aligned} \frac{L}{H_L} < 1.333 & \quad \frac{h_i}{H_L} = 0.5 - 0.09375\left(\frac{L}{H_L}\right) \\ \frac{L}{H_L} \geq 1.333 & \quad \frac{h_i}{H_L} = 0.375 \end{aligned}$$

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

Nota. Reglamento ACI-350.3 Ecu. 9.2.3 y 9.2.4. *Nota.* Reglamento ACI-350.3 Ecu. 9.2.5.

Figura 16

Alturas de centros de gravedad.



Nota. Distribución de fuerzas verticales en tanques. Reglamento ACI-350.3 Figura R5.3

Las propiedades dinámicas, incluyendo períodos de vibración y coeficientes laterales, deben ser posibles de determinar sobre la base del uso de métodos de análisis dinámico.

8 Resultados

8.1 Diseño estructural

Teniendo en cuenta que la configuración geométrica suministrada por el estudio hidráulico y el estudio geotécnico, permiten establecer la geometría de los elementos y su sección mínima para el diseño, como:

8.1.1 Geometría de los elementos

Lugar de implementación: Tota – Boyacá.

Tabla 4

Datos generales de la estructura.

Tipo de estructura	Tanques, contenedores de líquidos y gases a presión, 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	
Coefficiente 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

Nota. Tomada y modificada de las Recomendaciones AIS-180-13

Figura 17

Tipo de estructura.

Tipo de estructura	Valor de R_0
Tanques, contenedores de líquidos y gases a presión, apoyados sobre columnas arriostradas, con diagonales, o no	2.0
Silos y chimeneas de concreto reforzado vaciado en sitio, cuyas paredes son continuas hasta la fundación	3.5
Estructuras en forma de torre cuya masa está distribuida en la altura, tales como chimeneas, silos y tanques, cuyos apoyos consisten en faldones.	3.0
Torres en celosía, autoportantes o con templetes, chimeneas y torres con templetes.	3.0
Estructuras de tipo péndulo invertido	2.0
Tolvas sobre columnas, con o sin contravientos.	3.0
Torres de enfriamiento	3.5
Torres o anaqueles de almacenamiento	3.0
Avisos y vallas publicitarias	3.5
Monumentos y estructuras de parques de diversión	2.0
Otras estructuras autoportantes, no incluidas anteriormente	3.0

Nota. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR10 Titulo A Tabla A-1.3-1.

Tabla 5

Factores de modificación de respuesta.

Tabla 4.1.1 (b) Factor de modificación de respuesta	Ri		
	Superficial	Enterrado	Rc
Tanque base fija o articulada	2,0	3,0	1,0
Tanque con base flexible, anclados	3,25	3,25	1,0
Tanque sobre pedestales	2,0	0,0	1,0
Tanques con base restringida o no restringida, sin anclar	1,5	2,0	1,0

Nota. Recomendaciones AIS-180-13

Tabla 6

Geometría de la estructura.

Altura del tanque libre sin tapa	H	5,35	[m]
Lado largo interno	L	6,90	[m]
Lado ancho interno	B	3,45	[m]
Espesor muros recomendado [c.23-c14.6.2]	tw	0,30	[m]
Espesor muros [c.23-c14.6.2]	tw	0,35	[m]
Espesor losa inferior	e_li	0,35	[m]
Altura enterrada tanque	He	2,35	[m]
Altura superficial libre del terreno	Hr	3,00	[m]

Nota. Elaboración propia

8.2 Muros

Figura 18

El espesor de los muros se realizó teniendo en cuenta las recomendaciones de la NSR10 en el título C.23-C.14.6.

C.23-C.14.6 — Espesor mínimo de muros

C.23-C.14.6.1 — El espesor de los muros que no sean de carga cuya estabilidad vertical no se derive de curvatura del muro en planta no debe ser menor de 150 mm, ni menor de 1/30 de la distancia mínima entre elementos que le proporcionen apoyo lateral.

C.23-C.14.6.2 — El espesor mínimo de muros convencionales de concreto reforzado construidos en sitio que estén en contacto con líquidos y tengan más de 3 m de altura debe ser 300 mm.

Nota. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR10 Título C numeral C.23-C-14.6.2

Donde la longitud de la estructura del reactor UASB es 6,90 m., aproximadamente y la altura máxima es de 5,35 m, arrojando un valor recomendado de espesor de 0.35 m para el segundo criterio de la norma.

8.3 Evaluación de cargas

Según el análisis desarrollado, permitió establecer las presiones y las fuerzas a las que estaría sometida la estructura, con el fin de mejorar la capacidad, por medio de una hoja de cálculo desarrollada en Microsoft Excel y así determinar una mejor funcionalidad.

Tabla 7

Avaluó de cargas.

Peso Propio de los Elementos (D) - (DC)		
Coeficiente de presión lateral activa	Ka	0.33
Peso unitario del relleno	γ [kN/m ³]	20.00
Altura del relleno	h [m]	2,35

Nota. Elaboración propia

8.4 Espectro sísmico

Tabla 8

Parámetros sísmicos.

Tipo de perfil del suelo		D			
Zona sísmica		Alta			
Capacidad de disipación de E		DES			
Ss	0,80	S ₁	0,50	S _{DS}	0,58
Fa	1,08	Fv	1,30	S _{D1}	0,43

Nota. Elaboración propia

Tabla 9

Propiedades mecánicas.

Esfuerzo admisible del suelo	σ_{adm}	101,3	[kN/m ²]
Peso Unitario del Relleno	γ_{Re}	20,0	[kN/m ³]
Peso Específico del Concreto	γ_c	24,0	[kN/m ³]
Peso Específico del Agua	γ_a	10,0	[kN/m ³]
Resistencia del Concreto	f'_c	28,0	[MPa]
Resistencia fluencia del acero	F_y	420,0	[MPa]
Esfuerzo para Tracción directa	f_s	140,0	[MPa]
Coefficiente Activo de Tierras	K_a	0,33	
Factor de Reducción de Resistencia	ϕ_f	0,9	
Coefficiente de Empuje en Reposo	K_o	0,5	
Módulo de elasticidad del concreto	E_c	24870062	[kN/m ²]

Nota. Elaboración propia

Tabla 10

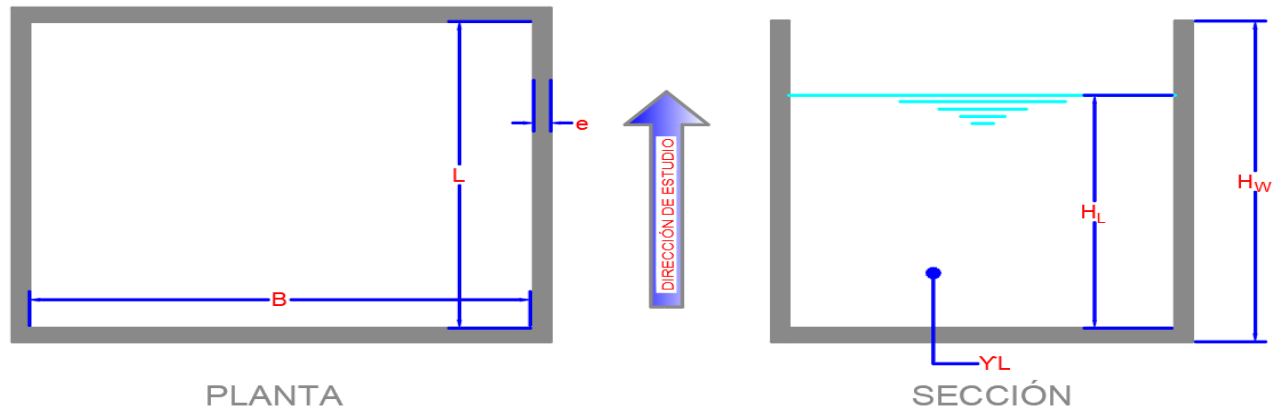
Geometría para el análisis.

Altura enterrada	H ₁	2,35	[m]
Coefficiente de tierras	K_a	0,33	

Nota. Elaboración propia

Figura 19

Esquema general del tanque.



8.5 Análisis de carga

Tabla 11

Peso equivalente.

Altura del tanque libre sin tapa	H _w	5,35	[m]
Lado largo interno	L	6,90	[m]
Lado ancho interno	B	3,45	[m]
Borde libre	BL	0,30	[m]
Profundidad de diseño de depósito de líquido	H _L	4,70	[m]
Masa total del almacén de líquidos	WL	1119	[kN]
Masa del muro del estanque	W _w	993	[kN]
Masa por unidad de ancho del estanque	M _w	45	[kN/m]
Coefficiente de masa efectiva	ξ	0,77	OK

Nota. Elaboración propia

Figura 20

Fórmula de coeficiente de masa efectiva.

$$\xi = \left[0.0151 \left(\frac{L}{H_L} \right)^2 - 0.1908 \left(\frac{L}{H_L} \right) + 1.021 \right] \leq 1.0 \quad (9-34)$$

Nota. Reglamento ACI-350.3 Ecu. 9.5.1.

Tabla 12*Componentes convectivos (CV) e impulsivos (IM).*

Masa equivalente de la componente impulsiva	Wi	752	[kN]
Masa equivalente de la componente Convectiva	Wc	422	[kN]
Masa impulsiva del contenido líquido	Mi	108,94	[kN/m]

Nota. Elaboración propia**Tabla 13***Centros de gravedad de componentes (CV) e (IM).*

hi	1,76	[m]	hc	2,97	[m]
hi'	2,91	[m]	hc'	3,49	[m]

Nota. Elaboración propia**Tabla 14***Propiedades dinámicas.*

hw	2,68	[m]	h	2,28	[m]
k	22436		m	153,88	[kN/m]
ω_i	12,1	[rad/s]	Ti	0,52	[seg]
λ	5,5		ω_c	2,09	[rad/s]
Tc	3,00	[seg]			

Nota. Elaboración propia**Figura 21***Fórmulas para hallar las propiedades dinámicas.*

$$\omega_i = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$m = m_w + m_i$$

$$T_i = \frac{2\pi}{\omega_i} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$\omega_c = \frac{\lambda}{\sqrt{L}}$$

Nota. Reglamento ACI-350.3 Ecu. 9.2.9; 9.2.10; 9.2.11; 9.2.12

$$\lambda = \sqrt{3.16g \tanh[3.16(H_L/L)]}$$

$$T_c = \frac{2\pi}{\omega_c} = \left(\frac{2\pi}{\lambda}\right) \sqrt{L}$$

$$k = \frac{E_c}{4 \times 10^6} \times \left(\frac{t_w}{h}\right)^3$$

Nota. Reglamento ACI-350.3 Ecu. 9.2.13 y 9.2.14.

Tabla 15

Respuesta sísmica.

Ts	0,75	[seg]	$T_S = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$	<p>For $T_I \leq T_S$</p> $C_i = S_{DS}$ <p>For $T_I > T_S$</p> $C_i = \frac{S_{D1}}{T_i} \leq S_{DS}$
Ci	0,58	[seg]		
Cc	0,15	[seg]		
Pw	276,54	[kN]		
Pc	80,79	[kN]		
Pi	270,61	[kN]		

For $T_c \leq 1.6/T_s$ seconds

$$C_c = \frac{1.5S_{D1}}{T_c} \leq 1.5S_{DS}$$

For $T_c > 1.6/T_s$ seconds

$$C_c = 6 \frac{0.4S_{DS}}{T_c^2} = \frac{2.4S_{DS}}{T_c^2}$$

$$P_w = C_i I \left[\frac{\varepsilon W_w}{R_i} \right]$$

$$P_c = C_c I \left[\frac{W_c}{R_c} \right]$$

$$P_w = \frac{P_w}{2(B + t_w)H_w}$$

$$P_i = C_i I \left[\frac{W_i}{R_i} \right]$$

Nota. Elaboración propia

Tabla 16

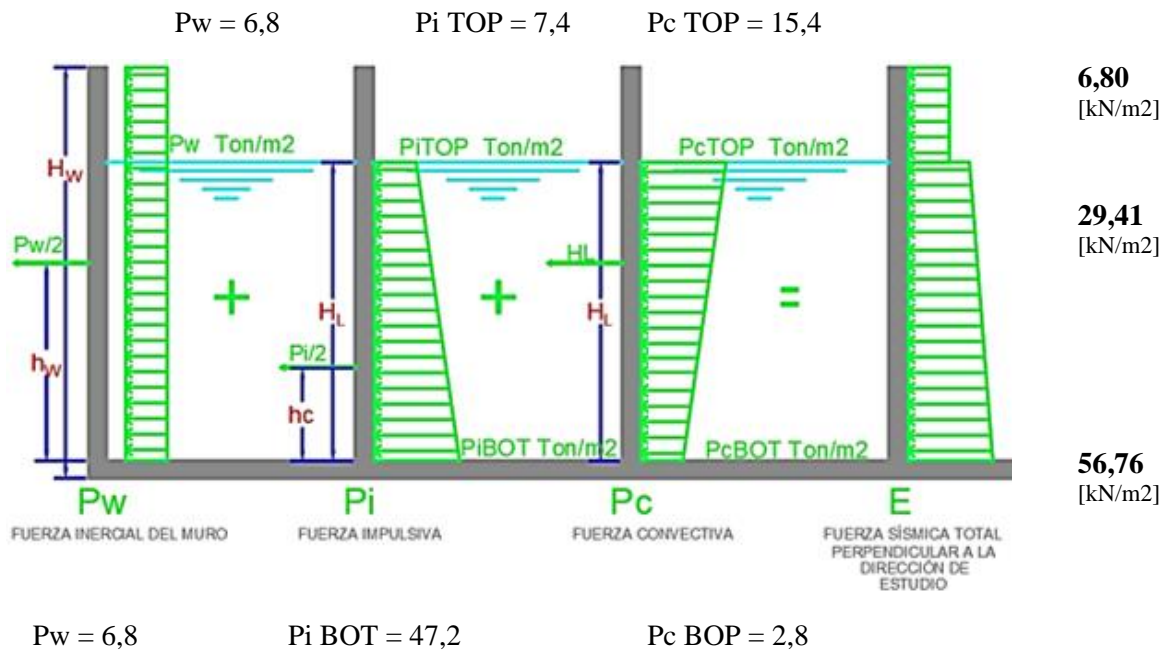
Distribución de la fuerza dinámica.

yTOP	4,70	[m]	yBOT	0,35	[m]	$P_{iy} = \frac{P_i}{2} \left[\frac{4H_L - 6h_i - (6H_L - 12h_i) \left(\frac{y}{H_L} \right)}{H_L^2} \right]$
Pi TOP	7,20	[kN/m ²]	Pi BOT	47,16	[kN/m ²]	
Pc TOP	15,41	[kN/m ²]	Pc BOP	2,80	[kN/m ²]	
Pw	6,80	[kN/m ²]				
						$P_{cy} = \frac{P_c}{2} \left[\frac{4H_L - 6h_c - (6H_L - 12h_c) \left(\frac{y}{H_L} \right)}{H_L^2} \right]$

Nota. Elaboración propia

Figura 22

Consolidación de cargas del tanque



Nota. Elaboración propia

8.6 Presión progresiva sobre el muro del tanque

Altura	Suelo	Inercial	Impulsiva	Convectiva	Agua
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
0,00	0,0	6,8	1,7	0,0	1,7
0,76	0,0	6,8	8,2	17,8	26,0
1,53	0,0	6,8	14,7	15,3	30,0
2,29	0,0	6,8	21,2	12,8	34,0
3,06	0,4	6,8	27,7	10,3	38,0
3,82	5,4	6,8	34,2	7,8	42,0
4,70	11,2	6,8	41,6	4,9	46,6
5,35	15,5	6,8	47,2	2,8	50,0

Nota. Elaboración propia

Hipótesis de cargas.

- 1) HIPÓTESIS DE CARGA: TANQUE VACÍO
- 2) HIPÓTESIS DE CARGA: TANQUE LLENO DE FLUIDO
- 3) HIPÓTESIS DE CARGA: TANQUE LLENO DE FLUIDO Y SOMETIDO A FUERZAS SÍSMICAS

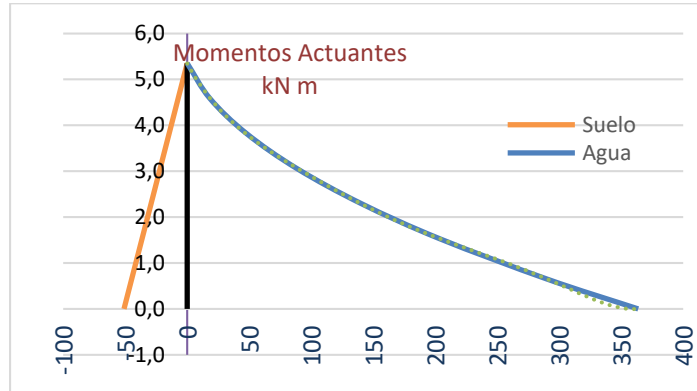
8.6.1 Cargas resultantes distribuidas.

Altura	H1	H2	H3			
	COMB 1	COMB 1	COMB 1	COMB 2	COMB 3	COM DIS
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
0,00	9,5	11,9	11,9	10,2	6,1	11,9
0,76	9,5	45,9	47,8	39,3	6,1	47,8
1,53	9,5	51,5	62,5	44,1	6,1	62,5
2,29	9,5	57,1	77,2	48,9	6,1	77,2
3,06	9,5	62,7	91,9	54,3	6,3	91,9
3,82	9,5	68,3	106,6	67,2	9,4	106,6
4,70	9,5	74,7	123,5	82,0	12,9	123,5
5,35	9,5	79,5	136,0	92,9	15,4	136,0

Nota. Elaboración propia

Figura 23

Momento actuante en los muros.



Nota. Elaboración propia

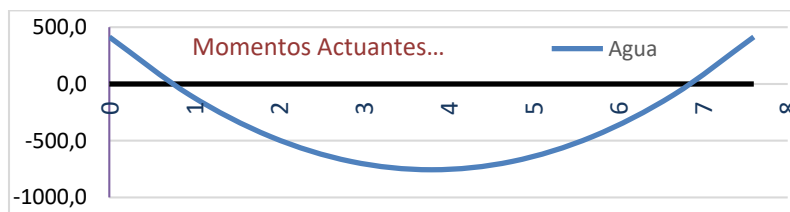
8.6.2 Momentos de diseño.

Altura	W 1	W 3	M1	M2	V1	V2
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN m]	[kN m]	[kN]	[kN]
0,00	9,5	11,9	0,0	0,0	0,0	0,0
0,76	9,5	47,8	-7,3	18,3	7,3	36,5
1,53	9,5	62,5	-14,6	47,8	14,6	95,6
2,29	9,5	77,2	-21,8	88,5	21,8	177,0
3,06	9,5	91,9	-29,1	140,5	29,1	280,9
3,82	9,5	106,6	-36,4	203,7	36,4	407,3
4,70	9,5	123,5	-44,8	290,2	44,8	580,3
5,35	9,5	136,0	-50,9	363,7	50,9	727,4

Nota. Elaboración propia

Figura 24

Momento actuante en la losa inferior.



Nota. Elaboración propia

8.6.3 Momentos sin mayorar de diseño.

Altura [m]	H1	H2	H3	Carga mayorada / sin mayorar				
	COMB 1 [kN/m]	COMB 1 [kN/m]	COMB 1 [kN/m]	M1 [kN m]	M2 [kN m]	γ	γ	γ dis
0,00	6,8	8,5	8,5	0,0	0,0	1,4	1,5	1,5
0,76	6,8	32,8	32,8	-5,2	12,5	1,4	1,5	1,5
1,53	6,8	36,8	36,8	-10,4	28,1	1,4	1,7	1,7
2,29	6,8	40,8	40,8	-15,6	46,8	1,4	1,9	1,9
3,06	6,8	44,8	44,8	-20,8	68,4	1,4	2,1	2,1
3,82	6,8	48,8	48,8	-26,0	93,2	1,4	2,2	2,2
4,70	6,8	53,4	53,4	-32,0	125,4	1,4	2,3	2,3
5,35	6,8	56,8	56,8	-36,4	151,8	1,4	2,4	2,4

Nota. Elaboración propia

8.6.4 Factor de durabilidad

$$S_d = 1,00$$

8.6.5 Chequeo de espesor

La resistencia al cortante proporcionada por el concreto = $\phi V_c = \phi 0.17 (f'_c)^{0.5} b_w d$

Elemento	d (m)	fV_c (kN)	V_d (kN)	Estado	
Losa Inferior	0,300	266,1	501,4	N.G.	Cortante no aplica para la losa inferior
Paredes Laterales	0,275	243,9	184,0	O.K.	

Nota. Reglamento ACI-11.2.1.2.

8.6.6 Cálculo del refuerzo

Cuantía de armadura mínima de refuerzo principal, ρ_{\min}	0,0033	
Cuantía de armadura mínima para el refuerzo de temperatura, ρ_{\min}	0,0018	
Centro máximo al espaciamiento de centro de refuerzo, S_{\max}	25,4	mm

Nota. Elaboración propia

8.6.7 Disposición del refuerzo reactor UASB

		Barra	S (cm)	As (cm ²)		As (cm ²)	Barra	Smax (cm)	S (cm)	As ins	
Losa Inferior	Refuerzo Superior	8	11	46,1	111%	41,7	8	12,0	11	46,1	111%
	Refuerzo Inferior	8	11	46,1	111%	41,7	8	12,0	11	46,1	111%
	Retracción Losa I					2,7	4	47,0	24	5,3	196%
	Refuerzo Contra talud	8	12	42,3	105%	42,3	8	12,0	10	50,7	120%
Muros	Refuerzo Interior	8	12	42,3	105%	42,3	8	12,0	10	50,7	120%
	Retracción Muro					2,5	4	51,0	24	5,3	214%

Nota. Elaboración propia

Elemento	Ubicación	REFUERZO PRINCIPAL						REFUERZO POR TEMPERATURA				
		d(m)	U (kN-m)	A _s (cm ²)	s prov	act	min	Status	ρ _{act}	ρ _{min}	s min	Status
Losa Inferior	Refuerzo Superior	0,300	414,7	42	46	0,0139	0,0033	O.K.	0,0154	0,0009	2,7	O.K.
Losa Inferior	Refuerzo Inferior	0,300	414,7	42	46	0,0139	0,0033	O.K.	0,0154	0,0009	2,7	O.K.
Paredes Laterales	Refuerzo Contra talud	0,275	363,7	40	42	0,0146	0,0033	O.K.	0,0184	0,0009	2,5	O.K.
Paredes Laterales	Refuerzo Interior	0,275	363,7	40	42	0,0146	0,0033	O.K.	0,0184	0,0009	2,5	O.K.

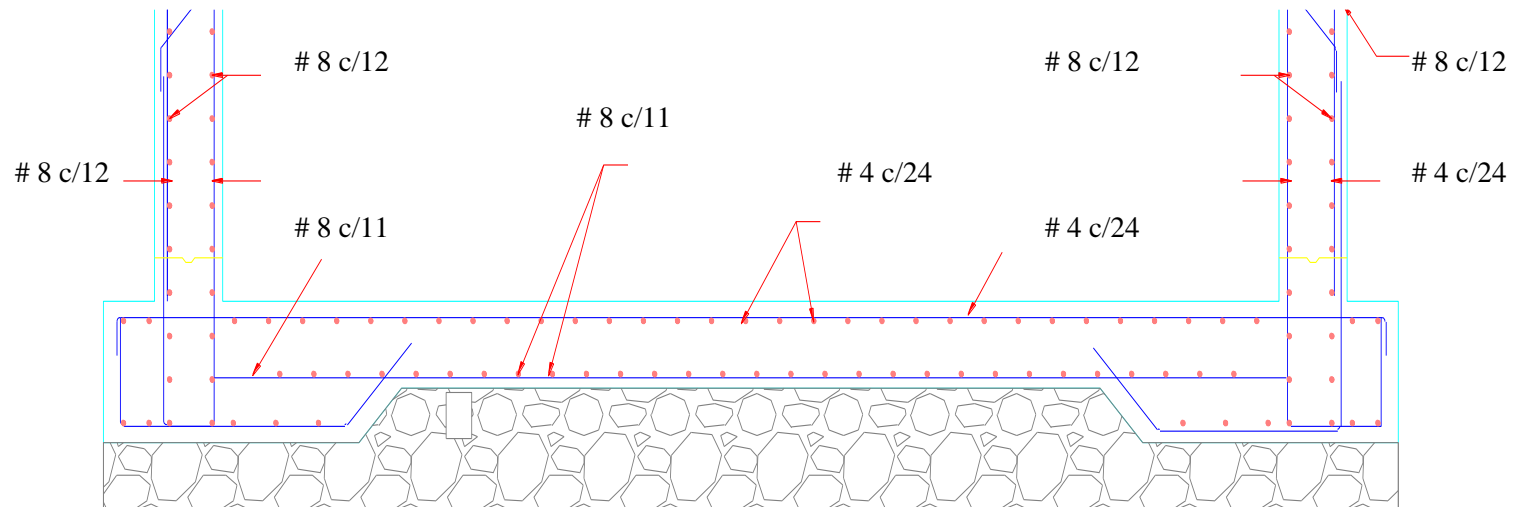
Nota. Elaboración propia

8.6.8 Verificación de la presión del suelo

La presión sobre el suelo	95	KPa
Presión Admisible del Suelo	101	KPa
Estado	O.K.	

Figura 25

Esquema de refuerzos reactor UASB.



8.7 Resultados finales de estructuras PTAR municipio de Tota - Boyacá.

8.7.1 Disposición de refuerzo estructura de alivio

		Barra	S (cm)	As (cm ²)		As (cm ²)	Barra	Smax (cm)	S (cm)	As ins	
Losa Inferior	Refuerzo Superior	4	15	8,5	125%	6,8	4	19,0	15	8,5	125%
	Refuerzo Inferior	4	15	8,5	125%	6,8	4	19,0	15	8,5	125%
	Retracción Losa I					1,4	4	94,0	30	4,2	314%
	Refuerzo Contra talud	4	15	8,5	194%	8,5	4	15,0	15	8,5	100%
Muros	Refuerzo Interior	4	15	8,5	194%	8,5	4	15,0	15	8,5	100%
	Retracción Muro					1,1	3	64,0	20	3,6	320%

Nota. Elaboración propia

Elemento	Ubicación	REFUERZO PRINCIPAL							REFUERZO POR TEMPERATURA			
		d (m)	U (kN-m)	A _s (cm ²)	A _s prov	ρ _{act}	ρ _{min}	Status	ρ _{act}	ρ _{min}	A _s min	Status
Losa Inferior	Refuerzo Superior	0,150	36,8	7	8	0,0045	0,0033	O.K.	0,0056	0,0009	1,4	O.K.
Losa Inferior	Refuerzo Inferior	0,150	36,8	7	8	0,0045	0,0033	O.K.	0,0056	0,0009	1,4	O.K.
Paredes Laterales	Refuerzo Contra talud	0,125	20,0	4	8	0,0035	0,0033	O.K.	0,0068	0,0009	1,1	O.K.
Paredes Laterales	Refuerzo Interior	0,125	20,0	4	8	0,0035	0,0033	O.K.	0,0068	0,0009	1,1	O.K.

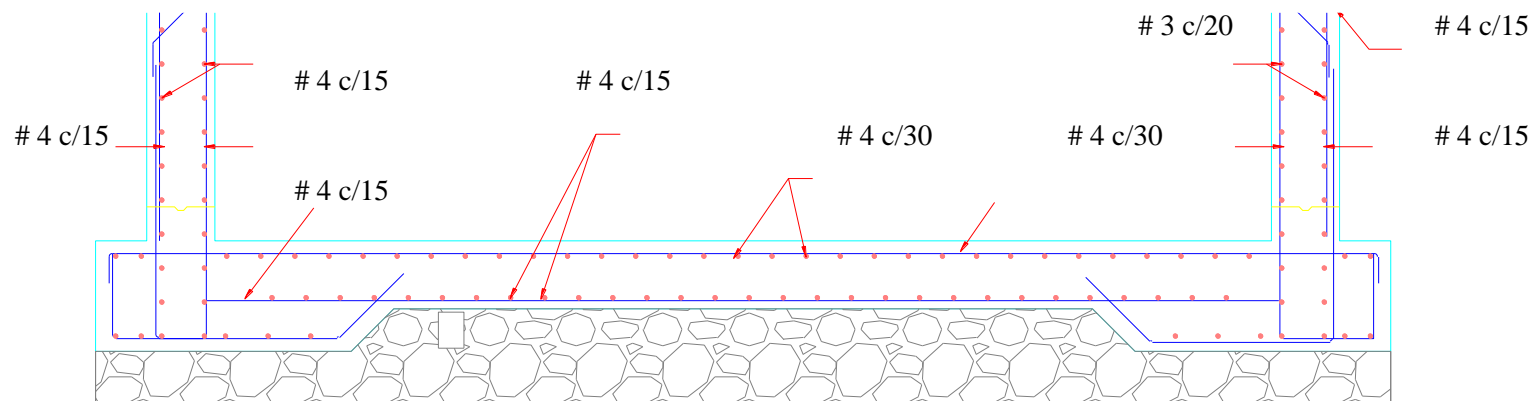
Nota. Elaboración propia

8.7.1.1 Verificación de la presión del suelo

La presión sobre el suelo	54	KPa
Presión Admisible del Suelo	101	KPa
Estado	O.K.	

Figura 26

Esquema de refuerzo estructura de alivio.



8.7.2 Disposición de refuerzo cribado desarenador

		Barra	S (cm)	As (cm ²)		As (cm ²)	Barra	Smax (cm)	S (cm)	As ins	
Losa	Refuerzo Superior	6	10	28,6	103%	27,7	6	10,0	10	28,6	103%
Inferior	Refuerzo Inferior	6	10	28,6	103%	27,7	6	10,0	10	28,6	103%
	Retracción Losa I					1,4	4	94,0	20	6,4	470%
	Refuerzo Contra talud	5	15	13,2	121%	13,2	5	15,0	15	13,2	100%
Muros	Refuerzo Interior	5	15	13,2	121%	13,2	5	15,0	15	13,2	100%
	Retracción Muro					1,1	3	64,0	20	3,6	320%

Nota. Elaboración propia

Elemento	Ubicación	REFUERZO PRINCIPAL						REFUERZO POR TEMPERATURA				
		d (m)	U (kN-m)	A _s (cm ²)	A _s prov	ρ _{act}	ρ _{min}	Status	ρ _{act}	ρ _{min}	A _s min	Status
Losa Inferior	Refuerzo Superior	0,150	131,6	28	29	0,0185	0,0033	O.K.	0,0191	0,0009	1,4	O.K.
Losa Inferior	Refuerzo Inferior	0,150	131,6	28	29	0,0185	0,0033	O.K.	0,0191	0,0009	1,4	O.K.
Paredes Laterales	Refuerzo Contra talud	0,125	47,6	11	13	0,0087	0,0033	O.K.	0,0106	0,0009	1,1	O.K.
Paredes Laterales	Refuerzo Interior	0,125	47,6	11	13	0,0087	0,0033	O.K.	0,0106	0,0009	1,1	O.K.

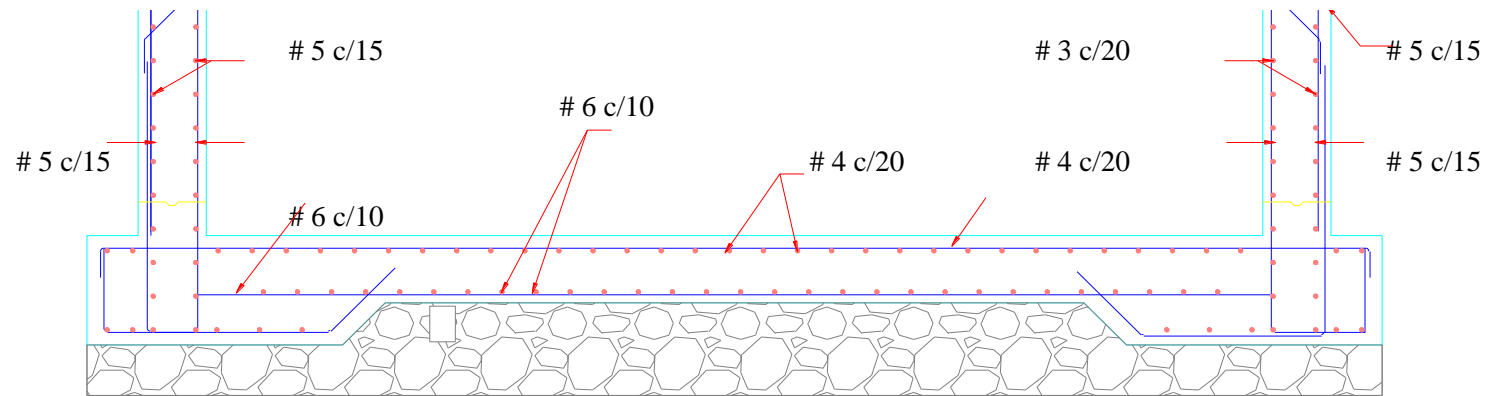
Nota. Elaboración propia

8.7.2.1 Verificación de la presión del suelo

La presión sobre el suelo	15	KPa
Presión Admisible del Suelo	101	KPa
Estado	O.K.	

Figura 27

Esquema de refuerzo cribado desarenador.



8.7.3 Disposición de refuerzo pozo de inspección

		Barra	S (cm)	As (cm ²)		As (cm ²)	Barra	Smax (cm)	S (cm)	As ins	
Losa Inferior	Refuerzo Superior	4	20	6,4	138%	4,6	4	28,0	20	6,4	138%
	Refuerzo Inferior	4	20	6,4	138%	4,6	4	28,0	20	6,4	138%
	Retracción Losa I					0,9	3	80,0	30	2,4	267%
Muros	Refuerzo Contra talud	5	20	9,9	202%	9,9	5	20,0	20	9,9	100%
	Refuerzo Interior	5	20	9,9	202%	9,9	5	20,0	20	9,9	100%
	Retracción Muro					0,7	3	107,0	30	2,4	356%

Nota. Elaboración propia

Elemento	Ubicación	REFUERZO PRINCIPAL						REFUERZO POR TEMPERATURA				
		d (m)	U (kN-m)	As (cm ²)	As prov	ρ_{act}	ρ_{min}	Status	ρ_{act}	ρ_{min}	As min	Status
Losa Inferior	Refuerzo Superior	0,100	16,7	5	6	0,0046	0,0033	O.K.	0,0064	0,0009	0,9	O.K.
Losa Inferior	Refuerzo Inferior	0,100	16,7	5	6	0,0046	0,0033	O.K.	0,0064	0,0009	0,9	O.K.
Paredes Laterales	Refuerzo Contra talud	0,075	13,1	5	10	0,0065	0,0033	O.K.	0,0132	0,0009	0,7	O.K.
Paredes Laterales	Refuerzo Interior	0,075	13,1	5	10	0,0065	0,0033	O.K.	0,0132	0,0009	0,7	O.K.

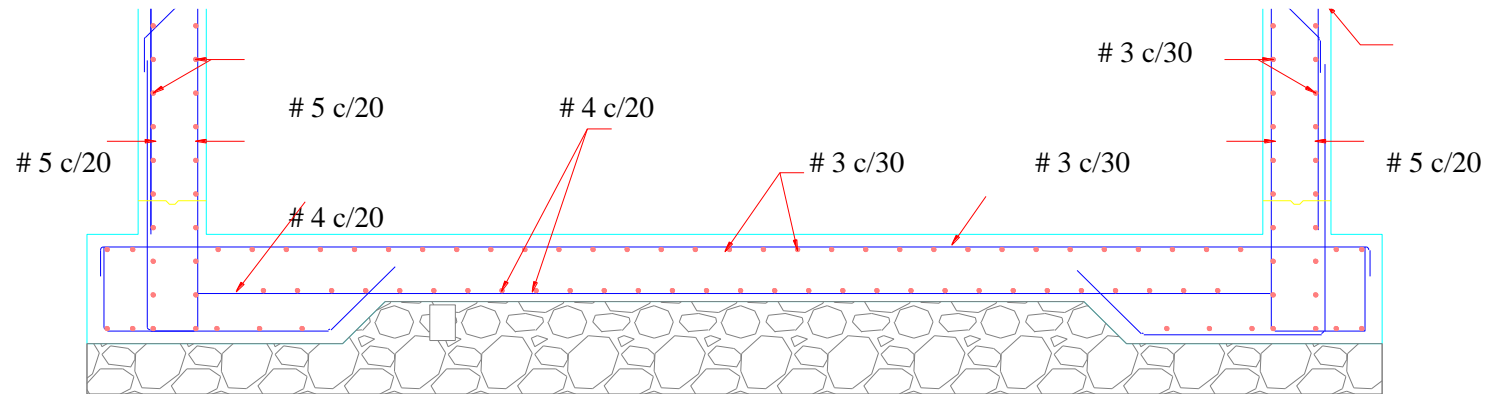
Nota. Elaboración propia

8.7.3.1 Verificación de la presión del suelo

La presión sobre el suelo	15	KPa
Presión Admisible del Suelo	101	KPa
Estado	O.K.	

Figura 28

Esquema de refuerzo pozo de inspección.



8.7.4 Disposición de refuerzo filtro percolador

		Barra	S (cm)	As (cm ²)		As (cm ²)	Barra	Smax (cm)	S (cm)	As ins	
Losa	Refuerzo Superior	7	18	21,6	108%	20,0	7	19,0	18	21,6	108%
	Refuerzo Inferior	7	18	21,6	108%	20,0	7	19,0	18	21,6	108%
	Retracción Losa I					3,2	4	40,0	20	6,4	121%
	Refuerzo Contra talud	6	15	19,1	130%	19,1	6	15,0	15	19,1	100%
Muros	Refuerzo Interior	6	15	19,1	130%	19,1	6	15,0	15	19,1	100%
	Retracción Muro					3,8	4	33,0	21	6,0	158%

Nota. Elaboración propia

Elemento	Ubicación	REFUERZO PRINCIPAL						REFUERZO POR TEMPERATURA				
		d (m)	U (kN-m)	A _s (cm ²)	A _{s prov}	ρ _{act}	ρ _{min}	Status	ρ _{act}	ρ _{min}	A _{s min}	Status
Losa Inferior	Refuerzo Superior	0,350	251,5	20	22	0,0057	0,0033	O.K.	0,0062	0,0009	3,2	O.K.
Losa Inferior	Refuerzo Inferior	0,350	251,5	20	22	0,0057	0,0033	O.K.	0,0062	0,0009	3,2	O.K.
Paredes Laterales	Refuerzo Contra talud	0,425	228,1	15	19	0,0034	0,0033	O.K.	0,0045	0,0009	3,8	O.K.
Paredes Laterales	Refuerzo Interior	0,425	228,1	15	19	0,0034	0,0033	O.K.	0,0045	0,0009	3,8	O.K.

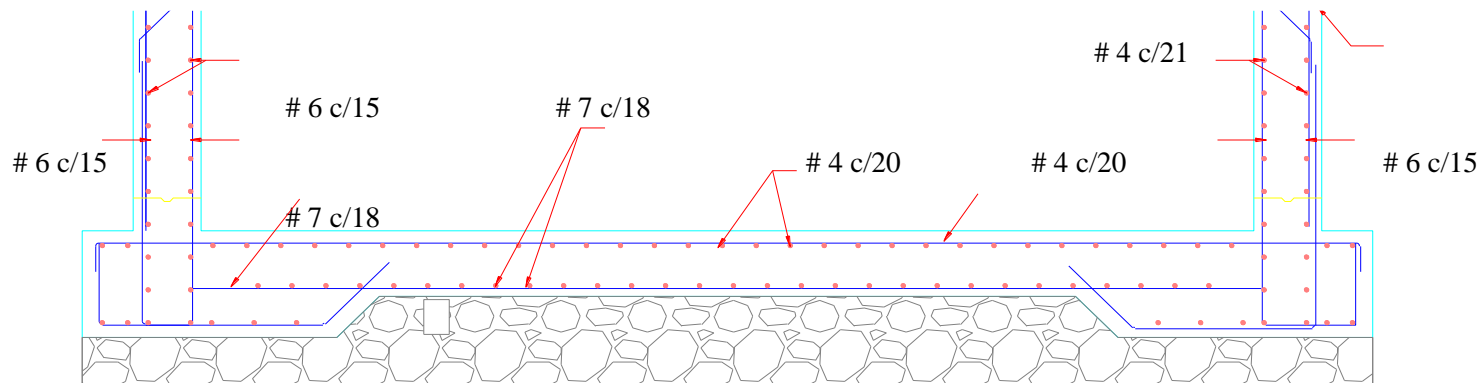
Nota. Elaboración propia

8.7.4.1 Verificación de la presión del suelo

La presión sobre el suelo	54	KPa
Presión Admisible del Suelo	101	KPa
Estado	O.K.	

Figura 29

Esquema de refuerzo filtro percolador.



8.7.5 Disposición de refuerzo Tanque homogenizador

		Barra	S (cm)	As (cm ²)		As (cm ²)	Barra	Smax (cm)	S (cm)	As ins	
Losa	Refuerzo Superior	8	11	46,1	103%	44,7	8	11,0	11	46,1	103%
Inferior	Refuerzo Inferior	8	11	46,1	103%	44,7	8	11,0	11	46,1	103%
	Retracción Losa I					3,2	4	40,0	20	6,4	107%
	Refuerzo Contra talud	7	10	38,8	105%	38,8	7	10,0	10	38,8	100%
Muros	Refuerzo Interior	7	10	38,8	105%	38,8	7	10,0	10	38,8	100%
	Retracción Muro					3,4	4	38,0	20	6,4	188%

Nota. Elaboración propia

Elemento	Ubicación	REFUERZO PRINCIPAL						REFUERZO POR TEMPERATURA				
		d (m)	U (kN-m)	As (cm ²)	A _{s prov}	ρ _{act}	ρ _{min}	Status	ρ _{act}	ρ _{min}	A _{s min}	Status
Losa Inferior	Refuerzo Superior	0,350	524,4	45	46	0,0128	0,0033	O.K.	0,0132	0,0009	3,2	O.K.
Losa Inferior	Refuerzo Inferior	0,350	524,4	45	46	0,0128	0,0033	O.K.	0,0132	0,0009	3,2	O.K.
Paredes Laterales	Refuerzo Contra talud	0,375	477,4	37	39	0,0098	0,0033	O.K.	0,0103	0,0009	3,4	O.K.
Paredes Laterales	Refuerzo Interior	0,375	477,4	37	39	0,0098	0,0033	O.K.	0,0103	0,0009	3,4	O.K.

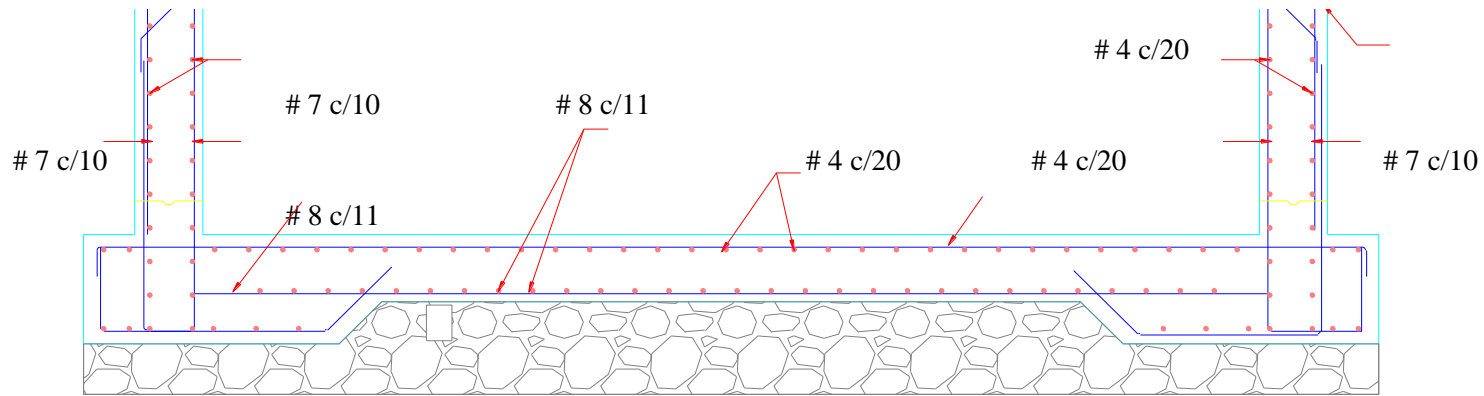
Nota. Elaboración propia

8.7.5.1 Verificación de la presión del suelo

La presión sobre el suelo	98	KPa
Presión Admisible del Suelo	101	KPa
Estado	O.K.	

Figura 30

Esquema de refuerzo tanque homogenizador.



8.7.6 Disposición de refuerzo espesador de lodos

		Barra	S (cm)	As (cm ²)		As (cm ²)	Barra	Smax (cm)	S (cm)	As ins	
Losa	Refuerzo Superior	6	20	14,3	136%	10,5	6	27,0	20	14,3	136%
	Refuerzo Inferior	6	20	14,3	136%	10,5	6	27,0	20	14,3	136%
	Retracción Losa I					2,3	4	56,0	20	6,4	282%
	Refuerzo Contra talud	5	18	11,0	116%	11,0	5	18,0	18	11,0	100%
Muros	Refuerzo Interior	5	18	11,0	116%	11,0	5	18,0	18	11,0	100%
	Retracción Muro					2,0	4	63,0	30	4,2	209%

Nota. Elaboración propia

Elemento	Ubicación	REFUERZO PRINCIPAL							REFUERZO POR TEMPERATURA			
		d (m)	U (kN-m)	A _s (cm ²)	A _{s prov}	ρ _{act}	ρ _{min}	Status	ρ _{act}	ρ _{min}	A _{s min}	Status
Losa Inferior	Refuerzo Superior	0,250	95,7	11	14	0,0042	0,0033	O.K.	0,0057	0,0009	2,3	O.K.
Losa Inferior	Refuerzo Inferior	0,250	95,7	11	14	0,0042	0,0033	O.K.	0,0057	0,0009	2,3	O.K.
Paredes Laterales	Refuerzo Contra talud	0,225	77,6	9	11	0,0042	0,0033	O.K.	0,0049	0,0009	2,0	O.K.
Paredes Laterales	Refuerzo Interior	0,225	77,6	9	11	0,0042	0,0033	O.K.	0,0049	0,0009	2,0	O.K.

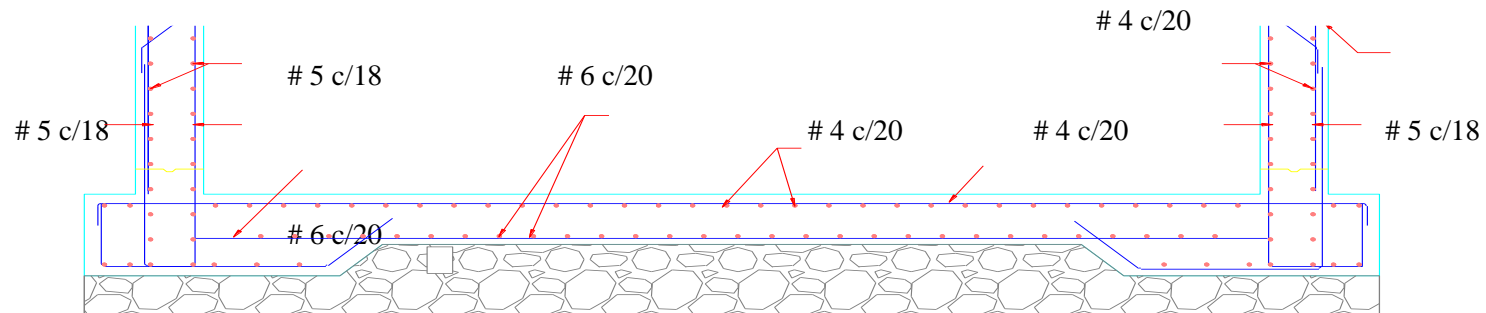
Nota. Elaboración propia

8.7.6.1 Verificación de la presión del suelo

La presión sobre el suelo	64	KPa
Presión Admisible del Suelo	101	KPa
Estado	O.K.	

Figura 31

Esquema de refuerzo espesador de lodos.



8.7.7 Disposición de refuerzo lecho de secado

		Barra	S (cm)	As (cm ²)		As (cm ²)	Barra	Smax (cm)	S (cm)	As ins	
Losa	Refuerzo Superior	4	24	5,3	118%	4,5	4	28,0	24	5,3	118%
	Refuerzo Inferior	4	24	5,3	118%	4,5	4	28,0	24	5,3	118%
	Retracción Losa I					0,9	4	141,0	20	6,4	706%
	Refuerzo Contra talud	5	25	7,9	164%	7,9	5	25,0	25	7,9	100%
Muros	Refuerzo Interior	5	25	7,9	164%	7,9	5	25,0	25	7,9	100%
	Retracción Muro					0,7	3	107,0	22	3,3	485%

Nota. Elaboración propia

Elemento	Ubicación	REFUERZO PRINCIPAL						REFUERZO POR TEMPERATURA				
		d (m)	U (kN-m)	A _s (cm ²)	A _s prov	ρ _{act}	ρ _{min}	Status	ρ _{act}	ρ _{min}	A _s min	Status
Losa Inferior	Refuerzo Superior	0,100	16,3	4	5	0,0045	0,0033	O.K.	0,0053	0,0009	0,9	O.K.
Losa Inferior	Refuerzo Inferior	0,100	16,3	4	5	0,0045	0,0033	O.K.	0,0053	0,0009	0,9	O.K.
Paredes Laterales	Refuerzo Contra talud	0,075	12,9	5	8	0,0064	0,0033	O.K.	0,0106	0,0009	0,7	O.K.
Paredes Laterales	Refuerzo Interior	0,075	12,9	5	8	0,0064	0,0033	O.K.	0,0106	0,0009	0,7	O.K.

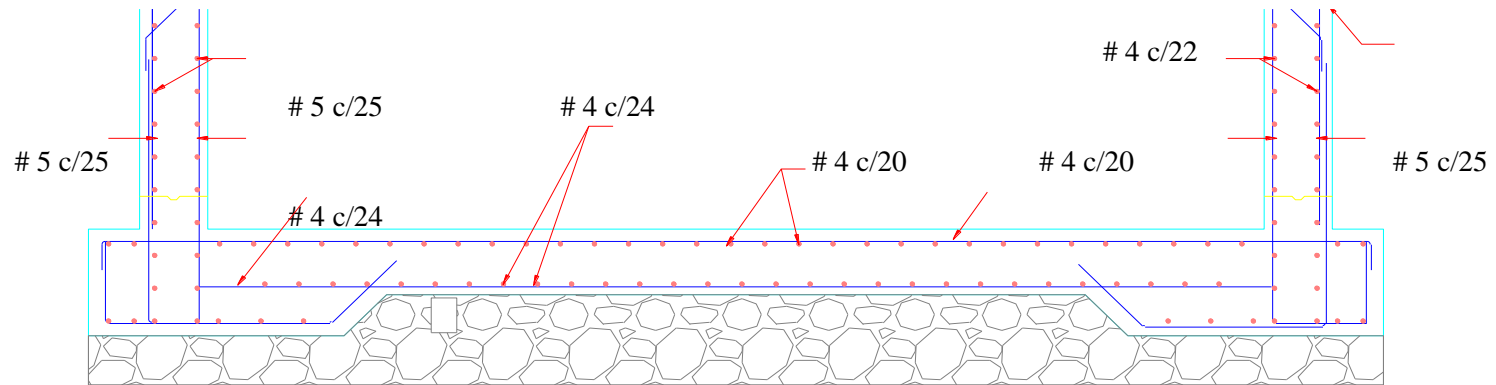
Nota. Elaboración propia

8.7.7.1 Verificación de la presión del suelo

La presión sobre el suelo	17	KPa
Presión Admisible del Suelo	101	KPa
Estado	O.K.	

Figura 32

Esquema de refuerzo lecho de secado



9 Conclusiones

Se evidencio el cumplimiento con el objetivo específico de la creación de una hoja de cálculo para el diseño estructural de tanques de fluidos en compañía del ingeniero director de consultoría, basado en la implementación de la metodología de Housner, que se encuentra desarrollada en la norma ACI-350, con la herramienta de Microsoft Excel.

Se cumplió con la parametrización de los elementos que componen el sistema de la PTAR del municipio de Tota – Boyacá, por medio del software REVIT de Autodesk, generando las condiciones necesarias para permitir una funcionalidad eficiente, asignados a los componentes, y así agilizar el proceso de diseño de elementos, disminuyendo tiempos de proyección visual y a detalle de las estructuras.

Por medio del apoyo de herramientas BIM se permite verificar las cantidades de material requerido en cada uno de los componentes de la PTAR.

Con el software Revit se comprueba la forma correcta de incorporación del refuerzo de la estructura, su separación y el área requerida de acero calculada en el análisis y diseño de las mismas, lo que evita las fallas en cantidades y posibles afectaciones presupuestales.

En relación con el trabajo realizado, se pudo determinar como en la empresa DIECO INGENIERIA S.A.S., fue evidente la mejora del flujo de trabajo, como resultado del uso de las herramientas BIM, facilitando cálculos de cantidades de materiales, repercutiendo en disminución del tiempo laboral que implicaba el manejo de herramientas CAD.

Las herramientas BIM, permiten la exportación de los detalles constructivos en 2D, necesarios para la ejecución del proyecto, tales como: planos, detalles y referencias constructivas.

Adicionalmente el software Revit genera una visualización más realista de cada uno de los elementos que componen la PTAR, contribuyendo para la empresa DIECO INGENIERIA S.A.S., un valor agregado en la presentación de los diseños y un atractivo para sus clientes.

Se desarrolló el análisis de precios unitario con el fin de justificar el valor por unidad de medida de cada uno de los ítems incorporados en el presupuesto, basados en los precios estimados por la gobernación de Boyacá, con base a lo anterior, se determina el presupuesto general, discriminando los costos directos e indirectos del proyecto.

Se estableció el cronograma de actividades, según los rendimientos establecidos por los precios unitarios de la gobernación, con el fin de dar un mejor alcance, en los procesos a ejecutar en obra.

Dentro del cronograma de actividades se incorpora el proceso de seguimiento y control, así como la aplicación del método del valor ganado, con el fin de generar más confiabilidad y seguridad en el control de las actividades.

Concluyendo, los resultados obtenidos para la implementación BIM a su máxima capacidad, se deberá realizar todos y cada uno de los ciclos que componen la metodología, iniciando desde el proceso de consultoría y diseño, hasta su ejecución y seguimiento en el mantenimiento de las edificaciones o estructuras que se quieran construir. Por lo tanto, no se permite perfeccionar el método, ya que el tiempo requerido para llevar a cabo este alcance es muy extenso y la duración de la pasantía es muy limitado.

Por último, vale la pena recalcar la importancia del proceso de pasantía para afianzar conocimientos y capacidades como profesional.

10 **Anexos**

[planos PTAR Tota - Boyacá.pdf](#)

[presupuesto y programacion.pdf](#)

11 Referencias Bibliográficas

- Ahmed.M. Eldeep, M. F.-h. (14 de Agosto de 2021). *Web Sciencedirect*. (Elsevier, Ed.)
Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2090447921003075>
- Arayas, F. (2019). Estado del arte del uso de BIM para la resolución de demandas en proyectos de construcción. *Revista ingeniería de construccion*. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732019000300299>
- Aref Charehzehi, C. C.-Y. (2017). *Modelado de información de construcción en la gestión de conflictos de construcción*. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/199241061.pdf>
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. (1 de enero de 2010). *REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE NSR-10*. Obtenido de <https://www.unisdr.org/campaign/resilientcities/uploads/city/attachments/3871-10684.pdf>
- Canchari, J. O., & Arévalo, N. A. (30 de Junio-Diciembre de 2016). Diseño estructural de tanques rectangulares y sus aplicaciones. *Ingenium vol. 1 (2)*. Obtenido de <http://journals.continental.edu.pe/index.php/ingenium/article/view/440>
- Comité ACI 350. (abril de 2007). DISEÑO SÍSMICO DE ESTRUCTURAS CONTENEDORAS DE LÍQUIDOS (ACI 350.3-01) Y COMENTARIOS (350.3R-01). *Ingeniería medioambiental en Estructuras de concreto*.
- COMITE AIS 180 -13. (ENERO de 2013). *ISSUU*. Obtenido de https://issuu.com/pedroantoniojimenezsanchez/docs/ais_180-13
- Coyne, K. (2008). *Aprovechando la potencia de los modelos 4D para analizar y presentar el análisis de retrasos de programación de CPM*.

Dismocan. (2021). *DISMOCKAN [Figura]*. Obtenido de DISMOCKAN:

<https://www.dismocan.com/soluciones-tecnicas/humedades/impermeabilizaciones/>

El Hawary, A. H. (2016). El efecto del modelado de información de construcción (BIM) en los reclamos de construcción. *INTERNATIONAL JOURNAL OF SCIENTIFIC & TECHNOLOGY RESEARCH VOLUME 5*. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Ayman-Nassar-3/publication/322910019_The_Effect_of_Building_Information_Modelling_BIM_on_Construction_Claims/links/5a9cd0f3a6fdcc3cbacd5cf2/The-Effect-of-Building-Information-Modelling-BIM-on-Construction-Claims.pdf

Galindo, E. M., & Arregui, L. S. (2004). *Análisis sísmico de tanques elevados de agua sobre diferentes sistemas estructurales de hormigón reforzado en la ciudad de Bucaramanga*. Tesis de grado en la modalidad de investigación para optar al título de ingeniero civil, Universidad industrial de Santander, Santander, Bucaramanga. Recuperado el 14 de 09 de 2021, de <https://docplayer.es/17872199-Analisis-sismico-de-tanques-elevados-de-agua-sobre-diferentes-sistemas-estructurales-de-hormigon-reforzado-en-la-ciudad-de-bucaramanga.html>

Greenwald, N. W. (2012). Una propuesta creativa para el diseño de sistemas de disputas para proyectos de construcción que emplean BIM. *Revista de Asuntos Legales y Resolución de Disputas en Ingeniería y Construcción*. Obtenido de <https://ascelibrary.org/doi/full/10.1061/%28ASCE%29LA.1943-4170.0000106>

Huertadesing. (26 de septiembre de 2020). *Huerta desing [Figura]*. Obtenido de Huerta desing: <https://huertadesign.com/cisterna-concreto-vs-prefabricada-2020/>

ingeniería, K. a. (Noviembre de 2021). *Kaisen arquitectura & ingeniería [Figura]*. Obtenido de Kaisen arquitectura & ingeniería.

Kaisen arquitectura & ingeniería.

Livaoglu, R. (Febrero de 2008). *Investigación del comportamiento sísmico de los sistemas fluido-tanque rectangular-suelo / cimentación en el dominio de la frecuencia*. Obtenido de web sciencedirect: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0267726107000644>

Olfa Hamdi, F. L. (2013). Lado conflictivo de la implementación del modelado de información de construcción en la industria de la construcción. *Revista de Asuntos Legales y Resolución de Disputas en Ingeniería y Construcción vol. 6*. Obtenido de [https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/\(ASCE\)LA.1943-4170.0000137](https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/(ASCE)LA.1943-4170.0000137)

Pupiales, V., & Alex, M. (2013). *Análisis de la interacción fluido - estructura en el diseño sísmico de tanques cilíndricos de acero según las normas: americana, neozelandesa, ecuatoriana y métodos simplificados [Figura]*. Universidad San Francisco de Quito, Colegio de Ciencias e ingenierías. Ecuador: Quito: USFQ, 2013. Obtenido de <https://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/2405>