

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

“DISEÑO DE UN RESERVORIO APOYADO APLICANDO LA NORMATIVA ACI
350 EN EL DISTRITO DE GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA TACNA”

TESIS

Presentada por:

Bach. Diana Carolina Chino Mamani

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

TACNA – PERÚ
2023

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN


Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia

Escuela Profesional de Ingeniería Civil


“DISEÑO DE UN RESERVORIO APOYADO APLICANDO LA NORMATIVA
ACI 350 EN EL DISTRITO DE GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA
TACNA”

Tesis sustentada y aprobada el día 02 de noviembre de 2023 estando
integrado el Jurado Calificador por:

PRESIDENTE


:
Dr. Ing. Víctor Yapuchura Platero

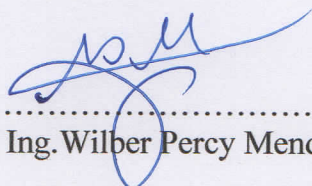
SECRETARIO


:
MSc. Ing. Edgar Chura Arocutipa

VOCAL


:
Mtro. Ing. Giancarlos Javier Machaca Frias

ASESOR DE TESIS


:
Mtro. Ing. Wilber Percy Mendoza Ramirez

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, **Mtro. Ing. Wilber Percy Mendoza Ramirez**, en mi condición de asesor acreditado por la Resolución de Facultad N° 114-2023-FIAG/UNJBG de la tesis denominada: "**DISEÑO DE UN RESERVORIO APOYADO APLICANDO LA NORMATIVA ACI 350 EN EL DISTRITO DE GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA TACNA**", presentada por la Bachiller Diana Carolina Chino Mamani, para optar el título profesional de Ingeniero Civil, habiendo cumplido con lo establecido en el reglamento de originalidad y de similitud de trabajos de investigación y producción intelectual, considerando que según la revisión, evaluación y análisis realizado a través del software Antiplagio **TURNITIN** cuenta con el nivel de similitud cuyo porcentaje es 9%, por lo que **CERTIFICO LA SIMILARIDAD** de la tesis, la cual está de acuerdo al nivel **PERMITIDO**, para continuar con los trámites correspondientes y para su publicación en el repositorio Institucional.

Se emite el presente certificado con fines de continuar con los trámites respectivos para su obtención del título profesional.



Firma de Asesor

DNI N°: 00520705

Nombre y apellidos del asesor: **Mtro. Ing. Wilber Percy Mendoza Ramirez**

AGRADECIMIENTO

Al programa nacional de becas y crédito educativo, por brindarme acceso a una educación de calidad, estaré eternamente agradecida con el programa y quienes lo integran.

A mi madre Rosa y mi padre Rene quienes me han enseñado a nunca rendirme y ser valiente, a mi hermano Marx, quien siempre me alienta a ser mejor y a mi querido Rodrigo quien ha estado a mi lado para ayudarme y me ha motivado a superarme día a día.

Agradecer a mi casa de estudios que me ha exigido tanto, pero al mismo tiempo me ha dado las herramientas para poder concluir mi carrera y tener un futuro alentador.

DEDICATORIA

Esta tesis es fruto de mi esfuerzo y mi constancia y va dedicado a mi familia que es lo mejor y más valioso que Dios me ha dado.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
ÍNDICE GENERAL.....	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
LISTA DE SÍMBOLOS, ABREVIACIONES	xiii
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT	xviii
INTRODUCCIÓN	xix

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	1
ASPECTOS GENERALES.....	1
1.1 ANTECEDENTES	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	5
1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	6
1.3.1 Interrogante general.....	6
1.3.2 Interrogantes específicas.....	6
1.4 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS	7
1.4.1 Hipótesis general	7
1.4.2 Hipótesis específicas.....	7
1.5 JUSTIFICACIÓN.....	7
1.6 DEFINICIÓN DE LOS OBJETIVOS	8
1.6.1 Objetivo general	8

1.6.2	Objetivos específicos	8
1.7	DEFINICIÓN DE VARIABLES.....	9
1.7.1	Identificación de variables.....	9
1.7.2	Caracterización de las variables	9
1.7.3	Medición operacional de las variables.....	9
1.8	ALCANCES Y LIMITACIONES	10
1.8.1	Alcances.....	10
1.8.2	Limitaciones	11
	CAPÍTULO II	12
	MARCO TEÓRICO	12
2.1	LOS RESERVORIOS APOYADOS MAS IMPORTANTES DEL PERU	12
2.2	CLASIFICACIÓN DE RESERVORIOS	13
2.3	NORMATIVA E. 030 DISEÑO SISMORRESISTENTE	15
2.4	CRITERIOS GENERALES PARA ANÁLISIS Y DISEÑO.....	16
2.4.1	Requerimientos de diseño.....	16
2.5	MODELO DINÁMICO	16
	CAPÍTULO III.....	18
	MARCO METODOLÓGICO	18
3.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN	18
3.2	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	18
3.3	POBLACIÓN Y MUESTRA DE INVESTIGACIÓN	18
3.4	PROCEDIMIENTO DE APLICACIÓN	22
3.4.1	DIMENSIONAMIENTO	23
3.4.2	PREDIMENSIONAMIENTO	26
3.4.3	METRADO DE CARGAS DEL RESERVORIO	33
3.5	ANÁLISIS SÍSMICO	34
3.5.1	Parámetros sísmicos	34

3.6	ANÁLISIS DINÁMICO.....	40
3.6.1	Espectros de diseño	40
3.6.2	Distribución de la masa impulsiva	41
3.6.3	Distribución de la masa convectiva	42
3.6.4	ANÁLISIS Y DISEÑO DEL RESERVORIO	44
3.6.5	Detalle final del Reservoirio	90
	CAPÍTULO IV	91
	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	91
4.1	ANALISIS Y DISCUSIÓN	91
4.1.1	RESULTADOS	91
4.1.2	ANALISIS	94
4.1.3	CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	95
4.1.4	DISCUSIÓN.....	95
	CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	96
5.1	CONCLUSIONES.....	96
5.2	RECOMENDACIONES	99
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	100
	ANEXOS	103

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
TABLA 1	10
OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES CON SUS DIMENSIONES.....	10
TABLA 2	15
LOS LÍMITES DE LA DISTORSIÓN PARA EL ENTREPISO.....	15
TABLA 3.	16
FACTOR DE IMPORTANCIA.....	16
TABLA 4	22
PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO.....	22
TABLA 5	23
PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ACERO CORRUGADO	23
TABLA 6	51
DISPOSICIÓN DEL ACERO HORIZONTAL.....	51
TABLA 7	53
DISPOSICIÓN DEL ACERO VERTICAL.....	53
TABLA 8	57
DISPOSICIÓN DEL ACERO VERTICAL (RESERVORIO LLENO)	57
TABLA 9	62
DISPOSICIÓN DEL ACERO POR LA TRACCIÓN	62
TABLA 10.	67
DISPOSICIÓN DEL ACERO EN LA LOSA DE FONDO	67
TABLA 11	72
DISPOSICIÓN DEL ACERO DE REPARTICIÓN	72
TABLA 12.	72
DISPOSICIÓN DEL ACERO EN LA ZAPATA.....	72
TABLA 13	79
DISPOSICIÓN DE LOS ESTRIBOS.....	79

TABLA 14	81
DISPOSICIÓN DEL ACERO	81
TABLA 15.	87
DISPOSICIÓN DEL ACERO POR EFECTOS DE LA EXCENTRICIDAD	87
TABLA 16.	88
DISPOSICIÓN DEL ACERO	88
TABLA 17.	89
DISPOSICIÓN DEL ACERO DE REPARTICIÓN	89
TABLA 18.	91
PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO.....	91
TABLA 19	92
PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ACERO CORRUGADO	92

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 1	19
UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	19
FIGURA 2	20
EXTENSIÓN GEOGRÁFICA Y DENSIDAD POBLACIONAL 2017 TACNA	20
FIGURA 3	24
ESQUEMA BÁSICO DE LA GEOMETRÍA DEL RESERVORIO	24
FIGURA 4	27
PRESIÓN EJERCIDA POR EL AGUA A LAS PAREDES	27
FIGURA 5	29
EL ZUNCHO SE COMPORTARÁ COMO LA VIGA PERIMETRAL.	29
FIGURA 6	34
SE OBSERVA EL MODELAMIENTO DEL RESERVORIO APLICANDO EL PROGRAMA SAP 2000	34
FIGURA 7	37
EN LA FIGURA SE OBSERVA LA OPCIÓN PARA OBTENER LA INFORMACIÓN DEL MODELAMIENTO OBTENIDO DEL PROGRAMA SAP 2000	37
FIGURA 8	38
PERIODO IMPULSIVO OBTENIDO DEL PROGRAMA SAP 2000	38
FIGURA 9	39
CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR DE USO (U)	39
FIGURA 10	41
ESPECTRO DE PSEUDO-ACELERACIONES	41
FIGURA 11	42
SE ASIGNO LA MASA IMPULSIVA PARA EL MODELAMIENTO EN SAP 2000	42
FIGURA 12	43
SE MUESTRA EN EL SISMO LA DISTORSIÓN MÁXIMA	43

FIGURA 13	48
LOS MOMENTOS DEL DIAGRAMA	48
FIGURA 14	50
DIAGRAMA DE CORTANTES	50
FIGURA 15	52
DIAGRAMA DE CÁLCULO DE ACERO VERTICAL	52
FIGURA 16	54
ESQUEMA DEL RESERVORIO	54
FIGURA 17	55
DIAGRAMA DE MOMENTOS	55
FIGURA 18	58
DIAGRAMA DE MOMENTOS DEL ACERO VERTICAL (RESERVORIO LLENO)	58
FIGURA 19	60
CÁLCULO DEL ACERO HORIZONTAL (RESERVORIO LLENO)	60
FIGURA 20	62
OBTENEMOS LA DISPOSICIÓN DEL ACERO FINAL	62
FIGURA 21	63
DIAGRAMA DE MOMENTO EN LA LOSA	63
FIGURA 22	64
CARGA UNITARIA DE LONGITUD	64
FIGURA 23	69
SE VISUALIZA EL PERALTE EFECTIVO DE LA ZAPATA	69
FIGURA 24	73
SE VISUALIZA EL ESQUEMA DEL ACERO EN LA ZAPATA.	73
FIGURA 25	74
SE VISUALIZA EL DISEÑO POR TORSIÓN DE LA VIGA PERIMETRAL O DE ARRANQUE.	74
FIGURA 26	81
ESQUEMA FINAL DE ACERO EN VIGA.....	81

FIGURA 27	82
ESQUEMA DEL DISEÑO DE LA CÚPULA	82
FIGURA 28.	83
MÉTODO DE LAS FUERZAS	83
FIGURA 29	83
MÉTODO DE LAS FUERZAS	83
FIGURA 30.	84
EL SIGUIENTE ESQUEMA MUESTRA EL ENCUENTRO ENTRE LA CÚPULA Y LA VIGA PRODUCEN UN EFECTO DE EXCENTRICIDAD	84
FIGURA 31	90
DISPOSICIÓN FINAL DEL ACERO DEL DIÁMETRO INFERIOR DE BOCA DE ACCESO	90

LISTA DE SÍMBOLOS, ABREVIACIONES Y VARIABLES

<i>ACI</i>	Instituto Americano del Concreto
<i>D</i>	Diámetro del reservorio
<i>H_w</i>	Altura del reservorio
<i>H_L</i>	Altura del tirante de agua
<i>W_L</i>	Volumen total requerido para el reservorio
<i>V</i>	Volumen del reservorio
<i>d_i</i>	Diámetro interior del reservorio
<i>a</i>	Borde libre
<i>h</i>	Altura del agua
<i>H</i>	Altura del muro
<i>f</i>	Flecha de la tapa
<i>b</i>	Ancho de análisis
<i>γ_a</i>	Peso específico del agua
<i>γ_s</i>	Peso específico del suelo
<i>γ_c</i>	Peso específico de concreto
<i>Ø</i>	Ángulo de fricción interna
<i>σ</i>	Capacidad portante terreno
<i>f 'c</i>	Resistencia del concreto

f_y	Esfuerzo de fluencia acero
e_p	Espesor de la pared
d_e	Diámetro exterior
d_c	Diámetro central
e_t	Espesor de la losa del techo
F_c	Esfuerzo de compresión
F_t	Esfuerzo de tracción
A_{cup}	Área de la cúpula
P_{cup}	Peso de la cúpula
L_c	Desarrollo de la línea de Arranque
P_c	Presión por metro lineal de circunferencia de arranque
$P_{c'}$	Esfuerzo a la compresión del concreto
V	Esfuerzo cortante por metro lineal en el zuncho
V_u	Esfuerzo permisible al corte por el concreto
W_i	Peso impulsivo
W_c	Peso convectivo
h_i	Altura impulsiva
h_c	Altura convectiva
T_c	Periodo convectivo
K_c	Rigidez convectiva

<i>Z</i>	Zonificación sísmica
<i>U</i>	Factor de uso
<i>S</i>	Parámetro del suelo
<i>R</i>	Factor de reducción
<i>M_i</i>	Masa impulsiva
<i>A_s</i>	Acero final
<i>R_i</i>	Espectro zona impulsiva
<i>R_c</i>	Espectro zona convectiva
<i>K_a</i>	Coefficiente de empuje activo
<i>P_S</i> <i>c</i>	Presión de la sobrecarga
<i>qt_u</i>	Factor de carga útil
<i>qt</i>	Carga unitaria por unidad
<i>W</i>	Presión de fondo
<i>M₀</i>	Momento en el fondo
<i>T</i>	Tracción en el fondo
<i>A_{S min}</i>	Acero mínimo
<i>S_{max}</i>	Separación máxima
<i>ρ</i>	Cuantía
<i>V_u</i>	Fuerza cortante
<i>M_{au}</i>	Acero en la losa de fondo

b_z	Ancho de zapata corrida
σ_n	Reacción neta
σ_{nd}	Presión neta de diseño o rotura
V_c	Cortante por el concreto
M_F	Momento flexionante
M_c	Momento resistente por el concreto
e	Excentricidad
N_T	Esfuerzo actuante
Δ_{max}	Distorsión máxima
ν	Módulo de poisson
E_c	Módulo de elasticidad

RESUMEN

En la presente tesis titulado “DISEÑO DE UN RESERVORIO APOYADO APLICANDO LA NORMATIVA ACI 350 EN EL DISTRITO DE GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA TACNA” se ejecutó con el objetivo realizar el diseño de un reservorio apoyado de concreto armado aplicando la normativa ACI 350.

Debemos tener en consideración que el Perú no cuenta con una normativa específica, que establece los requisitos para el análisis adecuado, por ello lo complementamos con la normativa norteamericana ACI 350. De esta forma se obtuvo los factores necesarios para analizar, diseñar y modelar el reservorio. Se obtuvo el periodo impulsivo calculado es de 0.14 segundos y el periodo convectivo calculado es de 4.58 segundos.

Finalmente, al analizarlo dinámicamente se calculó la distorsión máxima en la parte superior de la pared del reservorio, con el sismo reducido, dando un resultado 0.000035 que comparándolo con el artículo 32 de la Norma Técnica Peruana E.030 cumple con el límite establecido al ser menor que 0.007.

Palabras claves: SAP 2000, NORMATIVA ACI 350, NORMA TÉCNICA PERUANA E.030.

ABSTRACT

In this thesis entitled "**DESIGN OF A SUPPORTED RESERVOIR APPLYING THE ACI 350 STANDARD IN THE DISTRICT OF GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA TACNA**" was carried out with the objective of designing a reinforced concrete supported reservoir applying the ACI 350 standard.

We must bear in mind that Peru does not have a specific regulation, which establishes the requirements for the adequate analysis, for this reason we complement it with the North American regulation ACI 350. In this way, the necessary factors were obtained to analyze, design and model the reservoir. . The calculated impulsive period was obtained is 0.14 seconds and the calculated convective period is 4.58 seconds.

Finally, when analyzing it dynamically, the maximum distortion in the upper part of the reservoir wall was calculated, with the earthquake reduced, giving a result of 0.000035 that, when compared with article 32 of the Peruvian Technical Standard E.030, complies with the established limit as it is less than 0.007.

Keywords: SAP 2000, ACI 350 STANDARD, PERUVIAN TECHNICAL STANDARD E.030.

INTRODUCCIÓN

Actualmente en el Perú no se realizan continuamente investigaciones de los reservorios ubicados en distintas partes de nuestro país.

Además, es imperativo tener en consideración que los sismos no pueden predecirse, es fundamental estar preparado para tomar medidas de prevención y reducir los riesgos sísmicos constantes en el departamento de Tacna, así mismo es necesario investigar sobre ellos. Por ello, con el objetivo realizar el diseño de un reservorio apoyado de concreto armado aplicando la normativa ACI 350, se planteó realizar en la presente tesis el diseño del reservorio.

En la tesis titulado “DISEÑO DE UN RESERVORIO APOYADO APLICANDO LA NORMATIVA ACI 350 EN EL DISTRITO DE GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA TACNA” nos hemos enfocado en realizar el diseño de un reservorio apoyado de concreto armado aplicando la normativa ACI 350, también buscamos realizar el análisis sísmico dinámico y el diseño de los elementos estructurales del reservorio apoyado.

En el Capítulo I se detallan los problemas, los objetivos e hipótesis como primera parte de nuestra investigación, se muestran los antecedentes, el planteamiento del problema y la formulación del problema.

En el Capítulo II presentamos el marco teórico y explicamos sobre los criterios que usaremos para el análisis y diseño.

En el Capítulo III mostramos el marco metodológico, tipo de investigación, diseño de investigación, procedimiento de aplicación.

En el Capítulo IV explicamos la discusión de los resultados.

Y finalmente en el Capítulo V mostramos las conclusiones y recomendaciones planteadas.

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1 ANTECEDENTES

A NIVEL INTERNACIONAL:

En el año (Hernandez Hernandez, 2012), realizo la tesis bajo el título de “ANÁLISIS SÍSMICO DE TANQUES ELEVADOS PARA ALMACENAR LÍQUIDOS: UNA NUEVA VISIÓN CON ESPACIOS VECTORIALES COMPLEJOS” donde hace referencia del modelo hidrodinamico de (Housner, 1954), indicando que el fluido es reemplazado por dos masas: una masa impulsiva, considerada rigida y se encuentra adherida a las paredes del tanque; y una masa convectiva conectada mediante una rigidez proporcionada por el agua y su respectivo amortiguamiento. Razón a este ultimo, representa un problema a la hora de colocar su valor.

En el año (Castillo Hernández, 2007), realizo la tesis bajo el titulo de “COMPARACIÓN DEL DISEÑO SÍSMICO DE ESTANQUES DE ACERO SEGÚN NORMAS NORTEAMERICANA, NEOZELANDESA Y LAS RECOMENDACIONES CHILENAS” donde posteriormente, es (Housner, 1954), fue quien desarrollo en forma completa la teoría de las presiones sísmicas en los

estanques de almacenamiento de líquido. Básicamente, su método propone la estimación de un tipo de flujo el cual es similar al movimiento real del fluido y es este flujo el usado para determinar las presiones (Housner, 1954), detalla lo siguiente: Todo esto, llevó a Housner a proponer en 1954 un modelo mecánico equivalente que represente el movimiento del agua, en el cual una parte de la masa total del agua permanece fija a las paredes del estanque (Masa Impulsiva), mientras que el movimiento oscilatorio es representado por una serie de masas móviles unidas a las paredes por medio de resortes de rigidez (Housner, 1954), el modelo equivalente de Housner: Este modelo contiene varias simplificaciones a la solución exacta del problema hidrodinámico, es importante que estas suposiciones simplifican el análisis y se utilizan para determinar de manera aproximada el comportamiento del líquido en el estanque.

En el año (Vidal, 2007), se realizó la tesis bajo el título de “DISEÑO SÍSMICO DE UN ESTANQUE DE HORMIGÓN ARMADO COMPARACIÓN DEL CÓDIGO NORTEAMERICANO Y LAS RECOMENDACIONES NEOZELANDESAS” donde se estudió el comportamiento dinámico de estanques de hormigón armado, con forma cilíndrica, dispuestos verticalmente, apoyados en el suelo, para almacenamiento de líquidos basados en las normativas vigentes en EE.UU., Nueva Zelanda y Chile, utilizando para ello diferentes tipos de análisis.

Para llegar a los resultados es importante revalidar los datos que se obtienen con ayuda de la metodología ACI 350, finalmente se obtienen un análisis adecuado de las estructuras requeridas (reservorios o contenedores de líquidos).

A NIVEL NACIONAL:

Por consiguiente en el año (Rivera, 2021), se realizó la tesis bajo el tema: “DISEÑO DE UN RESERVORIO CIRCULAR DE 2700 M3 APOYADO SOBRE EL SUELO”, donde se concluye que la estructura diseñada es apropiada y cuenta con dimensiones típicas de elementos estructurales, considerando dos escenarios, en primer lugar en el análisis sísmico se aplicó el método dinámico con ayuda de las ecuaciones propuestas por (Housner, 1954), se consideraron los factores de durabilidad para garantizar la hermeticidad de la estructura y evitar problemas de figuración a lo largo de su vida útil.

Posteriormente, en el año (Tunque, 2018), efectuó su tesis con el tema: “ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN RESERVORIO APOYADO SEGÚN EL CÓDIGO ACI.350; TOMANDO COMO BASE EL MODELO MECÁNICO EQUIVALENTE PROPUESTO POR G.W. HOUSNER” con el propósito de analizar las teorías normadas y así poder dar un completo estudio al comportamiento dinámico de reservorios apoyados de concreto armado de sección

circular en planta, en donde se aplicó el modelo mecánico equivalente de (Housner, 1954), así se tendrá un punto de inicio para futuros estudios de investigación, para obtener el análisis sísmico se concluye debe considerarse dos aspectos, el líquido y la geometría de la estructura, además de utilizar programas de ingeniería para facilitar el análisis y diseño de la estructura.

Siguiendo la misma línea (Cusihuallpa, 2016), realizó la tesis bajo el título de “ANÁLISIS DE LAS MAGNITUDES DE LOS PARÁMETROS DE RESPUESTA ESTRUCTURAL DEL RESERVORIO ZONA SUR DE CONCRETO ARMADO DE LA CIUDAD DEL CUSCO SEGÚN LA NORMA ACI 350.3-01 Y CONSIDERACIONES DE LA NORMA PERUANA E.030 DISEÑO SISMORRESISTENTE”, donde efectuó el análisis de los parámetros de respuesta estructural de la estructura circular de concreto armado de tipo apoyado. Para llevar a cabo la investigación se tomó como base el modelo propuesto por (Housner, 1954) y se aplicó mediante la Norma ACI 350.3-01 para el análisis sísmico, finalmente, se concluye que los parámetros estructurales del reservorio son superiores al tomar en cuenta la norma ACI 350, siendo claro para aplicarlo en el reservorio de concreto del estudio referido.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A nivel mundial la situación actual de los recursos hídricos se vuelve cada vez más insuficiente, ante ello debemos intervenir para su conservación futura (López & Sánchez, 2011), a través de un sistema de saneamiento se puede mejorar la productividad económica de la población, una forma fundamental de suministrar y almacenar es por medio de los reservorios (Castillo, 2019).

En el Ecuador, Las construcciones de estructuras esenciales constituyen una de las ramas fundamentales en el desarrollo del país, en base a ellas se genera el crecimiento de la renta nacional, la economía, la mejora de las condiciones de trabajo y en general de la vida de la población, los depósitos para almacenar el agua también llamados reservorios tienen la finalidad de reducir el déficit hídrico (López & Sánchez, 2011).

Por otra parte, nuestro país altamente sísmico, no cuenta con una normatividad clara y concreta para el análisis y diseño de reservorios, solo la norma E.030 Diseño Sismorresistente vigente del Reglamento Nacional de Edificaciones (SENCICO, 2020), ofrece un análisis sísmico pero solo para edificaciones, la norma vigente de diseño sismorresistente, considera a los reservorios como estructuras esenciales, cuyo funcionamiento no debe interrumpirse después de haber ocurrido un sismo severo (Castillo, 2019).

Las normativas conocidas en nuestro país no cumplen con los parámetros de diseño para reservorios o cisternas, siendo así, debemos considerar las normativas y códigos internacionales, debido a esta necesidad se acepta el uso de normas extranjeras, por lo cual se tomará las recomendaciones de diseño de reservorios que contienen líquidos del código ACI350.20, (American concrete Institute, 2021).

1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.3.1 Interrogante general

- ¿Cuál es el diseño de un reservorio apoyado aplicando la normativa ACI 350 en el distrito de Gregorio Albarracín Lanchipa Tacna?

1.3.2 Interrogantes específicas

- ¿Cuáles son las propiedades mecánicas de los elementos estructurales para realizar un diseño de un reservorio apoyado aplicando la normativa ACI 350?
- ¿Cómo realizar el análisis sísmico dinámico del reservorio apoyado de concreto armado aplicando la normativa ACI 350 en el distrito de Gregorio Albarracín Lanchipa Tacna?
- ¿Cómo diseñar los elementos estructurales del reservorio apoyado aplicando la normativa ACI 350 en el distrito de Gregorio Albarracín Lanchipa Tacna?

1.4 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS

1.4.1 Hipótesis general

- Aplicando los lineamientos de la normativa ACI 350 se realiza el diseño de un reservorio apoyado de concreto armado.

1.4.2 Hipótesis específicas

- Describiendo las propiedades mecánicas de los elementos estructurales me permitirá hacer el diseño del reservorio apoyado de concreto armado con la normativa ACI 350.
- Realizando el análisis sísmico dinámico me permitirá hacer el diseño del reservorio apoyado de concreto armado con la normativa ACI 350.
- Diseñando los elementos estructurales se realizará el diseño del reservorio apoyado de concreto armado.

1.5 JUSTIFICACIÓN

En el departamento de Tacna, se encuentra en frecuente riesgo sísmico y ante la poca investigación de reservorios apoyados en la región de Tacna, resulta de especial interés dar a conocer el diseño de esta estructura complementándolo con la normativa norteamericana ACI 350.

Aspecto social

Valorando nuestro el tema escogido, es importante para nuestra sociedad, sobre todo para los proyectistas con temas similares, tomando la norma de diseño

sismorresistente que no contempla el análisis de este tipo de estructuras. Así mismo cumplir de manera objetiva con la filosofía de la ingeniería sismorresistente.

Aspecto ambiental

Esta investigación contribuye una medida de prevención al implementar una solución frente a la falta del líquido vital en la región de Tacna, mediante la construcción del reservorio apoyado en el distrito de Gregorio Albarracín Lanchipa.

Aspecto económico

Por último, Esta investigación tiene aporte económico, ya que sus contribuciones permitirán hacer previamente la evaluación del modelamiento y diseño del reservorio aplicando el programa SAP 2000.

1.6 DEFINICIÓN DE LOS OBJETIVOS

1.6.1 Objetivo general

- Realizar el diseño de un reservorio apoyado de concreto armado aplicando la normativa ACI 350.

1.6.2 Objetivos específicos

- Describir las propiedades mecánicas de los elementos estructurales para el diseño del reservorio apoyado con la normativa ACI 350.
- Realizar el análisis sísmico dinámico del reservorio apoyado de concreto armado aplicando la normativa ACI 350 en el distrito de Gregorio Albarracín Lanchipa Tacna.

- Diseñar los elementos estructurales del reservorio apoyado aplicando la normativa ACI 350 en el distrito de Gregorio Albarracín Lanchipa Tacna.

1.7 DEFINICIÓN DE VARIABLES

1.7.1 Identificación de variables

- Normativa ACI 350
- Diseño de un reservorio apoyado

1.7.2 Caracterización de las variables

a) Variables independientes

Normativa ACI 350: Permite aplicar un procedimiento adecuado brindando la geometría de la estructura y del líquido almacenado, además de utilizar el modelo de (Housner, 1954), para obtener la masa convectiva y masa impulsiva), determinando los resultados cuantitativos de este diseño.

b) Variables dependientes

Diseño de un reservorio apoyado.

1.7.3 Medición operacional de las variables

A continuación, mostramos en la tabla 1 la operacionalización de variables que aplicaremos en el presente desarrollo de la tesis.

Tabla 1

Operacionalización de variables con sus dimensiones.

VARIABLES	DIMENSIONES
Variable Independiente	Independiente
Normativa ACI 350	1. Según Housner
	2. Company
Variable Dependiente	Dependiente
Diseño de un reservorio apoyado.	1. Diseño de las paredes del reservorio.
	2. Diseño del reservorio (Lleno): La unión de fondo y pared Rígida (empotramiento).
	3. Diseño del fondo de la losa.
	4. Diseño de la zapata corrida.
	5. Diseño de la viga perimetral o de arranque.
	6. Disposición final de acero en viga.
	7. Diseño de la Cúpula

Nota. Esta tabla muestra la operacionalización de variables con las dimensiones independiente y dependiente.

1.8 ALCANCES Y LIMITACIONES

1.8.1 Alcances

La presente investigación constituye un aporte valioso para el diseño del reservorio apoyado aplicando el modelo mecánico equivalente de (Housner, 1954)

, la normativa ACI 350 y la normativa E.030, esta manera se tendrá un punto de inicio para futuros estudios de investigación y poder aplicarlos en el Perú.

1.8.2 Limitaciones

La tesis referida se consideró solamente para reservorios apoyados que podrán regirse con la normativa ACI 350 y la normativa E.030 para adaptarlo a nuestra necesidad y caso de estudio.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 LOS RESERVORIOS APOYADOS MAS IMPORTANTES DEL PERU

En el año (Rivera, 2021), se realizó la tesis bajo el tema: “DISEÑO DE UN RESERVORIO CIRCULAR DE 2700 M³ APOYADO SOBRE EL SUELO”, se realizó el pre dimensionamiento, análisis y diseño de un reservorio circular de 2700 m³ apoyado sobre el terreno, el reservorio tiene las siguientes características de 25 m de diámetro y una altura de 6.50 m, el terreno en el presente estudio se consideró suelo de clasificación S1, se contempló principalmente la normativa E.030, la normativa E.060 y la normativa ACI 350, la cúpula tiene 7 cm de grosor (espesor) al finalizar la norma ACI 350 toma en consideración los parámetros y se verifica mediante los esfuerzos de tracción y flexión.

Posteriormente, en el año (Tunque, 2018), efectuó su tesis con el tema: “ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN RESERVORIO APOYADO SEGÚN EL CÓDIGO ACI.350; TOMANDO COMO BASE EL MODELO MECÁNICO EQUIVALENTE PROPUESTO POR G.W. HOUSNER” con el propósito de analizar las teorías normadas y así poder dar un completo estudio al

comportamiento dinámico de reservorios apoyados de concreto armado de sección circular en planta, en donde se aplicó el modelo mecánico equivalente de (Housner, 1954) teniendo un punto de inicio para futuros estudios. Esta investigación, se inició realizando el pre dimensionamiento de los elementos estructurales; determinando las dimensiones del reservorio para poder albergar el volumen requerido para el abastecimiento de agua potable, altura y diámetro, a partir de ello se procedió a determinar el espesor del muro, las dimensiones de la cúpula esférica, cobertura del reservorio, la losa de fondo donde se apoyará; seguidamente para modelar el agua se empleó el modelo simplificado de (Housner, 1954) que considera una masa convectiva y una masa impulsiva; se determinó los parámetros sísmicos como las aceleraciones de respuesta espectral para periodos cortos 0.2 segundo y de 1 segundo, llegando a la conclusión, que dependerá de la geometría y del líquido, se recomendó usar programas para complementar y maximizar los resultados.

2.2 CLASIFICACIÓN DE RESERVORIOS

Se clasifican en:

1. Reservorios semi enterrados y enterrados:

Los depósitos de agua enterrados o semi-enterrados, conocidos como cisternas, se pueden construir con diferentes materiales como albañilería de piedra, ladrillo, concreto armado. La elección del material dependerá de factores como el presupuesto, la durabilidad requerida y el clima de la zona, (López J. , 2007).

2. Reservorios Apoyados:

Los reservorios sobre superficie son una solución comúnmente utilizada para el abastecimiento de agua. Su diseño y materiales de construcción pueden variar según la capacidad de almacenamiento requerida y la ubicación geográfica. Es importante utilizar materiales de buena calidad y construir adecuadamente para garantizar la durabilidad y funcionalidad de estos reservorios, (López J. , 2007).

3. Reservorios Elevados:

En la estructura de soporte, las columnas o paredes circulares proporcionan estabilidad y resistencia a la presión del agua. Estas estructuras pueden estar arriostradas por vigas circulares para aumentar su resistencia. El depósito de almacenamiento, también conocido como "cuba", es donde se almacena el líquido. Su capacidad dependerá de la demanda existente, es decir, la cantidad de agua que se necesita almacenar. La forma de este depósito se elige teniendo en cuenta factores económicos, como el costo de construcción, así como consideraciones estéticas para no afectar la apariencia del entorno u otros edificios cercanos.

En resumen, la estructura de soporte proporciona estabilidad y soporte para el depósito de almacenamiento, que es el contenedor del líquido almacenado. Ambos elementos son fundamentales en los sistemas de almacenamiento y distribución de agua, (López J. , 2007).

2.3 NORMATIVA E. 030 DISEÑO SISMORRESISTENTE

La normativa peruana E. 030, según el artículo 31 se determinan desplazamientos para estructuras, obteniendo el análisis lineal con las sollicitaciones sísmicas reducidas,(NORMA E.030, 2020), para estructuras irregulares, los desplazamientos se calcular multiplicando por 0.85R los resultados obtenidos del análisis lineal elástico:

Según el artículo 32 de la (NORMA E.030, 2020), se señala el máximo desplazamiento relativo de entrepiso, calculado según el artículo 31, no excede la fracción de la altura de entrepiso (distorsión) que se indica en la Tabla 2.

Tabla 2

Los límites de la distorsión para el entrepiso

MATERIAL PREDOMINANTE	$\Delta l/h_{ei}$
Concreto Armado	0.007
Acero	0.010
Albañilería	0.005
Madera	0.010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0.005

Nota. La tabla 2 muestra los límites, en este caso para concreto armado, (NORMA E.030, 2020).

2.4 CRITERIOS GENERALES PARA ANÁLISIS Y DISEÑO

2.4.1 Requerimientos de diseño

Los elementos estructurales serán aplicados para dos tipos de aceleraciones (horizontal y vertical), combinadas de cargas estáticas de diseño aplicables, la presión, considerando la aceleración, también pueden ser considerados iguales en el peso de la estructura, para determinar el factor de importancia se trabajará con la tabla 3 que se muestra en el siguiente detalle, (American concrete Institute, 2021).

Tabla 3.

Factor de Importancia

USO DEL ESTANQUE		FACTOR
		I
III	Reservorios que contienen material peligroso. Reservorios cuyo contenido es usable para distintos propósitos	1.5
II	después de un terremoto, o estanques que son parte de sistemas de salvataje.	1.25
I	Los reservorios que no figuran en las categorías II o III	1.0

Nota. La tabla 3 se muestra, los reservorios y sus distintos usos incluyendo el factor $I > 1.5$.

2.5 MODELO DINÁMICO

La clasificación del suelo está sujeta a los riesgos sísmicos de las aceleraciones, contienen riesgos sísmicos de las presiones laterales y las fuerzas, se reconocen que la aceleración horizontal está sujeta al análisis sísmico de estructuras

contenedoras de líquido según (Housner, 1954), las presiones asociadas con estas fuerzas "se puede separar en partes impulsivos y convectivos.

Se fusiona con los muros del reservorio, las fuerzas causadas por la acción del fluido en las paredes del estanque generan tensiones de presión.

El período de oscilación de un fluido en un estanque depende de la relación de aspecto del estanque y del tiempo típico del sistema. Cuanto mayor sean estos factores, más largo será el período de oscilación.

Las vibraciones verticales del terreno son también transmitidas por el fluido, estas producen presiones que actúan sobre los muros del estanque. Estas tienden a aumentar o a reducir los esfuerzos de anillo.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación está clasificada de tipo aplicada, ya que pretende solucionar un problema en concreto a través de estrategias innovadoras como son aplicando la normativa norteamericana ACI 350. En este estudio se integró los métodos el programa SAP 2000.

3.2 NIVEL DE INVESTIGACIÓN

El nivel de esta tesis referida es cuasi experimental. Se asemeja a la experimental ya que se pretende manipular una o varias variables concretas, con la discrepancia de que no se tiene un control total de las variables.

3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA DE INVESTIGACIÓN

La población de esta exploración está conformada por todos los reservorios apoyados que podrían ser construidas con las especificaciones indicadas en la normativa ACI 350 en el distrito de Gregorio Albarracín Lanchipa Tacna.

El reservorio apoyado que se estudiara en el marco de esta investigación para el análisis y diseño se tomara por criterio de selección.

ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio está situada en el distrito de Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa, de Tacna. El sector colinda con:

- **Por el Norte:** Av. Alameda Ecológica y colegio Luis Alberto Sánchez.
- **Por el Sur:** Asoc. viv. Virgen de la candelaria, héroes del cenepa.
- **Por el Este:** Asoc. viv. 26 de octubre, micro empresarios san Antonio.
- **Por el Oeste:** Asoc. Av. Villa la cultura y terreno destinado para comercio.

Figura 1

Ubicación del área de estudio



Nota. En la figura 1 se ubica el área de estudio.

VÍAS DE ACCESO

Las vías de acceso están integrados por la Av. los molles y Av. Ecológica tramo.

POBLACIÓN

A continuación, se muestra la proyección de la población del distrito Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa desde el año 2017 hasta el presente año 2022, alcanzando un total de 2973 habitantes en las Asoc. viv. Virgen de la candelaria, Asoc. viv. 26 de octubre, Asoc. Av. Villa la cultura.

CRECIMIENTO POBLACIONAL

En el gráfico inferior se muestra que el crecimiento poblacional a partir del Censo de 1940 (36,349 hab.) teniendo un comportamiento exponencial hasta el año 2012 (328,915 hab.). La tasa de crecimiento intercensal de 1961-2017 fue de 2.9.

Figura 2

Extensión Geográfica y densidad poblacional 2017 Tacna

PROVINCIA DISTRITO	POBLACION 2017	SUPERFICIE Km2.	ALTITUD m.s.n.m	DENS.POBLA. Hab./Km2.
DEPARTAMENTO TACNA	350105	16075.9		21.8
PROVINCIA TACNA	324628	8066.1		40.2
DISTRITO TACNA	87286	2407.2	562	36.3
DISTRITO A.ALIANZA	40128	371.4	575	108
DISTRITO CALANA	3266	108.4	875	30.1
DISTRITO C.NUEVA	38131	173.4	650	220
DISTRITO INCLAN	7870	1414.8	550	5.6
DISTRITO PACHIA	2012	603.7	1090	3.3
DISTRITO PALCA	1709	1417.9	2935	1.2
DISTRITO POCOLLAY	21793	265.7	670	82
DISTRITO SAMA	2667	1116.0	374	2.4
DISTRITO G.ALBARRACIN	119315	187.7	525	635.7

Nota Fuente INEI

CAPACIDAD DEL RESERVORIO

Almacenamiento de agua en reservorio apoyado de 188 m3:

CALCULO DEL VOLUMEN DEL RESERVORIO

Población 2017	2973	Habitantes	INEI
Población actual 2022	3150	Habitantes	
Tasa de crecimiento	2.90	%	INEI
Población futura (2030)	4180.04		Método Aritmético (Pf=Po*(1+r*t/100))
Dotación	180.00		
CONSUMO PROMEDIO			
Qp	8.71	lit/seg	
CONSUMO MAXIMO DIARIO			
Qmd	11.32	lit/seg	
CONSUMO MAXIMO HORARIO			
Qmh	21.77	lit/seg	
Qb	15.09	lit/seg	

VOLUMEN DEL RESERVORIO

V. REGULACIÓN	188.1
V. C/Incendio	0
Volumen Total de almacenamiento	188 m3

El caudal necesario para demanda contra incendio estará incluido en el caudal doméstico.

Se considera 01 reservorio apoyado de concreto armado con capacidad de 188 m3,

de ancho de 11.00 m y una altura de agua de 2.35m.

ANALISIS DE CAPACIDAD DE CARGA DEL SUELO

En términos generales en suelo de la zona de estudio está constituido por un estrato de relleno superficial o suelos contaminados con partículas orgánicas

vegetales hasta la profundidad hasta la profundidad de 30 centímetros, el tipo de suelo es según SUCS es GP grava mal graduadas con arena y finos según ASSHTO ES A-1-A(0).

Según los sondajes efectuados se determina que las cimentaciones de las estructuras estarán sobre un estrato de GP grava mal graduadas con arena y finos, las cuales tiene como propiedad una regular resistencia al corte.

3.4 PROCEDIMIENTO DE APLICACIÓN

A continuación, describiremos las propiedades mecánicas de los elementos estructurales que fueron consideradas para el diseño del reservorio apoyado de acuerdo a la normativa ACI 350. Se deben cumplir ciertos criterios, para garantizar la eficiencia del reservorio tal como se muestra en la tabla 4 y tabla 5 respectivamente.

Tabla 4

Propiedades mecánicas del concreto

CONCRETO	
Resistencia a la compresión (elementos en contacto con agua)	$f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$
Resistencia a la compresión (elementos en contacto sin agua)	$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
Módulo de poisson	$\nu = 0.20$

Módulo de elasticidad	$E_c = 15\,000 * \sqrt{f'c} \text{ kg/cm}^2$
-----------------------	--

Nota. En la tabla 4 se muestra las propiedades mecánicas obtenidos del área de estudio en el Distrito de Gregorio Albarracín Lanchipa.

Para el acero corrugado, cuenta con estas características:

Tabla 5

Propiedades mecánicas del acero corrugado

ACERO CORRUGADO	
Esfuerzo de fluencia	$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
Módulo de elasticidad	$E_s = 2\,000\,000 \text{ kg/cm}^2$

Nota. En la tabla 5 se muestra las propiedades mecánicas obtenidas del área de estudio en el Distrito de Gregorio Albarracín Lanchipa

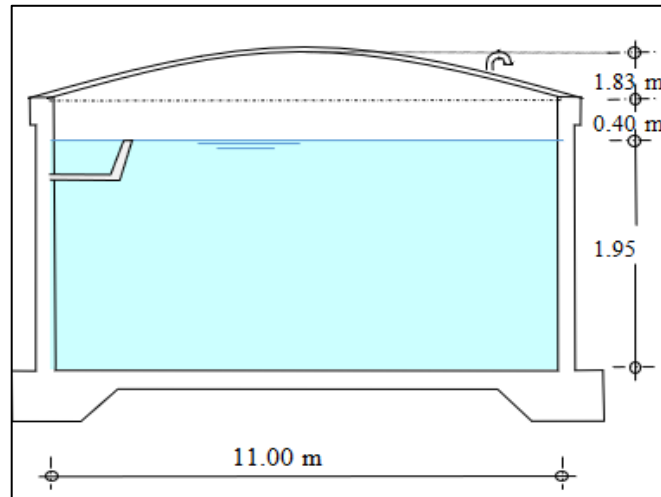
3.4.1 DIMENSIONAMIENTO

3.4.1.1 Cálculo del diámetro interior **di**

En la figura 2 se muestra el siguiente gráfico, con las siguientes características:

Figura 3

Esquema básico de la geometría del reservorio



Nota. En la figura 2 se muestra la geometría del reservorio apoyado con sus dimensiones acotadas.

En la presente tesis se tiene los siguientes requerimientos para las dimensiones del reservorio apoyado sobre el terreno.

$H_W =$ *Altura del reservorio*

$H_L =$ *ltura del tirante de agua* = 1.95 m

$W_L = 188 \text{ m}^3$

$$V = \frac{\pi \cdot di^2 \cdot h}{4} \quad (1)$$

$$V = \sqrt{\frac{188 \cdot 4}{\pi \cdot 195}}$$

$$di = 11.08 \text{ m} \approx 11.00 \text{ m}$$

3.4.1.2 Cálculo de flecha de la tapa (forma de bóveda)

A partir del diámetro del reservorio cilíndrico se obtuvo como respuesta el cálculo de flecha de la tapa (forma de bóveda).

$$f = \frac{1}{6} * di \quad (2)$$

$$f = 1.83 \text{ m}$$

3.4.1.3 Datos iniciales

Volumen del reservorio	V =	188	m ³
Diámetro interior del reservorio	di =	11.00	m
Borde libre	a =	0.40	m
Altura del agua	h =	1.95	m
Altura del muro	H =	2.35	m
Flecha de la tapa	f =	1.83	m
Ancho de análisis	b =	1.00	m
Peso específico del agua	γ_a =	1000	kg/m ³
Peso específico del suelo	γ_s =	2000	kg/m ³
Peso específico de concreto	γ_c =	2400	kg/m ³
Ángulo de fricción interna	ϕ =	15.0	°
Capacidad portante terreno	σ_t =	2	kg/cm ²
Resistencia del concreto	f 'c =	210	kg/cm ²
Esfuerzo de fluencia acero	f _y =	4200	kg/cm ²

3.4.2 PREDIMENSIONAMIENTO

3.4.2.1 Cálculo del espesor de la pared (e_p)

De acuerdo a los criterios mostrados, se calcula:

a) Según el criterio de company:

$$e_p \geq \left(7 + \frac{2h}{100}\right) \quad (3)$$

Obtenemos:

$$e_p \geq \left(7 + 2 * \frac{1.95}{100}\right)$$

$$e_p \geq 10.90 \text{ cm}$$

b) Según normatividad:

$$e_p \geq \left(\frac{h}{12}\right) \quad (4)$$

$$e_p \geq \left(\frac{1.95}{12}\right)$$

$$e_p \geq 16.25 \text{ cm}$$

c) Considerando que se tiene que sólo en la pared se producen esfuerzos de tracción. La presión sobre un elemento de pared situado a "h" metros por debajo del nivel de agua es de $g \text{ agua} * h$ (Kg/cm²), y el esfuerzo de tracción de las paredes de un anillo de altura elemental "h" a la profundidad "h" tal como se muestra en el gráfico es:

$$T = \frac{1000 * h * Dh * di}{2} \left(\frac{h}{12}\right) \quad (5)$$

Analizando para un $Dh = 1.00 \text{ m}$ y verificando en la figura 3 podemos ver la presión ejercida por el agua a las paredes.

Reemplazando en la fórmula tenemos:

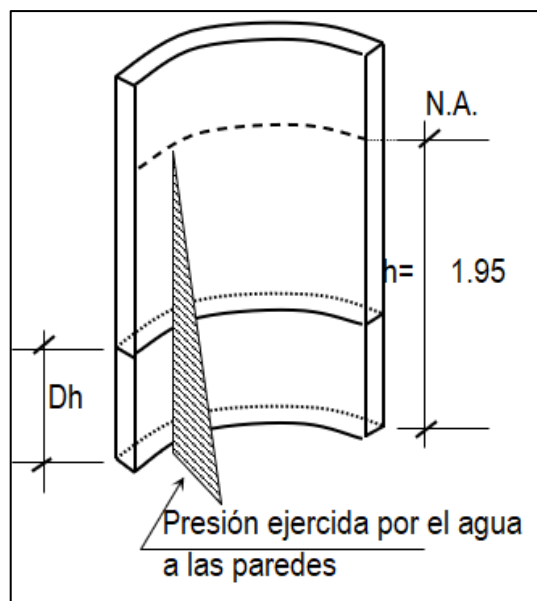
$$T = \frac{1000 * h * Dh * di}{2} \quad (6)$$

$$T = \frac{1000 * 1.95 * 1.00 * 11.00}{2}$$

$$T = 10725 \text{ kg}$$

Figura 4

Presión ejercida por el agua a las paredes



Nota. En la figura 3 se muestra el dato de la altura de agua que se usará en las posteriores fórmulas.

La tracción será máxima cuando el agua llega $h = 1.95m$

Reemplazando en la fórmula tenemos:

$$T_{max} = 10725 \text{ kg}$$

La fuerza a tracción debe estar en promedio al 10% a 15% a la compresión, igualando a "T" (obtenido)

$$T = f'c * 10\% b * ep \quad (7)$$

$$ep = \frac{Tmax}{(f'c * 10\% * b * 100)}$$

$$ep \geq \frac{10725 \text{ kg}}{(210 \text{ kg/cm}^2 * 10\% * 1.00\text{m} * 100)}$$

$$ep \geq 5.11 \text{ cm}$$

El valor mínimo se desempeña con los criterios.

$$ep \geq 16.25 \text{ cm}$$

Optamos:

$$ep = 25 \text{ cm}$$

3.4.2.1.1 Cálculo de diámetro exterior (d_e)

$$d_e = di + 2 * ep \quad (8)$$

$$d_e = 11.00 + 2 * (25 * 0.01)$$

$$d_e = 11.50\text{m}$$

3.4.2.1.2 Cálculo de diámetro central (d_c)

$$d_c = di + 2 * \frac{ep}{2} \quad (9)$$

$$d_c = 11.00 + 2 * \frac{25 * 0.01}{2}$$

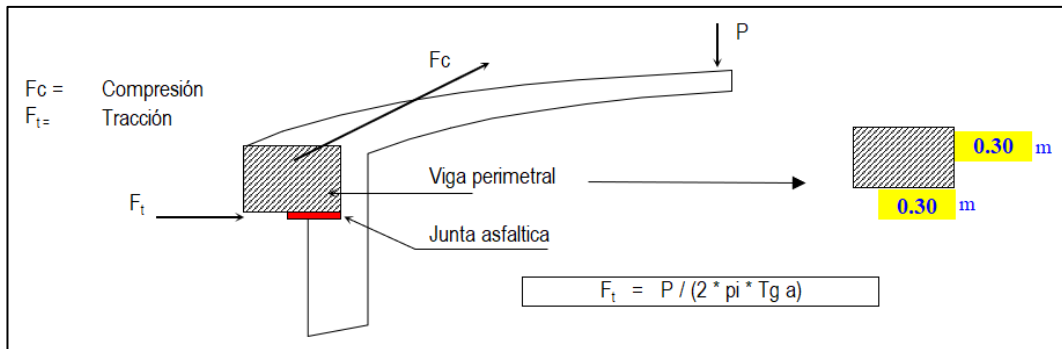
$$d_c = 11.25m$$

3.4.2.2 Cálculo del espesor de la losa del techo (et)

La cubierta se puede apreciar en la figura 4, se asentará en las paredes, evitándose las fisuras en los muros debido a la flexión.

Figura 5

El zuncho se comportará como la viga perimetral.



Nota. En la imagen 4 se muestra los valores de los espesores, teniendo en cuenta el esfuerzo a la compresión y el esfuerzo a tracción.

Se deberá tener en consideración el esfuerzo y la cortante del concreto. Es importante calcular el peso y la forma de la tapa (F_c y F_t).

$$(R - f)^2 + \left(\frac{di}{2}\right)^2 = R^2 \quad (10)$$

Reemplazando obtenemos los valores para tener el valor de R:

$$R = 9.17 m.$$

$$\operatorname{Tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{\left(\frac{di}{2}\right)}{R-f} = 0.75$$

$$\alpha = 73.74^\circ$$

Entonces:

$$\alpha/2 = 36.87^\circ$$

Del grafico:

$$F_c = \frac{P}{\operatorname{sen}} \alpha \quad (11)$$

3.4.2.2.1 Metrado de cargas

Ahora procederemos a calcularlo:

Peso propio	=	180	Kg/m ²
Sobre carga	=	150	Kg/m ²
Acabados	=	100	Kg/m ²
Otros	=	50	Kg/m ²
TOTAL	=	480.0	Kg/m ²

Área de la tapa (casquete esférico o cúpula)

$$2 * \pi * r * f \quad (12)$$

$$A_{cup} = 63.36 \text{ m}^2$$

Peso de la cúpula

$$480 * A_{cup}$$

$$P_{cup} = 30411 \text{ kg}$$

Cálculo esfuerzo de Tracción

$$F_t = \frac{P}{(2 * \pi * Tg \frac{\alpha}{2})} \quad (13)$$

$$F_t = 6453.3 \text{ kg.}$$

Cálculo esfuerzo de compresión

$$F_c = \frac{P}{(\text{Sen} \frac{\alpha}{2})} \quad (14)$$

$$F_t = 50684 \text{ kg}$$

3.4.2.2.2 Desarrollo de la línea de Arranque (L_c), Longitud de la circunferencia descrita)

$$L_c = \pi * di \quad (15)$$

$$L_c = \pi * 11$$

$$L_c = 34.56 \text{ m}$$

3.4.2.2.3 Presión por metro lineal de circunferencia de arranque

$$P_c = F_c / L_c \quad (16)$$

$$P_c = \frac{50684}{34.56}$$

$$P_c = 1466.7 \text{ kg/m}$$

3.4.2.2.4 Esfuerzo a la compresión del concreto $P_{c'}$:

Por seguridad:

$$P_{c'} = 0.45 f'c * b * e_t \quad (17)$$

La ecuación será semejante para la presión: P_c /ml

$$0.45 * 210.0 * 1.0 * e_{t1} = 1466.7$$

Espesor de la primera:

$$e_{t1} = 0.155 \text{ cm}$$

3.4.2.2.5 Esfuerzo cortante por metro lineal en el zuncho (viga perimetral)

$$V = \frac{P}{L_c} \quad (18)$$

$$V = \frac{3410.62 \text{ kg}}{34.56 \text{ m}}$$

$$V = 880.0 \text{ kg/m}$$

3.4.2.2.6 Esfuerzo permisible al corte por el concreto

$$V_u = 0.5 * \left(f'c^{\left(\frac{1}{2}\right)} \right) * b * e_{t2} \quad (19)$$

Igualamos la ecuación al valor de la presión por metro lineal

$$V_u = 0.5 * \left(210^{\left(\frac{1}{2}\right)} \right) * 1.0 * e_{t2} \quad (20)$$

$$V_u = 880.0$$

$$e_{t2} = 1.21 \text{ cm}$$

Los espesores $e_{t1} + e_{t2}$ son insuficientes. De acuerdo al R.N.C., especifica un espesor mínimo de 5cm

Por ello optamos por: $e_t = 7.50 \text{ cm}$.

3.4.3 METRADO DE CARGAS DEL RESERVORIO

Losa del techo:	$e_t : 0.075 \text{ m}$	$f : 1.83 \text{ m}$	$(\pi \times d_e * f^*) e_t * \gamma_c =$	11.92 Ton
Viga Perimetral	$b : 0.30 \text{ m}$	$d : 0.30 \text{ m}$	$\pi \times d_c * b * d * \gamma_c =$	7.63 Ton
Muros pedestales laterales	$ep : 0.25 \text{ m}$	$h : 2.05 \text{ m}$	$\pi \times d_c * ep * h * \gamma_c =$	44.47 Ton
Peso de zapata corrida	$b : 1.00 \text{ m}$	$h : 0.40 \text{ m}$	$\pi \times d_c * b * h * \gamma_c =$	33.93 Ton
Peso de losa de fondo	$e : 0.25 \text{ m}$		$\pi \times d_i^2 * e * \gamma_c / 4 =$	57.02 Ton
Peso del agua	$h : 1.95 \text{ m}$		$\pi \times d_i^2 * h * \gamma_a / 4 =$	185.315 Ton

Peso final:

339.29 Ton

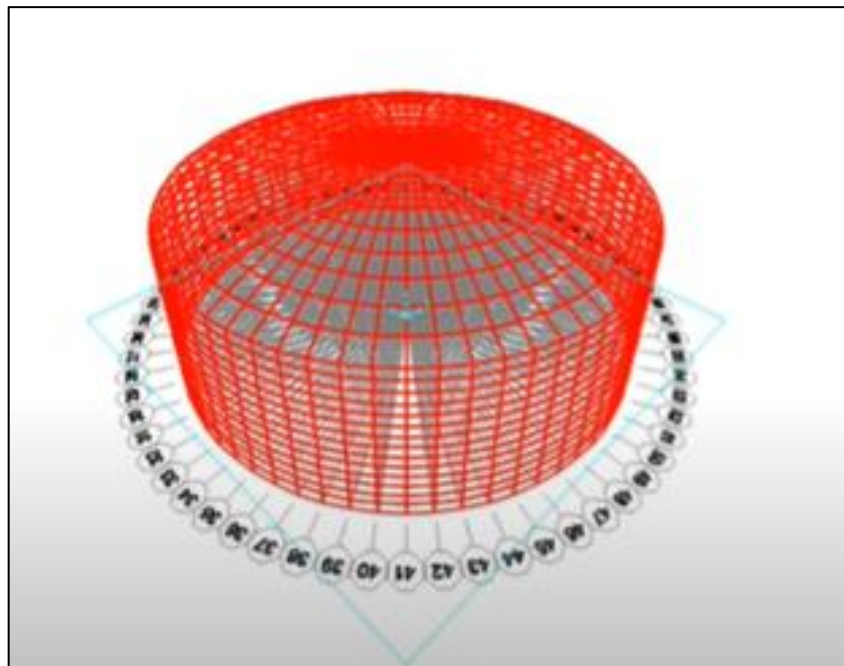
A continuación, realizaremos el análisis sísmico dinámico del reservorio apoyado de concreto armado.

3.5 ANÁLISIS SÍSMICO

Se realiza el análisis sísmico, y se utiliza el programa SAP 2000. En la figura 5 el desarrollo y también en el programa SAP 2000.

Figura 6

Se observa el modelamiento del reservorio aplicando el programa SAP 2000.



Nota. En la figura 5 se observa el modelamiento del reservorio apoyado.

3.5.1 Parámetros sísmicos

Teniendo en cuenta los siguientes términos:

3.5.1.1 Cálculo de los pesos convectivo e impulsivo

Se calcula teniendo en cuenta que se utilizara la altura de agua interior del reservorio en metros.

$$\frac{W_i}{W_L} = \frac{\tanh(0.866 * (\frac{D}{h}))}{0.866 * (\frac{D}{h})} \quad (21)$$

$$\frac{W_i}{188} = \frac{\tanh(0.866 * (\frac{11}{1.95}))}{0.866 * (\frac{11}{1.95})}$$

$$W_i = 6.5131 \text{ ton}$$

El peso convectivo se calcula con la siguiente ecuación:

$$\frac{W_c}{W_L} = 0.23 * (\frac{D}{h}) * \tanh(3.68 * (\frac{h}{D})) \quad (22)$$

$$\frac{W_c}{188} = 0.23 * (\frac{11}{1.95}) * \tanh(3.68 * (\frac{1.95}{11}))$$

$$W_c = 139.83 \text{ ton}$$

3.5.1.2 Cálculo de alturas convectivas e impulsiva

Tiene relación con el diámetro y la altura del agua $D/h \geq 1.333$, la altura impulsiva se calcula con la siguiente ecuación:

$$\frac{h_i}{h} = 0.375 = \frac{h_i}{1.95} \quad (23)$$

$$h_i = 0.731 \text{ m}$$

En el caso de la altura convectiva se emplea la siguiente ecuación:

$$\frac{h_c}{h} = 1 - \frac{\cosh(3.68 * (\frac{h}{D})) - 1}{3.68 * (\frac{h}{D}) * \sinh(3.68 * (\frac{h}{D}))} \quad (24)$$

$$\frac{h_c}{1.95} = 1 - \frac{\cosh\left(3.68 * \left(\frac{1.95}{11}\right)\right) - 1}{3.68 * \left(\frac{1.95}{11}\right) * \sinh\left(3.68 * \left(\frac{1.95}{11}\right)\right)}$$

$$h_c = 0.517 \text{ m}$$

3.5.1.3 Cálculo de los periodos convectivo e impulsivo

Con los datos se obtiene siguiente ecuación:

$$T_c = 2 * \pi * \frac{\sqrt{D}}{\sqrt{3.68 * g * \tanh\left(3.68 * \left(\frac{h}{D}\right)\right)}} \quad (25)$$

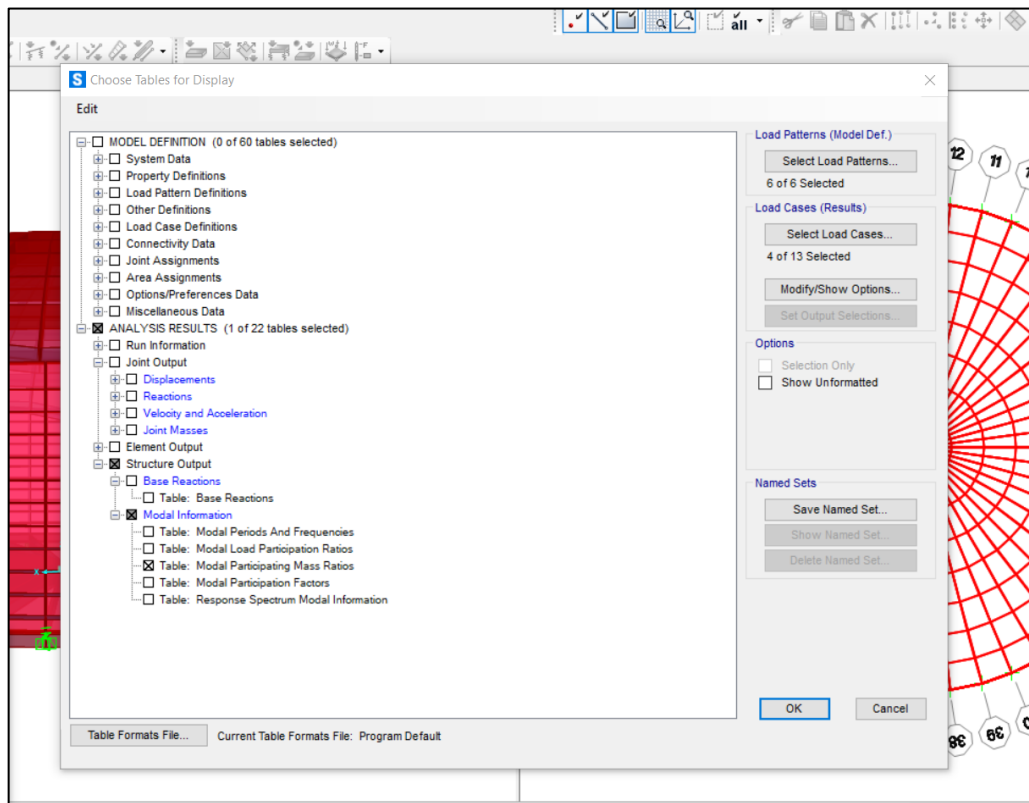
$$T_c = 2 * \pi * \frac{\sqrt{11}}{\sqrt{3.68 * 9.81 * \tanh\left(3.68 * \left(\frac{1.95}{11}\right)\right)}}$$

$$T_c = 4.58 \text{ s}$$

El periodo impulsivo modelado en el programa SAP 2000. De la figura 6 verificamos el procedimiento para obtener el periodo impulsivo que se visualiza en la figura 7.

Figura 7

En la figura se observa la opción para obtener la información del modelamiento obtenido del programa SAP 2000



Nota. Se obtuvo la información para continuar con el análisis obtenido del programa SAP 2000.

Figura 8

Periodo impulsivo obtenido del programa SAP 2000.

TABLE: Modal Participating Mass Ratios									
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	0.134	0.000	0.044	0.001	0.000	0.044	0.001
MODAL	Mode	2	0.043	0.043	0.035	0.000	0.043	0.078	0.001
MODAL	Mode	3	0.045	2026502.736	0.009	0.002	0.087	0.087	0.003
MODAL	Mode	4	0.022	1406632.269	0.008	0.001	0.109	0.095	0.004
MODAL	Mode	5	0.024	-1359260.270	0.000	0.001	0.133	0.095	0.004
MODAL	Mode	6	0.029	-1077844.970	0.015	0.000	0.162	0.110	0.005
MODAL	Mode	7	0.001	1060499.263	0.006	0.000	0.162	0.116	0.005
MODAL	Mode	8	0.013	-953879.870	0.010	0.002	0.175	0.126	0.007
MODAL	Mode	9	0.058	936758.324	0.050	0.007	0.233	0.176	0.014
MODAL	Mode	10	0.117	-908980.890	0.063	0.012	0.350	0.239	0.026
MODAL	Mode	11	0.000	884943.988	0.023	0.000	0.350	0.262	0.026
MODAL	Mode	12	0.001	-754188.880	0.047	0.006	0.351	0.309	0.032

Nota. En la figura 7 se observa el periodo impulsivo que utilizaremos mas adelante para otro calculo.

3.5.1.4 FACTORES SÍSMICOS SEGÚN EL ACI 350.3 Y E.030

Zonificación sísmica (Z): En la tesis referida se utiliza una zona sísmica Z4, y la aceleración se considerará $Z=0.45$.

Factor de uso (U): La normativa E.030, considera a la categoría A y la característica a utilizar es de $U=1.5$.

Se clasifica con la categoría adecuada. El factor (U), en la figura 8 se muestra el siguiente detalle a continuación.

Figura 9

Categoría de las Edificaciones y Factor de Uso (U)

CATEGORIA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
	A1: Establecimiento del sector salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud	Ver nota 1
A Edificaciones Esenciales	<p>A2: Edificaciones esenciales para el manejo de las emergencias, el funcionamiento del gobierno y en general de aquellas edificaciones que pueden servir de refugio después de un desastre. Se incluye las siguientes edificaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Establecimientos de Salud no comprendidos en la categoría A1. - Puertos, aeropuertos, estaciones ferroviarias de pasajeros, sistemas masivos de transporte, locales municipales, centrales municipales. - Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía. - Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua. - Instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades. - Edificaciones cuyo colapso puede presentar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos. - Edificaciones que almacén archivos e información esencial del Estado. 	1.5
B Edificaciones Importantes	<p>Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de buses de pasajeros; establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos o bibliotecas.</p> <p>También se consideran depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.</p>	1.3
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	1.0
D Edificaciones Temporales	Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares	Ver nota 2

Nota. Se muestra la clasificación. Para edificios con aislamiento sísmico en la base se puede considerar $U = 1$, obtenido de la norma (*MINISTERIO DE VIVIENDA, 2018*).

Parámetro del suelo (S): La estructura se cimenta en un suelo de estratos intermedios. Por lo cual se considera un suelo S2 según la norma E.030 obtenido (*MINISTERIO DE VIVIENDA, 2018*). De esta forma, el valor a

utilizar es de $S=2.0$. Además, los valores de los parámetros de sitio son de $TP=0.60$ y $TL=2.0$,

Factor de reducción (R): La norma ACI 350.3-06 indica que el factor de reducción para la zona impulsiva es de $R_i=2.0$ y para la zona convectiva es de $R_c=1$ para reservorios de agua monolíticos o empotrados en la base.

3.6 ANÁLISIS DINÁMICO

El análisis obtuvo un espectro de aceleraciones.

3.6.1 Espectros de diseño

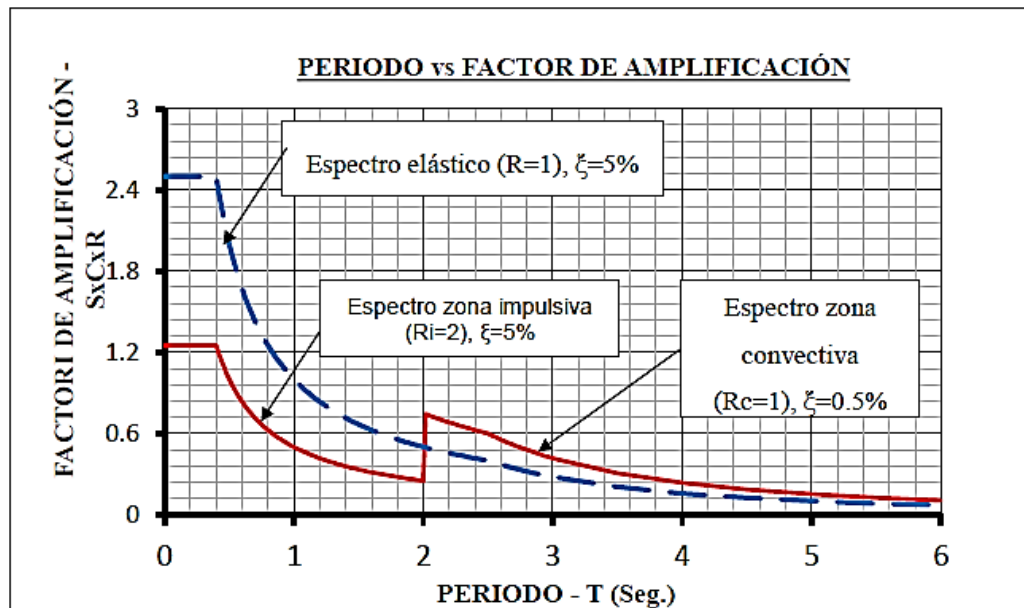
En el ítem 3.5.1.4. de la presente tesis se presenta los valores de los factores de reducción de la norma ACI 350.3-06. El valor de $R_i=2$ corresponde al factor de reducción impulsivo para reservorios monolíticos y el factor de reducción $R_c=1$ corresponde al factor de reducción convectivo.

El periodo impulsivo calculado, y se muestra en la figura 7 es de 0.14 segundos y el periodo convectivo calculado es de 4.58 segundos. Por lo tanto, para asegurar que las respuestas sísmicas sean las correctas, se ha elegido el punto de cambio de espectros correspondiente a 2,00 segundos.

A continuación, en la figura 9 se muestra el espectro de pseudo-aceleraciones utilizado en el modelamiento dinámico.

Figura 10

Espectro de pseudo-aceleraciones.



Nota. En la figura se aprecia los espectros de la zona impulsiva, zona convectiva y el espectro elástico que se utilizaron para realizar el análisis.

3.6.2 Distribución de la masa impulsiva

La altura impulsiva calculada en el ítem 3.5.1.2. es de 0.731 m, dada la discretización del modelo en el software SAP2000 de elemento de 2.35 m de altura, se considera una altura impulsiva de $h_i=1.00$ m.

Por otro lado, el peso impulsivo calculada en el ítem 3.5.1.1. se divide entre la gravedad para obtener una masa impulsiva de 0.664 ton-s²/m, la cual será distribuida en el área alrededor de la altura de 2.35 m calculada por la siguiente ecuación:

$$A_S = 2\pi * D * h_i \quad (26)$$

$$A_S = 2 * \pi * 11 * 2.35$$

$$A_s = 162.42 \text{ m}^2$$

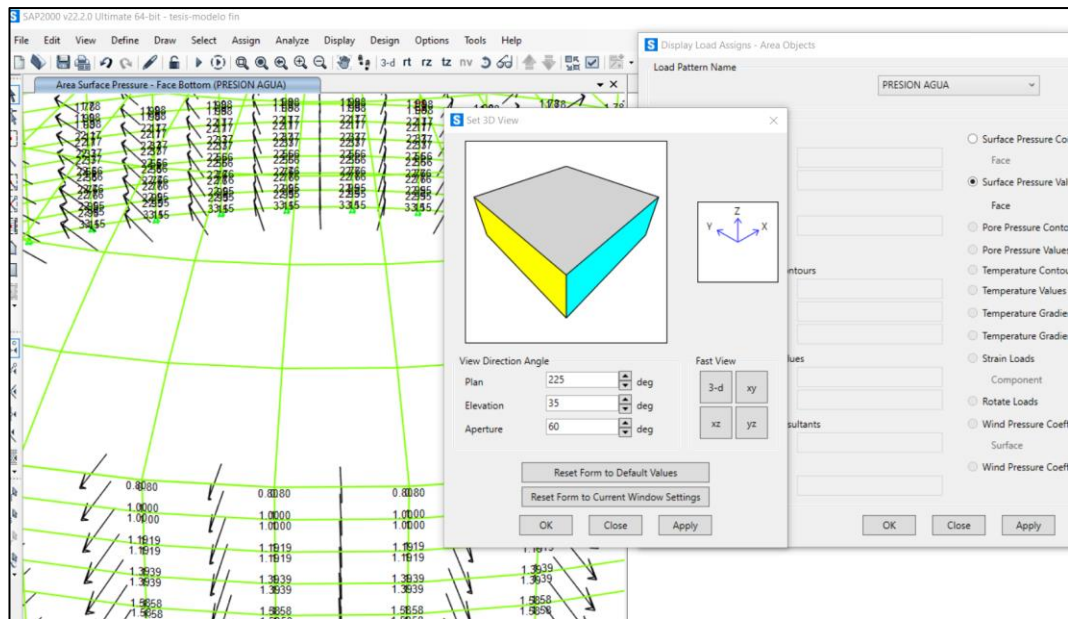
Por lo tanto, se obtiene.

$$\frac{M_i}{A_s} = \frac{0.664}{162.42} = 0.0041 \text{ ton. s}^2/\text{m}^2$$

A continuación, en la figura 10 se muestra.

Figura 11

Se asigno la masa impulsiva para el modelamiento en SAP 2000



Nota. Se asigno la masa impulsiva para continuar con el modelamiento estructural del reservorio apoyado.

3.6.3 Distribución de la masa convectiva

Para la distribución de la masa convectiva se considera un sistema de resortes. Para ello se requiere el cálculo de la rigidez de que será distribuida en cada resorte.

3.6.3.1 Rigidez convectiva

En el punto 3.5.1.1. se obtuvo como resultado el peso convectivo $W_c = 139.83 \text{ ton}$, dio como resultado la masa convectiva de $14.25 \text{ ton-s}^2/\text{m}$. Además, se obtuvo como periodo convectivo de $T_c = 4.58 \text{ s}$, con lo cual se calcula la rigidez convectiva:

$$K_c = M_c * \left(\frac{2\pi}{T_c}\right)^2 \quad (27)$$

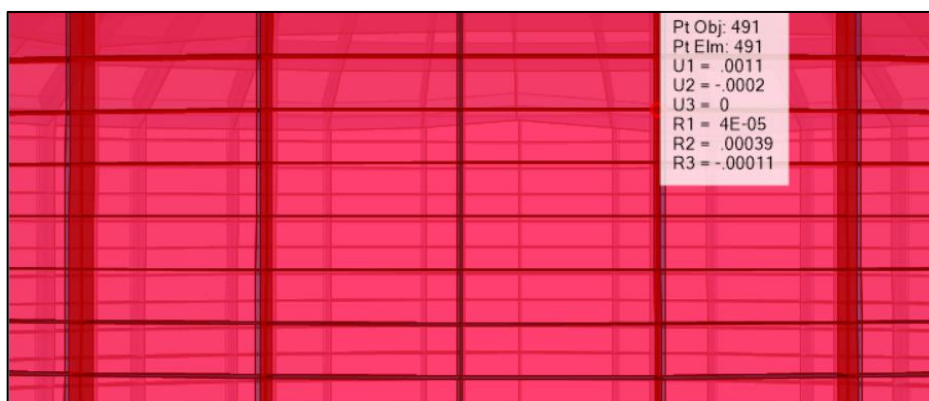
$$K_c = 14.25 * \left(\frac{2\pi}{4.58}\right)^2$$

$$K_c = 26.82 \frac{\text{ton}}{\text{m}}$$

Se cálculo las distorsiones:

Figura 12.

Se muestra en el sismo la distorsión máxima



Nota. La figura representa los valores de las distorsiones que se obtuvieron del programa SAP 2000.

$$\Delta_{max} = 0.011$$

$$h = 235 \text{ cm}$$

$$\delta = \frac{\Delta_{max}}{h} * 0.75 * R$$

$$\delta = \frac{0.001}{235} * 0.75 * 2 = 3.51 * 10^{-5}$$

El resultado calculado ($3,51 * 10^{-5}$) cumple por el movimiento elástico y con la Normativa Peruana E. 030 muestra el límite de la distorsión de concreto armado es 0,007.

3.6.4 ANÁLISIS Y DISEÑO DEL RESERVORIO

Teniendo las siguientes consideraciones:

- a) Cuando el reservorio este vacío, la estructura interactúe con el suelo va a producir un empuje, y esto se repartirá en todo su perímetro.
- b) Cuando el reservorio está Lleno, e interactúe con el agua se comportará de forma invertida como un pórtico.

3.6.4.1 Diseño de las paredes del reservorio

3.6.4.1.1 Diseño del reservorio vacío

MOMENTOS FLECTORES

$$M = M_0 * M_1 * X_1 \quad (28)$$

$$M = qt * \frac{r^2}{2} (1 - \cos\phi) - qt * \frac{r^2}{6}$$

CÁLCULO DEL VALOR DE QT:

Los muros del reservorio de forma h, considerando la presión.

Cálculo del coeficiente de empuje activo (por mecánica de suelos)

$$K_a = \tan^2(45 + \frac{\phi}{2}) \quad (29)$$

$$K_a = 1.698$$

Cuando la carga de la sobrecarga es uniforme se tiene:

$$W_{\frac{S}{c}} = \frac{P_S}{c} \quad (30)$$

$$\frac{P_S}{c} = K_a * W_{\frac{S}{c}}$$

$$W_{\frac{S}{c}} = qt$$

$$\frac{P_S}{c} = \text{Presión de la sobrecarga}$$

$$\frac{P_S}{c} = \gamma_s * h = K_a * qt \quad (31)$$

$$qt = \frac{\gamma_s * h}{K_a} \quad (32)$$

Reemplazado en la ecuación (32) tenemos:

$$qt = \frac{\gamma_s * h}{K_a} = 0.59 \text{ ton/m}^2$$

Aplicando el factor de carga útil obtenemos

$$qt_u = 155 * qt * 0.59 \text{ ton/m}^2 \quad (33)$$

$$qt_u = 0.913 \text{ ton/m}^2$$

Cálculo de los momentos flectores

Datos necesarios:

$$r = 5.75 \text{ m}$$

$$qt_u = 0.913 \text{ ton/m}^2$$

$$L_{\text{anillo}} = 36.13 \text{ m}$$

Se presentarán cuando $0 \leq \theta \leq \pi/3$,

se aplicará $M_u = qt * \frac{r^2}{2} (1 - \cos\theta) - qt * \frac{r^2}{6}$ y se obtuvo:

θ	Mu (T-m / anillo)	Mu (T-m / m-anillo)
0.00°	-5.029	-0.139
10.00°	-4.800	-0.133
20.00°	-4.119	-0.114
30.00°	-3.008	-0.083

40.00°	-1.499	-0.041
48.15°	-0.008	0.000
60.00°	2.514	0.070

Se presentarán cuando $0 \leq \theta \leq \pi/6$,

se aplicará $M_u = qt * \frac{r^2}{2} (1 - \text{sen}\theta) - qt * \frac{r^2}{(1 - \cos(30-\theta))}$ y se obtuvo:

θ	Mu (t-m)	Mu (t-m / m)
0.00°	11.044	0.306
5.00°	10.945	0.303
10.00°	10.647	0.295
15.00°	10.154	0.281
20.00°	9.468	0.262
25.00°	8.596	0.238
30.00°	7.543	0.209

CÁLCULO DE ESFUERZOS CORTANTES:

Aplicando los siguientes criterios:

Se presentarán cuando $0 \leq \theta \leq \pi/3$,

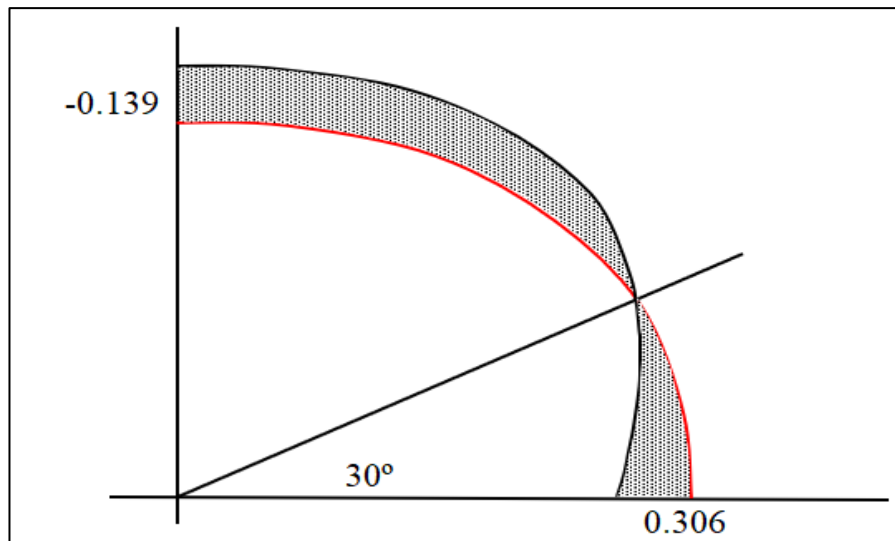
se aplicará $Q = \left(\frac{1}{r}\right) * \left(\frac{dM}{d\theta}\right) = qtu * r \text{sen}\frac{\theta}{2}$ y se obtuvo:

\emptyset	Mu (t-m)
0.00°	0.000
10.00°	0.456
20.00°	0.897
30.00°	1.312
40.00°	1.687
50.00°	2.010
60.00°	2.272

A continuación, se muestra en la figura 12 el diagrama:

Figura 13

Los momentos del diagrama



Nota. Se muestra en la figura numero 12 los momentos para el diseño de las paredes del reservorio.

Se presentarán cuando $0 \leq \theta \leq \pi/6$,

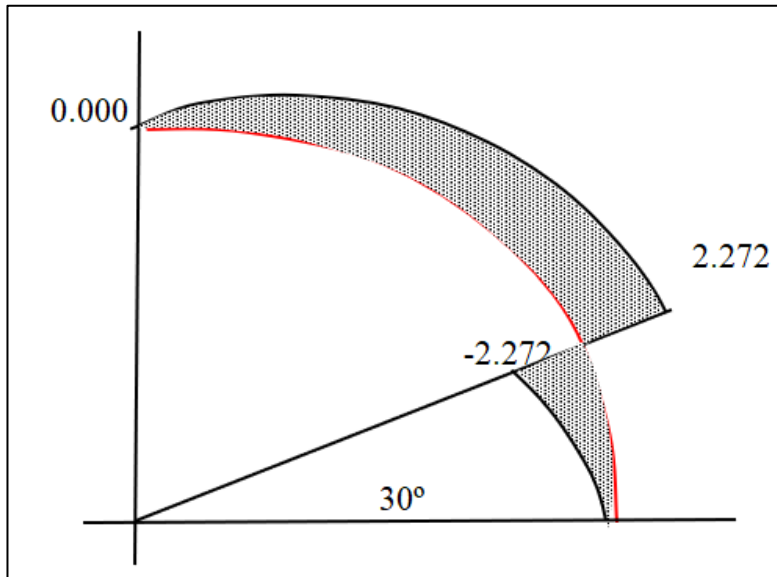
se aplicará $M_u = qtu * r(-\cos \frac{\theta}{2} + \text{sen}(30 - \theta))$ y se obtuvo:

θ	Mu (t-m)
0.00°	0.00
5.00°	-0.40
10.00°	-0.79
15.00°	-1.18
20.00°	-1.55
25.00°	-1.92
30.00°	-2.27

A continuación, se muestra en la figura 13 el diagrama de cortantes:

Figura 14.

Diagrama de cortantes



Nota. En la figura 13 se muestra el diagrama de cortantes para el diseño de las paredes del reservorio.

CÁLCULO DE ACERO HORIZONTAL (RESERVORIO VACÍO)

Para ello necesitaremos los siguientes datos:

$$e_p = 25\text{cm}$$

$$\text{recubrimiento} = 5.00\text{ cm}$$

$$f'c = 210\text{kg/cm}^2$$

$$p_{min} = 0.020$$

$$f_y = 4200\text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Aplicando los datos: } 0.59 * w^2 - w + \frac{Mu}{0.90 * f'c * b * d^2} \quad (34)$$

Obtenemos los siguientes resultados:

$$w_1 = 1.69492$$

$$w_2 = 0.0041$$

Área del acero del diseño

$$A_S = \rho * b * d$$

$$A_S = 0.00020 * 100 * 20$$

$$A_S = 0.41 \text{ cm}^2$$

Área del acero del diseño mínimo:

$$A_{Smin} = \rho_{min} * b * d$$

$$A_S = 0.0020 * 100 * 20$$

$$A_S = 4.00 \text{ cm}^2$$

En el siguiente cuadro tenemos los resultados para la disposición del acero horizontal que se muestra en la tabla 6:

Tabla 6

Disposición del acero horizontal

M (Tn-m)	b (cm)	d(cm)	ρ	As (cm ²)	As min	As diseño	Ø	Nº capas	Disposición
0.306	100.00	20.00	0.00020	0.41	4.00	4.00	Ø 1/2"	2.00	Ø 1/2" @ 0.30 m

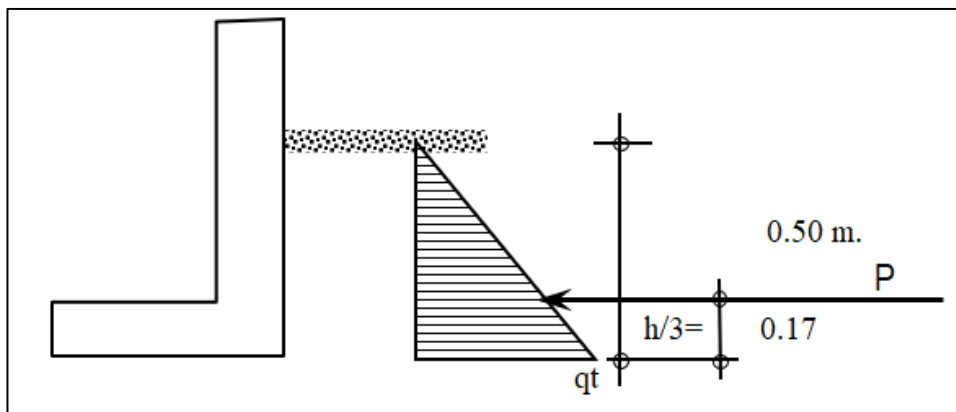
Nota. En la tabla 6 se muestra la disposición del acero horizontal para del reservorio vacío.

Cálculo de acero vertical (reservorio vacío)

Se hallará con el momento de volteo M_v y se muestra en la figura 14.

Figura 15.

Diagrama de cálculo de acero vertical



Nota. En la figura 14 se muestra el diagrama del acero vertical para del reservorio vacío.

$$P = 0.228 \text{ Ton.}$$

$$M_v = 0.038 \text{ Ton-m}$$

$$M_{vu} = 0.061 \text{ Ton-m}$$

Aplicando los datos:

$$0.59 * w^2 - w + \frac{Mu}{0.90 * f'_c * b * d^2} \quad (35)$$

Obtenemos los siguientes resultados utilizando la ecuación (35):

$$w_1 = 1.69492$$

$$w_2 = 0.0008$$

Área del acero del diseño

$$A_S = \rho * b * d$$

$$A_S = 0.00004 * 100 * 20$$

$$A_S = 0.08 \text{ cm}^2$$

Área del acero del diseño mínimo:

$$A_{Smin} = \rho_{min} * b * d$$

$$A_S = 0.0020 * 100 * 20$$

$$A_S = 4.00 \text{ cm}$$

En la siguiente tabla 7 tenemos los resultados para la disposición del acero vertical:

Tabla 7

Disposición del acero vertical

M (Tn-m)	b (cm)	d(cm)	ρ	As (cm ²)	As min	As diseño	\emptyset	N° capas	Disposición
0.061	100.00	20.00	0.00004	0.08	4.00	4.00	\emptyset 1/2"	2.00	\emptyset 1/2" @ 0.30 m

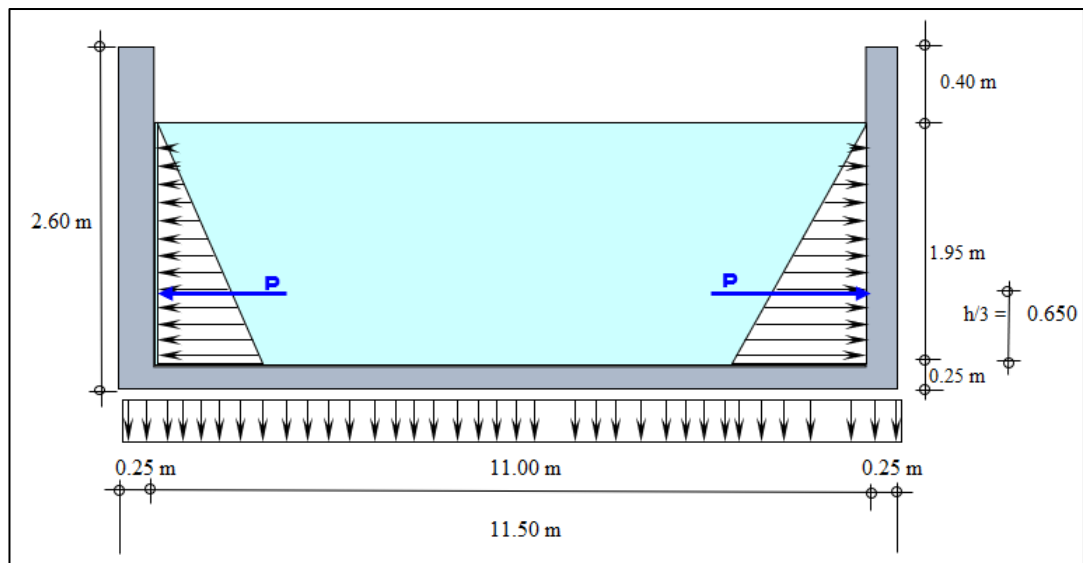
Nota. En la tabla 7 se muestra la disposición del acero vertical para del reservorio vacío.

3.6.4.1.2 Diseño lleno del reservorio: Muestra la unión entre la pared rígida de empotramiento y la del fondo

Tal como se muestra en la figura 15, se inicia por momentos de flexión en los muros y en el fondo. Para ello se vio conveniente dejar de lado la presión del suelo (si fuera semi enterrado), además (American concrete Institute, 2021), considera el reservorio lleno, para una mayor seguridad en el diseño.

Figura 16.

Esquema del reservorio

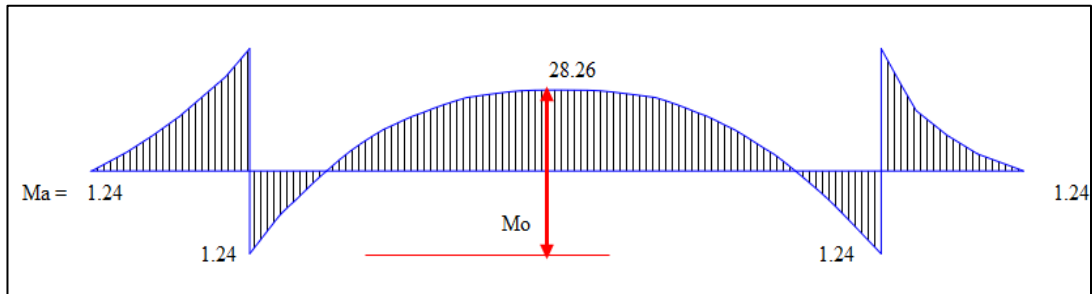


Nota. En la figura 15 se muestra el esquema del reservorio lleno con sus dimensiones.

Analizando, tenemos el siguiente diagrama de momentos que se muestra en la figura 16:

Figura 17.

Diagrama de momentos



Nota En la figura 16 se muestra el diagrama de momentos del reservorio lleno con sus dimensiones.

Calculando:

$$P = \left(\gamma_a * \frac{H^2}{2} \right) * 1.00 \quad (36)$$

$$P = 1.90 \text{ Ton.}$$

$$M_a = \left(\frac{P * h}{3} \right) \quad (37)$$

$$M_a = 1.24 \text{ Ton} - m$$

$$M_u = 1.55 * M_a$$

$$M_u = 1.92 \text{ Ton} - m$$

Para el momento en el fondo de la losa.

Presión en el fondo:

$$W = (\gamma_a * H)$$

$$W = 1.95 \text{ ton/m}$$

Momento en el fondo:

$$M_o = \frac{W * di^2}{8}$$

$$M_o = 29.494 \text{ Ton} - m$$

La tracción en el fondo será:

$$T = \frac{W * di}{8}$$

$$T = 10.73 \text{ Ton}$$

a) Cálculo de acero vertical (Reservorio lleno)

Se aplicará la siguiente fórmula para el cálculo del acero que se muestra en la tabla 8 y la figura 17:

$$0.59 * W^2 - W + \frac{M_u}{0.90 * f'c * b * d^2}$$

$$w_1 = 1.6692$$

$$w_2 = 0.0257$$

También necesitaremos estas fórmulas:

$$\rho = w * \frac{f'c}{fy}$$

Área del acero del diseño

$$A_S = \rho * b * d$$

$$A_S = 0.00129 * 100 * 20$$

$$A_S = 2.57 \text{ cm}^2$$

Área del acero del diseño mínimo:

$$A_{Smin} = \rho_{min} * b * d$$

$$A_S = 0.0020 * 100 * 20$$

$$A_S = 4.00 \text{ cm}^2$$

Tabla 8

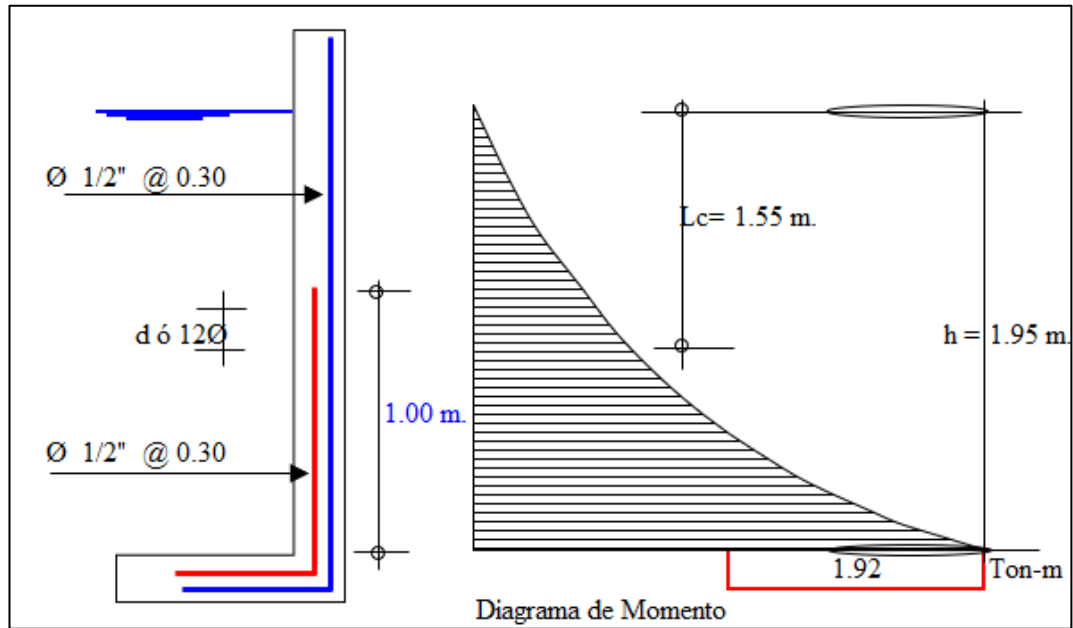
Disposición del acero vertical (reservorio lleno)

M (Tn-m)	b (cm)	d(cm)	ρ	As (cm ²)	As min	As diseño	\emptyset	N° capas	Disposición
1.916	100.00	20.00	0.00129	2.57	4.00	4.00	\emptyset 1/2"	2.00	\emptyset 1/2" @ 0.30 m

Nota. En la tabla 8 se muestra la disposición del acero vertical en este caso lleno.

Figura 18.

Diagrama de momentos del acero vertical (reservorio lleno)



Nota En la figura 17 se muestra el diagrama de momentos y la distribución del acero vertical.

$$\text{Ecuación: } Y = K * X^3$$

$$\text{Cuando: } X = 1.95, Y = M_{au} = 1.92$$

$$\text{Entonces: } K = 0.258$$

$$\frac{M_{au}}{2} = K * L_c^3 = 0.958$$

$$\text{Entonces: } L_c^3 = 1.548 \text{ m}$$

$$d = 20.00 \text{ cm}$$

$$12\phi = 15.24 \text{ cm}$$

b) Se verifica por cortante en los muros

Se asume el cortante de un espesor de 1.00

Donde: $\phi = 0.85$

$$V_c = \phi * 0.53 * \sqrt{f'_c} * b * d$$

$$V_c = 13.06 \text{ Ton}$$

La tracción en el fondo de la losa $V_u = T$

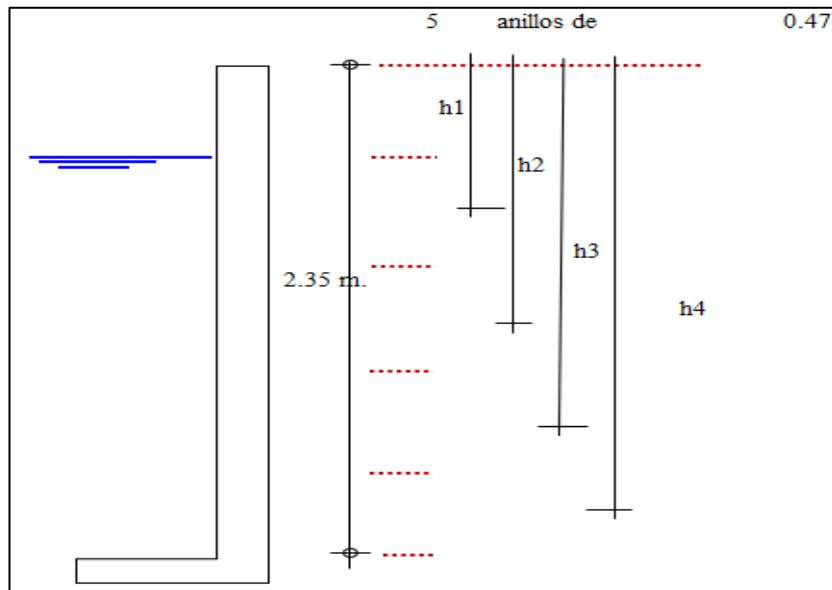
$$V_c = 13.06 \text{ Ton} > V_u = 10.73 \text{ Ton} \text{ CUMPLE}$$

c) Calculo de acero horizontal cuando el reservorio está lleno

Se calcula el grosor (espesor) del muro, y se muestra en la figura 18. Las tracciones se considerará la presión máxima. Los esfuerzos dependerán de la profundidad:

Figura 19.

Cálculo del acero horizontal (reservorio lleno)



Nota. En la figura 18 se muestra el esquema para el cálculo del acero horizontal.

Teniendo los datos:

$$h = 0.47 \text{ m.}$$

$$d_i = 11.00 \text{ m.}$$

$$T = \frac{1000 * h * h_i * d_i}{2}$$

Se conformará uno sólo:

$$h_i = \text{long. (m)}$$

$$h_1 = 0.71$$

$$h_2 = 1.18$$

$$h_3 = 1.65$$

$$h_4 = 2.12$$

Reemplaza:

Anillo	T (Ton)
1	1.822
2	3.037
3	4.252
4	5.467

$$T = F_S * A_S$$

$$F_S = 0.5$$

$$F_y = 2100 \frac{kg}{cm^2}$$

El acero mínimo

$$A_{S \min} = 0.0020 * 0.47 \text{ m} * 0.20 \text{ m}$$

$$A_{S \min} = 1.88 \text{ cm}^2$$

Separación

$$S_{\max} = 1.5 * e$$

$$S_{\max} = 0.375 \text{ m}$$

Por esfuerzo de tracción y se muestra en la tabla 6 y en la figura 19, observamos que:

Tabla 9

Disposición del acero por la tracción

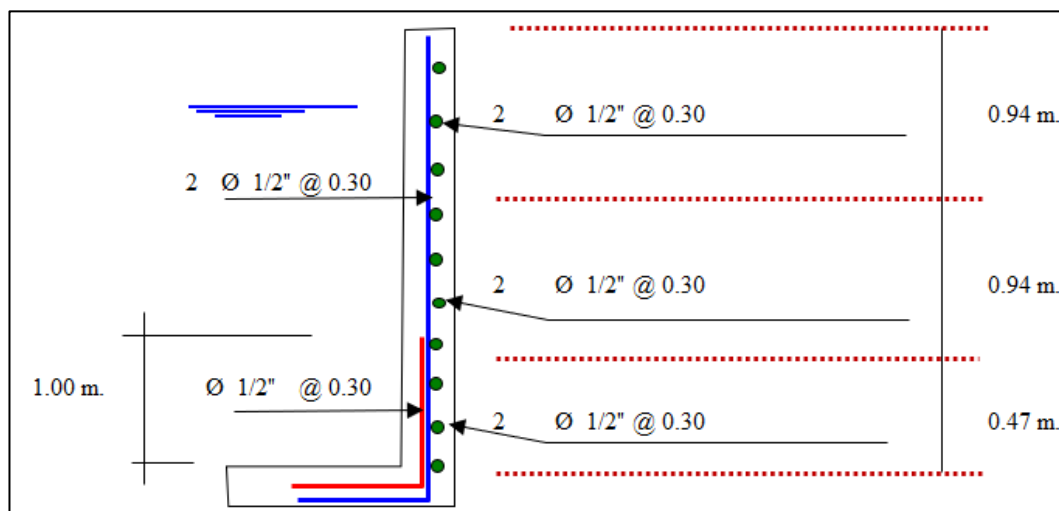
Anillo	T(Kg)	As (cm ²)	As (usar)	Ø	N° capas	Disposición
1	1822.43	0.87	1.88	Ø 1/2"	2.00	Ø 1/2" @ 0.30 m
2	3037.38	1.45	1.88	Ø 1/2"	2.00	Ø 1/2" @ 0.30 m
3	4252.33	2.02	2.02	Ø 1/2"	2.00	Ø 1/2" @ 0.30 m
4	5467.3	2.60	2.60	Ø 1/2"	2.00	Ø 1/2" @ 0.30 m

Nota. En la tabla 9 observamos la disposición del acero con el número de capas a utilizar.

De esta forma obtenemos la disposición final de acero:

Figura 20.

Obtenemos la disposición del acero final



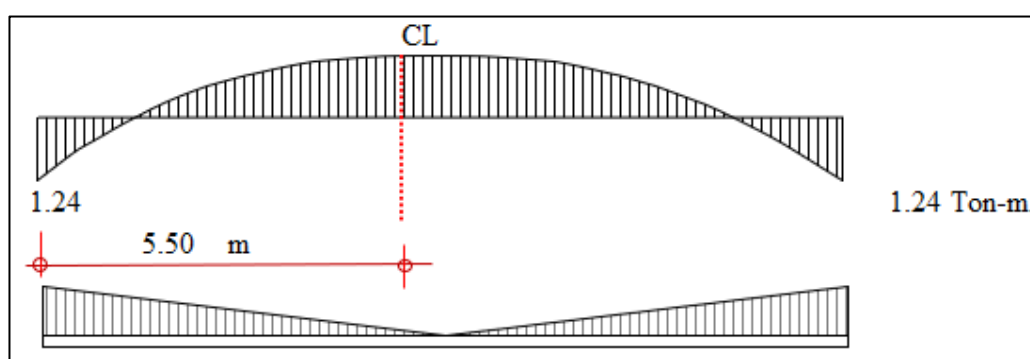
Nota. En la figura 19 se muestra la disposición final del acero.

3.6.4.2 Diseño del acero en el fondo de la losa

Diagramas de momentos en la losa y se muestra en la figura 20:

Figura 21.

Diagrama de momento en la losa



Nota. En la figura 20 se visualiza el diagrama de momento en la losa con sus dimensiones.

$$\text{Peso del agua} = \pi * d_i^2 * h * \frac{\gamma_a}{4}$$

$$\text{Peso del agua} = 185.31 \text{ Tn.}$$

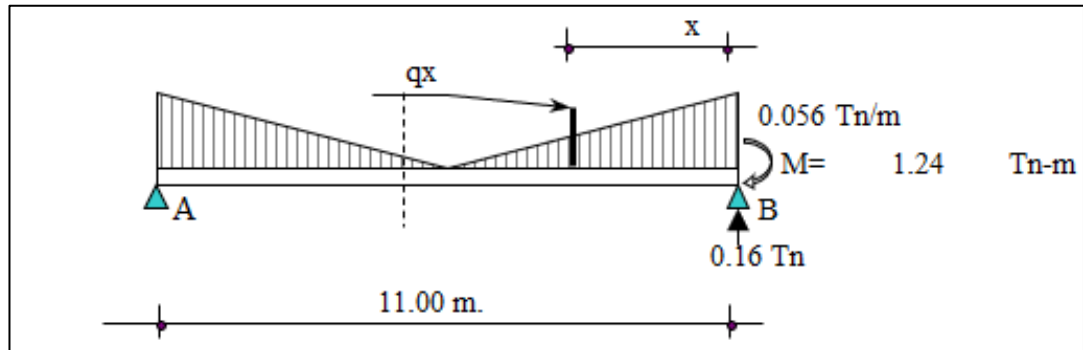
Carga unitaria por unidad de longitud se muestra en la figura 21.

$$q = \frac{H * \delta_a}{\text{Perimetro del circulo}}$$

$$q = 0.056 \text{ Tn/m}$$

Figura 22.

Carga unitaria de longitud



Nota. En la figura 21 se muestra la carga unitaria de longitud que se usara para el cálculo del cortante.

3.6.4.2.1 Cálculo de una distancia "X" para la cortante

Se halla de " q_x en "x"

$$q_x = 0.010 * (5.5 - X)$$

Cortante V_X :

$$V_X = R - P - 0.5 * (q' + q_x) * X = 0.155 - 0.056X + 0.005X^2$$

Momento M_X :

$$M_X = -M + (R - P) * X - \frac{q_x * X^2}{2} - \frac{(q' - q_x) * X^2}{3}$$

$$M_X = -1.24 + 0.155X - 0.028X^2 + 0.002X^2$$

Obteniendo los valores:

X (m)	=	0.00	0.92	1.83	2.75	3.67	4.58	5.50
V (Ton)	=	0.16	0.21	0.28	0.35	0.43	0.52	0.62
M(Tn-m)	=	-1.24	-1.12	-1.04	-0.99	-0.96	-0.95	-0.95

A continuación, haremos:

3.6.4.2.2 La losa en el fondo por cortante

Cortante asumido para un espesor de 1.00

Donde: $\phi = 0.85$

$$V_c = \phi * 0.53 * \sqrt{f'c} * b * d$$

$$V_c = 16.32 \text{ Ton}$$

La tracción en el fondo de la losa $V_u = T$

$$V_c = 16.32 \text{ Ton} > V_u = 0.62 \text{ Ton CUMPLE}$$

3.6.4.2.3 Cálculo de acero en la losa de fondo

$$M_{au} = 1.55 * 1.24$$

$$M_{au} = 1.91551 \text{ Tn} - m$$

$$P_{min} = 0.0020$$

Espesor losa: 25 cm

Recubrimiento: 4.00 cm

Se aplicará la siguiente fórmula para el cálculo del acero:

$$0.59 * w^2 - w + \frac{M_u}{0.90 * f'c * b * d^2}$$

Obtenemos los siguientes resultados:

$$w_1 = 1.6716131$$

$$w_2 = 0.0233022$$

A continuación, aplicaremos estas fórmulas:

$$\rho = w * \frac{f'c}{f_y}$$

$$A_s = \rho * b * d$$

Área del acero del diseño

$$A_s = \rho * b * d$$

$$A_s = 0.0012 * 100 * 21$$

$$A_s = 2.45 \text{ cm}^2$$

Área del acero del diseño mínimo:

$$A_{smin} = \rho_{min} * b * d$$

$$A_s = 0.0020 * 100 * 21$$

$$A_s = 4.20 \text{ cm}$$

En el siguiente cuadro tenemos los resultados para la disposición del acero en la losa de fondo y se muestra en la tabla 10:

Tabla 10.

Disposición del acero en la losa de fondo

M(Tn-m)	b (cm)	d(cm)	ρ	As (cm ²)	As min	As diseño	\emptyset	N° capas	Disposición
1.916	100.00	21.00	0.0012	2.45	4.20	4.20	\emptyset 5/8"	2.00	\emptyset5/8" @ 0.30 m

Nota. En la tabla 10 se muestra la disposición del acero en la losa de fondo con sus valores correspondientes.

3.6.4.3 Diseño de la zapata corrida

La zapata soportara:

Losa de techo : 11.92 Ton

Viga perimetral : 7.63 Ton

Muro de

reservorio : 43.47 Ton

Peso de zapata : 33.93 Ton

96.96 Ton.

Perímetro zapata:

$$L = 34.56 \text{ m}$$

Peso:

$$W = 2.81 \text{ Ton/ml}$$

Según el estudio de suelos indica que:

$$q_u = 2.00 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Ancho de zapata corrida } b_z = \frac{W \text{ por metro lineal}}{q_u}$$

$$b_z = \frac{2.81}{20}$$

$$b_z = 0.14 \text{ m}$$

Asumiremos

$$b_z = 1.00 \text{ m}$$

$$\text{Reacción neta } (\sigma_n) = \frac{W \text{ por metro lineal}}{b_z}$$

$$(\sigma_n) = \frac{2.81}{1.00}$$

$$(\sigma_n) = 0.28 \text{ Kg/cm}^2$$

$$(q_u) = 2.00 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} > (\sigma_n) = 0.28 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \text{ CUMPLE}$$

La presión neta de diseño o rotura:

$$(\sigma_{nd}) = \gamma_s * \frac{b}{A_{zap}}$$

$$(\sigma_{nd}) = \gamma_s * \sigma_n$$

$$(\sigma_{nd}) = 2.0 * 0.28$$

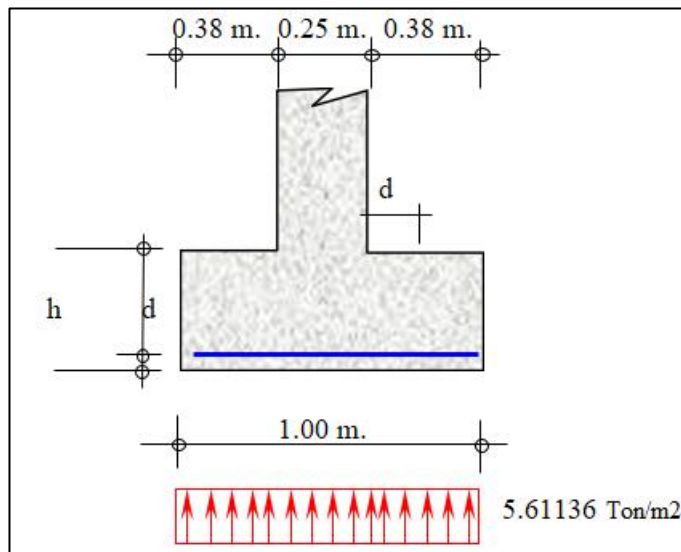
$$(\sigma_{nd}) = 5.611 \text{ Ton/m}^2$$

El peralte efectivo de la zapata:

Para ello se hizo la siguiente figura 23:

Figura 23.

Se visualiza el peralte efectivo de la zapata



Nota. En la figura 23 se muestra el esquema del peralte efectivo con sus dimensiones correspondientes.

El cortante a una distancia "d", tomamos en cuenta:

$$V_u = \frac{5.61 * (38 - d)}{b * d}$$

$$b = 100 \text{ cm}$$

Cortante asumido por el concreto (V_c):

$$V_c = \phi \quad 0.53 \sqrt{f'_c}, \text{ siendo}$$

$f'_c = 210 \frac{Kg}{cm^2}$, $\phi = 0.85\phi = 0.85$ y de esta forma obtenemos

$$V_c = 61.5884 \text{ Tn/cm}^2$$

Igualando a la primera ecuación:

$$d = 0.034 \text{ m}$$

Recubrimiento:

$$r = 7.50 \text{ cm}$$

Altura de la zapata:

$$h = d + r + \frac{\phi}{2}$$

$$h = 11.55 \text{ cm}$$

Altura de la zapata adoptado:

$$h = 40.0 \text{ cm}$$

Momento actuante en la sección crítica (cara del muro):

$$M = 5.611 * \frac{0.38^2}{2}$$

$$M = 0.3945 Tn - m$$

$$\rho_{min} = 0.0020$$

Se aplicará la siguiente fórmula para el cálculo del acero:

$$0.59 * w^2 - w + \frac{M_u}{0.90 * f'c * b * d^2}$$

Obtenemos los siguientes resultados:

$$w_1 = 1.693$$

$$w_2 = 0.002$$

A continuación, aplicaremos estas fórmulas:

$$\rho = w * \frac{f'c}{f_y}$$

Área del acero del diseño

$$A_s = \rho * b * d$$

$$A_s = 0.00010 * 100 * 32.5$$

$$A_s = 0.32 \text{ cm}^2$$

Área del acero del diseño mínimo:

$$A_{Smin} = \rho_{min} * b * d$$

$$A_S = 0.0020 * 100 * 32.50$$

$$A_S = 6.50 \text{ cm}$$

En el siguiente cuadro tenemos los resultados para la disposición del acero de repartición que se muestra en la tabla 11 y tabla 12:

Tabla 11

Disposición del acero de repartición

M(Tn-m)	b (cm)	d(cm)	ρ	As (cm ²)	As min	As diseño	Ø	Nº capas	Disposición
0.386	100.00	32.50	0.00010	0.31	6.50	6.50	Ø 5/8"	1.00	Ø 5/8" @ 0.30 m

Nota. En la tabla 11 se muestra todos los datos para la disposición del acero de repartición.

Para el cálculo de acero de repartición, usaremos el $A_{Smin} =$

Tabla 12.

Disposición del acero en la zapata

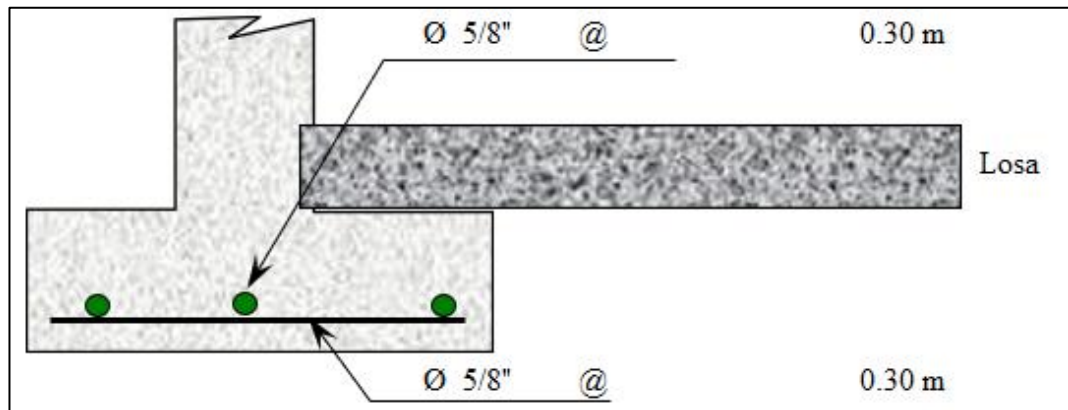
Ø	Nº capas	Disposición
Ø 5/8"	1.00	Ø 5/8" @ 0.30 m

Nota. Disposición del acero de repartición y el número de capas.

A continuación, obtenemos la gráfica de la disposición del acero en la figura 24:

Figura 24.

Se visualiza el esquema del acero en la zapata.



Nota. En la figura 24 se visualiza la disposición del acero de reparto en la zapata.

3.6.4.4 Diseño de la viga perimetral o de arranque

3.6.4.4.1 Diseño por tracción

Se considera que la viga perimetral está sometida a tracción:

$$P_{cup} = 30410.6 \text{ kg} , a = 73.74^\circ$$

$$F_t = \frac{P}{(2 * \pi * Tg a)}$$

$$F_t = 1411.7 \text{ kg}$$

$$A_s = \frac{F_t}{f_s} = \frac{F_t}{0.5 * F_y}$$

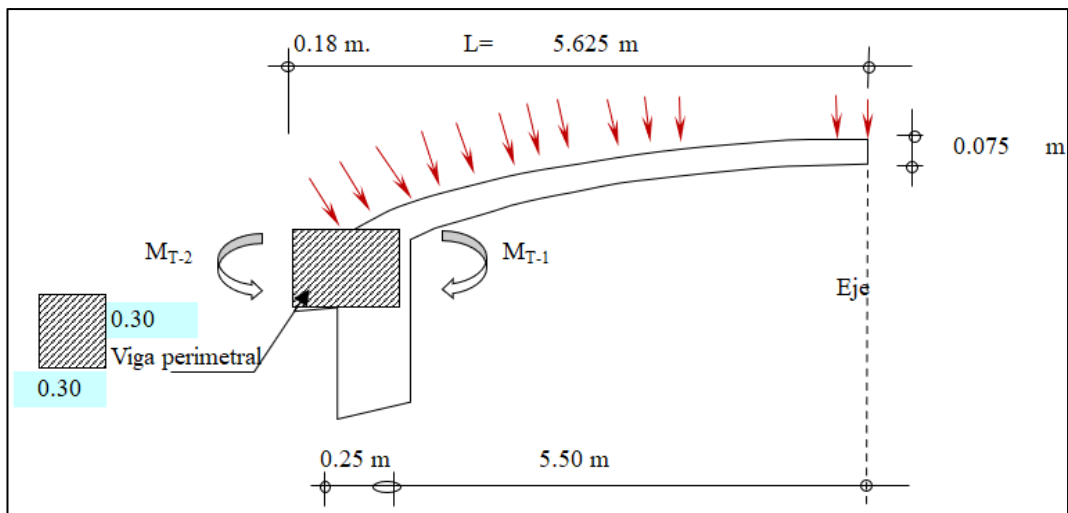
$$A_s = 0.67 \text{ cm}^2$$

3.6.4.4.2 Diseño por torsión

El diseño de torsión se muestra en la figura 25.

Figura 25.

Se visualiza el diseño por torsión de la viga perimetral o de arranque.



Nota. Se visualiza el esquema del diseño con sus momentos de la viga perimetral.

a) Metrado de cargas:

Factores de amplificación:

Peso propio de viga	1.40 x	0.30 x	0.30 x	2.40	=	0.302 Ton/m
Peso propio de losa	1.40 x	0.075 x	2.40		=	0.252 Ton/m ²
Sobre carga	1.70 x	0.150			=	0.255 Ton/m ²

$$\text{Carga de la losa en m}^2 = 0.507 \text{ Ton/m}^2$$

$$\text{Carga de la viga en ml} \quad 0.507 \quad \times (5.50 \text{ m} + 0.30/2) + 0.30 \quad = \quad \mathbf{3.167 \text{ Ton/ml}}$$

b) Cálculo de acciones internas:

Momento de torsión

$$M_{T-1} = 0.507 * \frac{5.5^2}{2}$$

$$M_{T-1} = 7.668 \text{ Tn} - m$$

$$M_{T-2} = 0.302 * \frac{0.2^2}{2}$$

$$M_{T-2} = 0.005 \text{ Tn} - m$$

$$M_T = \frac{M_{T-1}}{2} - M_{T-2}$$

$$M_T = \frac{7.67}{2} - 0.005$$

$$M_T = 3.830 \text{ Tn} - m.$$

Momento flexionante:

$$M_F = W * \frac{L^2}{2}$$

$$M_F = 3.167 * \frac{1.00^2}{2}$$

$$M_F = 1.583 \text{ Tn} - m$$

Fuerza cortante:

$$Q = W * \frac{L}{2}$$

$$Q = 3.167 * \frac{1.00}{2}$$

$$Q = 1.583 \text{ Tn} - m$$

$$V_u = \frac{V_c}{(\phi * b * h)} \text{ y el valor de } \phi = 0.85$$

$$V_u = 20.699 \text{ Tn/m}^2$$

c) Cálculo de acero:

Para los estribos, refuerzo transversal se muestra en la tabla 13:

Por Fuerza Cortante:

$$V_u = 20.699 \text{ Tn/m}^2$$

Cortante asumido por el concreto: $0.5 * f'c^{1/2}$

$$V_c = 72.457 \text{ Tn/m}^2$$

$V_c > V_u$ No necesita acero por cortante

Por Torsión:

$$M_T = 3.830 \text{ Tn} - m$$

Momento resistente por el concreto:

$$M_c = \sum \left[\frac{b^2 * h * (f'c)^{\frac{1}{2}}}{b^{\frac{1}{2}}} \right] (\text{viga} + \text{losa})$$

$$M_c = \left(\frac{0.30^2 * 0.30 * 210^{\frac{1}{2}}}{0.30^{\frac{1}{2}}} \right) + \left(\frac{5.50^2 * 7.50 * 210^{\frac{1}{2}}}{5.50^{\frac{1}{2}}} \right)$$

$$M_c = 71435 + 1401.89$$

$$M_c = 0.728 \text{ Ton} - m$$

Se sabe que: $T_S = M_T - M_c$

$$T_s = 3.101 \text{ Ton} - m$$

Siendo que: $\phi_c = 0.66 + 0.33 * (\frac{bl}{d}) < 1.50$

$\phi_c = 0.99$, Cumple $\phi_c < 1.5$ ok

Recubrimiento $r = 3.00 \text{ cm}$

Ancho efectivo:

$$b_1 = b - r - \frac{\phi}{2}$$

$$b_1 = 26.37 \text{ cm}$$

Peralte efectivo:

$$d = h - r - \frac{\phi}{2}$$

$$d = 26.37 \text{ cm}$$

Área de acero por torsión

$$\frac{A_s}{S} = \frac{T_s}{[\phi_c * F_y * b_1 * d]}$$

$$\frac{A_s}{S} = 0.1073 \text{ cm}^2/m$$

Tabla 13

Disposición de los estribos.

As diseño	Ø	Disposición de estribos		
0.1073	Ø 1/2"	Ø 1/2"	@	0.30 m

Nota. En la tabla 13 se muestra el área de diseño y la disposición de los estribos de la viga perimetral o de arranque.

d) Refuerzo Longitudinal

Por flexión:

Para L=1.00 m

Z=0.9*d

Z= 23.73cm

$$MF = \frac{W * L^2}{8.0}$$

$$MF = 0.396 Tn - m$$

Área de acero de diseño

$$A_s = \frac{MF}{fy * Z}$$

$$A_s = 0.40 \text{ cm}^2$$

Área de acero mínimo

$$A_{S \min} = 0.002 * b * d$$

$$A_{S \min} = 1.58 \text{ cm}^2$$

Por Torsión:

Área de acero 1

$$A_1 = 2 * \left(\frac{A_S}{S} \right) * (b_1 + d)$$

$$A_1 = 11.3 \text{ cm}^2$$

Ahora, con la siguiente formula tenemos:

$$T_{rs} = 0.6 * b^2 * h * \sqrt{f'c}$$

$$T_{rs} = 2.3476 \text{ Tn} - m/m$$

Se tiene:

$$T_{rs} = 2.3476 \text{ Tn} - \frac{m}{m} < M_t = 3.830 \text{ Tn} - m$$

Por lo tanto, el refuerzo para la torsión debe ser inferior:

$$P_{it} \leq 6.40 * \left(\frac{F'c}{F_y} \right)^{1/2}$$

$$P_{it} = \frac{A_1 * \left(1 + \frac{1}{\phi} \right)}{b * h} \leq 6.4 * \left(\frac{F'c}{F_y} \right)^{1/2}$$

$$(\sqrt{0.0253} \leq 14311 \text{ OK})$$

El acero final = A_s flexión + A_s tracción

$$A_s = 2.254 \text{ cm}^2$$

La disposición del acero se muestra en la tabla 14:

Tabla 14

Disposición del acero

As diseño		\emptyset		\emptyset	As total
2.254	1	\emptyset 1/2"	2	\emptyset 1/2"	3.80

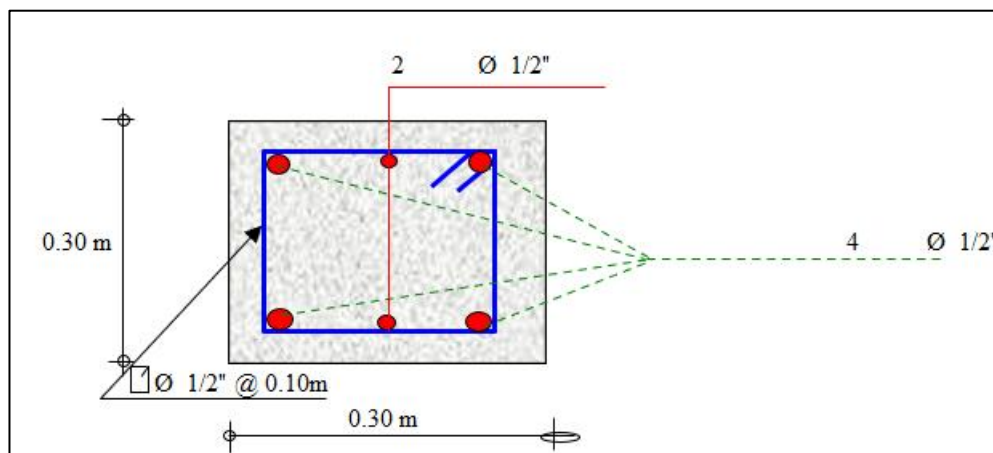
Nota. En la tabla 14 se muestra la disposición final del acero en la viga.

3.6.4.5 La disposición final de acero en viga:

La disposición del acero en viga se muestra en la figura 26.

Figura 26.

Esquema final de acero en viga



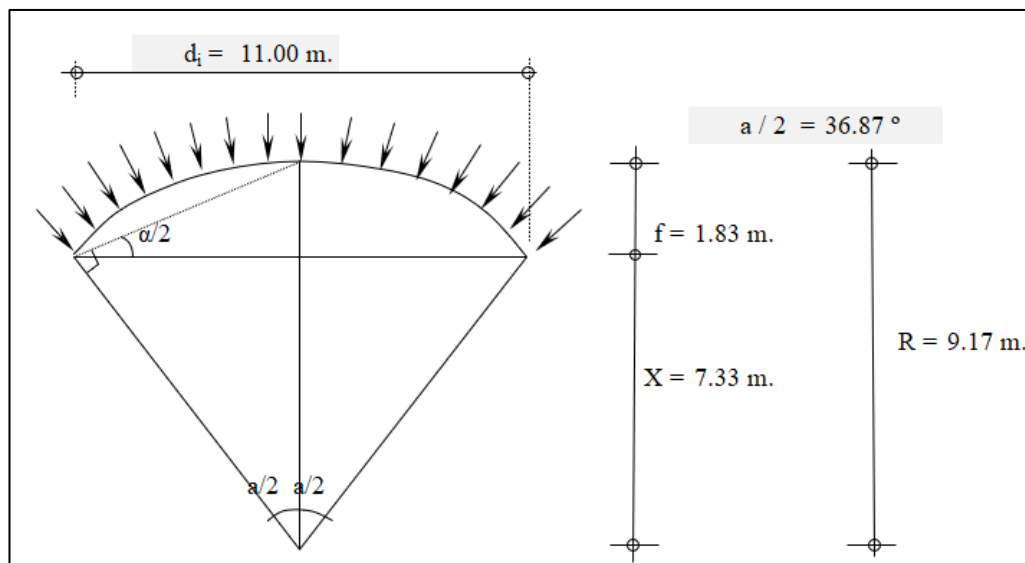
Nota. En la figura 26 se muestra el esquema final de acero en la viga con sus dimensiones.

3.6.4.6 Diseño de la Cúpula

El diseño de la cúpula se muestra en la figura 27.

Figura 27

Esquema del diseño de la cúpula

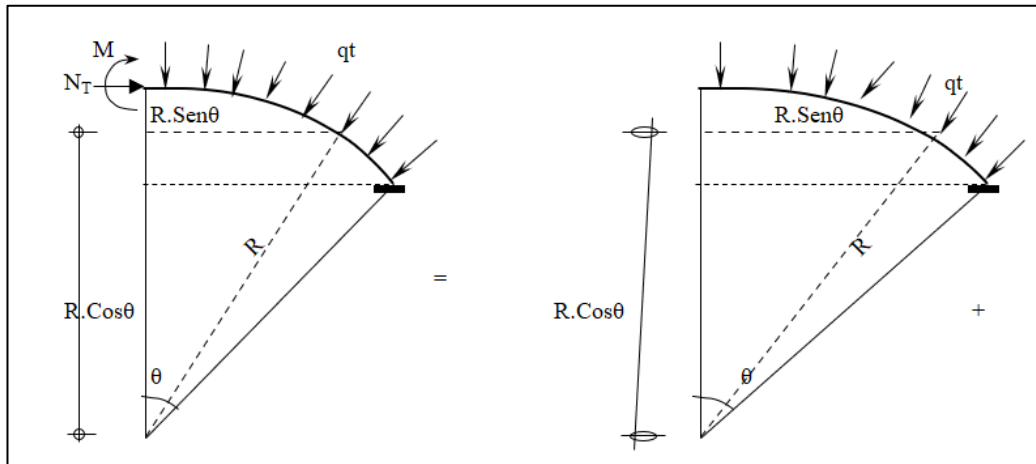


Nota. En la figura 27 se muestra el diseño de la cúpula para el cálculo.

Lo analizaremos con las fuerzas y se muestra en la figura 28 y figura 29:

Figura 28.

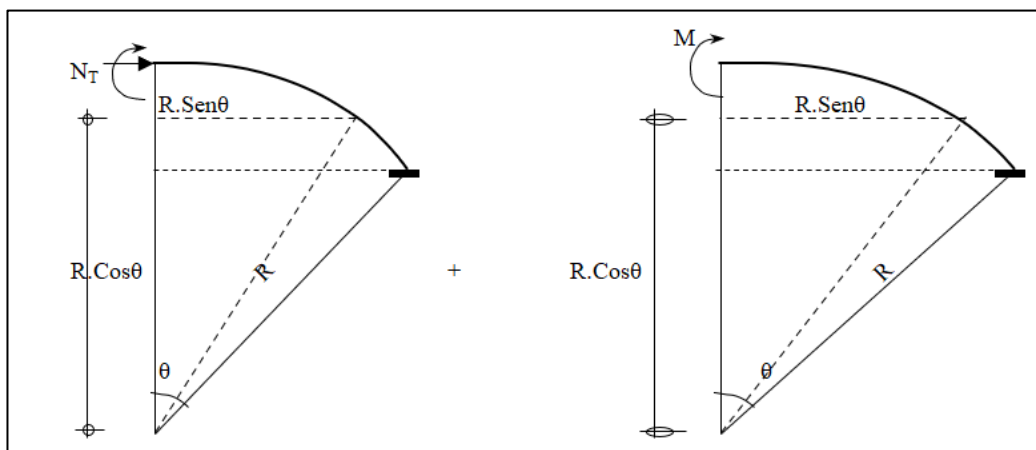
Método de las fuerzas



Nota. La figura 28 muestra el esquema para el diseño de la cúpula por el método de las fuerzas.

Figura 29

Método de las fuerzas



Nota. La figura 29 muestra el esquema para el diseño de la cúpula.

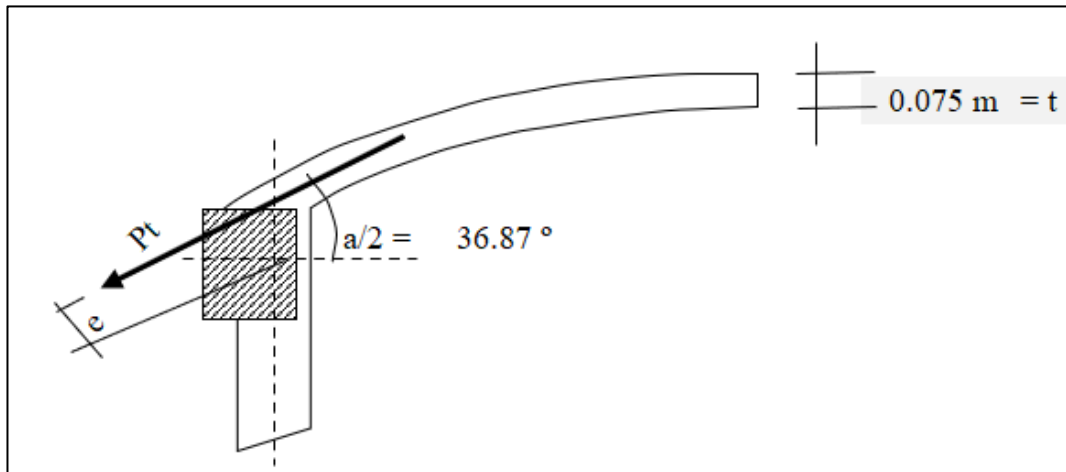
Analizando tenemos que:

$M=0$; $N_T = W * r$, y solo tenemos el esfuerzo normal.

Se muestra en la figura 29 y se debe al encuentro entre la cúpula y la fuerza de los muros.

Figura 30.

El siguiente esquema muestra el encuentro entre la cúpula y la viga producen un efecto de excentricidad



Nota. En la figura 30 se muestra el encuentro entre la cúpula y la viga que producen un efecto de excentricidad.

$$P_{cup} = 30411 \text{ kg}$$

$$L_c = 34.56 \text{ m}$$

También necesitamos

$$M = P_t * e$$

$$P_t = P_{cup} / \sin\left(\frac{a}{2}\right)$$

$$P_t = 50684.4 \text{ Kg.}$$

Carga por metro lineal será

$$\frac{P_t}{L_c} = 1466.7 \text{ kg/ml}$$

Cálculo de excentricidad

$$e = d * \cos a/2$$

$$e = 0.06 \text{ m}$$

Por lo tanto:

$$M = 1.467 \frac{Tn}{ml} * 0.060 \text{ m}$$

$$M = 0.088 \frac{Tn - m}{ml}$$

El esfuerzo actuante será (N_T):

$$N_T = q_t * R$$

$$N_T = 480 * 9.2m$$

$$N_T = 4.40 \text{ Tn}$$

3.6.4.6.1 Cálculo de acero en Cúpula

En muro no debe exceder a:

$$A_s = 30 t * \frac{f'c}{fy}$$

$$A_s = 11.25 \text{ cm}^2$$

Efectos a la tensión A_t

$$A_s = \frac{T}{F_s}$$

$$A_s = \frac{T}{0.5 * fy}$$

$$A_t = 2.095 \text{ cm}^2$$

Acero por efectos de Flexión A_f

$$r = 2.5 \text{ cm}$$

Acero mínimo:

$$A_{f \text{ min}} = 0.0020 * b * d$$

$$A_{f \text{ min}} = 1.00 \text{ cm}^2$$

Área de acero de diseño a tenerse en cuenta:

$$A_t + A_f < 11.25$$

$$A_t + A_f = 3.10 \text{ cm}^2$$

La disposición del acero por efectos de la excentricidad se muestra en la tabla 15.

Tabla 15.

Disposición del acero por efectos de la excentricidad

As diseño	Ø	Nº capas	Disposición
3.10	Ø 1/2"	1	Ø 1/2" @ 0.40m

Nota. En la tabla 15 se muestra la disposición del acero en la cúpula.

Acero por efectos de la excentricidad:

$$\rho_{\min} = 0.0020$$

Se aplicará la siguiente fórmula para el cálculo del acero:

$$0.59 * w^2 - w + \frac{M_u}{0.90 * f'c * b * d^2}$$

Obtenemos los siguientes resultados:

$$w_1 = 1.6761$$

$$w_2 = 0.0188$$

A continuación, aplicaremos estas fórmulas:

$$\rho = w * \frac{f'c}{fy}$$

$$A_s = \rho * b * d$$

Área del acero del diseño

$$A_s = \rho * b * d$$

$$A_s = 0.0009 * 100 * 5.00$$

$$A_s = 0.47 \text{ cm}^2$$

Área del acero del diseño mínimo:

$$A_{smin} = \rho_{min} * b * d$$

$$A_s = 0.0020 * 100 * 5.00$$

$$A_s = 1.00 \text{ cm}^2$$

En la siguiente tabla 16 tenemos los resultados para la disposición del acero:

Tabla 16.

Disposición del acero

M(Tn-m)	b (cm)	d(cm)	ρ	As (cm ²)	As min	As diseño	\emptyset	N° capas	Disposición
0.088	100.00	5.00	0.0009	0.47	1.00	1.00	\emptyset 1/2"	1	\emptyset 3/8" @ 0.85 m

Nota. En la tabla 16 se muestra la disposición del acero y el número de capas

Para la disposición del acero de repartición se muestra en la tabla 17:

$$A_{sr} = 0.0020 * b * d$$

$$A_{sr} = 1.00 \text{ cm}^2$$

Tabla 17.

Disposición del acero de repartición

As diseño	Ø	Nº capas	Disposición
1.00	Ø 1/2"	1	Ø 1/2" @ 0.85m

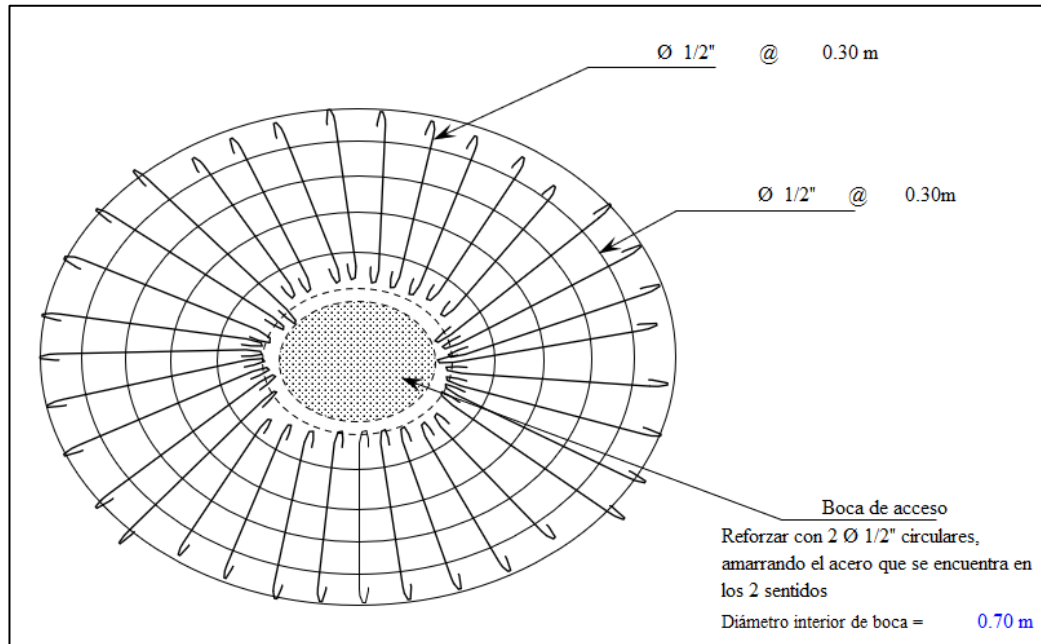
Nota. En la tabla 17 se muestra la disposición del acero de repartición con su número de capas.

3.6.4.6.2 Disposición final de acero

Se utilizará un incremento de acero en el $A_t + A_f$. A continuación, se muestra en la figura 31 la disposición final del acero.

Figura 31

Disposición final del acero del diámetro inferior de boca de acceso



Nota. En la figura 31 se muestra la disposición del acero final del acero de la cúpula

3.6.5 Detalle final del Reservorio

En la figura 32 se muestra el detalle del reservorio y en la figura 33 se visualiza el modelamiento del reservorio apoyado.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 ANALISIS Y DISCUSIÓN

4.1.1 RESULTADOS

La presente tesis desarrollo el diseño de un reservorio apoyado. A continuación, describiremos las propiedades mecánicas de los elementos estructurales en la tabla 18 y la tabla 19 que fueron consideradas para el diseño del reservorio apoyado de acuerdo a la normativa ACI 350. Se deben cumplir ciertos criterios, para garantizar la durabilidad y eficiencia del reservorio.

Tabla 18.

Propiedades mecánicas del concreto

CONCRETO	
Resistencia a la compresión (elementos en contacto con agua)	$f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$
Resistencia a la compresión (elementos en contacto sin agua)	$f'c1 = 210 \text{ kg/cm}^2$
Módulo de poisson	$v = 0.20$
Módulo de elasticidad	$Ec = 15\,000 * \sqrt{f'c} \text{ kg/cm}^2$

Nota. Las propiedades mostradas se obtuvieron del área de estudio en Gregorio

Albarracín Lanchipa

Para el acero corrugado, se tiene con las siguientes condiciones:

Tabla 19

Propiedades mecánicas del acero corrugado

ACERO CORRUGADO

Esfuerzo de fluencia	$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
Módulo de elasticidad	$E_s = 2\,000\,000 \text{ kg/cm}^2$

Nota. Las propiedades mostradas se obtuvieron del área de estudio.

Se realizó el análisis sísmico dinámico del reservorio apoyado de concreto armado aplicando la normativa ACI 350 en el distrito de Gregorio Albarracín Lanchipa Tacna.

Para ANÁLISIS SÍSMICO con el propósito de realizar el análisis sísmico, se obtuvieron el peso impulsivo dando como resultado $W_i = 6.5131 \text{ ton}$ y el peso convectivo es $W_c = 139.83 \text{ ton}$. Además, la altura impulsiva dio como resultado $h_i = 0.731 \text{ m}$ y en el caso de la altura convectiva dio como resultado $h_c = 0.517 \text{ m}$ Para finalizar para el periodo convectivo se obtuvo $T_c = 4.58 \text{ s}$.

Y para el ANÁLISIS DINÁMICO se obtuvo el espectro de aceleraciones. Por otra parte, el periodo impulsivo según la tabla 18 es 0.14 s además, el periodo convectivo es de 4.58 s. Así mismo se eligió el punto para el cambio de espectros a 2,00 segundos. Consiguientemente, la masa impulsiva a distribuir en el área

alrededor del reservorio será $A_s = 0.0041 \text{ ton} \cdot \text{s}^2 / \text{m}^2$, además, se tiene un periodo convectivo de $T_c = 4.58 \text{ s}$, y para finalizar se obtuvo la rigidez convectiva siendo $Kc = 26.82 \frac{\text{ton}}{\text{m}}$.

Se calcula que las distorsiones en el sismo reducido y elástico resultan $3.51 * 10^{-5}$ que comparándolo con el artículo 32 de la Norma Técnica Peruana E. 030 cumple con el límite establecido al ser menores que 0.007.

Se diseñaron los elementos estructurales del reservorio apoyado aplicando la normativa ACI 350 en el distrito de Gregorio Albarracín Lanchipa Tacna.

1. Diseño de la pared del reservorio

El acero será repartido en 2 capas. Por lo tanto, se empleará acero de $\text{Ø}1/2''$ @ 0.30m en cada cara del muro hasta llegar a la altura requerida.

2. Diseño de la viga perimetral o de arranque

La viga tiene una medida de 0.30 de base y de altura 0.30. El acero será repartido en 2 capas. Por lo tanto, se empleará acero de $\text{Ø}1/2''$ @ 0.30 m, y finalmente se empleará acero de refuerzo longitudinal de $\text{Ø}1/2''$.

3. Diseño de la cúpula

4. El acero será repartido en 1 capa. Por lo tanto, se empleará acero de refuerzo meridional al eje de cobertura de $\text{Ø}1/2''$ @ 0.30 m y de refuerzo anular $\text{Ø}1/2''$

@ 0.30 m. además se tiene que reforzar con 2 Ø 1/2" y se encuentra en dos sentidos.

5. Diseño de la losa de fondo

El acero será repartido en 2 capas. Por lo tanto, se empleará acero de Ø5/8" @ 0.30 m en cada cara del muro

6. Diseño de la zapata corrida

El acero será repartido en 1 capa. Por lo tanto se empleara acero de Ø5/8" @ 0.30 m.

4.1.2 ANALISIS

Se analizo y diseño el reservorio apoyado aplicando la normativa ACI 350 garantizando un análisis adecuado a nuestra realidad peruana, siguiendo un proceso metodológico para su evaluación: geometría y pre dimensionamiento, parámetros de diseño, propiedades dinámicas del reservorio, modelamiento del reservorio apoyado de concreto armado.

Ha sido determinante adecuarlo a nuestro entorno se ha tomado en cuenta las propiedades mecánicas, clasificación de sitio y los factores de ampliación de suelo; todos estos parámetros fueron determinantes en la zona de estudio del distrito de Gregorio Albarracín Lanchipa.

4.1.3 CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS

- Observando la hipótesis general donde se aplicó los lineamientos de la normativa ACI 350 realizando el diseño de un reservorio apoyado de concreto armado, se obtuvo un proceso que se detalla a continuación:
 1. Dimensionamiento y pre dimensionamiento
 2. Metrado de cargas del reservorio
 3. Análisis sísmico dinámico
 4. Análisis y diseño del reservorio
 5. Modelamiento del reservorio
- Se describió las propiedades mecánicas de los elementos estructurales que permitió hacer el diseño del reservorio apoyado de concreto armado con la normativa ACI 350, optimizando los resultados.
- Se realizó el análisis sísmico dinámico de un reservorio apoyado de concreto armado con la normativa ACI 350.
- Se diseñó los elementos estructurales del reservorio apoyado de concreto armado.

4.1.4 DISCUSIÓN

Se ve referencias ACI 350.3, están hechas para los Estados Unidos, frente a eso se realizó este trabajo para establecer parámetros fehacientes, aplicando la NORMA ACI 350.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Se aplicaron los lineamientos con la normativa ACI 350 para posteriormente haber realizado el diseño del reservorio en el distrito de Gregorio Albarracín Lanchipa Tacna.
- Se describió las propiedades mecánicas de los elementos estructurales para el concreto armado, las cuales son la resistencia a la compresión (elementos en contacto con agua) $f'_c=280 \text{ kg/cm}^2$, resistencia a la compresión (elementos en contacto sin agua) $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$, módulo de poisson $\nu=0.20$, módulo de elasticidad del concreto armado $E_c=15\ 000*\sqrt{f'_c} \text{ kg/cm}^2$ y el acero corrugado, las cuales son el esfuerzo de fluencia $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$, módulo de elasticidad del acero corrugado $E_s=2\ 000\ 000 \text{ kg/cm}^2$ permitiendo hacer el diseño del reservorio apoyado de concreto armado, estas propiedades se muestran en los resultados de la presente investigación. Se realizó el análisis sísmico dinámico del reservorio apoyado de concreto armado permitiendo hacer el análisis y diseño con la normativa ACI 350. Para Análisis Sísmico, se obtuvo el peso impulsivo dando como resultado $W_i=6.5131 \text{ ton}$ y el

peso convectivo es $W_c=139.83$ ton. Además, la altura impulsiva dio como resultado $h_i=0.731$ m y en el caso de la altura convectiva dio como resultado $h_c=0.517$ m Para finalizar para el periodo convectivo se obtuvo $T_c=4.58$ s. En el caso del análisis dinámico se obtuvo el espectro de aceleraciones. Por otra parte, el periodo impulsivo según la tabla 18 es 0.14 s además, el periodo convectivo es de 4.58 s. Así mismo se eligió el punto para el cambio de espectros a 2,00 segundos. Consiguientemente, la masa impulsiva a distribuir en el área alrededor del reservorio será $A_s=0.0041$ ton.s²/m² , además, se tiene un periodo convectivo de $T_c=4.58$ s, y para finalizar se obtuvo la rigidez convectiva siendo $K_c=26.82$ ton/m. También se calculó la distorsión máxima con el sismo reducido en la parte superior de la pared del reservorio, dando como resultado 0.000035 que comparándolo con el artículo 32 de la Norma Técnica Peruana E. 030 cumple con el límite establecido al ser menor que 0.007.

- Se empleo la normativa ACI 350 y se obtuvo el diseño los elementos estructurales del reservorio apoyado de concreto armado los cuales son el diseño de las paredes, el diseño de la losa de fondo del reservorio, diseño de la zapata corrida, diseño de la viga perimetral o de arranque.

Diseño de la pared del reservorio

El acero será repartido en 2 capas. Por lo tanto, se empleará acero de $\varnothing 1/2''$ @ 0.30m en cada cara del muro hasta llegar a la altura requerida.

Diseño de la viga perimetral o de arranque

La viga tiene una medida de 0.30 de base y de altura 0.30. El acero será repartido en 2 capas. Por lo tanto, se empleará acero de $\varnothing 1/2''$ @ 0.30 m, y finalmente se empleará acero de refuerzo longitudinal de $\varnothing 1/2''$.

Diseño de la cúpula

El acero será repartido en 1 capa. Por lo tanto, se empleará acero de refuerzo meridional al eje de cobertura de $\varnothing 1/2''$ @ 0.30 m y de refuerzo anular $\varnothing 1/2''$ @ 0.30 m. además se tiene que reforzar con 2 $\varnothing 1/2''$ y se encuentra en dos sentidos.

Diseño de la losa de fondo

El acero será repartido en 2 capas. Por lo tanto, se empleará acero de $\varnothing 5/8''$ @ 0.30 m en cada cara del muro.

Diseño de la zapata corrida

El acero será repartido en 1 capa. Por lo tanto se empleara acero de $\varnothing 5/8''$ @ 0.30 m y se muestran en los resultados de la presente investigación.

5.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda a los futuros tesisistas con respecto a las propiedades mecánicas de los materiales, realizar ensayos de campo para poder obtener resultados conservadores.
- Se recomienda a los proyectistas que, al realizar el diseño sísmico de reservorios, realicen un análisis no lineal dinámico, para poder clasificar el comportamiento sísmico antes del colapso del reservorio.
- Se recomienda a los futuros tesisistas investigar sobre otras normativas o códigos de diseño, para corroborar el diseño de reservorios, adquiriendo mejor conocimiento y que puede ser aplicado de manera correcta.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American concrete Institute. (2021). Code requirements for seismic analysis and desing of liquid-containing concrete structures ACI 350.3-20 and commentary. doi:ISBN 978-1-64195-161-6
- Castillo Hernández, S. (2007). *COMPARACIÓN DEL DISEÑO SÍSMICO DE ESTANQUES DE ACERO SEGÚN NORMAS NORTEAMERICANA, NEOZELANDESA Y LAS RECOMENDACIONES CHILENAS*. Chile, Concepción. Obtenido de [http://digilib.unila.ac.id/4949/15/BAB II.pdf](http://digilib.unila.ac.id/4949/15/BAB%20II.pdf)
- Castillo, D. (2019). Análisis y diseño estructural de un reservorio apoyado para el mejoramiento del servicio de agua potable del distrito de Morales, año 2018. En *Universidad Nacional de San Martín Tarapoto*. Tarapoto.
- Cusihuallpa. (2016). ANÁLISIS DE LAS MAGNITUDES DE LOS PARÁMETROS DE RESPUESTA ESTRUCTURAL DEL RESERVORIO ZONA SUR DE CONCRETO ARMADO DE LA CIUDAD DEL CUSCO SEGÚN LA NORMA ACI 350.3-01 Y CONSIDERACIONES DE LA NORMA PERUANA E.030 DISEÑO SISMORRESISTENTE. En *Universidad Andina del Cusco* (págs. 1-118). Cusco.
- Hernandez Hernandez, D. (2012). Análisis sísmico de tanques elevados para almacenar líquidos: una nueva visión con espacios vectoriales complejos, Universidad Nacional de México. Mexico: Primavera.
- Housner. (1954). Earthquake pressures on fluid containers, California Institute of Technology. Pasadena,California.

- López, A., & Sánchez, J. (2011). Diseño de cisternas de ferrocemento, analisis economico, constructivo y cualitativo ante cisternas de hormigon armado y cisternas plasticas. En *Universidad de Cuenca*. Cuenca.
- López, J. (2007). *Formulación y diseño del proyecto de saneamiento Unipampa zona 9. Almacenamiento y abastecimiento de agua potable*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- MINISTERIO DE VIVIENDA, C. Y. (2018). E. 030 DISEÑO SISMORRESISTENTE. En R. N. EDIFICACIONES. EDITORA PERU.
- Nelson López, F. C. (2018). PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS SÍSMICO DE TANQUES CILÍNDRICOS DE ACERO. En Housner. Cuba.
- NORMA E.030. (2020). *DISEÑO SISMORRESISTENTE*. (S. N. SENCICO, Ed.) LIMA, PERU. Obtenido de www.gob.pe/sencico.
- Pérez, R. (1993). Dimensionado óptimo de redes de distribución de agua ramificadas considerando los elementos de regulación. (*Tesis de doctorado*). Universidad Politécnica de Valencia, España.
- Rivera, L. (2021). DISEÑO DE UN RESERVORIO CIRCULAR DE 2700 M3 APOYADO SOBRE EL SUELO, Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima.
- SENCICO. (2020). REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES E.030. En S. N. Construcción. Lima.
- Tunque, C. (2018). ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN RESERVORIO APOYADO SEGÚN EL CÓDIGO ACI.350; TOMANDO COMO BASE EL MODELO MECÁNICO EQUIVALENTE PROPUESTO POR G.W. HOUSNER, UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA . Huancavelica.

Vidal, G. (2007). DISEÑO SÍSMICO DE UN ESTANQUE DE HORMIGÓN ARMADO. COMPARACIÓN DEL CÓDIGO NORTEAMERICANO Y LAS RECOMENDACIONES NEOZELANDESAS. Concepción.

ANEXOS

ANEXO A: MATRIZ DE CONSISTENCIA

ANEXO B: PLANO DE UBICACIÓN RESERVORIO APOYADO, DISTRITO
GREGORIO ALBARRACIN LANCHIPA

ANEXO C: PLANO DE ESTRUCTURAS DEL RESERVORIO APOYADO

ANEXO D: PLANO DE DISEÑO DE CIMENTACIONES DEL RESERVORIO

APOYADO

ANEXO E: PLANO DE DETALLE DE DISEÑO DE MURO, COLUMNAS, VIGAS
DEL RESERVORIO APOYADO

ANEXO F: PLANO DE DISEÑO DE CUPULA DEL RESERVORIO APOYADO

ANEXO G: PLANO DE DISEÑO DE INSTALACIONES SANITARIAS DEL
RESERVORIO APOYADO

ANEXO H: ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS