

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Estado estructural actual del Reservorio “Los Gemelos” ubicado en el Cerro Pesqueda del distrito de Trujillo, provincia de Trujillo – departamento La Libertad, 2023.

Línea de investigación: Ingeniería de la Construcción, Ingeniería Urbana, Ingeniería Estructural.

Sub línea de investigación: Estructuras y Materiales.

Autor:

Ramirez Langle, Omar Arturo.

Jurado Evaluador:

Presidente: Galicia Guarniz, William Conrad.

Secretario: Moran Guerrero, Víctor Manuel.

Vocal: Villarreal Castro, Genner Alvarito.

Asesor:

Merino Martinez, Marcelo Edmundo.

Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4733-4959>

TRUJILLO - PERÚ

2023

Fecha de Sustentación: 2023 / 12 / 07

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Estado estructural actual del Reservorio “Los Gemelos” ubicado en el Cerro Pesqueda del distrito de Trujillo, provincia de Trujillo – departamento La Libertad, 2023.

Línea de investigación: Ingeniería de la Construcción, Ingeniería Urbana, Ingeniería Estructural.

Sub línea de investigación: Estructuras y Materiales.

Autor:

Ramirez Langle, Omar Arturo.

Jurado Evaluador:

Presidente: Galicia Guarniz, William Conrad.

Secretario: Moran Guerrero, Víctor Manuel.

Vocal: Villarreal Castro, Genner Alvarito.

Asesor:

Merino Martinez, Marcelo Edmundo.

Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4733-4959>

TRUJILLO - PERÚ

2023

Fecha de Sustentación: 2023 / 12 / 07

Estado estructural actual del Reservorio “Los Gemelos”
ubicado en el Cerro Pesqueda del distrito de Trujillo,
provincia de Trujillo – departamento La Libertad, 2023.

INFORME DE ORIGINALIDAD

12%

INDICE DE SIMILITUD

11%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

ENCONTRAR COINCIDENCIAS CON TODAS LAS FUENTES (SOLO SE IMPRIMIRÁ LA FUENTE SELECCIONADA)

16%

★ hdl.handle.net

Fuente de Internet

Excluir citas Activo

Excluir bibliografía Activo

Excluir coincidencias < 1%

ing. Merino Martinez Marcelo

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Yo, **Merino Martinez, Marcelo Edmundo**, docente del Programa de Estudio de Ingeniería Civil de la Universidad Privada Antenor Orrego, asesor de la tesis de investigación titulada **“Estado estructural actual del Reservoirio “Los Gemelos” ubicado en el Cerro Pesqueda del distrito de Trujillo, provincia de Trujillo – departamento La Libertad, 2023”**, autor **Ramirez Langle, Omar Arturo**, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 12%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el Software Turnitin el día 01 de diciembre del 2023.
- He revisado con detalle dicho reporte y la tesis, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las normas establecidas por la Universidad.

Lugar y Fecha: Trujillo, 01 de diciembre del 2023.



Ramirez Langle, Omar Arturo
DNI: 71062395



Merino Martinez, Marcelo Edmundo
DNI: 17983739

Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4733-4959>

DEDICATORIA:

A Dios por protegerme, iluminar mi camino y guiarme hasta donde me encuentro en estos momentos de mi vida; a mis padres por impulsarme hacia adelante, apoyarme en los momentos más difíciles y no permitir que me rindiera por más dificultades que se me presentaron en el camino; a mis familiares en general por sus consejos y los ánimos que me brindaron en cada oportunidad que tuvieron.

AGRADECIMIENTOS

A Dios ...

Por darme la sabiduría y fuerza para culminar esta etapa académica.

A mis padres ...

Por ser siempre el motor que impulsan mis sueños y esperanzas, por estar siempre a mi lado en los días más difíciles durante mis horas de estudio. Siempre han sido mis mejores guías de vida. Orgulloso de tener unos padres como ustedes y feliz que estén a mi lado en este momento, uno de los más importante de mi vida profesional.

A mis docentes ...

Sus palabras fueron sabias, sus conocimientos rigurosos y precisos, a ustedes mis profesores queridos, les debo mis conocimientos alcanzados. Donde quiera que vaya, los llevare conmigo en mi transitar profesional. Gracias por su paciencia, por compartir sus conocimientos de manera profesional e invaluable, por su dedicación, perseverancia y tolerancia que tuvieron con mi persona.

A mis compañeros ...

Quienes compartieron conmigo largas horas de estudio, diferentes proyectos en conjunto y con los que se formó una amistad en base a los desafíos comunes que se dieron dentro de la carrera profesional. Su presencia en dicha etapa siempre será un recordatorio de que la colaboración y el trabajo en equipo son la base fundamental para alcanzar grandes metas.

A una persona especial ...

Por sus noches de compañía y desvelos para la culminación de esta tesis, animándome e impulsándome hacia delante, siempre estaré agradecido por ello y nunca me olvidare de tan maravilloso gesto.

RESUMEN

En la presente tesis titulada “Estado estructural actual del Reservorio “Los Gemelos” ubicado en el Cerro Pesqueda del distrito de Trujillo, provincia de Trujillo – departamento La Libertad, 2023” se realizó con el objetivo de determinar el estado estructural actual que presenta el Reservorio “Los Gemelos” ubicado en el Cerro Pesqueda y comprobar si dicho reservorio se encuentra o no en un óptimo estado estructural.

Fue necesario la recopilación de información mediante ensayos in situ, los cuales fueron no destructivos (Evaluación de Patologías y Ensayo de Resistencia del Concreto utilizando el Esclerómetro) ambos aplicados al Reservorio ya mencionado. La resistencia del concreto obtenido del Ensayo de Resistencia del Concreto utilizando el Esclerómetro fue de **285.00 kg/cm²** para el Reservorio A y **291.00 kg/cm²** para el Reservorio B, ambos valores superando al f_c mínimo que requiere un reservorio debido a la clase de exposición que este se encuentra constantemente, dicho valor es igual a **280.00 kg/cm²**.

Como se conoce, en el Perú no se cuenta con una normativa precisa en donde se brinde alcances claros del procedimiento para realizar un adecuado análisis dinámico, por tal motivo se complementó con el ACI 350. En estas normas encontramos los factores necesarios para modelar el reservorio y analizarlo dinámicamente.

Se comparo el esfuerzo anular máximo, esfuerzo a flexión máximo y esfuerzo cortante máximo calculados manualmente; con los obtenidos por el SAP 2000 para llegar a la conclusión que el reservorio cuenta con un estado estructural no optimo. Al analizarlo dinámicamente se hizo el cálculo respectivo de las distorsiones en el sismo reducido como en el sismo elástico dando como resultados $7.79 * 10^{-5}$ para el reservorio A y $7.71 * 10^{-5}$ para el Reservorio B que comparándolos con el artículo 32 de la Norma Técnica Peruana E. 030 cumplen al ser menores a 0.007, el cual representa el limite para distorsión de entrepiso para el caso de concreto armado.

Palabras Claves: ACI 350, Evaluación Estructural, Modelo de Housner, Norma Técnica Peruana E.030, Reservorio “Los Gemelos” y Vulnerabilidad Sísmica.

ABSTRACT

This thesis entitled "Current structural condition of "Los Gemelos" reservoir located in Cerro Pesqueda, district of Trujillo, province of Trujillo - department of La Libertad, 2023" was carried out with the objective of determining the current structural condition of "Los Gemelos" reservoir located in Cerro Pesqueda and to verify whether or not the reservoir is in an optimal structural condition.

It was necessary to collect information through in situ tests, which were non-destructive (Pathology Evaluation and Concrete Strength Test using the Sclerometer) both applied to the Reservoir already mentioned. The concrete strength obtained from the Concrete Strength Test using the Sclerometer was **285.00 kg/cm²** for Reservoir A and **291.00 kg/cm²** for Reservoir B, both values exceeding the minimum f'c required by a reservoir due to the kind of exposure it is constantly exposed to, such value is equal to **280.00 kg/cm²**.

As it is known, in Perú there are no precise regulations that provide clear scopes of the procedure to perform an adequate dynamic analysis, for this reason it is complemented with ACI 350. In these regulations we find the necessary factors to model the reservoir and analyze it dynamically.

The maximum annular stress, maximum bending stress and maximum shear stress calculated manually were compared with those obtained by SAP 2000 to reach the conclusion that the reservoir has a non-optimal structural condition. When analyzing it dynamically, the respective calculation of the distortions in the reduced earthquake as well as in the elastic earthquake was made, giving as results **7.79 * 10⁻⁵** for reservoir A and **7.71 * 10⁻⁵** for Reservoir B, which compared to Article 32 of the Peruvian Technical Standard E. 030 are compliant as they are less than 0.007, which represents the limit for interstory distortion for the case of reinforced concrete.

Keywords: ACI 350, Structural Evaluation, Housner Model, Peruvian Technical Standard E.030, "Los Gemelos" reservoir and Seismic Vulnerability.

PRESENTACION

Señores miembros del jurado ...

Dando por cumplimiento a los requisitos del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Privada Antenor Orrego, facultad de ingeniería y escuela profesional de Ingeniería Civil; es grato para mi persona, ponerle a su disposición el presente trabajo de investigación titulado: **“Estado estructural actual del Reservorio “Los Gemelos” ubicado en el Cerro Pesqueda del distrito de Trujillo, provincia de Trujillo – departamento La Libertad, 2023”**. Con el fin de obtener el título profesional de Ingeniero Civil.

Atentamente:

Br. Ramirez Langle, Omar Arturo.

INDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA:	VI
AGRADECIMIENTOS	VII
RESUMEN	VIII
ABSTRACT	IX
PRESENTACION	X
INDICE DE CONTENIDOS	XI
INDICE DE TABLAS	XIII
INDICE DE FIGURAS	XIV
I. INTRODUCCION	1
1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.1.1. <i>Realidad Problemática</i>	1
1.1.2. <i>Enunciado del Problema</i>	2
1.2. OBJETIVOS	2
1.2.1. <i>Objetivo General</i>	2
1.2.2. <i>Objetivos Específicos</i>	3
1.3. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO	3
II. MARCO DE REFERENCIA	4
2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO	4
2.1.1. <i>Antecedentes Internacionales</i>	4
2.1.2. <i>Antecedentes Nacionales</i>	5
2.1.3. <i>Antecedentes Locales</i>	6
2.2. MARCO TEÓRICO	8
2.2.1. <i>Vulnerabilidad sísmica</i>	8
2.2.2. <i>Concreto y sus tipos</i>	9
2.2.3. <i>Reservorio</i>	10
2.2.4. <i>Tipos de Reservorios</i>	10
2.2.5. <i>Método de Análisis Estático según Portland Cement Association (1993)</i>	11
2.2.6. <i>Método de Housner</i>	16

2.2.7. Normativa Americana para el Análisis Dinámico para Reservorios Apoyados.....	16
2.2.8. Ensayo Destructivo de Perforación con Brocas Diamantadas.....	18
2.2.9. Ensayo No Destructivo: Ensayo de Resistencia al Concreto.....	20
2.3. MARCO CONCEPTUAL.....	21
2.4. SISTEMA DE HIPÓTESIS.....	23
III. METODOLOGIA EMPLEADA.....	25
3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	25
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA DE ESTUDIO.....	25
3.2.1. Población.....	25
3.2.2. Muestra.....	25
3.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	25
3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN.....	25
3.4.1. Técnicas.....	25
3.4.2. Instrumentos.....	26
3.5. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.....	26
IV. PRESENTACION DE RESULTADOS.....	27
4.1. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	27
4.1.1. Resultados recopilados en campo.....	27
4.1.2. Resultados Obtenidos Manualmente y con el Software SAPP 2000	40
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	83
VI. CONCLUSIONES.....	86
VII. RECOMENDACIONES.....	87
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:.....	88
IX. ANEXOS:.....	90

INDICE DE TABLAS

TABLA 1. VARIABLES E INDICADORES (OPERALIZACIÓN DE VARIABLES).....	24
TABLA 2. PROMEDIO DE LOS VALORES DE RESISTENCIAS REFERENCIALES DEL RESERVORIO A.	41
TABLA 3. PROMEDIO DE LOS VALORES DE RESISTENCIAS REFERENCIALES DEL RESERVORIO B.	41
TABLA 4. COEFICIENTES OBTENIDOS DE LA TABLA DEL ANEXO 04.....	50
TABLA 5. FUERZAS ANULARES CON RESPECTO A LA ALTURA DEL RESERVORIO A.....	51
TABLA 6. COEFICIENTES OBTENIDOS DE LA TABLA DEL ANEXO 04.....	53
TABLA 7. FUERZAS ANULARES CON RESPECTO A LA ALTURA DEL RESERVORIO B.....	53
TABLA 8. COEFICIENTES OBTENIDOS DE LA TABLA DEL ANEXO 05.....	55
TABLA 9. MOMENTOS CON RESPECTO A LA ALTURA DEL RESERVORIO A.	56
TABLA 10. COEFICIENTES OBTENIDOS DE LA TABLA DEL ANEXO 05.....	58
TABLA 11. MOMENTOS CON RESPECTO A LA ALTURA DEL RESERVORIO B.	58
TABLA 12. COEFICIENTES OBTENIDOS DE LA TABLA DEL ANEXO 06.....	60
TABLA 13. COEFICIENTES OBTENIDOS DE LA TABLA DEL ANEXO 06.....	61
TABLA 14. CÁLCULO DE ACELERACIÓN ESPECTRAL EN RESERVORIO A.	67
TABLA 15. CÁLCULO DE ACELERACIÓN ESPECTRAL EN RESERVORIO B.	77
TABLA 16. TABLA DE RESULTADOS DE ANÁLISIS ESTÁTICO.....	84

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. DIMENSIONES DEL RESERVORIO A.	42
FIGURA 2. PROPIEDADES DE LOS MATERIALES DEL RESERVORIO A.	42
FIGURA 3. DEFINICIÓN DE CARGAS EN RESERVORIO A.	43
FIGURA 4. ASIGNACIÓN DE LOS VALORES DE PRESIÓN DE AGUA EN RESERVORIO A.	43
FIGURA 5. GRÁFICO DE TENCIONES APLICADAS EN EL MURO DEL RESERVORIO A.	44
FIGURA 6. MOMENTOS APLICADOS EN EL MURO DEL RESERVORIO A.	45
FIGURA 7. CORTANTES SOMETIDAS EN EL MURO DEL RESERVORIO A.	45
FIGURA 8. DIMENSIONES DEL RESERVORIO B.	46
FIGURA 9. PROPIEDADES DE LOS MATERIALES DEL RESERVORIO B.	46
FIGURA 10. DEFINICIÓN DE CARGAS EN RESERVORIO B.	47
FIGURA 11. ASIGNACIÓN DE LOS VALORES DE PRESIÓN DE AGUA EN RESERVORIO B. ...	47
FIGURA 12. GRÁFICO DE TENCIONES APLICADAS EN EL MURO DEL RESERVORIO B.	48
FIGURA 13. MOMENTOS APLICADOS EN EL MURO DEL RESERVORIO B.	49
FIGURA 14. CORTANTES SOMETIDAS EN EL MURO DEL RESERVORIO B.	49
FIGURA 15. GRAFICA DE TENSIONES ANULARES CON RESPECTO A SU ALTURA DEL RESERVORIO A.	51
FIGURA 16. GRAFICA DE TENSIONES ANULARES CON RESPECTO A SU ALTURA DEL RESERVORIO B.	54
FIGURA 17. GRÁFICO DE MOMENTOS CON RESPECTO A SU ALTURA DEL RESERVORIO A.	56
FIGURA 18. GRÁFICO DE MOMENTOS CON RESPECTO A SU ALTURA DEL RESERVORIO B.	59
FIGURA 19. DEFINICIÓN DE PESO DE AGUA IMPULSIVO Y CONVECTIVO EN RESERVORIO A.	63
FIGURA 20. ASIGNACIÓN DE PESO IMPULSIVO EN RESERVORIO A.	64
FIGURA 21. ASIGNACIÓN DE PESO CONVECTIVO EN RESERVORIO A.	64
FIGURA 22. ASIGNACIÓN DE PESOS IMPULSIVO Y CONVECTIVO EN RESERVORIO A.	65
FIGURA 23. TABLA DE PERIODOS Y FRECUENCIAS EN RESERVORIO A.	65
FIGURA 24. ACELERACIÓN ESPECTRAL A LO LARGO DE PERIODOS.	68
FIGURA 25. ESPECTRO ELÁSTICO EN RESERVORIO A.	68
FIGURA 26. ESPECTRO REDUCIDO EN RESERVORIO A.	69
FIGURA 27. SISMO ELÁSTICO EN RESERVORIO A.	69

FIGURA 28. SISMO REDUCIDO EN RESERVORIO A.....	70
FIGURA 29. DISTORSIÓN MÁXIMA EN EL SISMO REDUCIDO EN RESERVORIO A.....	70
FIGURA 30. DISTORSIÓN MÁXIMA EN EL SISMO ELÁSTICO EN RESERVORIO A.....	71
FIGURA 31. TABLA DE MODOS DE VIBRACIÓN EN RESERVORIO A.....	72
FIGURA 32. DEFINICIÓN DE PESO DE AGUA IMPULSIVO Y CONVECTIVO EN RESERVORIO B.	74
FIGURA 33. ASIGNACIÓN DE PESO IMPULSIVO EN RESERVORIO B.....	74
FIGURA 34. ASIGNACIÓN DE PESO CONVECTIVO EN RESERVORIO B.	75
FIGURA 35. ASIGNACIÓN DE PESOS IMPULSIVO Y CONVECTIVO EN RESERVORIO B.	75
FIGURA 36. TABLA DE PERIODOS Y FRECUENCIAS EN RESERVORIO B.....	76
FIGURA 37. ACELERACIÓN ESPECTRAL A LO LARGO DE PERIODOS.....	78
FIGURA 38. ESPECTRO ELÁSTICO EN RESERVORIO B.....	78
FIGURA 39. ESPECTRO REDUCIDO EN RESERVORIO B.	79
FIGURA 40. SISMO ELÁSTICO EN RESERVORIO B.....	79
FIGURA 41. SISMO REDUCIDO EN RESERVORIO B.....	80
FIGURA 42. DISTORSIÓN MÁXIMA EN EL SISMO REDUCIDO EN RESERVORIO B.....	80
FIGURA 43. DISTORSIÓN MÁXIMA EN EL SISMO ELÁSTICO EN RESERVORIO B.....	81
FIGURA 44. TABLA DE MODOS DE VIBRACIÓN EN RESERVORIO B.....	82

I. INTRODUCCION

1.1. Problema de Investigación

1.1.1. Realidad Problemática

En la actualidad, podemos encontrar dentro del territorio de Perú, un gran número de obras hidráulicas las cuales tienen que estar en constante observación y analizando su comportamiento ya que el aprovechamiento de dichas obras es para la población en general. Los reservorios ubicados en nuestro país, no son la excepción y al ser en su mayoría de concreto armado requieren de un seguimiento continuo, dicho seguimiento es imposible de darse hasta el momento debido a que no existe una metodología definida para el análisis de estos frente a un escenario de peligro sísmico.

En el departamento de La Libertad, existen reservorios antiguos e importantes los cuales necesitan una debida evaluación estructural para determinar si pueden o no seguir operando con seguridad y eficiencia. Para ello se tiene que contar con sus planos de construcción correspondientes de cada reservorio, de los cuales lamentablemente se tiene muy poca información.

La Ciudad de Trujillo no es la excepción, también existen reservorios antiguos e importantes, uno de ellos se llama "Los Gemelos", el cual cuenta con un amplio ámbito de influencia en las zonas: Centro Cívico, El Recreo, Torres Araujo, La Noria, La Alameda, Rázuri, El Bosque, P.J. El Bosque, Semirrustica El Bosque, Daniel Hoyle, Pay Pay, Los Jardines, Huerta Grande, El Molino, La Intendencia, Miraflores, Barrio Obrero, Aranjuez, El Alambre, Mansiche, Albretch, San Nicolás, Palermo, Quintanas, Santa Rosalía, Los Fresnos, Puertas del Sol, Los olivos, La Rinconada (todos los sectores), El Huerto, El Palomar Reyna, Las Malvinas I y II, Santa Otilia, A.H. Santa Rosa, Los Rubíes y San Carlos.

Este reservorio aún se encuentra operativo y cuenta con 94 años de antigüedad contando desde el año donde entro en operación (1929).

Dicho reservorio fue diseñado y construido con NTP E030 muy desfasada para la NTP E030 actualizada para estos tiempos, a su vez, no se tuvo consideraciones normativas internacionales ya que como se señala en la NTP E030 2020 en el artículo 1.2. donde se hace mención a lo siguiente: “Mientras no se cuente con normas nacionales específicas para estructuras tales como reservorios, tanques, silos, puentes, torres de trasmisión, muelles, estructuras hidráulicas, túneles y todas aquellas cuyo comportamiento sísmico difiera del de las edificaciones, se le debe utilizar los valores Z y S del Capítulo II amplificados de acuerdo a la importancia de la estructura considerando la práctica internacional”. Esto indica que, dicho reservorio, tampoco considero en su diseño la resistencia a compresión mínima propuesta por el ACI 350 lo cual traería problemas en su diseño.

1.1.2. Enunciado del Problema

En base a lo expuesto anteriormente en la realidad problemática se genera la siguiente interrogante: **¿Cuál es el estado estructural actual que presenta el reservorio Los Gemelos ubicado en la ciudad de Trujillo, provincia de Trujillo – departamento La Libertad?**

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Evaluar estructuralmente el Reservorio “Los Gemelos” ubicado en el Cerro Pesqueda del distrito de Trujillo, provincia de Trujillo – departamento La Libertad para determinar el estado estructural actual que presenta, 2023.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Analizar las diversas patologías que existen en el Reservoirio “Los Gemelos” ubicado en el Cerro Pesqueda.
- Identificar la calidad de material y sus propiedades físicas – mecánicas influyentes en el diseño sísmico que presenta el Reservoirio “Los Gemelos” ubicado en el Cerro Pesqueda.
- Analizar el comportamiento dinámico que presenta el Reservoirio “Los Gemelos” ubicado en el Cerro Pesqueda y verificar si las distorsiones se encuentran dentro de los límites permisibles.

1.3. Justificación del Estudio

Esta investigación tiene una justificación teórica porque se realizará teniendo como propósito contrastar conocimientos dirigidos a la evaluación del estado estructural actual de un reservorio y a su vez, aportar nuevo conocimiento a la EPS SEDALIB, la cual tiene a su cargo dicho reservorio, dicha evaluación se realizará en el reservorio “Los Gemelos” ubicado en la ciudad de Trujillo, provincia de Trujillo – departamento La Libertad, el cual viene a ser uno de los reservorios más importantes de la ciudad.

Se justifica metodológicamente ya que esta evaluación estructural aplicada al reservorio “Los Gemelos”, contará con un plan de ejecución el cual podrá ser fácilmente aplicado a otros reservorios con las mismas características básicas que tiene este.

A su vez, también se justifica socialmente ya que la finalidad de dicho proyecto de investigación y los resultados obtenidos en él; será información útil para que, la EPS SEDALIB S.A, encuentre la manera de evitar su derrumbe ante un fuerte sismo y la población que radican en sus alrededores no salga perjudicada.

Por último, tiene una justificación práctica, puesto a que dicho proyecto se enfoca en evaluar qué tan vulnerable se encuentra el reservorio “Los gemelos” con la presencia de un sismo y diagnosticar si este puede este, seguir o no, operativo.

II. MARCO DE REFERENCIA

2.1. Antecedentes del estudio

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Torres, J (2011) realizó el diseño estructural del reservorio apoyado de concreto armado del centro poblado Pueblo Nuevo Conta – Cañete basándose en el Código Americano ACI 350 Seismic Design of Liquid-Containing Concrete Structures (ACI 350.3-01) and Commentary (350.3R-01). La metodología que empleó se enfocó, en primer lugar, a la determinación del volumen requerido, el planteamiento de las estructuras, las normas y especificaciones a seguir, las cargas en análisis; luego se procedió a seguir con las generalidades de la estructura, esto engloba su predimensionamiento y metrado de cargas correspondientes. Finalmente se llegó a los respectivos análisis requeridos para el reservorio en mención (estructurales - hidrodinámicos) junto con el modelaje y cálculos correspondientes, llegando con esto al diseño final que tendrá cada elemento del reservorio en mención. Llegó a la conclusión que la metodología seguida le permitió realizar un adecuado diseño estructural para un reservorio apoyado y así poder cumplir con las necesidades que se requiere de este con la población ubicada en el centro Poblado Pueblo Nuevo Conta.

Este trabajo de investigación nos aporta una metodología a tomar en cuenta con relación al diseño de un reservorio apoyado y las condiciones que este debe de cumplir estructuralmente para que no se vea afectado con la presencia de un sismo y así poder satisfacer las necesidades que se requiere de este con una determinada población

Housner, G (1963) en la publicación The Seismological Society of America denominada The Dynamic Behavior of Water Tanks, hace mención a la importancia del comportamiento de los reservorios de agua potable en presencia de un terremoto y

basándose en el terremoto sucedido en Chile en el año 1960, donde muchos reservorios elevados sufrieron daños significativos, sostiene que se debe de tener en cuenta la interacción entre el líquido y la estructura del reservorio; a su vez, tener en consideración la estructura del reservorio con relación al suelo. Llegando a la conclusión que, si el líquido se encuentra totalmente lleno en la estructura, esta se puede modelar considerándose como una sola masa en la simplificación del modelado; mientras que, si el líquido está parcialmente lleno en la estructura, se debe de considerar como dos masas en la simplificación del modelado debido a que, ante un movimiento sísmico, este llegara a producir oscilaciones en el agua.

Dicha publicación nos aporta las consideraciones que se debe de tener al momento del modelamiento del reservorio en el programa SAP 2000.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Arias, C y Castañeda, G (2019) determinaron la vulnerabilidad sísmica en el Reservorio R – 15 de la ciudad de Tacna a través de una Evaluación Estructural del mismo. La metodología que emplearon fue la realización de tres tipos de ensayos entre los cuales uno es considerado destructivo (Ensayo de Perforación Diamantina); mientras que, los otros dos son considerados no destructivos (Ensayo de Patologías - Ensayo de dureza del concreto utilizando el esclerómetro). A su vez, emplearon información estructural existente del reservorio como son los planos de estructurales del mismo, realizaron cálculos manuales respectivos y un procedimiento de modelamiento en el programa SAP 2000. Llegando a las siguientes conclusiones: La deficiencia más significativa encontrada en el reservorio es la cimentación expuesta, el concreto del mismo es estructuralmente adecuado y el acero del muro del reservorio R – 15 fue sobredimensionado.

Este trabajo de investigación nos aporta la metodología que se requiere para realizar una evaluación estructural al reservorio

“Los Gemelos” e identificar su grado de vulnerabilidad sísmica que posee actualmente.

Díaz, A. y Meniz, B (2019) analizaron y evaluaron algunos reservorios apoyados ubicados en la ciudad de Lima Metropolitana, teniendo en cuenta las posibles fallas estructurales ante la acción de un evento sísmico severo. Esto se realizó siguiendo la metodología siguiente: Revisaron las diferentes características de los distintos reservorios elegidos como muestra (ubicación, características del suelo, geometría), luego se procedió a encontrar el Espectro Sísmico de Respuesta para lo cual se enfocaron en parámetros según la norma de Diseño Sismorresistente E.030 – 2016 y parámetros según la norma ACI 350.3 – 06; a su vez, se realizó un modelamiento en el programa SAP 2000 de estos reservorios. Llegaron a la conclusión de que los reservorios evaluados no conservan un diseño estructural adecuado traducido en un déficit de Refuerzo Estructural, lo que los convierte en estructuras vulnerables ante un sismo severo.

Este trabajo de investigación nos aporta las consideraciones que se debe de tener en cuenta para realizar una evaluación estructural e identificar el grado de vulnerabilidad de un reservorio de tipo apoyado como es el caso del Reservorio “Los Gemelos” donde se realizará dicha evaluación para este proyecto.

2.1.3. Antecedentes Locales

Castro, J y Montoya, I (2021) realizaron una propuesta de mejora, en función a las patologías existentes, para el concreto colocado en el reservorio de la planta de tratamiento de agua potable de Trujillo. Esto se realizó siguiendo una metodología enfocada en definir, en primera instancia, las muestras de concreto que involucran en las diferentes partes del reservorio (muros interiores, muros exteriores, muros del serpentín, fondo de reservorio, tapas del reservorio inferiores - exteriores), luego se procedió a utilizar la técnica de observación para identificar, en cada muestra de

concreto, los diferentes tipos de patologías existentes en él y el nivel de severidad, con el fin de dar una propuesta de mejoramiento de este concreto colocado en el reservorio ya mencionado. Llegaron a la conclusión que los elementos de estudio evidenciaron patologías con carácter leve, moderado y severo, a partir de los cuales el mejoramiento propuesto fue a través de actividades de rehabilitación, restauración y preservación, con la debida aplicación de aditivos y tecnologías constructiva.

Este trabajo de investigación nos aporta el procedimiento adecuado que se debe de seguir al momento de identificar las diversas patologías que pueda presentar el concreto de un reservorio y su severidad, el cual nos servirá como una guía para aplicarlo en el Reservorio “Los Gemelos”.

Perleche, L y Tamayo, E (2021) analizaron y diseñaron un Reservorio de tipo apoyado de concreto armado para el caserío de Ayangay ubicado en el distrito de Julcan, provincia de Julcan, La Libertad. Esto se realizó siguiendo la siguiente metodología: Se comenzó recolectando los datos necesarios, para ello utilizaron, en primer lugar, la técnica de la observación donde se pudo apreciar la situación del problema real en el estudio; esto con la ayuda de varias guías de observación en las cuales se apuntaron los datos para los estudios de topografía y estudios de suelo correspondientes, los cuales fueron validados por un experto en el tema; a su vez, se empleó la técnica de la estadística descriptiva, junto con los instrumentos tales como tablas y gráficos los cuales les permitió interpretar y analizar los datos obtenidos. Llegaron a la conclusión que dicho procedimiento empleado en dicho trabajo de investigación les permitió realizar el mejor diseño para cumplir con las necesidades de la población, dentro del caserío, en cuanto a la necesidad de tener un reservorio en él y los beneficios que este implicaría en cuanto a su construcción.

Este trabajo de investigación nos aporta el correcto procedimiento que se debe de tener en cuenta al momento de diseñar un reservorio para una determinada zona y las condiciones que debe de cumplir este con dicha población.

2.2. Marco Teórico

2.2.1. Vulnerabilidad sísmica

Tenemos que resaltar ante todo que vulnerabilidad sísmica es el grado de daño que sufre una estructura a causa de un evento sísmico de determinadas características, dichas estructuras se pueden categorizar como “más vulnerables” o “menos vulnerables” ante dicho evento (Slide Share, 2015).

Se debe de tener presente que la vulnerabilidad sísmica de una estructura es una propiedad intrínseca a sí misma; a su vez, es independiente de la peligrosidad del lugar (Slide Share, 2015).

Existen tres tipos de clases de vulnerabilidad sísmica, las cuales son:

- **Vulnerabilidad Estructural:** Se refiere a que tan susceptibles son los elementos estructurales de una edificación a ser dañados o afectados ante la presencia de un evento sísmico y las fuerzas inducidas en ella, a su vez actuando en conjunto con las demás cargas habidas en la propia estructura (Slide Share, 2015).

Algunos de estos elementos estructurales son los siguientes: Columnas, vigas, placas de concreto, muros de albañilería de corte, etc. (Slide Share, 2015).

- **Vulnerabilidad No Estructural:** Lo que se busca es determinar qué tan susceptibles a ser afectados o daños son los elementos no estructurales tales como equipos de importancia, sistema electromecánico (líneas tuberías, apoyos de equipo, la conexión de los equipos, etc.), elementos arquitectónicos (fachadas, vidrios, tabiques,

mamparas, puertas, ventanas, escaleras, etc.), entre otros ante la presencia de un evento sísmico (Slide Share, 2015).

- **Vulnerabilidad Funcional:** Determina la susceptibilidad de aquellos elementos funcionales dentro y fuera de una edificación a ser dañados o afectados por la presencia de un sismo. Va dirigida a hospitales o clínicas, donde se puede apreciar mejor un “colapso funcional” en sus elementos que lo conforman (Slide Share, 2015).

2.2.2. Concreto y sus tipos

Es la mezcla de cemento Portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, complementado si se desea con aditivos (SENCICO, 2020).

Algunos tipos de concreto son los siguientes que se mencionaran a continuación:

- **Concreto Armado o Reforzado:** Es el concreto estructural reforzado con acero, no menos de la cantidad mínima estipulada (SENCICO, 2020).
- **Concreto Simple:** Concreto estructural que no posee armadura de refuerzo o con menos refuerzo que el mínimo especificado para concreto reforzado (SENCICO, 2020).
- **Concreto Premezclado:** Es aquel concreto que se dosifica en planta, este puede ser mezclado en la misma o en camiones mezcladores y es transportado a obra (SENCICO, 2020).
- **Concreto Pre - esforzado:** Es el concreto estructural al cual se le ha introducido esfuerzos internos con la finalidad de reducir los esfuerzos potenciales de tracción en el concreto causados por las cargas (SENCICO, 2020).

2.2.3. Reservorio

Los reservorios están diseñados para cumplir una función fundamental e importante para las personas ubicadas en una determinada zona.

Esta función vendría a ser el de suministrar el agua potable para el consumo humano a las redes de distribución, con las presiones de servicio adecuadas y en cantidad necesaria la cual permita compensar las variaciones de la demanda ya prevista (Viceministerio de Construcción y Saneamiento, 2021).

Esto se debe a que un reservorio vendría a ser un sistema de almacenamiento de agua potable para el consumo humano y; adicional a la función ya mencionada, este también debe de contar con un volumen adicional para el suministro en casos de emergencia tales como incendios, suspensión temporal de la fuente de abastecimiento y/o paralización parcial de la planta de tratamiento (Viceministerio de Construcción y Saneamiento, 2021).

2.2.4. Tipos de Reservorios

Existen tres tipos de Reservorios los cuales se diferencian debido a su construcción y ubicación puesta in situ (superficie de terreno) y su forma respectiva de cada uno de ellos.

Estos tipos de reservorios son los siguientes que se mencionaran a continuación:

- **Reservorios Elevados:** Este tipo de reservorio puede tomar una forma esférica, cilíndrica, y de paralelepípedo. Se diferencia del resto debido a que estos son construidos y ubicados sobre torres, columnas, pilotes, etc. (Ing. Agüero, 2004).
- **Reservorios Apoyados:** Este tipo de reservorios principalmente tienen una forma rectangular y circular. Se caracterizan por ser construidos y ubicados directamente sobre la superficie del suelo (Ing. Agüero, 2004).

- **Reservorios Enterrados:** Este tipo de reservorios tienen forma rectangular y circular, caracterizados por estar contruidos y ubicados por debajo de la superficie del suelo (Ing. Agüero, 2004).

2.2.5. Método de Análisis Estático según Portland Cement Association (1993)

En 1963, la Asociación de Cemento Portland (PCA) determinó los coeficientes para el debido cálculo del Esfuerzo Anular y el Esfuerzo a Flexión a lo largo del muro de la estructura, así como también el Esfuerzo Cortante Máximo que se da. A su vez, cabe resaltar que dicho método señalado sigue siendo utilizado a nivel nacional e internacional para el Análisis Estático de Reservorios Circulares.

En este método solo es considerado el empuje que genera el agua como fuerza actuante en la pared del reservorio, la cual produce el Esfuerzo Anular, a Flexión y el Cortante Máximo a lo largo de esta (Portland Cement Association, 1993).

2.2.5.1. Condiciones de Carga y métodos de diseño

Hay que tener en cuenta que el tanque tiene que resistir las cargas a las que estará sujeta durante sus años de uso. Es por este motivo que, deben ser consideradas dichas cargas durante la construcción de dicho tanque. Existen diversas condiciones de cargas como se puede observar en el **Anexo 01** (Portland Cement Association, 1993).

Ahora, se dice que la razón por la cual no se considera la presión del suelo en la parte inferior de la losa del tanque en sí, es debido al ACI 350 el cual indica que el efecto de esta fuerza podría minimizar los efectos uno del otro.

Los métodos de diseños existentes son los siguientes (Portland Cement Association, 1993):

- Diseño por resistencia.
- Diseño de esfuerzos admisibles (ASD).

El diseño por resistencia es el que destaca, en ella se busca la resistencia que se requiere, para lo cual las combinaciones a realizar para determinarla es la siguiente (Portland Cement Association, 1993):

$$\mathbf{Resistencia\ Requerida} = 1.7 \times \mathit{Coef. Sanitario}$$

Donde, los coeficientes sanitarios equivalen a (Portland Cement Association, 1993):

- **1.30** Para Flexión.
- **1.65** Para Tensión Directa.
- **1.3** Para Corte cuando $V_u > 0.85$; si no se toma el valor de **1.00**.
- **1.00** Para Compresión.

2.2.5.2. Cálculo de Espesor de Paredes del tanque

Según ACI 350 los muros de los tanques de concreto reforzado con alturas mayores a tres metros, los cuales se encuentran en contacto con el agua, deberían de tener como mínimo un espesor de 0.30 m, aunque si este espesor es considerado grande, podría utilizarse de 0.25 m. La razón principal de esto es porque dicho concreto cuando se seca llega a perder humedad, la misma que lleva a una contracción. Esta contracción es la causante de producir esfuerzos en tensión, las cuales pueden producir la excedencia de la capacidad del concreto y causar fisuras en él (Portland Cement Association, 1993). La resistencia del concreto debido a la tensión del anillo (T), la podemos considerar como (Portland Cement Association, 1993):

$$f_c = \frac{CEs A_s + T}{A_c + nA_s}$$

Teniendo en cuenta que $As = T/f_s$ y que $Ac = 100 \times t$ (t en centímetros) y reemplazando en la ecuación anterior, se tendría que el espesor es:

$$t = \frac{CEs + fs - nfc}{100 * fc * fs} \times T$$

Donde:

C = Coeficiente de contracción de fragua del concreto, toma un valor de 0.0003.

Es = Modulo de elasticidad del acero (kg/cm²).

fs = Resistencia admisible en tensión del acero (kg/cm²).

fc = Resistencia admisible en tensión del concreto (kg/cm²).

T = Fuerza de tensión anular (kg/cm).

Ac = Área de concreto en tensión (cm²).

As = Área de acero en tensión (cm²).

n = Relación de módulos de elasticidad entre el acero y el concreto.

2.2.5.3. Cálculo del Esfuerzo Anular

Portland Cement Association (PCA) considera diferentes pensamientos con respecto al Análisis Estático de Reservorios Apoyados de Pared Circular, una de estos es la que considera el empuje del agua actuante contra la pared del Reservoirio como se observa en el **Anexo 02** y **Anexo 03**.

Esta estimación dada permite conseguir los esfuerzos según la relación que se tiene entre el cuadrado de la altura del agua y el producto del diámetro interno por el espesor de la pared (H^2/Dt).

Dicho esto, el PCA considera el uso de tablas en función de las condiciones de extremo y apoyo, el cual se sigue dicho procedimiento a continuación:

- Se calcula el factor H^2/Dt .
- Con el valor obtenido se observa la tabla a continuación (ver anexo 04) se busca el valor obtenido y se eligen los coeficientes de tensión anular de esa fila, las cuales van variando en función a la altura, que luego multiplicarán a W .
- Luego se calcula el valor de “ wu ” el cual es el resultado de:

$$wu = \text{Fact. Carga} * \text{Coef. Sanitario} \\ * \text{Peso Espec. Agua}$$

- Posteriormente se calcula $W = wu * H * R$ y se multiplican por los Coeficientes de Tensión Anular, con el cual se tiene los valores de la Fuerza Anular por unidad de longitud.
- Con la Fuerza de Tensión se verifica el espesor del muro.

2.2.5.4. Cálculo del Esfuerzo a Flexión

Para determinar los momentos por flexión se calcula un valor $W = wu * H^3$, dicho valor se multiplica por los coeficientes que se encuentran en la siguiente tabla colocado en el anexo 05 (Portland Cement Association, 1993).

Se realizará el diseño respectivo una vez hallado los momentos positivos y negativos.

$$a = d - \sqrt{d^2 - 2 \frac{Mu}{0.85 * fc * \phi * b * 100}}$$

$$As = 0.85 * \frac{fc * b * 100 * a}{fy}$$

$$s = \frac{\text{Area de Acero} * b}{A_s}$$

Donde:

Mu = Momento Ultimo.

As = Área de Acero.

fc = Resistencia a la Compresión.

Ø = 0.90; coeficiente de reducción.

s = Espaciamiento entre varillas de acero.

d = Peralte efectivo.

b = Base.

2.2.5.5. Cálculo del Esfuerzo Cortante Máximo

Se calcula la resistencia del concreto, utilizando la siguiente formula (Portland Cement Association, 1993):

$$V_c = \phi * 0.53 * \sqrt{f_c} * b * d$$

Donde:

Ø = 0.85; Coef. De Reducción.

Se utilizará un factor de carga igual a 1.00 y el coeficiente se obtendrá de la tabla que se muestra en el anexo 06, suponiendo que $V < \phi V_c$ (Portland Cement Association, 1993).

Se calcula el factor "wu", para luego calcular "W":

$$W = W_u * H^2$$

Luego se calcula Vu, para lo cual se utilizará la siguiente formula:

$$V_u = (\text{fact. obtenido de tabla}) * W * 1000$$

Finalmente, se verificará que se cumpla la siguiente expresión (Portland Cement Association, 1993):

$$V_u < \phi V_c$$

2.2.6. Método de Housner

Este es uno de los modelos más difundidos ya que determina la respuesta sísmica máxima y utiliza como sollicitación un espectro de diseño el cual llega a pertenecer a la zona de análisis.

En este modelo, lo que se representa, es el movimiento del agua ante acciones sísmicas considerando dos tipos de masa, una de ellas vendría a ser la masa impulsiva M_0 la cual se mantiene fija en la pared rígida del tanque y la masa convectiva M_1 la cual se encuentra móvil conectada a la pared del tanque por medio de resortes, esto se puede apreciar en el anexo 07 (Housner, 1963).

Según Housner (1963) nos dice que “la presión hidrodinámica del fluido ejercida en las paredes del tanque está dada por la superposición del movimiento del fluido convectivo causado por la oscilación del líquido en la parte superior y la presión del líquido impulsivo que se acelera con la estructura”.

2.2.7. Normativa Americana para el Análisis Dinámico para Reservorios Apoyados

En las normativas que se tiene a disposición en el Perú, no existe una norma en la cual nos podamos basar para realizar un análisis y diseño estructural de estructuras hidráulicas como es el caso de los reservorios apoyados. Es por este motivo que existen códigos internacionales que brindan recomendaciones mínimas a tener en cuenta durante la etapa de análisis y diseño como es la normativa norteamericana ACI 350.3-06.

Diversos investigadores muestran dicho código como una alternativa su aplicación, adaptándola a las recomendaciones que da la Norma E030 “Diseño sismorresistente” del RNE.

En el apartado del código en mención, se habla del modelamiento dinámico, donde muestra las ecuaciones que se tiene que tomar en cuenta en el modelamiento hidrodinámico equivalente adaptado del modelo propuesto por Housner en 1963.

El procedimiento a seguir en el análisis sísmico es (American Concrete Institute, 2007):

- Determinar la masa de la estructura que activa el sismo:

Peso del Agua:

$$W_a = \pi * r^2 * h * \gamma_{agua}$$

$$m_a = \frac{W_a}{g}$$

- Calcular los parámetros de modelo dinámico:

Cálculo de masa impulsiva:

$$m_i = \frac{\tanh(0.866 * \frac{D}{H_L})}{0.866 * \frac{D}{H_L}} * m_L$$

Donde m_i es la masa equivalente de la componente impulsiva, D es el diámetro interior de la cuba del reservorio apoyado en metros, H_L es la altura del agua libre interior de la cuba del reservorio en metros, y m_L la masa total del agua del reservorio (American Concrete Institute, 2007).

Cálculo de masa convectiva:

$$m_c = 0.23 * \frac{D}{H_L} * \tanh\left(\frac{3.68 * H_L}{D}\right) m_L$$

Donde m_c es la masa equivalente de la componente convectiva (American Concrete Institute, 2007).

Cálculo de la posición de la masa impulsiva: Esto con referencia a la base (American Concrete Institute, 2007).

$$h_i = H_L \left(0.5 - \frac{0.09375}{\frac{D}{H_L}} \right)$$

$$\frac{D}{H_L} < 1.333$$

$$h_i = 0.375 H_L$$

$$\frac{D}{H_L} \geq 1.333$$

Cálculo de posición de la masa convectiva: Esto con referencia a la base (American Concrete Institute, 2007).

$$h_c = \left[1 - \frac{\cosh\left(3.68 \frac{H_L}{D}\right) - 1}{3.68 \frac{H_L}{D} - \sinh\left(3.68 \frac{H_L}{D}\right)} \right] * H_L$$

Ahora, como ya se había dado mención, en el Perú se cuenta con la Norma E.030 la cual hace referencia al diseño sismorresistente, misma que hace mención a lo siguiente: “Mientras no se cuente con normas nacionales específicas para estructuras tales como reservorios, tanques, silos, puentes, torres de transmisión, muelles, estructuras hidráulicas, túneles y todas aquellas cuyo comportamiento sísmico difiera del de las edificaciones, se debe de utilizar los valores de Z y S del capítulo II amplificados de acuerdo a la importancia de la estructura considerando la practica internacional”.

En tal sentido, el resto del diseño sísmico de un reservorio circular se basará en la respectiva norma.

2.2.8. Ensayo Destructivo de Perforación con Brocas Diamantadas

Este ensayo es realizado con la finalidad de determinar, en el concreto “in situ”, la resistencia a la compresión, tracción y flexión, generalmente los especímenes del ensayo serán obtenidos cuando exista una duda con respecto a la calidad del concreto colocado “in situ” debido a los resultados bajos en cuanto a la resistencia del mismo o exista indicios de daños en la estructura. Por otro lado, este ensayo se puede utilizar para adquirir información acerca de la resistencia de antiguas estructuras (ASTM International, 2016).

2.2.8.1. Materiales, equipos y otros (ASTM International, 2016):

- Brocas diamantinas.
- Testigos Cilíndricos.
- Calibrador o vernier de 0.5 mm de precisión.

- Bomba de Agua inyectora.

2.2.8.2. Procedimiento del Ensayo:

- Los especímenes cilíndricos para dicho ensayo se extraen con un equipo de sonda provista de brocas diamantadas, el concreto deberá tener por lo menos 14 días de colocado (ASTM International, 2016).
- Se debe de tomar como mínimo 3 especímenes para poder realizar el $f'c$ (ASTM International, 2016).
- Dicha extracción se realiza de forma perpendicular a la superficie, cuidando en todo momento que en la zona no presente juntas y no se encuentren próxima a los bordes (ASTM International, 2016).
- En caso de probetas dañadas o defectuosas, estas deberán ser descartadas (ASTM International, 2016).

2.2.8.3. Criterios de Aceptación:

Se es considerado estructuralmente adecuado siempre y cuando el promedio de los tres núcleos es mayor al 85% del $f'c$ y ninguno de estos presenta un porcentaje menor a 75% del $f'c$ del elemento estructural (ASTM International, 2016).

2.2.8.4. Aplicación del ensayo en obras de Infraestructuras (ASTM International, 2016):

- Cuando se tiene en la resistencia de las probetas, modelados al pie de obra bajas.
- Presencia de anomalías en el desarrollo de la construcción.
- Fallas en el curado.
- Aplicación de cargas temprana.
- Incendios.
- Estructuras Antiguas.

- No presenta con registro alguno de resistencia.

2.2.9. Ensayo No Destructivo: Ensayo de Resistencia al Concreto

El presente ensayo consiste básicamente en el impacto de un martillo de acero con una predeterminada cantidad de energía, sobre un embolo de acero en contacto con la superficie de concreto, midiendo así la distancia que dicho martillo rebota (ASTM International, 2016).

2.2.9.1. Aparatos:

- **Martillo de Rebote:** Viene a ser un martillo de acero, con resorte de carga, que al ser liberado impacta sobre un embolo de acero en contacto con la superficie del concreto. Dicho martillo debe tener una movilidad a una velocidad constante y reproducible. La distancia de rebote del martillo de acero, luego del impacto, es medida sobre una escala lineal adherida al marco del mismo (ASTM International, 2016).
- **Piedra Abrasiva:** Consistente en carburo de silicio con textura de grano medio o un material equivalente (ASTM International, 2016).
- **Verificación:** Todos los martillos de rebote deberán ser revisados y verificados anualmente y siempre que se tenga la duda sobre su funcionamiento (ASTM International, 2016).

2.2.9.2. Procedimiento:

Se sostiene el instrumento con firmeza para que el embolo este perpendicular a la superficie del ensayo. Gradualmente se va empujando dicho instrumento hacia la superficie de la estructura hasta que este impacte.

Después de dicho impacto, mantener presionado el instrumento y, de ser necesario, oprimir el botón que traba el embolo en su posición retraída ubicado al

costado del instrumento. Leer y registrar el número del rebote en la escala con proximidad al entero. Se debe de tomar 10 lecturas en cada área del ensayo; a su vez, cada ensayo de impacto tendrá una separación de 25 mm (ASTM International, 2016).

2.2.9.3. Cálculo:

Se debe descartar las lecturas tomadas las cuales difieran del promedio de las 10 lecturas por más de 6 unidades. Si más de dos lecturas difieren de este promedio por 6 unidades, desechar todas las lecturas restantes y determinar los números del rebote en 10 ubicaciones nuevas dentro del área de ensayo (ASTM International, 2016).

2.3. Marco Conceptual

Definición de términos básicos:

- **Masa Convectiva:**

Es aquella masa que se encuentra en un movimiento desordenado, impactando contra las paredes del reservorio. Esto lo visualizamos en un plano de referencia estático (Torres & Montalvan, 2018).

- **Masa Impulsiva:**

Es aquella masa que se encuentra firme, moviéndose con la misma frecuencia en las paredes del reservorio con la presencia de un movimiento sísmico. Esto lo visualizamos en un plano de referencia estático (Torres & Montalvan, 2018).

- **Sismo:**

Movimientos irregulares del terremoto dados en diferentes direcciones, causados por actividad volcánica o tectónica, siendo de mayor peligrosidad de origen tectónico (Campos, 2018).

- **Riesgo inminente:**

Posible daño que se puede dar a futuro, el cual puede traer consigo alguna pérdida humana (Quiroz & Lindaura, 2015).
- **Desplome:**

Caída de un muro desde una posición vertical (Quiroz & Lindaura, 2015).
- **Falla estructural:**

Es la defectuosa configuración geométrica de los elementos estructurales, los cuales generan una respuesta por lo bajo de lo estipulado por el reglamento al ser sometidos a cargas de trabajo (Quiroz & Lindaura, 2015).
- **Falla Constructiva:**

Es la resistencia deficiente de los elementos estructurales a raíz de un proceso constructivo deficiente, el cual no ha pasado un correcto control de calidad (Quiroz & Lindaura, 2015).
- **Vulnerabilidad Baja:**

Es la llegada de una estructura al pre colapso en su modelo estático no lineal, el cual genera un desplazamiento equivalente al que ha provocado con una aceleración de 0.45g (Quiroz & Lindaura, 2015).
- **Vulnerabilidad Media:**

Es la llegada de una estructura al pre colapso en su modelo estático no lineal, el cual genera un desplazamiento equivalente al que ha provocado con una aceleración de 0.25g (Quiroz & Lindaura, 2015).
- **Vulnerabilidad Alta:**

Es la llegada de una estructura al pre colapso en su modelo estático no lineal, el cual genera un desplazamiento equivalente al que ha provocado con una aceleración de 0.10g (Quiroz & Lindaura, 2015).

2.4. Sistema de Hipótesis

Al ser un reservorio antiguo y con muchos años de operación, donde a su vez se observa un estado físico deteriorable (malo), se puede decir que: **El Reservorio “Los Gemelos” ubicado en el Cerro Pesqueda, cuenta con un estado estructural no óptimo en la actualidad por lo que se tendría que realizar un mejoramiento estructural si se quiere que este siga operando o de caso contrario dejarlo inoperativo.**

Tabla 1.

Variables e Indicadores (Operalización de Variables).

VARIABLE	DEF. CONCEPTUAL	DEF. OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
VARIABLE INDEPENDIENTE: EVALUACION ESTRUCTURAL	Es un procedimiento mediante el cual determinamos el estado estructural actual de una edificación existente para determinar qué tan vulnerable es ante la presencia de un sismo severo.	Se realizará a través de ensayos in situ (destructivos - no destructivos), empleando un debido análisis de datos para la obtención de resultados de resistencia y junto a ello un adecuado modelamiento en el programa SAP 2000 de dicha estructura.	TENSIONES ANULARES	Tensión anular máxima	DESCRIPTIVO Y EXPLICATIVO
			MOMENTOS DEL DISEÑO POR FLEXIÓN	Momento máximo positivo Mmax (+)	
				Momento máximo negativo Mmax (-)	
			FUERZA CORTANTE	< Vc; Donde Vc: Resistencia a cortante del concreto.	
			DISTORSIÓN MÁXIMA	< 0.07	
VARIABLE DEPENDIENTE: ESTADO ESTRUCTURAL ACTUAL	Es el estado en el que se encuentra los elementos estructurales de una edificación con el transcurrir del tiempo; es decir, refleja la falta de resistencia estructural que este posee como consecuencia de sus características de diseño, calidad de materiales y técnica constructivas.	Será determinado a través de una adecuada evaluación estructural en dicha estructura con todo lo que esto implica: ensayos in situ (destructivos - no destructivos) y un adecuado modelamiento en el programa SAP 2000 de dicha estructura.	PATOLOGÍAS EXISTENTES EN ESTRUCTURA	Grieta	DESCRIPTIVO Y EXPLICATIVO
				Eflorescencia	
				Erosión	
				Corrosión	
				Disgregación	
			COMPORTAMIENTO ESTÁTICO DE LA ESTRUCTURA	Tensiones anulares	
Momentos del diseño por flexión					
COMPORTAMIENTO DINÁMICO DE LA ESTRUCTURA	Fuerza cortante				
	Distorsiones máximas				

III. METODOLOGIA EMPLEADA

3.1. Tipo y nivel de investigación

- Según Enfoque: Investigación Cuantitativa.
- Según Finalidad: Investigación Básica.
- Según Nivel: Investigación Descriptiva.
- Según Temporalidad: Investigación Transeccional.

3.2. Población y muestra de estudio

3.2.1. Población

La población vendría a ser, para este proyecto de tesis, todos los Reservorios ubicados en el distrito de Trujillo, provincia de Trujillo - departamento La Libertad.

3.2.2. Muestra

La muestra vendría a ser, para este proyecto de tesis, el Reservorio “Los Gemelos” ubicado en el Cerro Pesqueda del distrito de Trujillo, provincia de Trujillo - departamento La Libertad (**Anexo 08**).

3.3. Diseño de investigación

- **Descriptivo Simple:** Su esquema de diseño es el siguiente:



M: Reservorio “Los gemelos” ubicado en la ciudad de Trujillo.

O: Evaluación Estructural para Determinar el Estado Estructural Actual.

3.4. Técnicas e instrumentos de investigación

3.4.1. Técnicas

- Investigación bibliográfica con respecto al proyecto en mención.
- Recolección de información estructural del Reservorio Los Gemelos por parte de la EPS SEDALIB S.A.

- Observación experimental de los muros laterales del Reservorio Los Gemelos.
- Recolección de datos de los diferentes ensayos que se llevarán a cabo para el proyecto en mención.

3.4.2. Instrumentos

- Esclerómetro o Martillo de Rebote.
- Cemento Grout 212.
- Sikadur 32.
- Brocha.
- Pernos de Anclaje de 1 ½ x 4”.
- Equipo de Perforación.
- Taladro.
- Agua.
- Wincha.
- Cámara fotográfica.

3.5. Procesamiento y análisis de datos

Para el debido procesamiento y análisis de datos que se utilizará, para este proyecto de tesis, es el siguiente:

Se procederá a realizar ensayos de campo en el Reservorio “Los Gemelos” (no destructivos), luego se procederá a realizar el debido análisis de datos para la obtención de resultados de resistencia de la estructura existente. Esto se detalla a continuación:

ENSAYOS DE CAMPO:

- Ensayo de Dureza del Concreto utilizando el Esclerómetro.
- Evaluación de Patologías.

ANÁLISIS DE DATOS PARA OBTENCIÓN DE RESULTADOS DE RESISTENCIA DE LA ESTRUCTURA EXISTENTE:

- Modelamiento en SAP 2000.
- Cálculos manuales con ayuda de los resultados arrojados en los Ensayos de Campo y el programa SAP 2000.

IV. PRESENTACION DE RESULTADOS

4.1. Análisis e interpretación de resultados

4.1.1. Resultados recopilados en campo

En el Reservoirio “Los Gemelos” se llevaron a cabo dos ensayos, ambos no destructivos, con la finalidad de hallar la resistencia del concreto que este presenta y se obtuvieron los siguientes resultados:

a) Evaluación de Patologías:

Para llevar a cabo dicha evaluación al reservorio, se realizó el enfoque en dos zonas la cuales fueron: Zona de Techo y Zona de Paredes Laterales.

Los resultados de este ensayo fueron colocados en la plantilla elaborada por mi persona (**Anexo 10**) y se muestran en las siguientes hojas a continuación:

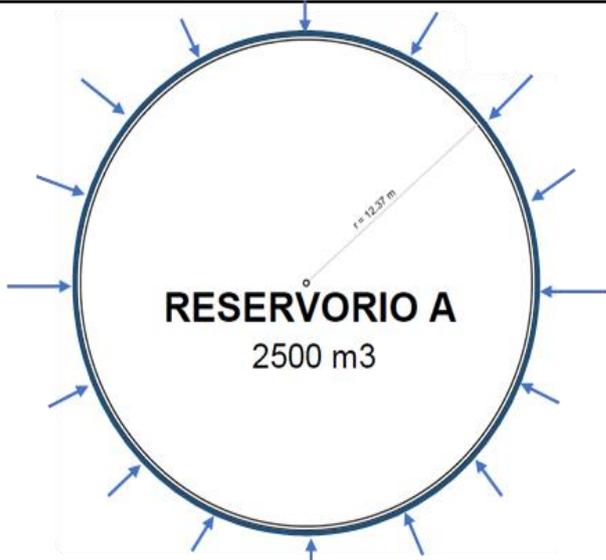
FICHA TÉCNICA DE EVALUACIÓN

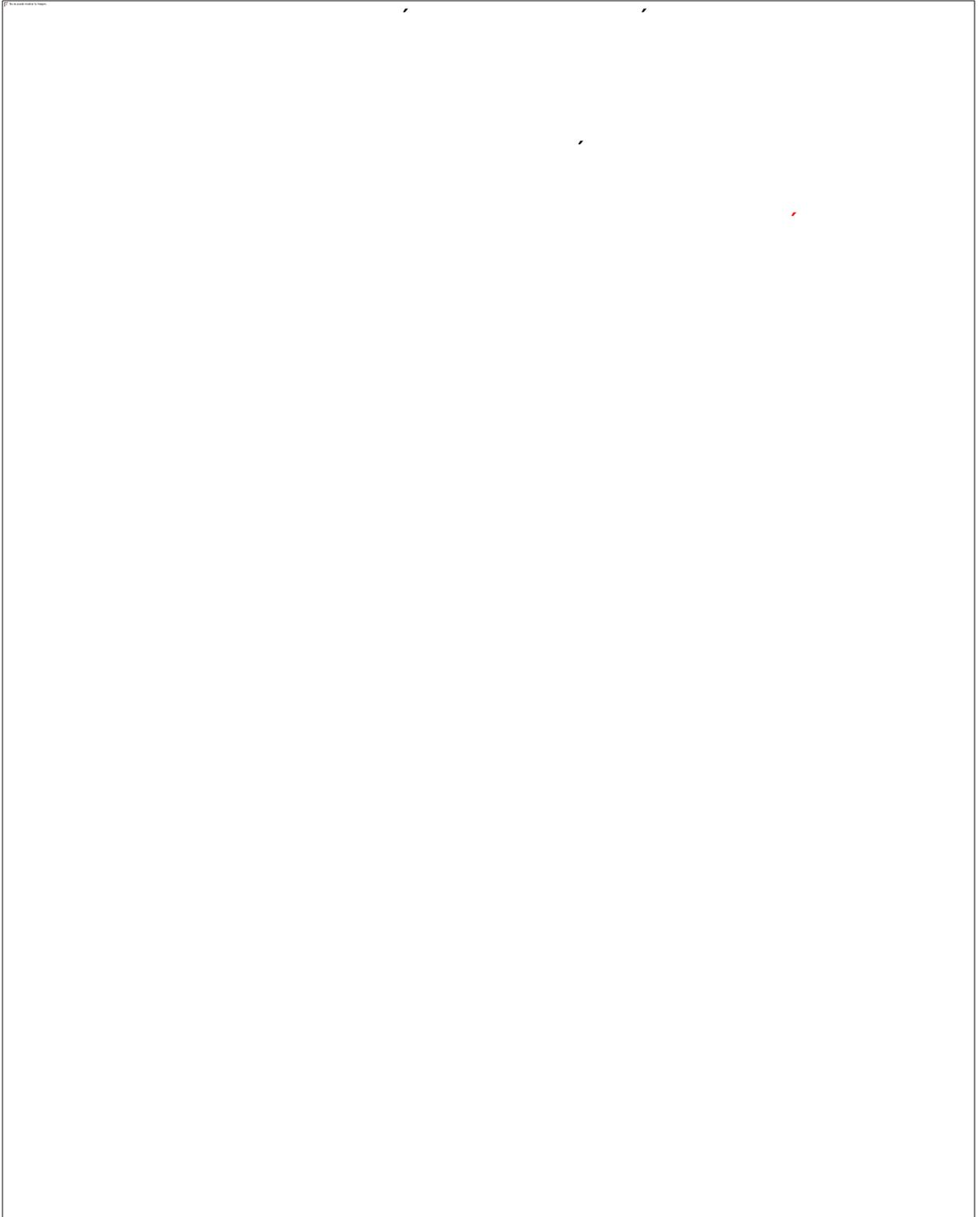
UBICACIÓN :	CERRO PESQUEDA DEL DISTRITO DE TRUJILLO, PROVINCIA DE TRUJILLO - DEPARTAMENTO LA LIBERTAD		
LUGAR :	RESERVORIO "LOS GEMELOS"	MUESTRA:	CONCRETO DE RESERVORIO
FECHA :	27/09/2023	AREA DE EVALUACIÓN :	RESERVORIO A - ZONA TECHO

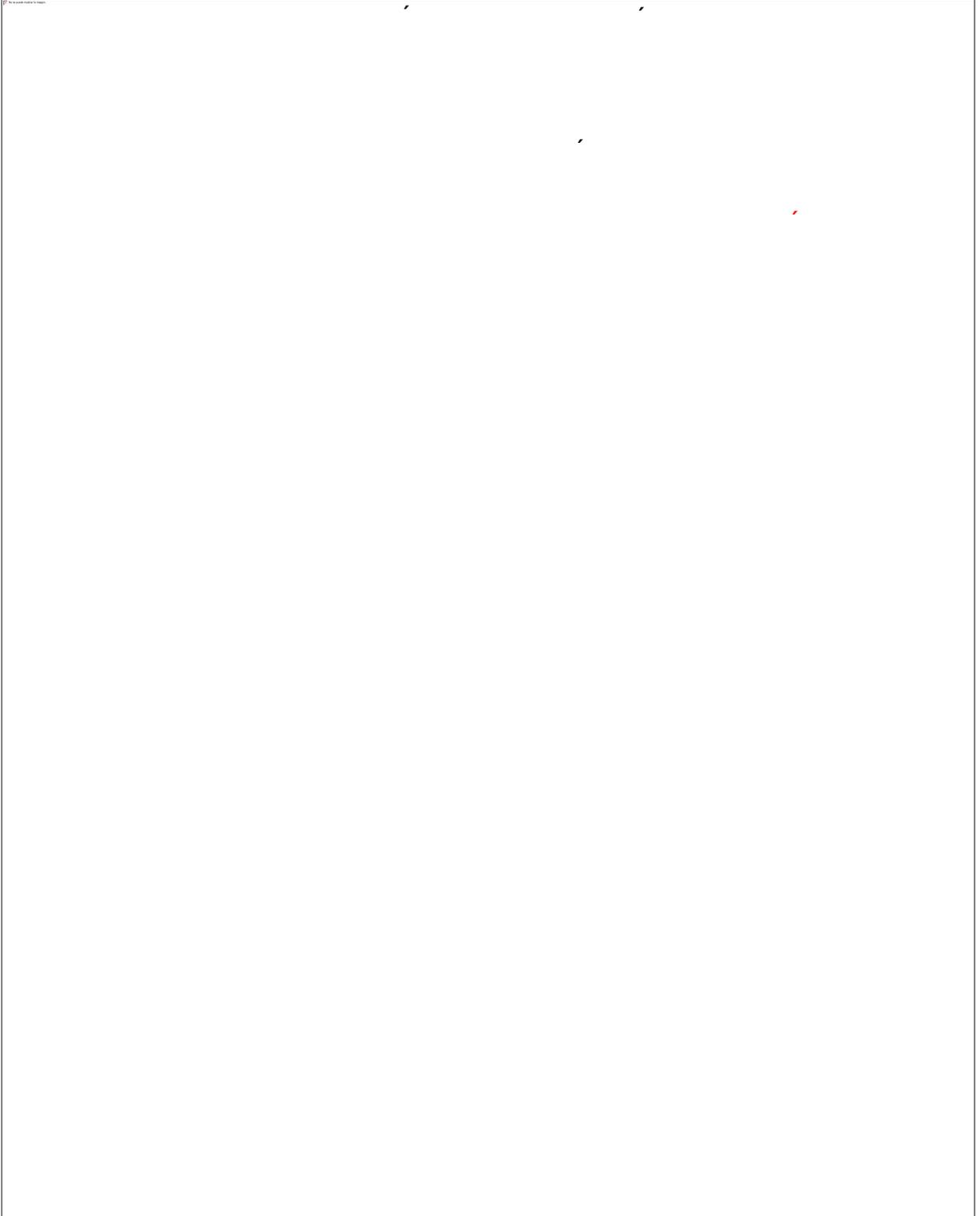
UBICACIÓN DE PLANO DE PLANTA	REGISTRO FOTOGRÁFICO
 <p style="font-size: 24px; font-weight: bold; margin: 0;">RESERVORIO A</p> <p style="font-size: 18px; margin: 0;">2500 m³</p>	
TIPOS DE PATOLOGIAS	
GRIETA (G)	MODERADO - M
EFLORESCENCIA (EF)	NINGUNO - N
EROSIÓN (E)	LEVEL - L
CORROSIÓN (C)	MODERADO - M
DISGREGACIÓN (D)	NINGUNO - N
NIVEL DE SEGURIDAD	NINGUNO - N
	LEVE - L
	MODERADO - M
	SEVERO - S

FICHA TÉCNICA DE EVALUACIÓN

UBICACIÓN :	CERRO PESQUEDA DEL DISTRITO DE TRUJILLO, PROVINCIA DE TRUJILLO - DEPARTAMENTO LA LIBERTAD		
LUGAR :	RESERVOIRIO "LOS GEMELOS"	MUESTRA:	CONCRETO DE RESERVOIRIO
FECHA :	27/09/2023	AREA DE EVALUACIÓN :	RESERVOIRIO A - ZONA PAREDES LATERALES

UBICACIÓN DE PLANO DE PLANTA	REGISTRO FOTOGRÁFICO
 <p style="text-align: center;">RESERVOIRIO A 2500 m³</p>	
TIPOS DE PATOLOGIAS	
GRIETA (G)	MODERADO - M
EFLORESCENCIA (EF)	LEVE - L
EROSIÓN (E)	MODERADO - M
CORROSIÓN (C)	MODERADO - M
DISGREGACIÓN (D)	LEVE - L
NIVEL DE SEGURIDAD	NINGUNO - N
	LEVE - L
	MODERADO - M
	SEVERO - S





INTERPRETACION DE RESULTADOS:

Con los resultados obtenidos mediante la aplicación de este ensayo, se puede dar certeza que en el Reservoirio “Los Gemelos” está presente, en ambas estructuras, las diferentes patologías evaluadas (grieta, eflorescencia, erosión, corrosión, disgregación) desde un nivel de seguridad leve a un nivel de seguridad moderado, los cuales perjudican en la resistencia del concreto del mismo.

b) Ensayo de Resistencia del Concreto utilizando el Esclerómetro:

Para este ensayo se estipulo el número total de 14 puntos de muestra distribuidos en partes iguales en ambas estructuras del Reservoirio “Los Gemelos”, realizando así 07 puntos de muestra en el Reservoirio A y 07 puntos de muestras en el Reservoirio B como se detalla en el **Anexo 15**, todos ubicados según la accesibilidad que se tuvo en ambos reservoirios en mención.

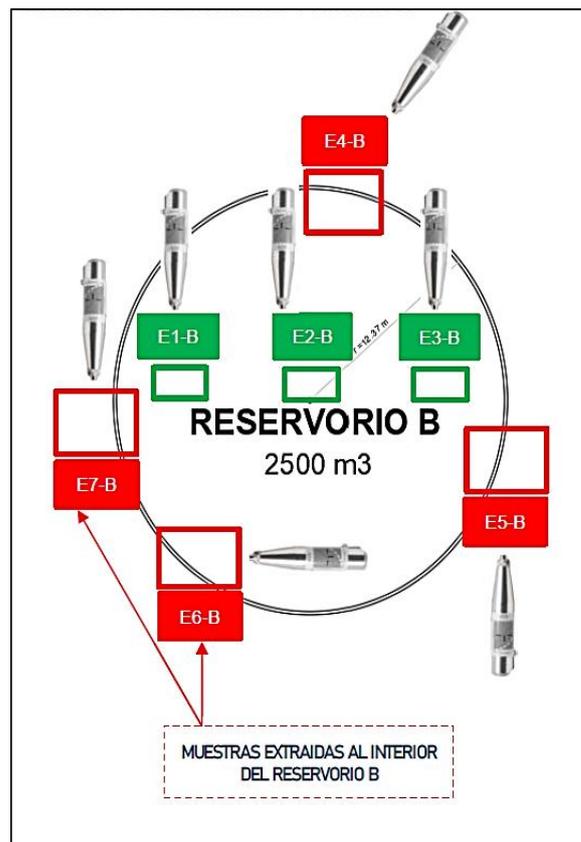
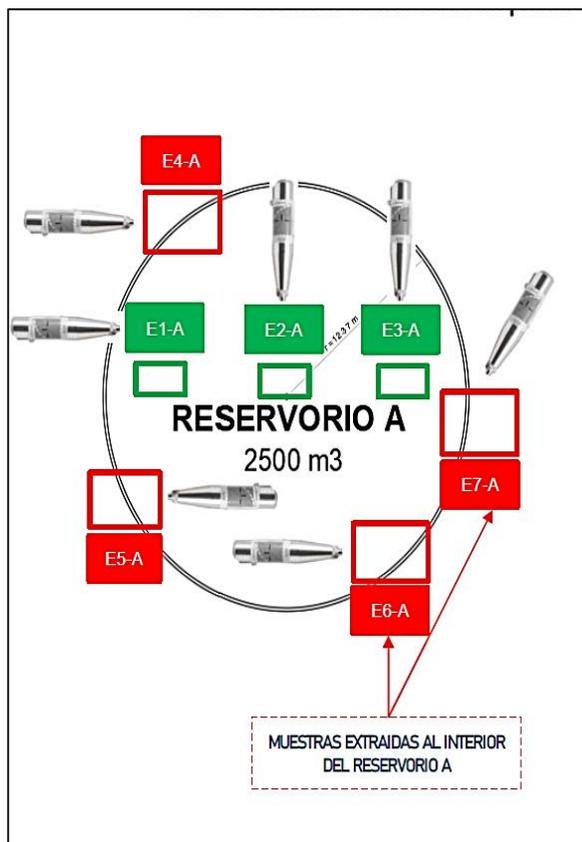
Los resultados de este ensayo (**Anexo 16**) fueron colocados en plantillas elaboradas por mi persona (**Anexo 11, 12, 13 y 14**) y se muestran en las siguientes hojas a continuación:

ENSAYO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO UTILIZANDO EL ESCLERÓMETRO

UBICACIÓN :	CERRO PESQUEDA DEL DISTRITO DE TRUJILLO, PROVINCIA DE TRUJILLO - DEPARTAMENTO LA LIBERTAD		
LUGAR :	RESERVOIRIO "LOS GEMELOS"	MUESTRA :	CONCRETO DE RESERVOIRIO
FECHA :	Oct-23	CÓDIGO :	ASTM - C 805

UBICACIÓN DE OBTENCIÓN DE MUESTRAS:

En las siguientes figuras se pueden observar las diferentes ubicaciones en donde se obtuvieron las muestras del ensayo de resistencia del concreto utilizando el esclerómetro:



 ZONA SUPERIOR DE TAPA DE RESERVOIRIO (TAPA)

 ZONAS LATERALES DE RESERVOIRIO (PERIMETRO)

ENSAYO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO UTILIZANDO EL ESCLERÓMETRO

UBICACIÓN : CERRO PESQUEDA DEL DISTRITO DE TRUJILLO, PROVINCIA DE TRUJILLO - DEPARTAMENTO LA LIBERTAD
LUGAR : RESERVORIO "LOS GEMELOS" **MUESTRA :** CONCRETO DE RESERVORIO
FECHA : Oct-23 **CÓDIGO :** ASTM - C 805

REGISTRO FOTOGRÁFICO DEL ENSAYO:

En las siguientes figuras mostradas a continuación se puede observar el equipo utilizado y el registro del ensayo utilizando el esclerómetro:

RESERVORIO A:



RESERVORIO B:



ENSAYO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO UTILIZANDO EL ESCLERÓMETRO

UBICACIÓN :	CERRO PESQUEDA DEL DISTRITO DE TRUJILLO, PROVINCIA DE TRUJILLO - DEPARTAMENTO LA LIBERTAD		
LUGAR :	RESERVORIO "LOS GEMELOS"	MUESTRA :	CONCRETO DE RESERVORIO
FECHA :	Oct-23	CODIGO :	ASTM - C 805

RESULTADOS (RESERVORIO A): En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos del ensayo utilizando el esclerómetro:

N°	DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO	LECTURAS TOMADAS										PROM.	FC (Kg/cm ²)
		P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6	P-7	P-8	P-9	P-10		
1	E1 - A	40	44	42	40	44	40	42	40	44	48	42.4	427.00
2	E2 - A	38	46	38	40	40	40	40	32	40	30	40.3	394.00
3	E3 - A	40	38	35	40	35	40	35	43	40	34	38	360.00
4	E4 - A	35	35	34	34	37	44	42	30	32	32	33.6	263.00
5	E5 - A	40	32	40	40	50	40	33	33	40	42	38.5	330.00
6	E6 - A	30	35	32	35	30	38	38	38	31	37	34.4	273.00
7	E7 - A	40	45	40	41	40	40	37	40	46	45	41.4	371.00

LEYENDA:

	LECTURA DESCARTADA
	PRUEBA CONFORME
	PRUEBA DESCARTADA

ENSAYO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO UTILIZANDO EL ESCLERÓMETRO

UBICACIÓN : CERRO PESQUEDA DEL DISTRITO DE TRUJILLO, PROVINCIA DE TRUJILLO - DEPARTAMENTO LA LIBERTAD
LUGAR : RESERVORIO "LOS GEMELOS" **MUESTRA :** CONCRETO DE RESERVORIO
FECHA : Oct-23 **CÓDIGO :** ASTM - C 805

RESISTENCIA (F'c) EN RESERVORIO A:

En las siguiente tabla se puede observar como de definio el F'c referencial que posee el Reservorio A a raíz de los resultados obtenidos del ensayo de resistencia del concreto utilizando el esclerómetro:

Nº	DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO	RESISTENCIA REFERENCIAL (Kg/cm2)	PROMEDIO RESISTENCIA REFERENCIAL (Kg/cm2)	DESVIACIÓN ESTANDAR	RESISTENCIA FINAL (Kg/cm2)
1	E1 - A	427.00	345.43	60.76966662	285.00
2	E2 - A	394.00			
3	E3 - A	360.00			
4	E4 - A	263.00			
5	E5 - A	330.00			
6	E6 - A	273.00			
7	E7 - A	371.00			

LEYENDA:		PRUEBA CONFORME
		PRUEBA DESCARTADA

INTERPRETACION DE RESULTADOS:

Según los resultados obtenidos del Ensayo de Resistencia del Concreto utilizando el Esclerómetro en el Reservorio A, podemos decir que todos los puntos de muestra fueron considerados sus resultados por cumplir con los criterios mencionados en la Normativa ASTM C805-13a en el apartado de Calculo.

A su vez, las resistencias referenciales (f'c) arrojadas están dispersas, esto debido a que el concreto no está uniforme por lo que se tuvo que sacar un promedio de estos resultados y restarle

la desviación estándar de los mismos para definir la resistencia referencial final ($f'c$) que este posee, este valor es igual a 285.00 kg/cm².

El valor señalado como resistencia referencial final ($f'c$) del Reservoirio A, viene a ser superior a la resistencia mínima que un reservoirio requiere debido a la clase de exposición que este se encuentra constantemente, dicha resistencia mínima ($f'c$ mínimo) es de 280.00 kg/cm² como se indica en la tabla 4.3.1 de la Norma Técnica de Edificaciones E.060 – Requisitos para el concreto según la clase de exposición.

ENSAYO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO UTILIZANDO EL ESCLERÓMETRO

UBICACIÓN :	CERRO PESQUEDA DEL DISTRITO DE TRUJILLO, PROVINCIA DE TRUJILLO - DEPARTAMENTO LA LIBERTAD		
LUGAR :	RESERVORIO "LOS GEMELOS"	MUESTRA :	CONCRETO DE RESERVORIO
FECHA :	Oct-23	CODIGO :	ASTM - C 805

RESULTADOS (RESERVORIO B): En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos del ensayo utilizando el esclerómetro:

N°	DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO	LECTURAS TOMADAS										PROM.	F'c (Kg/cm ²)
		P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6	P-7	P-8	P-9	P-10		
1	E1 - B	40	39	40	39	40	36	38	38	36	35	38.1	324.00
2	E2 - B	40	35	40	36	40	30	40	40	34	34	37.7	318.00
3	E3 - B	30	30	40	33	32	30	36	40	33	32	32	274.00
4	E4 - B	40	42	40	40	38	40	42	36	41	40	39.9	350.00
5	E5 - B	38	36	40	45	42	39	37	46	46	40	40.9	364.00
6	E6 - B	39	48	40	40	36	38	50	44	50	38	42.3	341.00
7	E7 - B	40	38	40	42	46	32	36	32	42	46	39.4	346.00

LEYENDA:		LECTURA DESCARTADA
		PRUEBA CONFORME
		PRUEBA DESCARTADA

ENSAYO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO UTILIZANDO EL ESCLERÓMETRO

UBICACIÓN : CERRO PESQUEDA DEL DISTRITO DE TRUJILLO, PROVINCIA DE TRUJILLO - DEPARTAMENTO LA LIBERTAD
LUGAR : RESERVORIO "LOS GEMELOS" **MUESTRA :** CONCRETO DE RESERVORIO
FECHA : Oct-23 **CÓDIGO :** ASTM - C 805

RESISTENCIA (F'c) EN RESERVORIO B:

En la siguiente tabla se puede observar como se definió el F'c referencial que posee el Reservoirio B a raíz de los resultados obtenidos del ensayo de resistencia del concreto utilizando el esclerómetro:

N°	DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO	RESISTENCIA REFERENCIAL (Kg/cm ²)	PROMEDIO RESISTENCIA REFERENCIAL (Kg/cm ²)	DESVIACIÓN ESTANDAR	RESISTENCIA FINAL (Kg/cm ²)
1	E1 - B	324.00	326.00	34.6121366	291.00
2	E2 - B	318.00			
3	E3 - B	274.00			
4	E4 - B	350.00			
5	E5 - B	364.00			
6	E6 - B	341.00			
7	E7 - B	346.00			

LEYENDA:



PRUEBA CONFORME
PRUEBA DESCARTADA

INTERPRETACION DE RESULTADOS:

Según los resultados obtenidos del Ensayo de Resistencia del Concreto utilizando el Esclerómetro en el Reservoirio B, podemos decir que dos puntos de muestra no fueron considerados sus resultados por no cumplir con el segundo criterio mencionado en la Normativa ASTM C805-13a en el apartado de Cálculo, el cual indica que si hay más de dos lecturas que difieren del promedio de las 10 lecturas por más de 6 unidades, se deberá desechar

todas las lecturas y se deberá determinar los números del rebote en 10 nuevas ubicaciones dentro del área de ensayo.

A su vez, las resistencias referenciales ($f'c$) tomadas en cuenta están dispersas, esto debido a que el concreto no está uniforme por lo que se tuvo que sacar un promedio de estos resultados y restarle la desviación estándar de los mismos para definir la resistencia referencial final ($f'c$) que este posee, este valor es igual a 291.00 kg/cm².

El valor señalado como resistencia referencial final ($f'c$) del Reservorio B, viene a ser superior a la resistencia mínima que un reservorio requiere debido a la clase de exposición que este se encuentra constantemente, dicha resistencia mínima ($f'c$ mínimo) es de 280.00 kg/cm² como se indica en la tabla 4.3.1 de la Norma Técnica de Edificaciones E.060 – Requisitos para el concreto según la clase de exposición.

4.1.2. Resultados Obtenidos Manualmente y con el Software SAP 2000

Para la realización de la evaluación estructural respectiva en el Reservorio “Los Gemelos” ubicado en el Cerro Pesqueda del distrito de Trujillo, se diseñó con la resistencia obtenido del Ensayo de Resistencia del concreto utilizando el Esclerómetro aplicado en él. Con respecto a esta evaluación, se procedió a aplicar las fórmulas mencionadas en el Capítulo II y el programa SAP 2000:

a) Cálculo del diseño estático del Reservorio “Los Gemelos”:

- **Cálculo de Resistencia:**

Reservorio A:

Se realizó un promedio de los valores de las resistencias referenciales arrojadas en los diferentes puntos de muestras del ensayo realizado en dicho reservorio y se restó su desviación estándar de los mismos para obtener su resistencia referencial final como se muestra a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 2.

Promedio de los valores de resistencias referenciales del Reservorio A.

MUESTRAS	RESIST. REF. (Kg/cm2)
E1 - A	427.00
E2 - A	394.00
E3 - A	360.00
E4 - A	263.00
E5 - A	330.00
E6 - A	273.00
E7 - A	371.00
PROMEDIO	345.43
DESVIACIÓN ESTANDAR	60.76966662
RESISTENCIA FINAL	285.00

Reservorio B:

Se realizó un promedio de los valores de las resistencias referenciales arrojadas en los diferentes puntos de muestras del ensayo realizado en dicho reservorio y se restó su desviación estándar de los mismos para obtener su resistencia referencial final como se muestra a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 3.

Promedio de los valores de resistencias referenciales del Reservorio B.

MUESTRAS	RESIST. REF. (Kg/cm2)
E1 - B	324.00
E2 - B	318.00
E3 - B	274.00
E4 - B	350.00
E5 - B	364.00
E6 - B	341.00
E7 - B	346.00
PROMEDIO	326.00
DESVIACIÓN ESTANDAR	34.6121366
RESISTENCIA FINAL	291.00

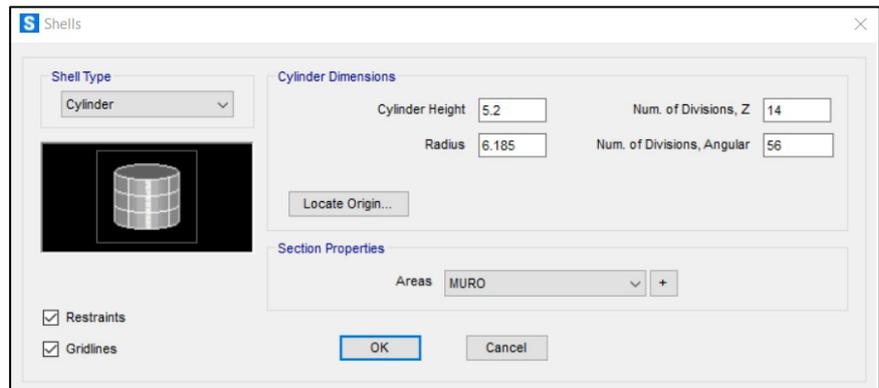
- **Diseño Estático en el Programa SAP 2000:**

Reservorio A:

Primero se procedió a colocar las dimensiones del reservorio:

Figura 1.

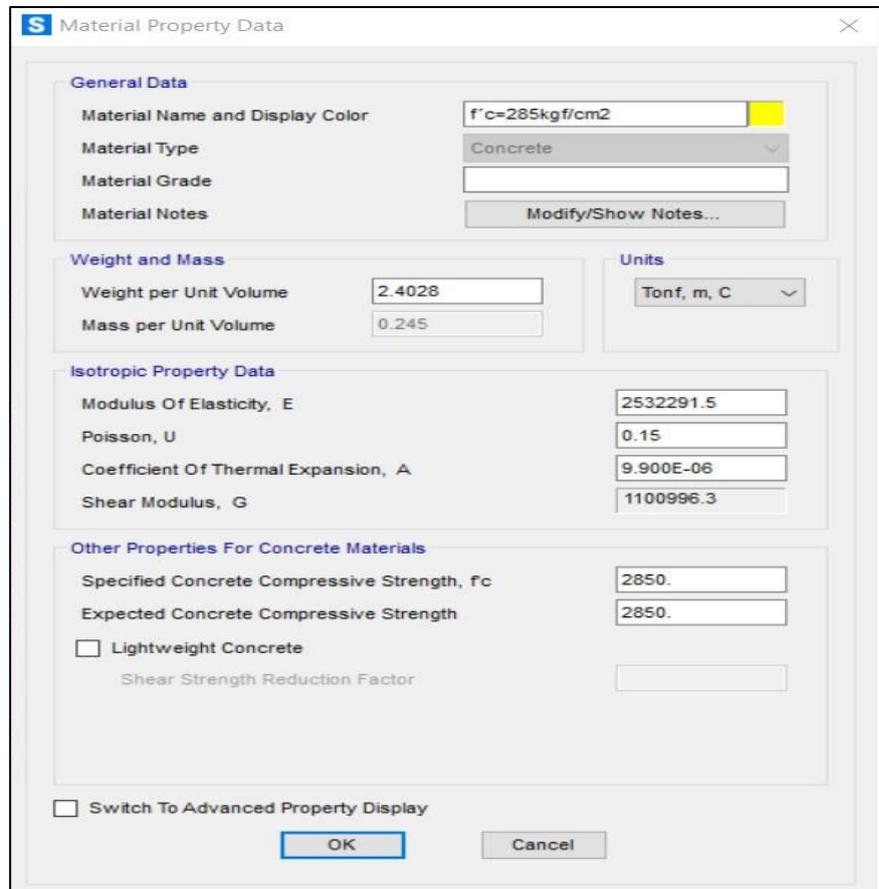
Dimensiones del Reservorio A.



Luego, se definió los materiales de este mismo:

Figura 2.

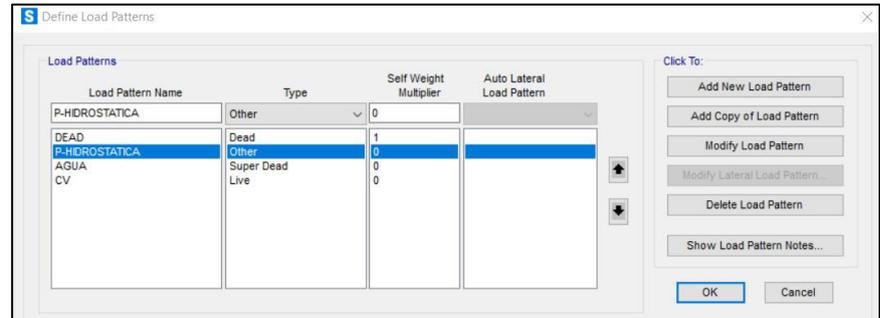
Propiedades de los materiales del Reservorio A.



Ahora se agregó a las cargas actuantes correspondientes:
en este caso serian la carga muerta y la presión de agua (el
caso más crítico):

Figura 3.

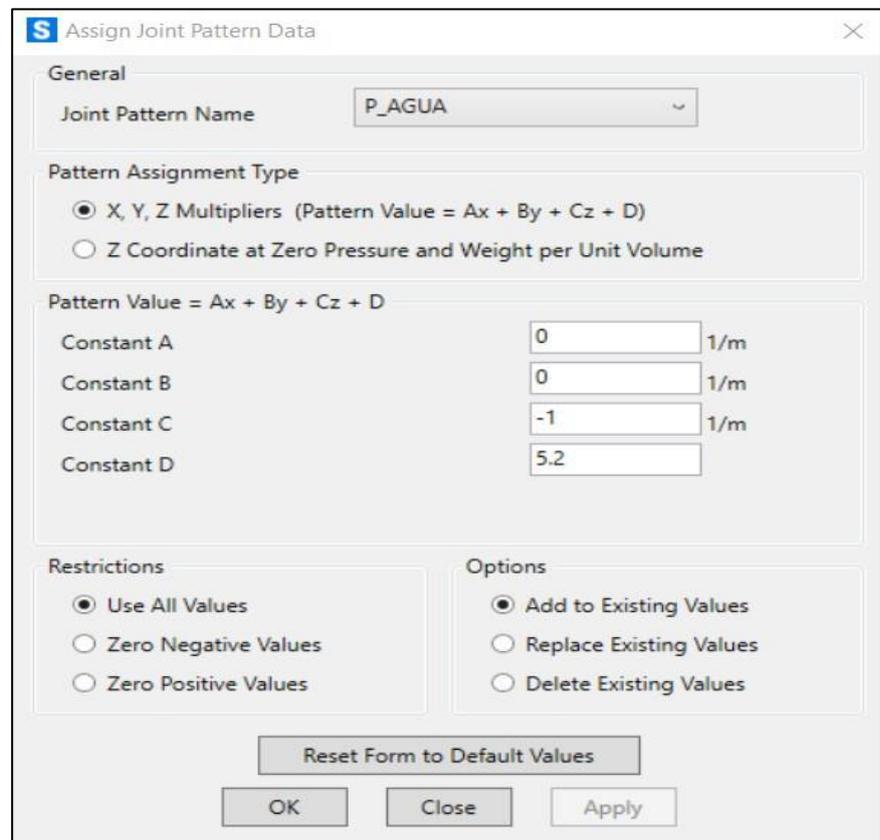
Definición de cargas en Reservorio A.



Después, se procedió a asignar los datos a la carga de
presión de agua:

Figura 4.

Asignación de los valores de presión de agua en Reservoirio A.

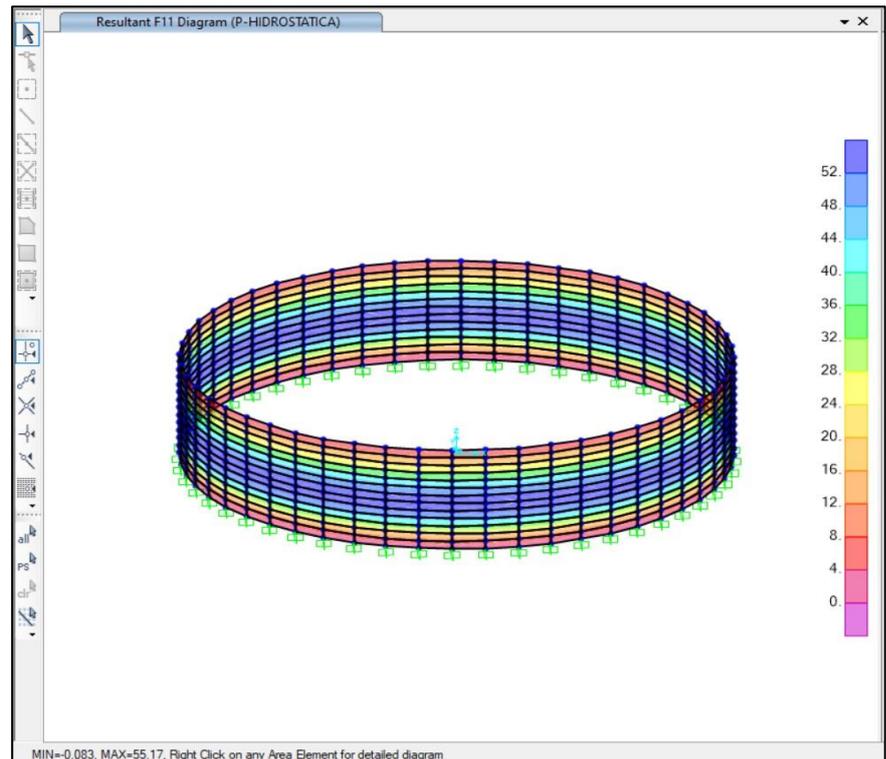


Una vez definido la dirección de la presión, se corrió el programa y se obtuvo los siguientes resultados:

En la figura N° 05 se puede observar que la tensión máxima arrojó un valor de 55.17 Tn, produciéndose a una altura de 2.4 m.

Figura 5.

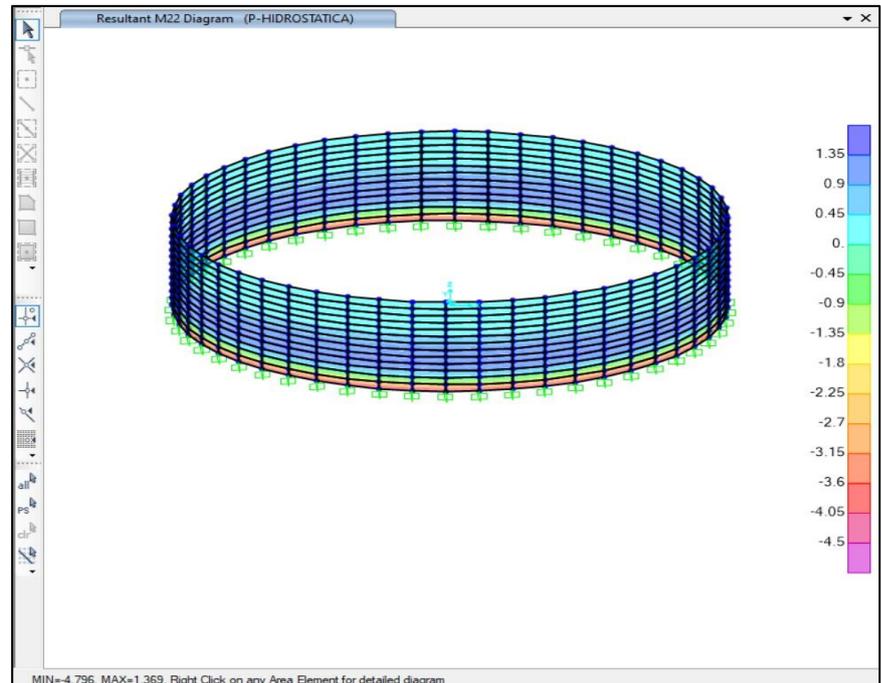
Gráfico de tensiones aplicadas en el muro del Reservorio A.



En la figura N° 06 se puede observar que el momento máximo positivo arrojó un valor de 1.369 Tn.m, produciéndose a una altura de 1.60 m. Mientras que, el momento máximo negativo arrojó un valor de -4.796 Tn.m, produciéndose en la base del reservorio.

Figura 6.

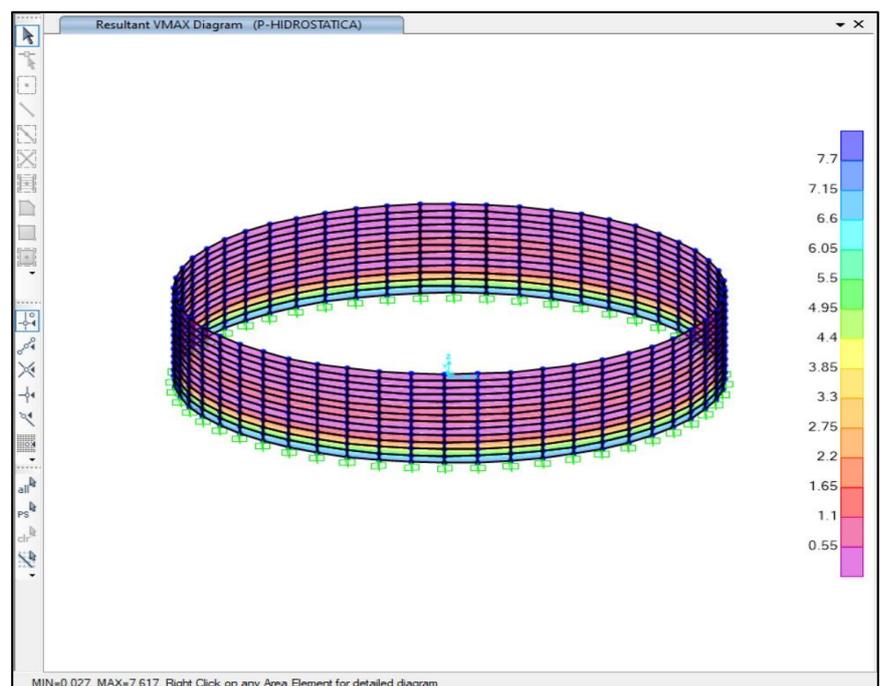
Momentos aplicados en el muro del Reservorio A.



En la figura N° 07, se puede observar las fuerzas cortantes aplicadas en el muro del reservorio, donde la Fuerza cortante máxima nos arrojó un valor de 7.617 Tn.

Figura 7.

Cortantes sometidas en el muro del Reservorio A.

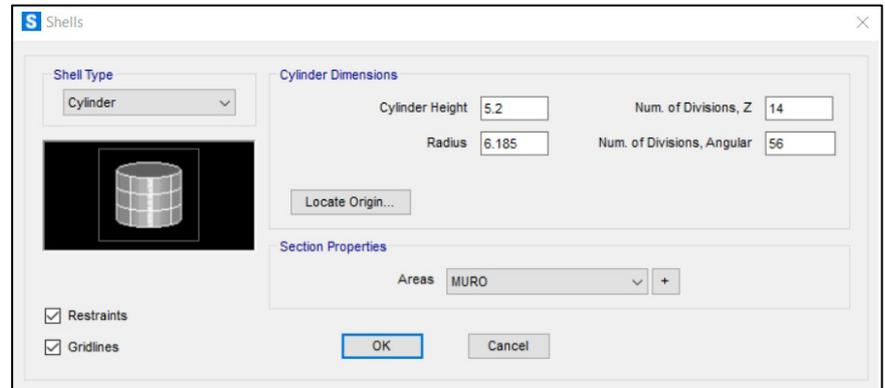


Reservorio B:

Primero se procedió a colocar las dimensiones del reservorio:

Figura 8.

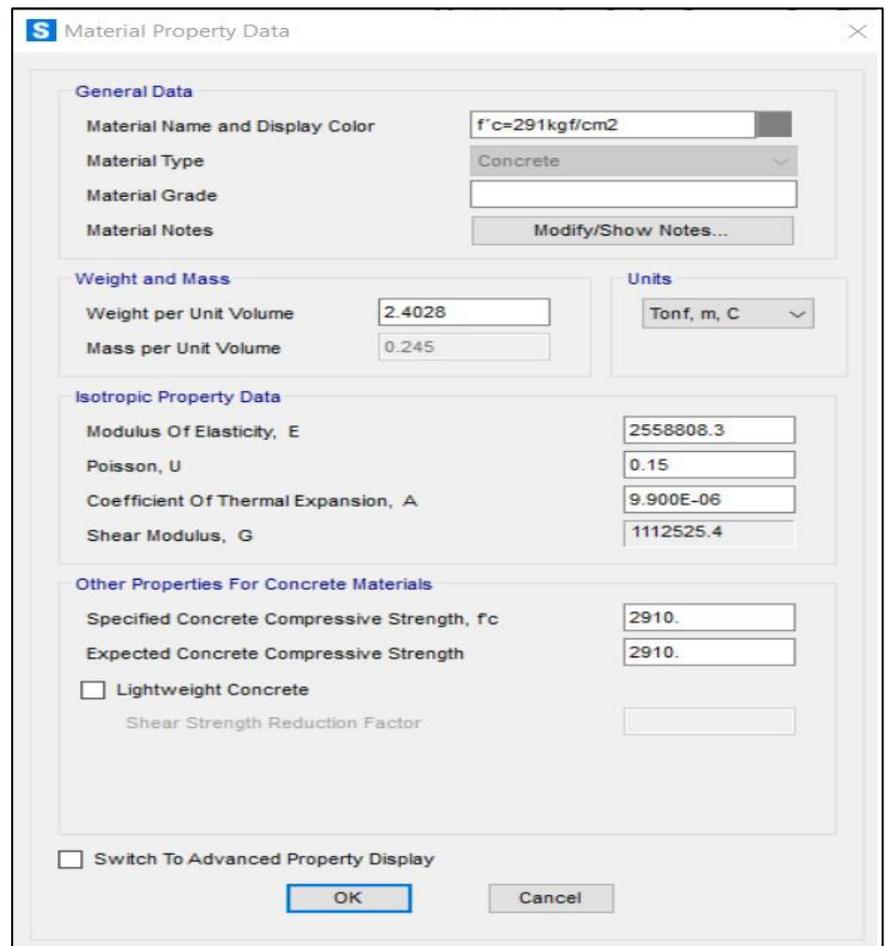
Dimensiones del Reservorio B.



Luego, se definió los materiales de este mismo:

Figura 9.

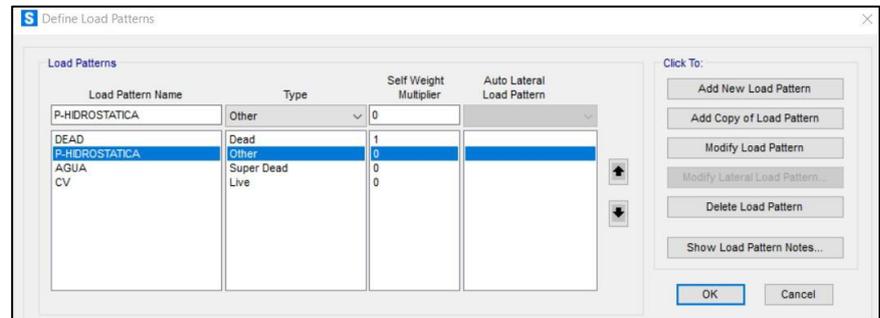
Propiedades de los materiales del Reservorio B.



Ahora se agregó a las cargas actuantes correspondientes: en este caso serían la carga muerta y la presión de agua (el caso más crítico):

Figura 10.

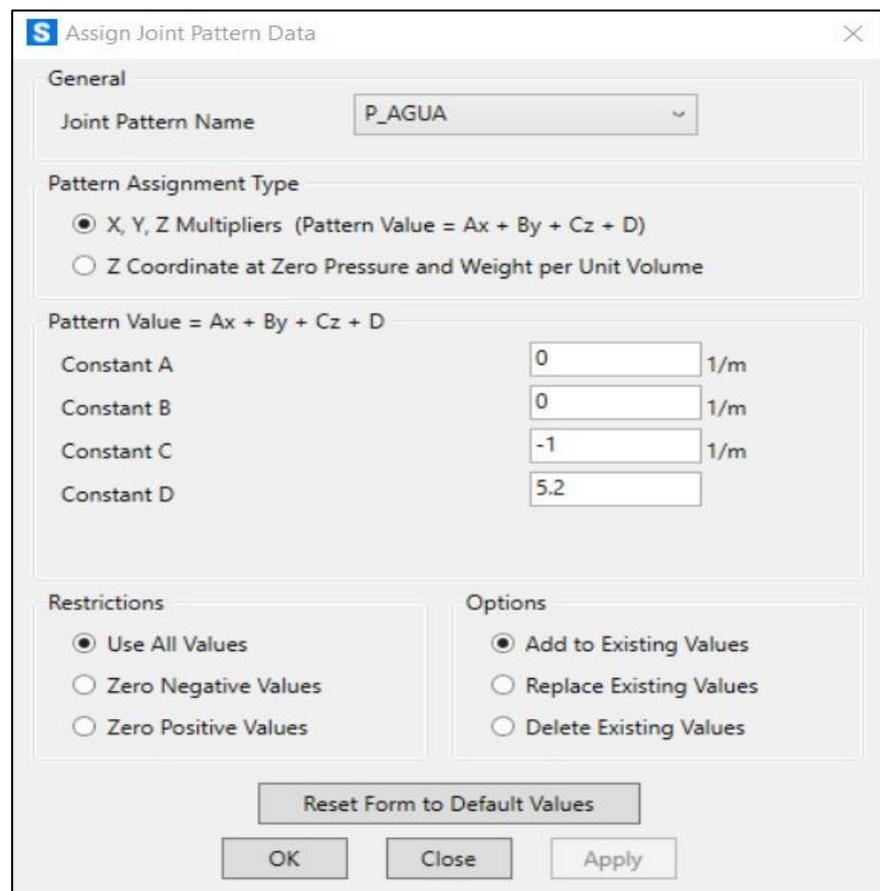
Definición de cargas en Reservorio B.



Después, se procedió a asignar los datos a la carga de presión de agua:

Figura 11.

Asignación de los valores de presión de agua en Reservorio B.

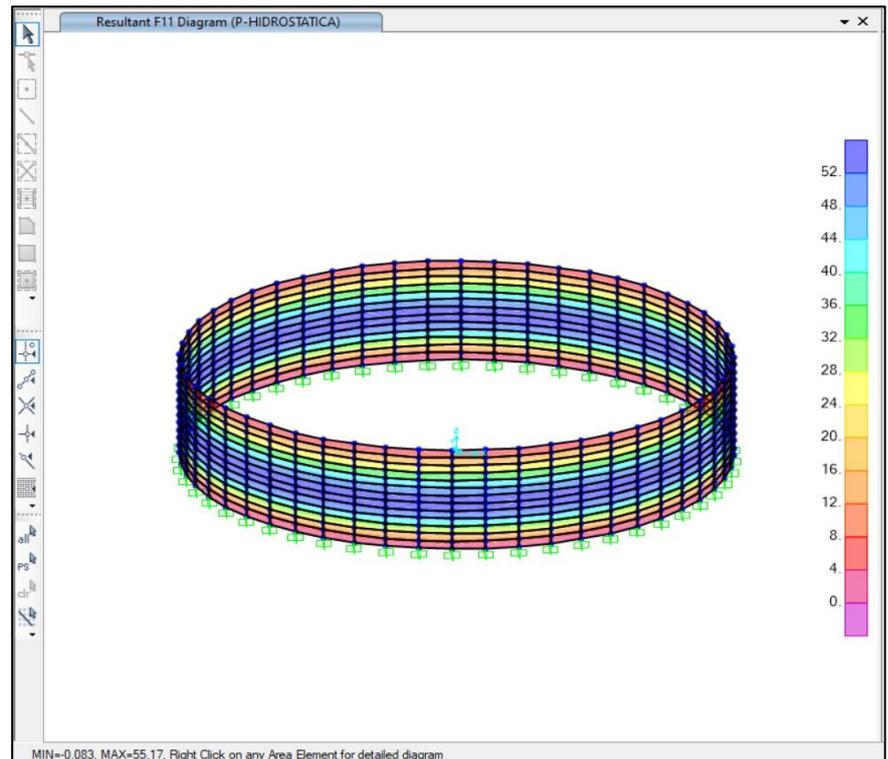


Una vez definido la dirección de la presión, se corrió el programa y se obtuvo los siguientes resultados:

En la figura N° 12 se puede observar que la tensión máxima arrojó un valor de 55.17 Tn, produciéndose a una altura de 2.4 m.

Figura 12.

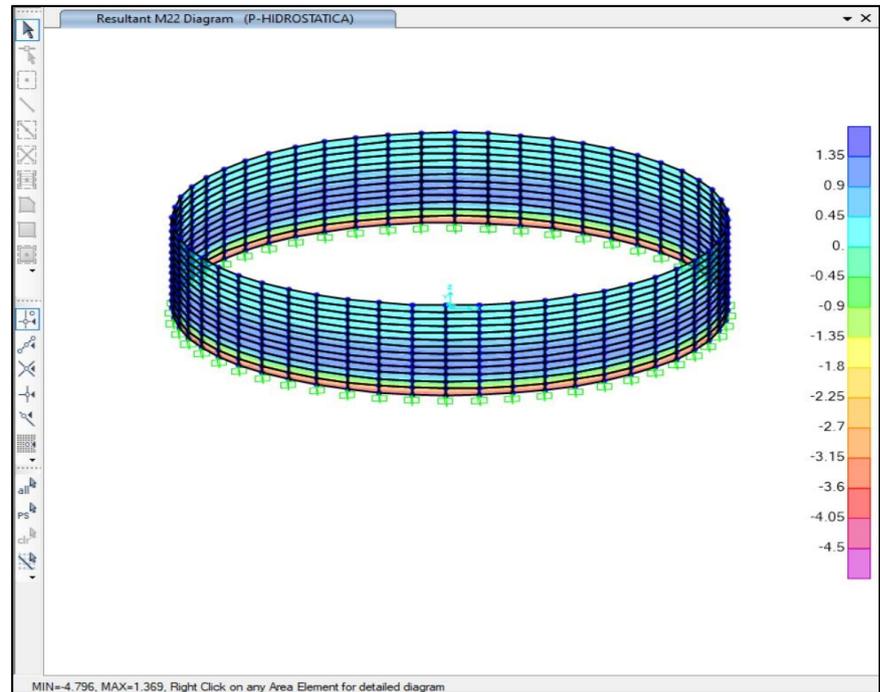
Gráfico de tensiones aplicadas en el muro del Reservorio B.



En la figura N° 13 se puede observar que el momento máximo positivo arrojó un valor de 1.369 Tn.m, produciéndose a una altura de 1.60 m. Mientras que, el momento máximo negativo arrojó un valor de - 4.796 Tn.m, produciéndose en la base del reservorio.

Figura 13.

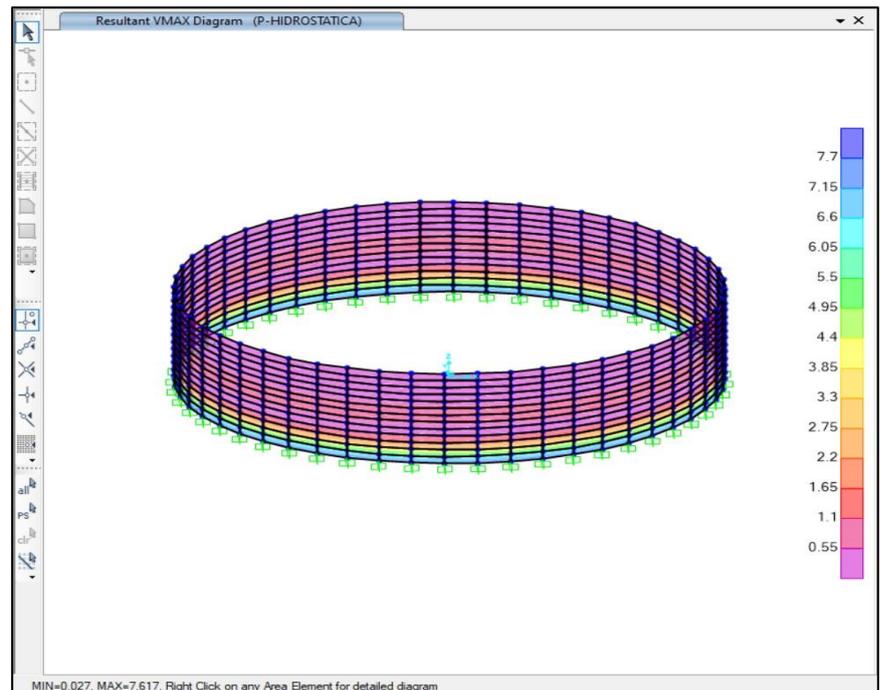
Momentos aplicados en el muro del Reservorio B.



En la figura N° 14, se puede observar las fuerzas cortantes aplicadas en el muro del reservorio, donde la Fuerza cortante máxima nos arrojó un valor de 7.617 Tn.

Figura 14.

Cortantes sometidas en el muro del Reservorio B.



- **Cálculo de Esfuerzo Anular:**

Reservorio A:

- **Cálculo de Factor $\frac{H^2}{D \cdot t}$:**

$$\frac{H^2}{D \cdot t} = 10.93$$

$$H = 5.20 \text{ m (Altura)}$$

$$D = 12.37 \text{ m (Diametro)}$$

$$t = 0.20 \text{ m (Espesor de muro reservorio)}$$

Una vez calculado el valor indicado de 10.93 se obtienen de la siguiente tabla los coeficientes:

Tabla 4.

Coefficientes obtenidos de la tabla del Anexo 04.

	0.0H	0.1H	0.2H	0.3H	0.4H	0.5H	0.6H	0.7H	0.8H	0.9H
10	-0.011	0.098	0.208	0.323	0.437	0.542	0.608	0.589	0.44	0.179
12	-0.005	0.097	0.202	0.321	0.429	0.543	0.628	0.633	0.494	0.211
10.93	-0.008	0.098	0.205	0.322	0.433	0.542	0.617	0.609	0.465	0.194

- **Cálculo del Factor “Wu”:**

Wu = Factor de Carga * Coeficiente Sanitario * Peso específico del agua

$$\text{Factor de Carga} = 1.70$$

$$\text{Coeficiente Sanitario} = 1.65$$

$$\text{Peso específico del agua} = 1.00$$

$$\mathbf{Wu = 2.805}$$

- **Cálculo de “W” para multiplicar por los coeficientes de tensión anular, con el cual se obtienen los valores de la fuerza anular por unidad de longitud:**

$$\mathbf{W = Wu * H (Altura) * R (Radio)}$$

$$H (\text{Altura}) = 5.20 \text{ m}$$

$$R (\text{Radio}) = 6.19 \text{ m}$$

$$\mathbf{W = 90.21 \text{ Tn / m}}$$

Tabla 5.

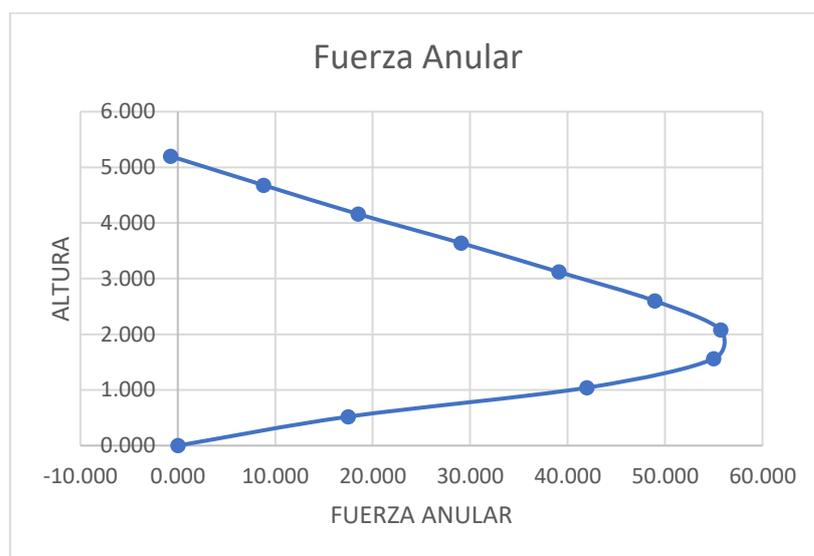
Fuerzas Anulares con respecto a la altura del Reservorio A.

Altura (m)	Coficiente	Fuerza Anular
5.200	-0.008	-0.741
4.680	0.098	8.799
4.160	0.205	18.513
3.640	0.322	29.055
3.120	0.433	39.088
2.600	0.542	48.938
2.080	0.617	55.689
1.560	0.609	54.981
1.040	0.465	41.959
0.520	0.194	17.490
0.000	0.000	0.000

Como se puede observar en la tabla N° 05, se obtuvo que la **tensión anular máxima** tiene un valor de **55.689 Tn/m**, produciéndose a una altura de 2.08 m aproximadamente, con respecto a la base del tanque.

Figura 15.

Grafica de tensiones anulares con respecto a su altura del Reservorio A.



- Con la fuerza de tensión se verificó el espesor del muro del reservorio:

$$C = 0.003$$

$$f'c = 285 \text{ kgf/cm}^2$$

$$f'y = 4200 \text{ kgf/cm}^2$$

$$fct = 1.6 * \sqrt{f'c} = 27.01 \text{ kgf/cm}^2$$

$$Es = 2 * 10^6 \text{ kgf/cm}^2$$

$$Ec = 15000 * \sqrt{f'c} = 253229.145 \text{ kgf/cm}^2$$

$$fs = 2520 \text{ kgf/cm}^2$$

$$n = Es/Ec = 7.898$$

$$T = 55.689 \text{ tonf}$$

Espesor de Pantalla Requerido para Reservoirio:

$$t = \frac{C * Es + fs - n * fct}{fct * fs * 100} = 23.78 \text{ cm}$$

Con lo que se puede considerar un espesor requerido igual a 0.25 m.

Se diseñó con el valor de la tensión anular máxima para determinar el acero necesario:

$$As = \frac{T * 1000}{0.9 * fy} = 14.73 \text{ cm}^2$$

Reservoirio B:

- **Cálculo de Factor $\frac{H^2}{D * t}$:**

$$\frac{H^2}{D * t} = 10.93$$

$$H = 5.20 \text{ m (Altura)}$$

$$D = 12.37 \text{ m (Diametro)}$$

$$t = 0.20 \text{ m (Espesor de muro reservoirio)}$$

Una vez calculado el valor indicado de 10.93 se obtienen de la siguiente tabla los coeficientes:

Tabla 6.

Coefficientes obtenidos de la tabla del Anexo 04.

	0.0H	0.1H	0.2H	0.3H	0.4H	0.5H	0.6H	0.7H	0.8H	0.9H
10	-0.011	0.098	0.208	0.323	0.437	0.542	0.608	0.589	0.44	0.179
12	-0.005	0.097	0.202	0.321	0.429	0.543	0.628	0.633	0.494	0.211
10.93	-0.008	0.098	0.205	0.322	0.433	0.542	0.617	0.609	0.465	0.194

- **Cálculo del Factor “Wu”:**

Wu = Factor de Carga * Coeficiente Sanitario * Peso específico del agua

Factor de Carga = 1.70

Coeficiente Sanitario = 1.65

Peso específico del agua = 1.00

Wu = 2.805

- **Cálculo de “W” para multiplicar por los coeficientes de tensión anular, con el cual se obtienen los valores de la fuerza anular por unidad de longitud:**

W = Wu * H (Altura) * R (Radio)

H (Altura) = 5.20 m

R (Radio) = 6.19 m

W = 90.21 Tn / m

Tabla 7.

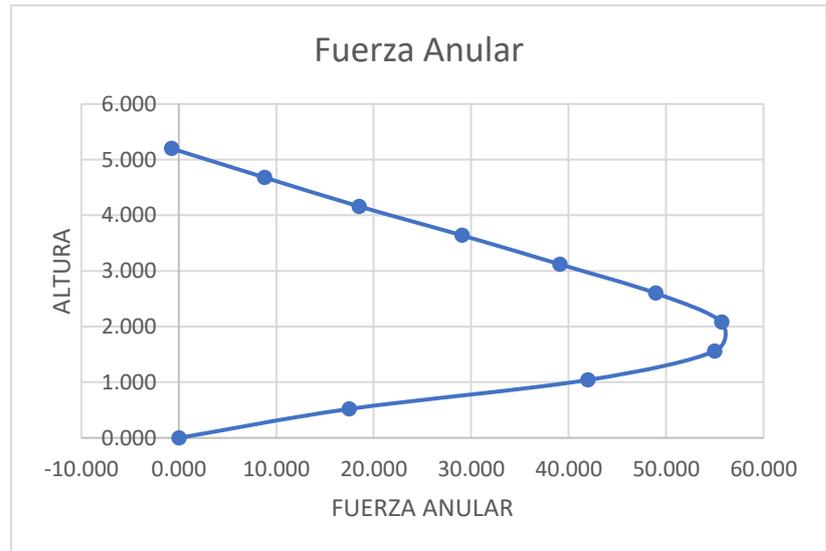
Fuerzas Anulares con respecto a la altura del Reservoirio B.

Altura (m)	Coeficiente	Fuerza Anular
5.200	-0.008	-0.741
4.680	0.098	8.799
4.160	0.205	18.513
3.640	0.322	29.055
3.120	0.433	39.088
2.600	0.542	48.938
2.080	0.617	55.689
1.560	0.609	54.981
1.040	0.465	41.959
0.520	0.194	17.490
0.000	0.000	0.000

Como se puede observar en la tabla N° 07, se obtuvo que la tensión anular máxima tiene un valor de 55.689 Tn/m, produciéndose a una altura de 2.080 m aproximadamente, con respecto a la base del tanque

Figura 16.

Grafica de tensiones anulares con respecto a su altura del Reservoirio B.



- Con la fuerza de tensión se verificó el espesor del muro del reservorio:

Coeficiente de contracción de fragua del concreto:

$$C = 0.003$$

$$f'c = 291 \text{ kgf/cm}^2$$

$$f'y = 4200 \text{ kgf/cm}^2$$

$$fct = 1.6 * \sqrt{f'c} = 27.294 \text{ kgf/cm}^2$$

$$Es = 2 * 10^6 \text{ kgf/cm}^2$$

$$Ec = 15000 * \sqrt{f'c} = 255880.832 \text{ kgf/cm}^2$$

$$fs = 2520 \text{ kgf/cm}^2$$

$$n = Es / Ec = 7.816$$

$$T = 55.689 \text{ tonf}$$

Espesor de Pantalla Requerido para Reservoirio:

$$t = \frac{C * Es + fs - n * fct}{fct * fs * 100} = 23.53 \text{ cm}$$

Con lo que se puede considerar un espesor requerido igual a 0.25 m.

Se diseñó con el valor de la tensión anular máxima para determinar el fierro necesario:

$$A_s = \frac{T * 1000}{0.9 * f_y} = 14.73 \text{ cm}^2$$

- **Cálculo del Esfuerzo a Flexión:**

Reservorio A:

- **Cálculo del factor “Wu”:**

Wu = Factor de Carga * Coeficiente Sanitario * Peso Específico del Agua

Factor de Carga = 1.70

Coeficiente Sanitario = 1.30

Peso Específico del Agua = 1.00

Wu = 2.21

- **Cálculo de “W”** para multiplicar por los **coeficientes**, con el cual se obtienen **los valores de momento** en el muro cilíndrico:

W = Wu * H³

H = 5.20 m

W = 310.74 Tn.m

Tabla 8.

Coeficientes obtenidos de la tabla del Anexo 05.

	0.1H	0.2H	0.3H	0.4H	0.5H	0.6H	0.7H	0.8H	0.9H	1.0H
10	0.00001	0.00002	0.0001	0.0004	0.0007	0.019	0.029	0.028	-0.012	-0.0122
12	0.00001	0.00002	0.0001	0.0002	0.0003	0.013	0.023	0.026	-0.005	-0.0104
10.93	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.016	0.026	0.027	-0.009	-0.011

Tabla 9.

Momentos con respecto a la altura del Reservorio A.

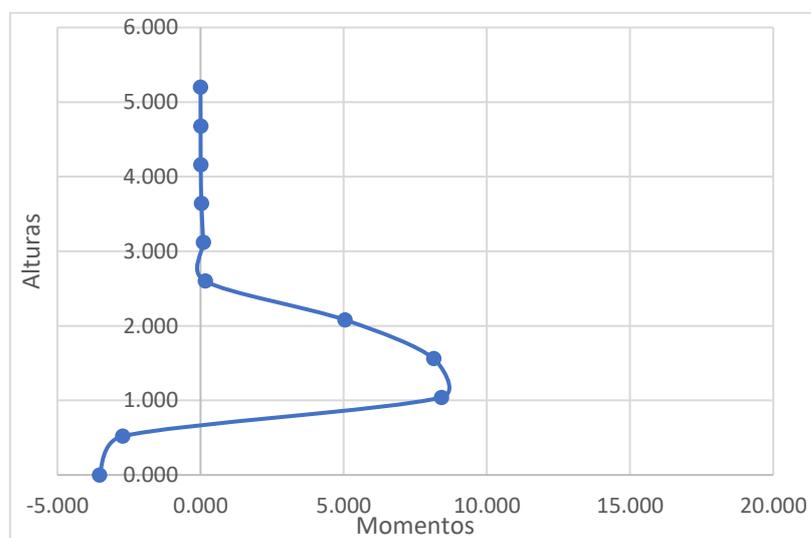
Altura (m)	Coficiente	Momento (Tonf*m)
5.200	0.000	0.000
4.680	0.000	0.003
4.160	0.000	0.006
3.640	0.000	0.031
3.120	0.000	0.095
2.600	0.001	0.160
2.080	0.016	5.037
1.560	0.026	8.145
1.040	0.027	8.412
0.520	-0.009	-2.718
0.000	-0.011	-3.531

Como se puede observar en la tabla N° 09, se obtuvo que el momento máximo positivo tiene un valor de 8.412 Tn.m y se produce a una altura de 1.040 m aproximadamente, con respecto a la base del tanque.

Asu vez, se obtuvo que el momento máximo negativo tiene un valor de -3.531 Tn.m y se produce en la base del tanque.

Figura 17.

Gráfico de momentos con respecto a su altura del Reservorio A.



- Como se puede observar, se obtuvo dos momentos máximos, uno positivo y el otro negativo. El valor del momento máximo positivo es mayor al del momento máximo negativo. A continuación, se realizó el diseño con los valores arrojados en el momento máximo positivo y negativo:

Diseño con Momento Positivo:

$$\begin{aligned} \mathbf{Mu} &= 8.412 \text{ tonf.m} & \mathbf{f'c} &= 285 \text{ kgf/cm}^2 \\ \mathbf{d} &= 20 \text{ cm} & \mathbf{fy} &= 4200 \text{ kgf/cm}^2 \\ \mathbf{\phi} &= 0.90 & \mathbf{Es} &= 2 * 10^6 \text{ kgf/cm}^2 \\ \mathbf{b} &= 100 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 * IMuI}{0.85 * f'c * \phi * b}} = 2.032 \text{ cm}$$

$$As = \frac{Mu}{\phi * f'y * \left(d - \frac{a}{2}\right)} = 11.723 \text{ cm}^2$$

$$S = \frac{1.27 \text{ cm}^2 * b}{As} = 10.834 \text{ cm}$$

Diseño con Momento Negativo:

$$\begin{aligned} \mathbf{Mu} &= -3.53 \text{ tonf.m} & \mathbf{f'c} &= 285 \text{ kgf/cm}^2 \\ \mathbf{d} &= 20 \text{ cm} & \mathbf{fy} &= 4200 \text{ kgf/cm}^2 \\ \mathbf{\phi} &= 0.90 & \mathbf{Es} &= 2 * 10^6 \text{ kgf/cm}^2 \\ \mathbf{b} &= 100 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 * IMuI}{0.85 * f'c * \phi * b}} = 0.827 \text{ cm}$$

$$As = \frac{Mu}{\phi * f'y * \left(d - \frac{a}{2}\right)} = 4.768 \text{ cm}^2$$

$$S = \frac{1.27 \text{ cm}^2 * b}{As} = 26.637 \text{ cm}$$

Reservorio B:

- **Cálculo del factor “Wu”:**

$$\mathbf{Wu = Factor\ de\ Carga * Coeficiente\ Sanitario * Peso\ Específico\ del\ Agua}$$

$$Factor\ de\ Carga = 1.70$$

$$Coeficiente\ Sanitario = 1.30$$

$$Peso\ Específico\ del\ Agua = 1.00$$

$$\mathbf{Wu = 2.21}$$

- **Cálculo de “W”** para multiplicar por los **coeficientes**, con el cual se obtienen **los valores de momento** en el muro cilíndrico:

$$\mathbf{W = Wu * H^3}$$

$$H = 5.20\ m$$

$$\mathbf{W = 310.74\ Tn.m}$$

Tabla 10.

Coeficientes obtenidos de la tabla del Anexo 05.

	0.1H	0.2H	0.3H	0.4H	0.5H	0.6H	0.7H	0.8H	0.9H	1.0H
10	0.00001	0.00002	0.0001	0.0004	0.0007	0.019	0.029	0.028	-0.012	-0.0122
12	0.00001	0.00002	0.0001	0.0002	0.0003	0.013	0.023	0.026	-0.005	-0.0104
10.93	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.016	0.026	0.027	-0.009	-0.011

Tabla 11.

Momentos con respecto a la altura del Reservorio B.

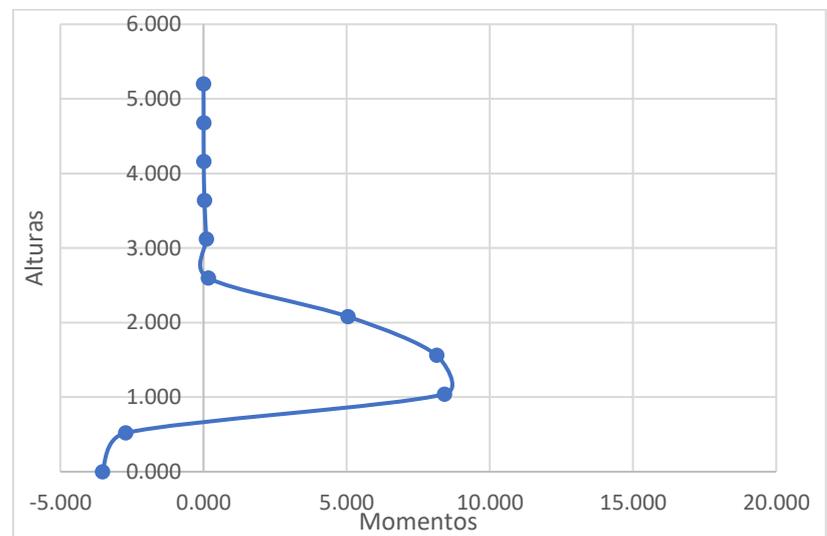
Altura (m)	Coeficiente	Momento (Tonf*m)
5.200	0.000	0.000
4.680	0.000	0.003
4.160	0.000	0.006
3.640	0.000	0.031
3.120	0.000	0.095
2.600	0.001	0.160
2.080	0.016	5.037
1.560	0.026	8.145
1.040	0.027	8.412
0.520	-0.009	-2.718
0.000	-0.011	-3.531

Como se puede observar en la tabla N° 11, se obtuvo que el momento máximo positivo tiene un valor de 8.412 Tn.m y se produce a una altura de 1.040 m aproximadamente, con respecto a la base del tanque.

Asu vez, se obtuvo que el momento máximo negativo tiene un valor de -3.531 Tn.m y se produce en la base del tanque.

Figura 18.

Gráfico de momentos con respecto a su altura del Reservorio B.



- Como se puede observar, se obtuvo dos momentos máximos, uno positivo y el otro negativo. El valor del momento máximo positivo es mayor al del momento máximo negativo. A continuación, se realizó el diseño con los valores arrojados en el momento máximo positivo y negativo:

Diseño con Momento Positivo:

$$\mathbf{Mu} = 8.412 \text{ tonf.m}$$

$$\mathbf{f'c} = 291 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\mathbf{d} = 20 \text{ cm}$$

$$\mathbf{fy} = 4200 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\mathbf{\phi} = 0.90$$

$$\mathbf{Es} = 2 * 10^6 \text{ kgf/cm}^2$$

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

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 * IMuI}{0.85 * f'c * \phi * b}} = 1.988 \text{ cm}$$

$$As = \frac{Mu}{\phi * f'y * \left(d - \frac{a}{2}\right)} = 11.706 \text{ cm}^2$$

$$S = \frac{1.27 \text{ cm}^2 * b}{As} = 10.849 \text{ cm}$$

Diseño con Momento Negativo:

$$Mu = -3.53 \text{ tonf.m} \quad f'c = 291 \text{ kgf/cm}^2$$

$$d = 20 \text{ cm} \quad fy = 4200 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\phi = 0.90 \quad Es = 2 * 10^6 \text{ kgf/cm}^2$$

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

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 * IMuI}{0.85 * f'c * \phi * b}} = 0.809 \text{ cm}$$

$$As = \frac{Mu}{\phi * f'y * \left(d - \frac{a}{2}\right)} = 4.766 \text{ cm}^2$$

$$S = \frac{1.27 \text{ cm}^2 * b}{As} = 26.649 \text{ cm}$$

- **Cálculo del Esfuerzo Cortante:**

Reservorio A:

- **Cálculo de la resistencia del concreto:**

$$Vc = \phi * 0.53 * \sqrt{f'c} * b * d = 15210.63 \text{ kgf}$$

Se utilizo un factor de carga igual a 1.00 y un coeficiente igual a 0.152, suponiendo que $V < \phi Vc$.

Tabla 12.

Coeficientes obtenidos de la tabla del Anexo 06.

	Triangular load, fixed base
10	0.158
12	0.145
10.93	0.152

- **Cálculo del factor “Wu”:**

Wu = Factor de Carga * Coeficiente Sanitario * Peso Específico del Agua

Factor de Carga = 1.70

Coeficiente Sanitario = 1.00

Peso Específico del Agua = 1.00

Wu = 1.70

- **Cálculo de “W”:**

W = Wu * H² = 45.97

H = 5.20 m

- **Cálculo de cortante ultima:**

$$Vu = 0.205 * W * 1000 = 6985.17 \text{ kg}$$

$$Vu \leq \phi Vc$$

Reservorio B:

- **Cálculo de la resistencia del concreto:**

$$Vc = \phi * 0.53 * \sqrt{f'c} * b * d = 15369.91 \text{ kgf}$$

Se utilizo un factor de carga igual a 1.00 y un coeficiente igual a 0.152, suponiendo que $V < \phi Vc$.

Tabla 13.

Coeficientes obtenidos de la tabla del Anexo 06.

	Triangular load, fixed base
10	0.158
12	0.145
10.93	0.152

- **Cálculo del factor “Wu”:**

Wu = Factor de Carga * Coeficiente Sanitario * Peso Específico del Agua

Factor de Carga = 1.70

Coeficiente Sanitario = 1.00

Peso Específico del Agua = 1.00

Wu = 1.70

- **Cálculo de “W”:**

$$W = W_u * H^2 = 45.97$$

$$H = 5.20 \text{ m}$$

- **Cálculo de cortante ultima:**

$$V_u = 0.205 * W * 1000 = 6985.17 \text{ kg}$$

$$V_u \leq \phi V_c$$

b) Cálculo del diseño sísmico del Reservorio “Los Gemelos”:

Reservorio A:

Se procedió, en primera instancia, a calcular los debidos parámetros para el modelo dinámico:

- **Cálculo de la masa impulsiva y convectiva:**

Masa Impulsiva:

$$\frac{m_i}{m_a} = \frac{\tanh(0.866 \frac{D}{h})}{0.866 \frac{D}{h}}$$

$$\frac{\tanh(0.866 \frac{D}{h})}{0.866 \frac{D}{h}} = 0.47$$

$$m_i = m_a (0.47) = 587.377 \text{ tonf}$$

Masa Convectiva:

$$\frac{m_c}{m_a} = \frac{0.23 \tanh(3.68 \frac{h}{D})}{\frac{h}{D}}$$

$$\frac{0.23 \tanh(3.68 \frac{h}{D})}{\frac{h}{D}} = 0.547$$

$$m_c = m_a (0.547) = 683.918 \text{ tonf}$$

Se puede observar que el porcentaje del líquido excitado en el modo impulsivo equivale al 46.20%, mientras que el 53.80% participa en modo convectivo. La suma de estas

masas (impulsiva y convectiva) es del 1.70 % mayor que la masa del líquido.

- **Cálculo de las alturas impulsivas y convectivas:**

Altura Impulsiva:

$$h_i = 0.375 h = 1.95 \text{ m}$$

Altura Convectiva:

$$h_c = \left(1 - \frac{\cosh\left(3.68 \frac{h}{D}\right) - 1}{3.68 \frac{h}{D} \sinh\left(3.68 \frac{h}{D}\right)} \right) h = 3.019 \text{ m}$$

- Una vez obtenidos los parámetros correspondientes, se procedió a introducirlos al modelado:

El peso impulsivo, el cual vendría a ser la masa impulsiva por la gravedad, se asignó a una altura de 2.00 m alrededor de todo el muro del reservorio, al tener 52 ejes, el peso se distribuyó equitativamente en cada eje.

$$P_i = \frac{m_i * g}{52} = 110.811 \text{ tonf}$$

De la misma forma, se asignó el peso convectivo a una altura de 3.20 m alrededor de todo el muro del reservorio, al tener 52 ejes, el peso se distribuyó equitativamente en cada eje.

$$P_c = \frac{m_c * g}{52} = 129.024 \text{ tonf}$$

Figura 19.

Definición de peso de agua impulsivo y convectivo en Reservorio A.

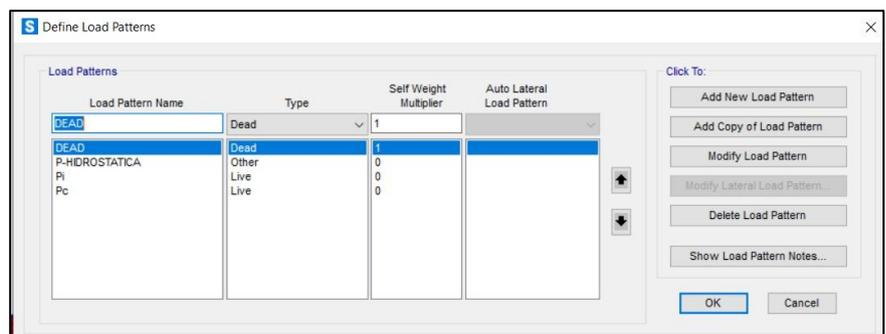


Figura 20.*Asignación de peso impulsivo en Reservorio A.*

The screenshot shows the 'Assign Joint Masses' dialog box with the following settings:

- Specify Joint Mass:**
 - As Mass
 - As Weight
 - As Volume and Material Property
 - Material:
- Mass Coordinate System:**
 - Direction: GLOBAL
- Mass:**
 - Translation Global X: 0 tonf-s²/m
 - Translation Global Y: 0 tonf-s²/m
 - Translation Global Z: 110.811 tonf-s²/m
- Mass Moment of Inertia:**
 - Rotation about Global X: 0 tonf-m-s²
 - Rotation about Global Y: 0 tonf-m-s²
 - Rotation about Global Z: 0 tonf-m-s²
- Options:**
 - Add to Existing Masses
 - Replace Existing Masses
 - Delete Existing Masses
- Buttons: Reset Form to Default Values, OK, Close, Apply

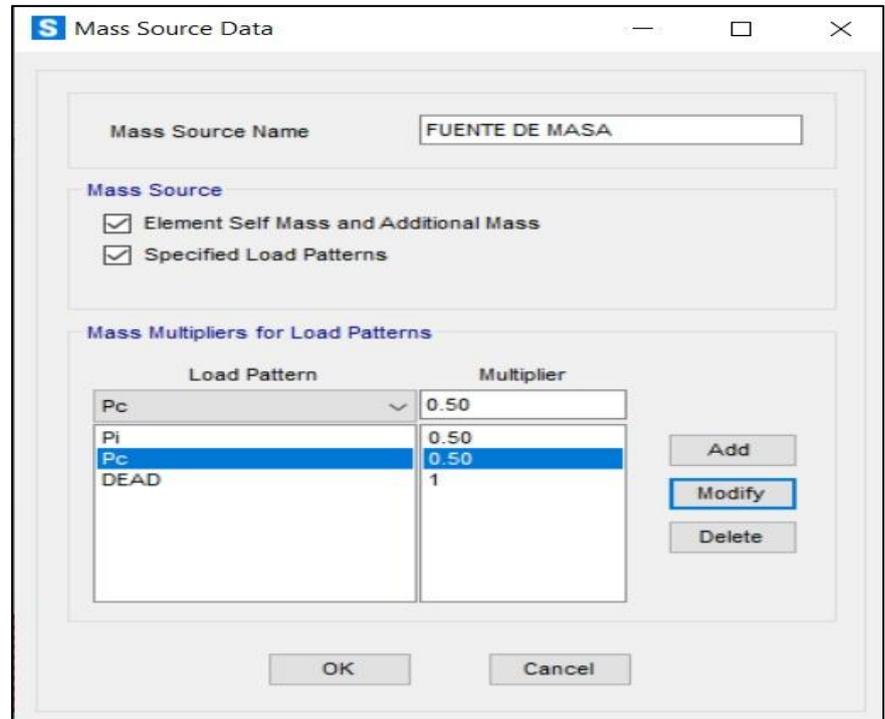
Figura 21.*Asignación de peso convectivo en Reservorio A.*

The screenshot shows the 'Assign Joint Masses' dialog box with the following settings:

- Specify Joint Mass:**
 - As Mass
 - As Weight
 - As Volume and Material Property
 - Material:
- Mass Coordinate System:**
 - Direction: GLOBAL
- Mass:**
 - Translation Global X: 0 tonf-s²/m
 - Translation Global Y: 0 tonf-s²/m
 - Translation Global Z: 129.024 tonf-s²/m
- Mass Moment of Inertia:**
 - Rotation about Global X: 0 tonf-m-s²
 - Rotation about Global Y: 0 tonf-m-s²
 - Rotation about Global Z: 0 tonf-m-s²
- Options:**
 - Add to Existing Masses
 - Replace Existing Masses
 - Delete Existing Masses
- Buttons: Reset Form to Default Values, OK, Close, Apply

Figura 22.

Asignación de pesos impulsivo y convectivo en Reservorio A.



- Una vez asignados, se corrió el programa y se obtuvo la respectiva tabla de periodos a continuación:

Figura 23.

Tabla de Periodos y Frecuencias en Reservorio A.

OutputCase	StepType Text	StepNum Unitless	Period Sec	Frequency Cyc/sec
MODAL	Mode	1	0.026197	38.1717172...
MODAL	Mode	2	0.026197	38.1717172...
MODAL	Mode	3	0.024076	41.5353472...
MODAL	Mode	4	0.021242	47.0773462...
MODAL	Mode	5	0.021242	47.0773462...
MODAL	Mode	6	0.021004	47.6096465...
MODAL	Mode	7	0.011449	87.3407505...
MODAL	Mode	8	0.011449	87.3407505...
MODAL	Mode	9	0.007988	125.183327...
MODAL	Mode	10	0.007988	125.183327...
MODAL	Mode	11	0.006821	146.595872...
MODAL	Mode	12	0.005909	169.238580...

- Ahora se procedió a determinar a determinar los parámetros sísmicos:

$$\mathbf{Z} = 0.45$$

$$\mathbf{TI} = 1.60$$

$$\mathbf{U} = 1.50$$

$$\mathbf{Ri} = 2.00$$

$$\mathbf{S} = 1.30$$

$$\mathbf{Rc} = 1.00$$

$$\mathbf{Tp} = 1.00$$

- **Cálculo de la aceleración espectral elástica y reducida:**

Dicho cálculo parte de la siguiente fórmula a continuación:

$$Sa = \frac{ZUCS}{R} * g$$

Por lo tanto, los datos que se obtuvieron fueron los siguientes:

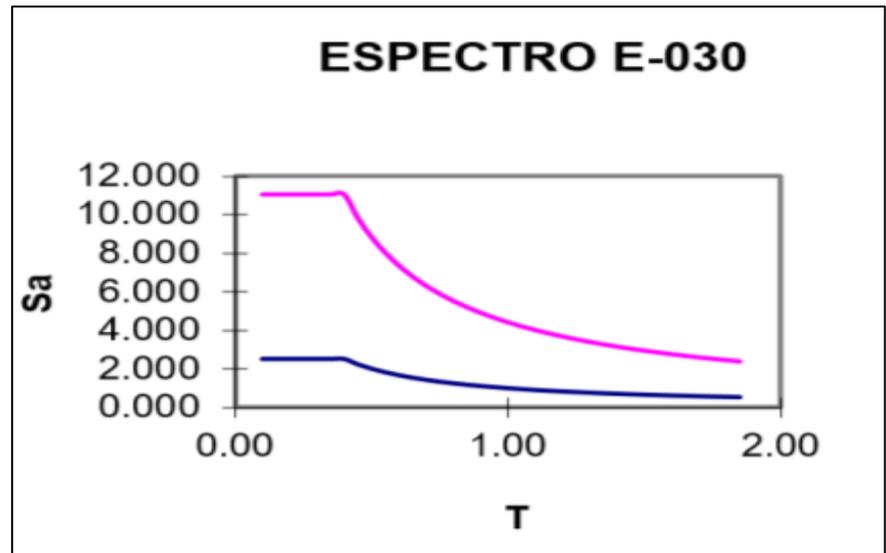
Tabla 14.*Cálculo de aceleración espectral en Reservoirio A.*

C	T	Sa Dir IMP	Sa Dir CONEC
2.500	0.000	21.521	10.760
2.500	0.020	21.521	10.760
2.500	0.040	21.521	10.760
2.500	0.060	21.521	10.760
2.500	0.080	21.521	10.760
2.500	0.100	21.521	10.760
2.500	0.120	21.521	10.760
2.500	0.140	21.521	10.760
2.500	0.160	21.521	10.760
2.500	0.180	21.521	10.760
2.500	0.200	21.521	10.760
2.500	0.250	21.521	10.760
2.500	0.300	21.521	10.760
2.500	0.350	21.521	10.760
2.500	0.400	21.521	10.760
2.500	0.450	21.521	10.760
2.500	0.500	21.521	10.760
2.500	0.550	21.521	10.760
2.500	0.600	21.521	10.760
2.500	0.650	21.521	10.760
2.500	0.700	21.521	10.760
2.500	0.750	21.521	10.760
2.500	0.800	21.521	10.760
2.500	0.850	21.521	10.760
2.500	0.900	21.521	10.760
2.500	0.950	21.521	10.760
2.500	1.000	21.521	10.760
2.273	1.100	19.564	9.782
2.083	1.200	17.934	8.967
1.923	1.300	16.554	8.277
1.786	1.400	15.372	7.686
1.667	1.500	14.347	7.174
1.563	1.600	13.450	6.725
1.384	1.700	11.915	5.957
1.235	1.800	10.628	5.314
1.108	1.900	9.538	4.769
1.000	2.000	8.608	4.304
0.790	2.250	6.802	3.401
0.640	2.500	5.509	2.755
0.529	2.750	4.553	2.277
0.444	3.000	3.826	1.913
0.250	4.000	2.152	1.076
0.160	5.000	1.377	0.689
0.111	6.000	0.956	0.478

C	T	Sa Dir IMP	Sa Dir CONEC
0.082	7.000	0.703	0.351
0.063	8.000	0.538	0.269
0.049	9.000	0.425	0.213
0.040	10.000	0.344	0.172

Figura 24.

Aceleración espectral a lo largo de periodos.



- En el programa SAP 2000 se definió tanto el espectro elástico (Factor R = 1) como el espectro reducido (Factor R = 2.00).

Figura 25.

Espectro elástico en Reservorio A.

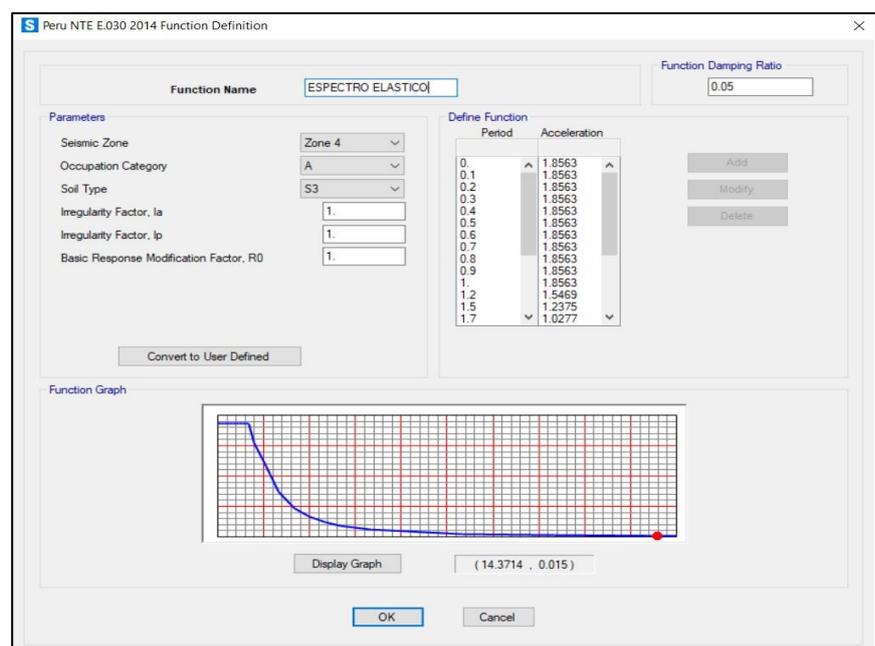
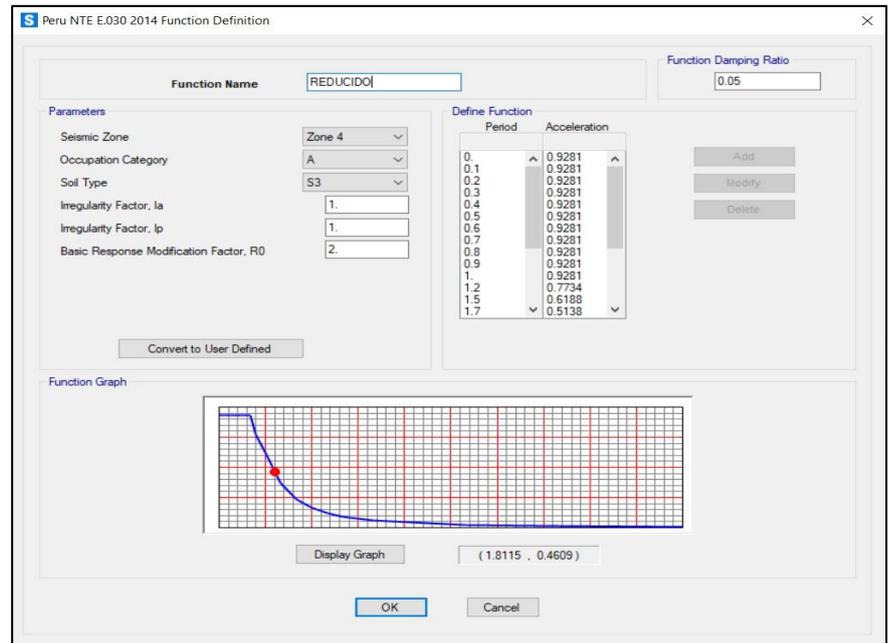
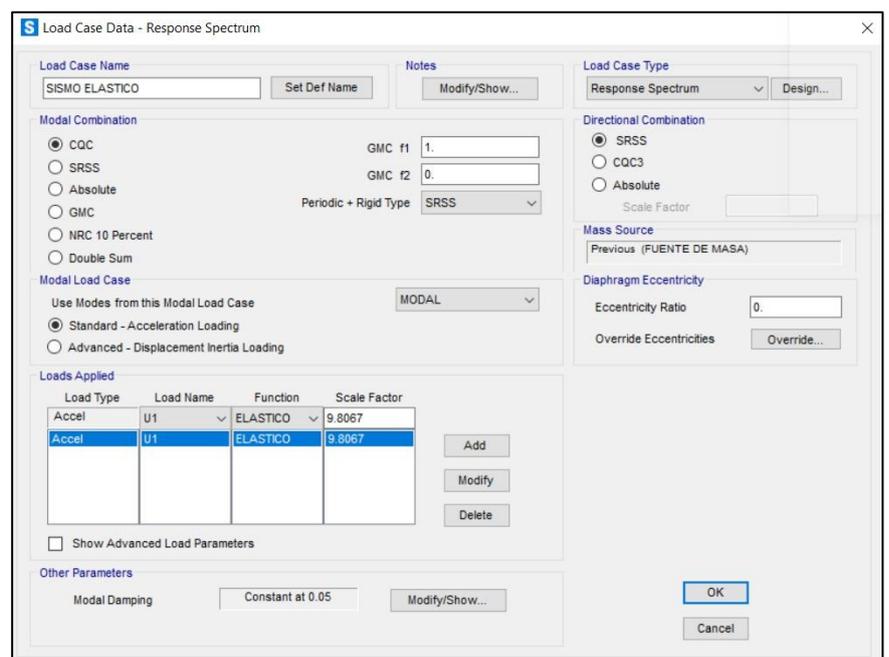


Figura 26.*Espectro reducido en Reservorio A.*

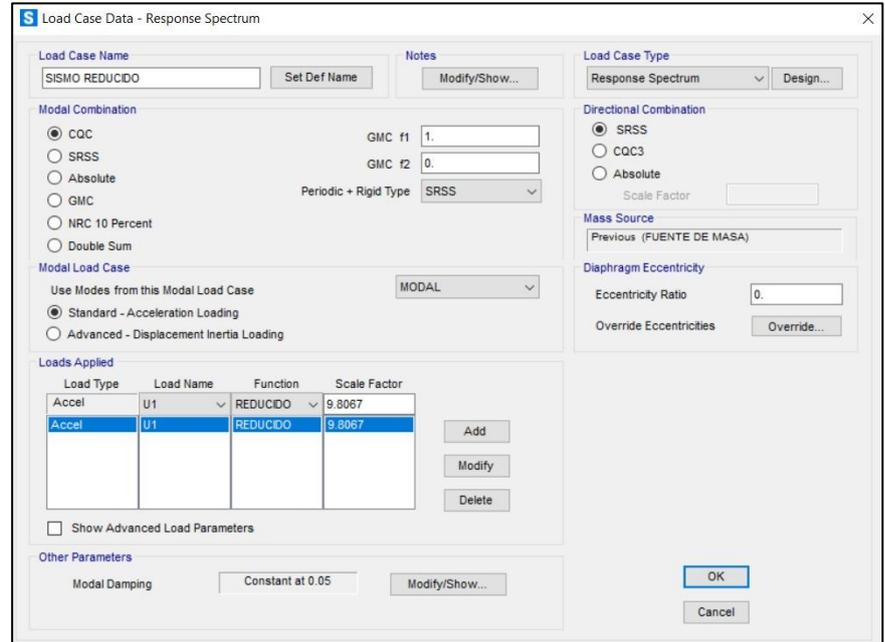
- Ahora definimos, dentro del modelado, los casos a los que será sometido el reservorio:

Sismo Elástico:**Figura 27.***Sismo elástico en Reservorio A.*

Sismo Reducido:

Figura 28.

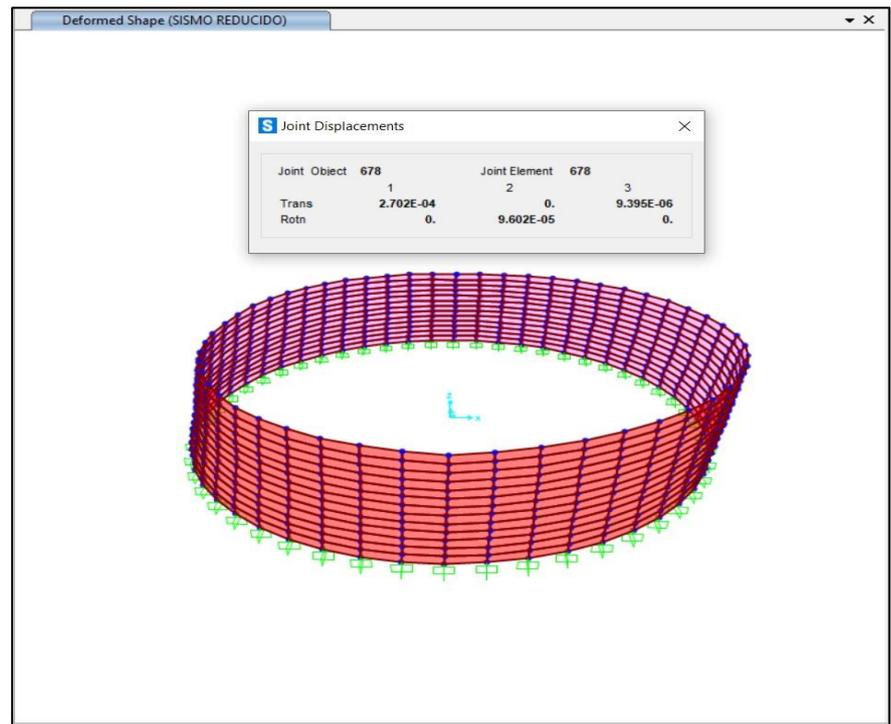
Sismo reducido en Reservorio A.



- Cálculo de distorsiones con los datos obtenidos del programa SAP 2000:

Figura 29.

Distorsión máxima en el sismo reducido en Reservorio A.



$$\Delta_{max} = 2.702 * 10^{-4} \text{ m}$$

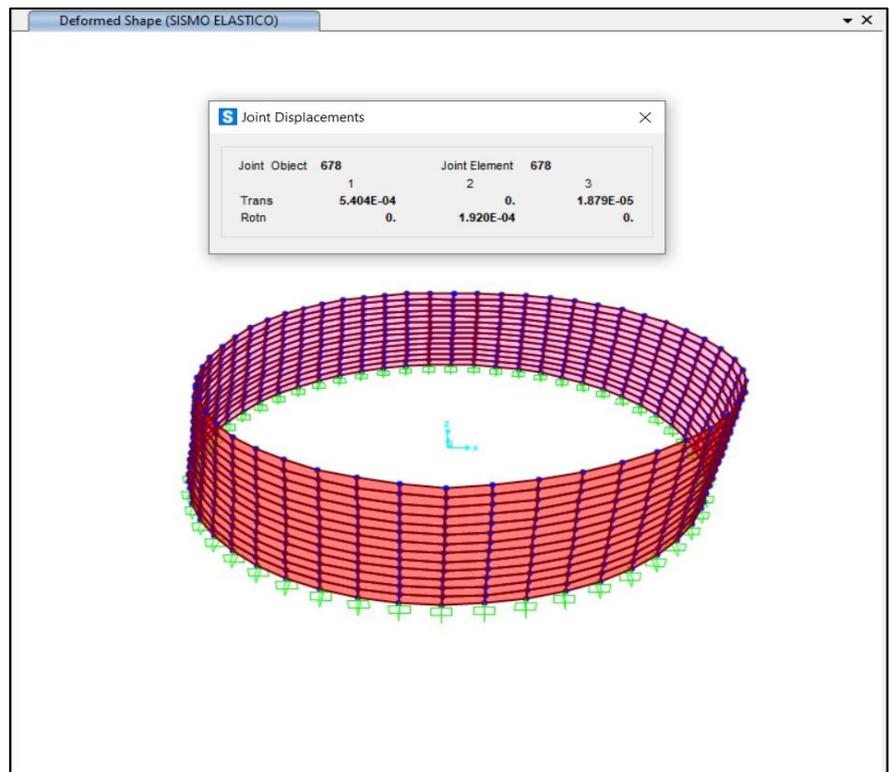
$$h = 5.20 \text{ m}$$

$$\delta = \frac{\Delta_{max}}{h} * 0.75 * R = 7.79 * 10^{-5}$$

El resultado que se obtuvo ($7.79 * 10^{-5}$) cumplió por sismo reducido y esto se corrobora con el artículo 32 de la Norma Técnica Peruana E.030 donde indica que el límite para distorsión de entrepiso para el caso de concreto armado es de 0.007.

Figura 30.

Distorsión máxima en el sismo elástico en Reservorio A.



$$\Delta_{max} = 5.404 * 10^{-4} \text{ m}$$

$$h = 5.20 \text{ m}$$

$$\delta = \frac{\Delta_{max}}{h} * 0.75 * R = 7.79 * 10^{-5}$$

El resultado que se obtuvo ($7.79 * 10^{-5}$) cumplió por sismo elástico y esto se corrobora con el artículo 32 de la Norma Técnica Peruana E.030 donde indica que el límite para

distorsión de entrepiso para el caso de concreto armado es de 0.007.

- Cálculo de los modos de vibración, verificando que cumplan con el artículo 29 de la Norma Técnica Peruana:

Figura 31.

Tabla de modos de vibración en Reservorio A.

StepType Text	StepNum Unitless	SumUX Unitless
Mode	1	0.463222
Mode	2	0.463386
Mode	3	0.463386
Mode	4	0.546
Mode	5	0.546213
Mode	6	0.546213
Mode	7	0.653279
Mode	8	0.653336
Mode	9	0.922083
Mode	10	0.922727
Mode	11	0.922727
Mode	12	0.922727

Reservorio B:

Se procedió, en primera instancia, a calcular los debidos parámetros para el modelo dinámico:

- **Cálculo de la masa impulsiva y convectiva:**

Masa Impulsiva:

$$\frac{mi}{ma} = \frac{\tanh(0.866 \frac{D}{h})}{0.866 \frac{D}{h}}$$

$$\frac{\tanh(0.866 \frac{D}{h})}{0.866 \frac{D}{h}} = 0.47$$

$$mi = ma (0.47) = 587.377 \text{ tonf}$$

Masa Convectiva:

$$\frac{mc}{ma} = \frac{0.23 \tanh(3.68 \frac{h}{D})}{\frac{h}{D}}$$

$$\frac{0.23 \tanh(3.68 \frac{h}{D})}{\frac{h}{D}} = 0.547$$

$$mc = ma (0.547) = \mathbf{683.918 \text{ tonf}}$$

Se puede observar que el porcentaje del líquido excitado en el modo impulsivo equivale al 46.20%, mientras que el 56.80% participa en modo convectivo. La suma de estas masas (impulsiva y convectiva) es del 1.70% mayor que la masa del líquido.

- **Cálculo de las alturas impulsivas y convectivas:****Altura Impulsiva:**

$$hi = 0.375 h = \mathbf{1.95 \text{ m}}$$

Altura Convectiva:

$$hc = \left(1 - \frac{\cosh\left(3.68 \frac{h}{D}\right) - 1}{3.68 \frac{h}{D} \sinh\left(3.68 \frac{h}{D}\right)} \right) h = \mathbf{3.019 \text{ m}}$$

- Una vez obtenido los parámetros correspondientes, se procedió a introducirlos al modelado:

El peso impulsivo, el cual vendría a ser la masa impulsiva por la gravedad, se asignó a una altura de 2.00 m alrededor de todo el muro del reservorio, al tener 52 ejes, el peso se distribuyó equitativamente en cada eje.

$$Pi = \frac{mi * g}{52} = \mathbf{110.811 \text{ tonf}}$$

De la misma forma, se asignó el peso convectivo a una altura de 3.20 m alrededor de todo el muro del reservorio, al tener 52 ejes, el peso se distribuyó equitativamente en cada eje.

$$Pc = \frac{mc * g}{52} = \mathbf{129.024 \text{ tonf}}$$

Figura 32.

Definición de peso de agua impulsivo y convectivo en Reservoirio B.

Load Pattern Name	Type	Self Weight Multiplier	Auto Lateral Load Pattern
DEAD	Dead	1	
DEAD	Dead	1	
P-HIDROSTATICA	Other	0	
Pi	Live	0	
Pc	Live	0	

Figura 33.

Asignación de peso impulsivo en Reservoirio B.

Specify Joint Mass

As Mass
 As Weight
 As Volume and Material Property

Material:

Mass Coordinate System

Direction:

Mass

Translation Global X: tonf-s²/m
 Translation Global Y: tonf-s²/m
 Translation Global Z: tonf-s²/m

Mass Moment of Inertia

Rotation about Global X: tonf-m-s²
 Rotation about Global Y: tonf-m-s²
 Rotation about Global Z: tonf-m-s²

Options

Add to Existing Masses
 Replace Existing Masses
 Delete Existing Masses

Reset Form to Default Values

OK Close Apply

Figura 34.*Asignación de peso convectivo en Reservorio B.*

Assign Joint Masses

Specify Joint Mass

- As Mass
- As Weight
- As Volume and Material Property

Material:

Mass Coordinate System

Direction:

Mass

Translation Global X: tonf-s²/m

Translation Global Y: tonf-s²/m

Translation Global Z: tonf-s²/m

Mass Moment of Inertia

Rotation about Global X: tonf-m-s²

Rotation about Global Y: tonf-m-s²

Rotation about Global Z: tonf-m-s²

Options

- Add to Existing Masses
- Replace Existing Masses
- Delete Existing Masses

Figura 35.*Asignación de pesos impulsivo y convectivo en Reservorio B.*

Mass Source Data

Mass Source Name:

Mass Source

- Element Self Mass and Additional Mass
- Specified Load Patterns

Mass Multipliers for Load Patterns

Load Pattern	Multiplier
Pc	0.50
Pi	0.50
Pc	0.50
DEAD	1

- Una vez asignados, se corrió el programa y se obtuvo la respectiva tabla de periodos a continuación:

Figura 36.

Tabla de Periodos y Frecuencias en Reservorio B.

OutputCase	StepType Text	StepNum Unitless	Period Sec	Frequency Cyc/sec
MODAL	Mode	1	0.026061	38.3710542...
MODAL	Mode	2	0.026061	38.3710542...
MODAL	Mode	3	0.023951	41.7522494...
MODAL	Mode	4	0.021131	47.3231893...
MODAL	Mode	5	0.021131	47.3231893...
MODAL	Mode	6	0.020895	47.8582693...
MODAL	Mode	7	0.01139	87.7968536...
MODAL	Mode	8	0.01139	87.7968536...
MODAL	Mode	9	0.007947	125.837049...
MODAL	Mode	10	0.007947	125.837049...
MODAL	Mode	11	0.006786	147.361412...
MODAL	Mode	12	0.005878	170.122363...

- Ahora se procedió a determinar a determinar los parámetros sísmicos:

$$Z = 0.45$$

$$Tl = 1.60$$

$$U = 1.50$$

$$Ri = 2.00$$

$$S = 1.30$$

$$Rc = 1.00$$

$$Tp = 1.00$$

- **Cálculo de la aceleración espectral elástica y reducida:**

Dicho cálculo parte de la siguiente formula a continuación:

$$Sa = \frac{ZUCS}{R} * g$$

Por lo tanto, los datos que se obtuvieron fueron los siguientes:

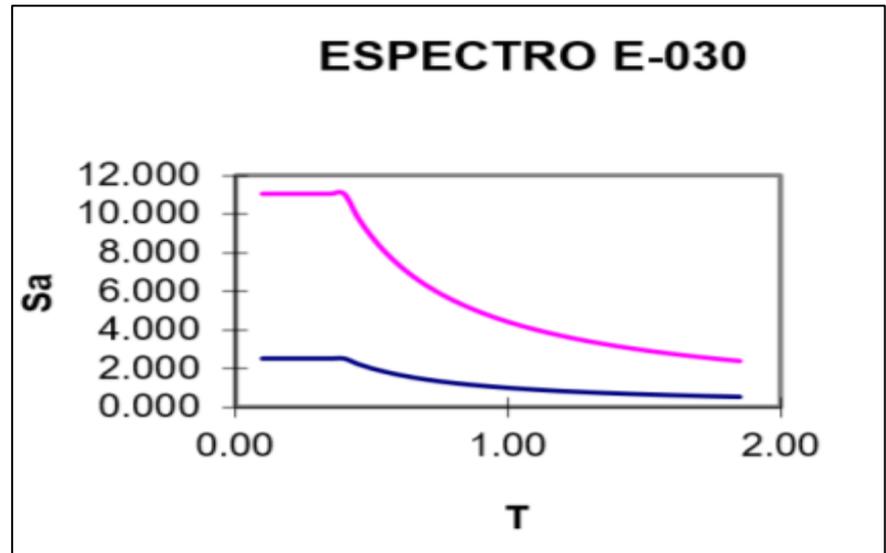
Tabla 15.*Cálculo de aceleración espectral en Reservoirio B.*

C	T	Sa Dir IMP	Sa Dir CONVEC
2.500	0.000	21.521	10.760
2.500	0.020	21.521	10.760
2.500	0.040	21.521	10.760
2.500	0.060	21.521	10.760
2.500	0.080	21.521	10.760
2.500	0.100	21.521	10.760
2.500	0.120	21.521	10.760
2.500	0.140	21.521	10.760
2.500	0.160	21.521	10.760
2.500	0.180	21.521	10.760
2.500	0.200	21.521	10.760
2.500	0.250	21.521	10.760
2.500	0.300	21.521	10.760
2.500	0.350	21.521	10.760
2.500	0.400	21.521	10.760
2.500	0.450	21.521	10.760
2.500	0.500	21.521	10.760
2.500	0.550	21.521	10.760
2.500	0.600	21.521	10.760
2.500	0.650	21.521	10.760
2.500	0.700	21.521	10.760
2.500	0.750	21.521	10.760
2.500	0.800	21.521	10.760
2.500	0.850	21.521	10.760
2.500	0.900	21.521	10.760
2.500	0.950	21.521	10.760
2.500	1.000	21.521	10.760
2.273	1.100	19.564	9.782
2.083	1.200	17.934	8.967
1.923	1.300	16.554	8.277
1.786	1.400	15.372	7.686
1.667	1.500	14.347	7.174
1.563	1.600	13.450	6.725
1.384	1.700	11.915	5.957
1.235	1.800	10.628	5.314
1.108	1.900	9.538	4.769
1.000	2.000	8.608	4.304
0.790	2.250	6.802	3.401
0.640	2.500	5.509	2.755
0.529	2.750	4.553	2.277
0.444	3.000	3.826	1.913
0.250	4.000	2.152	1.076
0.160	5.000	1.377	0.689
0.111	6.000	0.956	0.478

C	T	Sa Dir IMP	Sa Dir CONVEC
0.082	7.000	0.703	0.351
0.063	8.000	0.538	0.269
0.049	9.000	0.425	0.213
0.040	10.000	0.344	0.172

Figura 37.

Aceleración espectral a lo largo de periodos.



- En el programa SAP 2000 se definió tanto el espectro elástico (Factor R = 1) como el espectro reducido (Factor R = 2.00)

Figura 38.

Espectro elástico en Reservorio B.

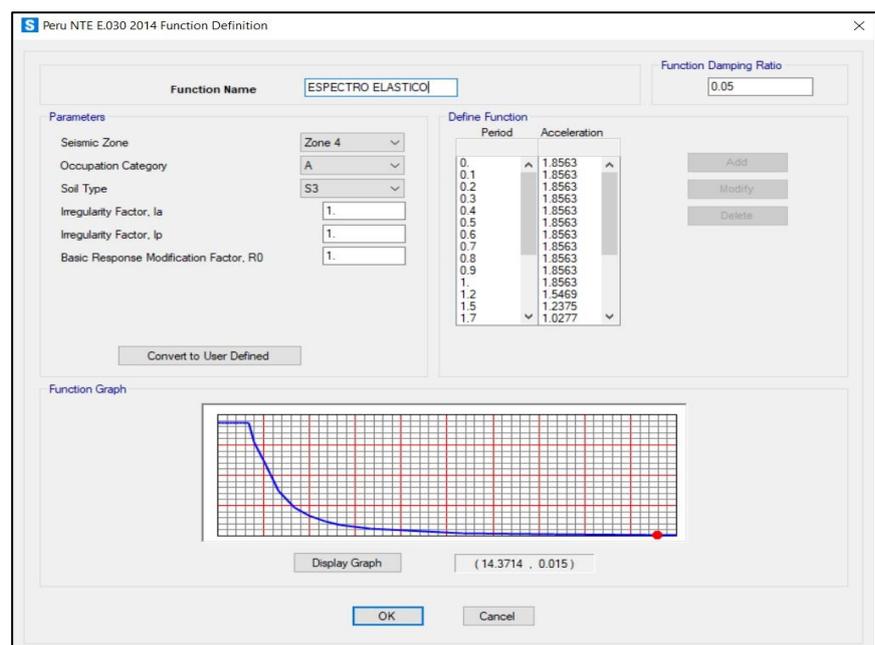
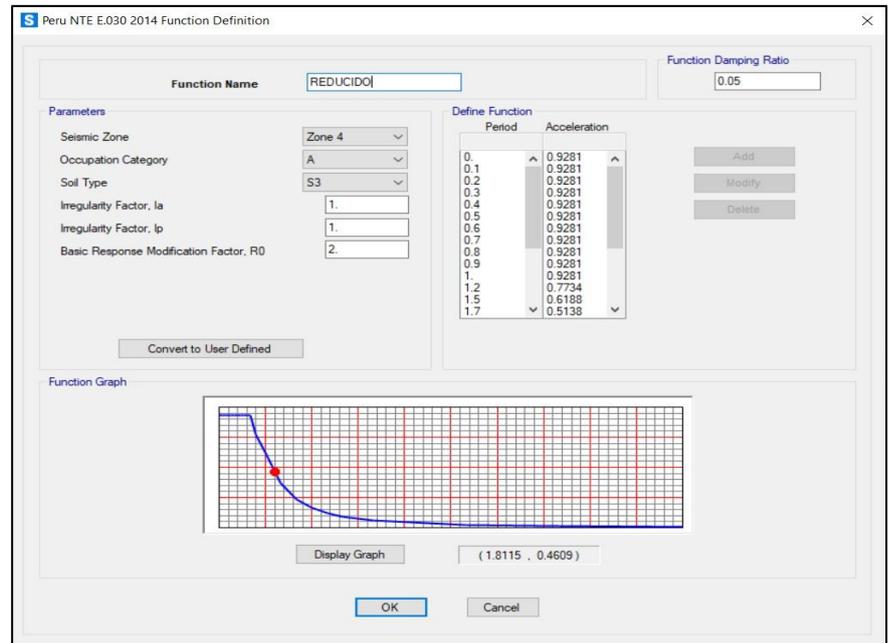
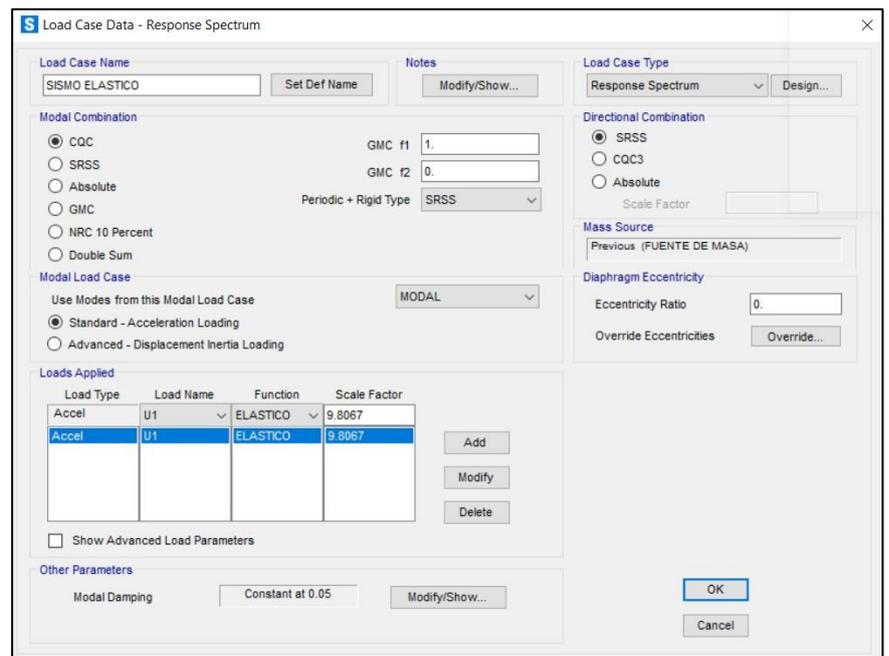


Figura 39.*Espectro reducido en Reservorio B.*

- Ahora definimos, dentro del modelado, los casos a los que será sometido el reservorio:

Sismo Elástico:**Figura 40.***Sismo elástico en Reservorio B.*

Sismo Reducido:

Figura 41.

Sismo reducido en Reservorio B.

Load Case Data - Response Spectrum

Load Case Name: SISMO REDUCIDO

Notes: [Modify/Show...]

Load Case Type: Response Spectrum

Modal Combination:

- CQC
- SRSS
- Absolute
- GMC
- NRC 10 Percent
- Double Sum

 GMC f1: 1.0
 GMC f2: 0.0
 Periodic + Rigid Type: SRSS

Modal Load Case:

- Standard - Acceleration Loading
- Advanced - Displacement Inertia Loading

 Use Modes from this Modal Load Case: MODAL

Directional Combination:

- SRSS
- CQC3
- Absolute

 Scale Factor: []

Mass Source: Previous (FUENTE DE MASA)

Diaphragm Eccentricity:

- Eccentricity Ratio: 0.0
- Override Eccentricities: [Override...]

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	REDUCIDO	9.8067
Accel	U1	REDUCIDO	9.8067

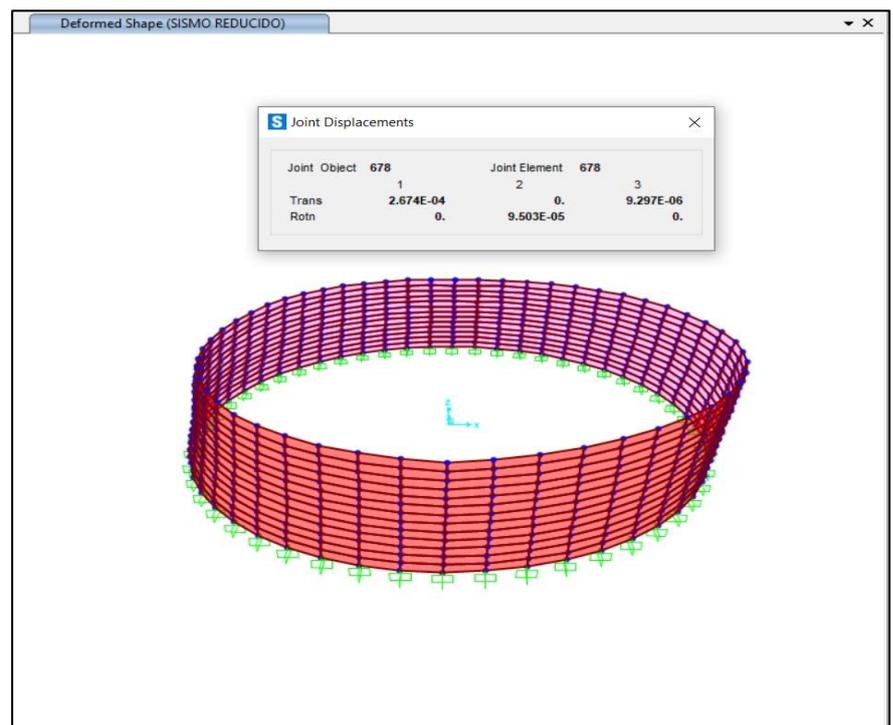
Other Parameters:

- Modal Damping: Constant at 0.05

- Cálculo de distorsiones con los datos obtenidos del programa SAP 2000:

Figura 42.

Distorsión máxima en el sismo reducido en Reservorio B.



$$\Delta_{max} = 2.674 * 10^{-4} m$$

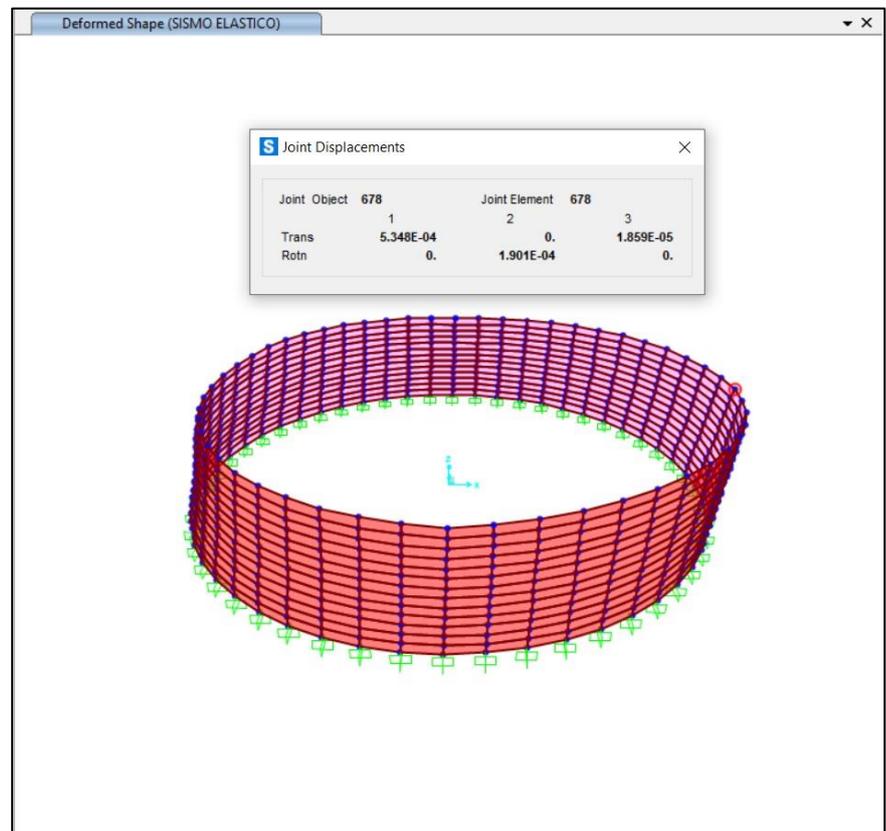
$$h = 5.20 m$$

$$\delta = \frac{\Delta_{max}}{h} * 0.75 * R = 7.71 * 10^{-5}$$

El resultado que se obtuvo ($7.71 * 10^{-5}$) cumplió por sismo reducido y esto se corrobora con el artículo 32 de la Norma Técnica Peruana E.030 donde indica que el límite para distorsión de entrepiso para el caso de concreto armado es de 0.007.

Figura 43.

Distorsión máxima en el sismo elástico en Reservorio B.



$$\Delta_{max} = 5.348 * 10^{-4} m$$

$$h = 5.20 m$$

$$\delta = \frac{\Delta_{max}}{h} * 0.75 * R = 7.71 * 10^{-5}$$

El resultado que se obtuvo ($7.71 * 10^{-5}$) cumplió por sismo elástico y esto se corrobora con el artículo 32 de la Norma Técnica Peruana E.030 donde indica que el límite para distorsión de entrepiso para el caso de concreto armado es de 0.007.

- Cálculo de los modos de vibración, verificando que cumplan con el artículo 29 de la Norma Técnica Peruana:

Figura 44.

Tabla de modos de vibración en Reservorio B.

StepType Text	StepNum Unitless	SumUX Unitless
Mode	1	0.026558
Mode	2	0.463386
Mode	3	0.463386
Mode	4	0.475281
Mode	5	0.546213
Mode	6	0.546213
Mode	7	0.551531
Mode	8	0.653336
Mode	9	0.67423
Mode	10	0.922727
Mode	11	0.922727
Mode	12	0.922727

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Como objetivo específico 01, se planteó:

- **Analizar las diversas patologías que existen en el Reservoirio “Los Gemelos” ubicado en el Cerro Pesqueda.**

Al respecto, podemos mencionar lo siguiente:

- En la visita a campo que se realizó el 27 de septiembre del 2023, se logró observar que los elementos estructurales del Reservoirio “Los Gemelos” ubicado en el Cerro Pesqueda presenta patologías tales como grietas, eflorescencia, erosión, corrosión y disgregación desde un nivel de seguridad leve a un nivel de seguridad moderado; por tal motivo, se puede decir que dicho Reservoirio presenta deficiencias estructurales.

Como objetivo específico 02, se planteó:

- **Identificar la calidad de material y sus propiedades físicas – mecánicas influyentes en el diseño sísmico que presenta el Reservoirio “Los Gemelos” ubicado en el Cerro Pesqueda.**

Al respecto, podemos mencionar lo siguiente:

- Esto se identificó en la visita a campo que se realizó al Reservoirio “Los Gemelos” a raíz de los ensayos no destructivos (Evaluación de Patologías – Ensayo de resistencia del concreto utilizando el esclerómetro) realizados in situ, los cuales dictaminaron que en su estructura presenta deficiencias a raíz de las patologías existentes en él y se determinó un $f'c$ referencial mayor al $f'c$ mínimo que un reservoirio requiere debido a la clase de exposición que este se encuentra contantemente (280.00 kg/cm^2). A su vez, se consideraron datos previamente analizados y proporcionados por la EPS SEDALIB S.A. como es el tipo de suelo en que se encuentra y las dimensiones con las cuales se diseñó el reservoirio para poder realizar un análisis estático con la ayuda del programa SAP 2000, esto con la finalidad de determinar las fuerzas actuantes que arroja

este y compararlos con los resultados obtenidos a raíz de los cálculos manualmente. Los resultados fueron los siguientes:

Tabla 16.

Tabla de Resultados de Análisis Estático.

	CALCULOS OBTENIDOS:	
	DEL SAP 2000	MANUALMENTE
TENSION ANULAR MAXIMA:	55.17 Tn	55.689 Tn
MOMENTO MAXIMO POSITIVO:	1.369 Tn.m	8.412 Tn.m
MOMENTO MAXIMO NEGATIVO:	- 4.796 Tn.m	- 3.531 Tn.m
FUERZA CORTANTE:	7.617 Tn	6.985 Tn

Como objetivo específico 03, se planteó:

- **Analizar el comportamiento dinámico que presenta el Reservorio “Los Gemelos” ubicados en el Cerro Pesqueda y verificar si las distorsiones se encuentran dentro de los límites permisibles.**

Al respecto, podemos mencionar lo siguiente:

- Como ya es de conocimiento, el Perú no cuenta con una normativa clara y precisa donde brinde los procedimientos para analizar un adecuado análisis dinámico modal espectral; por tal motivo, se complementó con el ACI 350.3.01. De esta norma se obtuvo dichos factores necesarios para modelar el Reservorio “Los gemelos” y analizarlo sísmicamente. Una vez que se obtuvo los desplazamientos máximos se calculó las distorsiones tanto en el sismo reducido como en el sismo elástico dando como resultados $7.79 * 10^{-5}$ y $7.71 * 10^{-5}$. Dichos resultados se compararon con el artículo 32 de la Norma Técnica Peruana E.030, los cuales cumplieron debido a que dichos valores son menores que 0.007, el cual representa el límite para distorsión de entrepiso para el caso de concreto armado.

Como objetivo general, se planteó:

- **Evaluar estructuralmente el Reservorio “Los Gemelos” ubicado en el Cerro Pesqueda del distrito de Trujillo, provincia de Trujillo – departamento La Libertad para determinar el estado estructural actual que presenta, 2023.**

Al respecto, podemos mencionar lo siguiente:

- Este estudio estuvo enfocado en ver la capacidad de resistencia y estabilidad estructural que posee el Reservorio “Los Gemelos” mediante ensayos no destructivos in situ los cuales dictaminaron que dicho reservorio posee una resistencia de concreto referencial mayor a la resistencia mínima que un reservorio requiere debido a la clase de exposición que este se encuentra contantemente, cuyo valor vendría a ser de 280.00 kg/cm^2 ; a su vez, se detectaron patologías tales como grietas, eflorescencia, erosión, corrosión y disgregación desde un nivel de seguridad leve a un nivel de seguridad moderado, las cuales producen deficiencias estructurales en él. Además, con las fuerzas calculadas se pudo verificar que el espesor de muro de dicho reservorio está mal diseñado debido a que el espesor debería ser de 0.25 m y fue diseñado con 0.20 m y por ende la cantidad de acero necesario no es la correcta. Por último, se realizó un análisis dinámico modal espectral al reservorio, llegando a calcular las distorsiones que se generan en él, tanto como en el sismo reducido como en el sismo elástico, los cuales cumplieron con el artículo 32 de la Norma Técnica Peruana E.030, donde se hace mención que dichos valores arrojados deben de ser menores que 0.007, el cual representa el límite para distorsión de entrepiso para el caso de concreto armado.

VI. CONCLUSIONES

- Se concluye, en base a la evaluación de patologías, que el Reservorio “Los gemelos” presenta en sus elementos estructurales diversas patologías, tales como grietas, eflorescencia, erosión, corrosión y disgregación desde un nivel de seguridad leve a un nivel de seguridad moderado las cuales generan una deficiencia estructural en dicho reservorio.
- Se concluye, en base al ensayo de resistencia del concreto utilizando el esclerómetro, que el Reservorio “Los Gemelos” presenta un $f'c$ referencial mayor al $f'c$ mínimo requerido para un reservorio debido a la clase de exposición que este se encuentra contantemente, cuyo valor es igual a 280.00 kg/cm^2 por lo que su resistencia del concreto es la adecuada.
- Se concluye, en base a las fuerzas calculadas en el análisis estático, que el Reservorio “Los Gemelos” no posee un adecuado diseño de espesor de muro y por ende una cantidad inadecuada de acero, perjudicando así su diseño estructural y dejándolo en condiciones no optimas estructuralmente.
- Se concluye, en base al análisis dinámico modal espectral, que el Reservorio “Los Gemelos” cumple con los limites permisibles encontrados en el artículo 32 de la Norma Técnica Peruana E.030, donde se hace mención que dichos valores arrojados deben de ser menores que 0.007, el cual representa el límite para distorsión de entrepiso para el caso de concreto armado.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda, a la empresa que tiene a cargo el Reservorio “Los Gemelos” (EPS SEDALIB S.A.), subsanar las diferentes patologías existentes en dicho reservorio para evitar una deficiencia estructural más severa. Cabe resaltar que dicho reservorio es uno de los más importantes en nuestra ciudad, abasteciendo a muchos sectores por lo que su cuidado y mantenimiento debe ser prioridad, priorizando el ámbito estructural debido a los años de operatividad que este posee y de los daños que este ocasionaría si llegara a colapsar a las personas que habitan en los alrededores de él.
- Se recomienda, a la EPS SEDALIB S.A, tener una mejor implementación de elementos de seguridad (señales y mallas de seguridad) en todo el perímetro del Reservorio “Los Gemelos”, ya que en sus alrededores se encuentran viviendas donde habitan pobladores del sector donde se ubica dicho reservorio.
- Se recomienda, encargar al personal competente dentro de la EPS SEDALIB S.A, la gestión y realización de un proyecto de construcción de un nuevo reservorio, siguiendo un correcto y adecuado diseño estructural, que reemplace al Reservorio “Los Gemelos” debido a que se comprobó que dicho reservorio no cuenta con un adecuado espesor de muro y cantidad de acero necesario, lo que nos dice que su diseño es el inadecuado por ende no se encuentra en condiciones óptimas hablando estructuralmente.
- Se recomienda, al personal competente dentro de la EPS SEDALIB S.A, realizar un análisis tanto estático como dinámico modal espectral a los demás reservorios presentes dentro del mismo sector en el que se encuentra el Reservorio “Los Gemelos” para verificar como se encuentran estructuralmente, prevenir accidentes y evitar pérdidas de recursos hídricos.

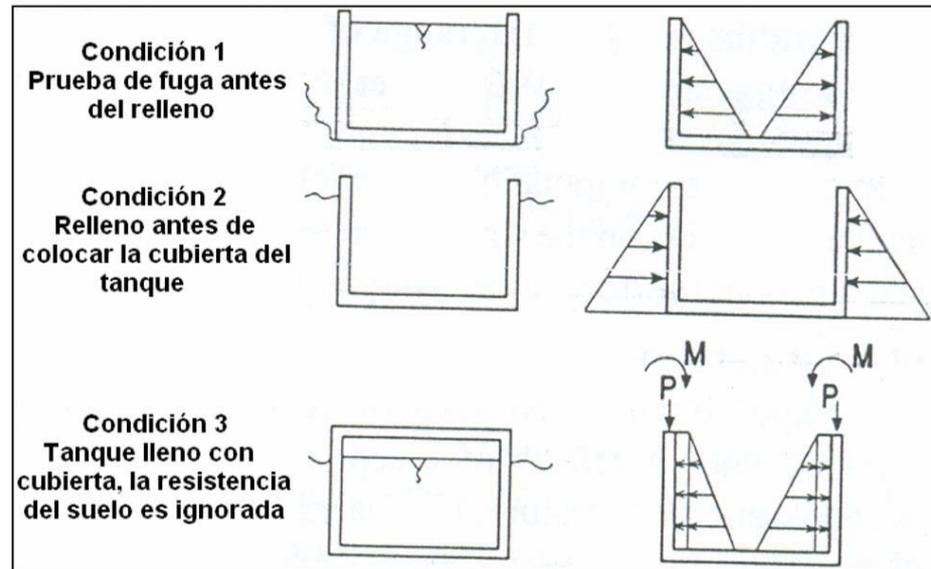
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- American Concrete Institute. (2007). Normativa ACI 350.03-06. En A. C. Institute, *NORMAS ACI*. EE.UU: Publicaciones Comité ACI 350. Obtenido de https://www.academia.edu/7646875/DISE%C3%91O_S%C3%84SMICO_DE_ESTRUCTURAS_CONTENEDORAS_DE_L%C3%84QUIDOS_ACI_350_3_01_Y_COMENTARIOS_350_3R_01_PUBLICADO_POR_COMIT%C3%89_ACI_350_CONTENIDOS
- Arias, C., & Catañeda, G. (2019). Evaluación Estructural del Reservorio R-15 de la ciudad de Tacna para determinar su Vulnerabilidad Sísmica. (*Tesis para optar Título Profesional*). Universidad Privada de Tacna, Tacna.
- ASTM International. (2016). Norma ASTM C39. En I. ASTM, *Normas ASTM*. Estados Unidos (EE.UU.): Publicaciones COMPASS.
- ASTM International. (2016). NORMA ASTM C805. En I. ASTM, *NORMAS ASTM*. Estados Unidos (EE.UU.): Publicaciones COMPASS.
- Campos, E. (2018). Evaluación estructural de reservorio apoyado de C°A° de sección circular (20 m³) sector 1 del C.P. Cabracancha-Chota. (*Tesis de grado*). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca.
- Castro, J., & Montoya, I. (2021). Evaluación de las Patologías existentes y propuesta de mejora para el concreto colocado en el Reservorio de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de Trujillo, 2021. (*Tesis para optar el Título Profesional*). Universidad Privada del Norte, Trujillo.
- Díaz, A., & Meniz, B. (2019). Evaluación Estructural de Reservorios Apoyados de Concreto Armado en Lima. (*Tesis para optar el Título Profesional*). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima.
- Housner, G. (1963). The Dynamic Behavior of Water Tanks. *The Seismological Society of America*. Obtenido de <https://pubs.geoscienceworld.org/ssa/bssa/article-abstract/53/2/381/116141/The-dynamic-behavior-of-water-tanks?redirectedFrom=fulltext>
- Agüero, R. (2004). Guía para el Diseño y Construcción de Reservorios Apoyados. *Guía para el Diseño y Construcción de Reservorios Apoyados*, 8. Lima, Perú: Publicaciones Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Obtenido de https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/AG%C3%91CER_O%202004.%20Dise%C3%B1o%20y%20construccion%20reservorios%20apoyados.pdf

- Perleche, L., & Tamayo, E. (2021). Analisis y Diseño de un Reservoirio Apoyado de Concreto Armado para el caserío de Ayangay, distrito de Jucan, provincia de Julcan, La Libertad, 2021. (*Tesis para optar el título profesional*). Universidad Privada de Trujillo, Julcan.
- Portland Cement Association. (1993). *Circular Concrete Tanks*. EE.UU: Publicaciones Portland Cement Association, 1993. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/29367019/Circular-Concrete-Tanks-Without-Pre-Stressing>
- Quiroz, L., & Lindaura, V. (2015). Evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica estructural en edificaciones conformadas por sistemas aporticados y de albañilería confinada en el sector de La Esperanza parte baja – Trujillo. 2014. (*Tesis para optar el título profesional*). Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo.
- SENCICO. (2020). Norma E060 - Concreto Armado. En C. y. Ministerio de Vivienda, *Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE)* (pág. 26). Lima, Perú: Publicaciones SENCICO. Obtenido de <https://drive.google.com/file/d/19EYUVMgwvm6rDs47GV374avco2yIU5Kz/view>
- Slide Share. (1 de Agosto de 2015). *CAPITULO 5 - Vulnerabilidad Sísmica*. Obtenido de Scribd Company: <https://es.slideshare.net/hernanquispemendoza/1-134-180871230>
- Torres, D., & Montalvan, D. (2018). Evaluación por desempeño sísmico del comportamiento estructural de dos reservorios elevados con soporte tipo marco, Caballococha 2018. (*Tesis de Grado*). Universidad Científica del Peru, Loreto.
- Torres, J. (2011). Diseño estructural del reservorio apoyado de concreto armado del centro poblado Pueblo Nuevo Conta - Cañete. (*Tesis para optar el Título Profesional*). Universidad Nacional de Ingeniería (Perú), Cañete.
- Viceministerio de Construcción y Saneamiento. (2021). Norma OS.030 - Almacenamiento de Agua para el consumo Humano. En C. y. Ministerio de Vivienda, *Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE)* (pág. 1). Lima, Perú: Publicaciones Dirección Nacional de Saneamiento. Obtenido de https://www3.vivienda.gob.pe/Direcciones/Documentos/RNE_Actualizado_Solo_Saneamiento.pdf

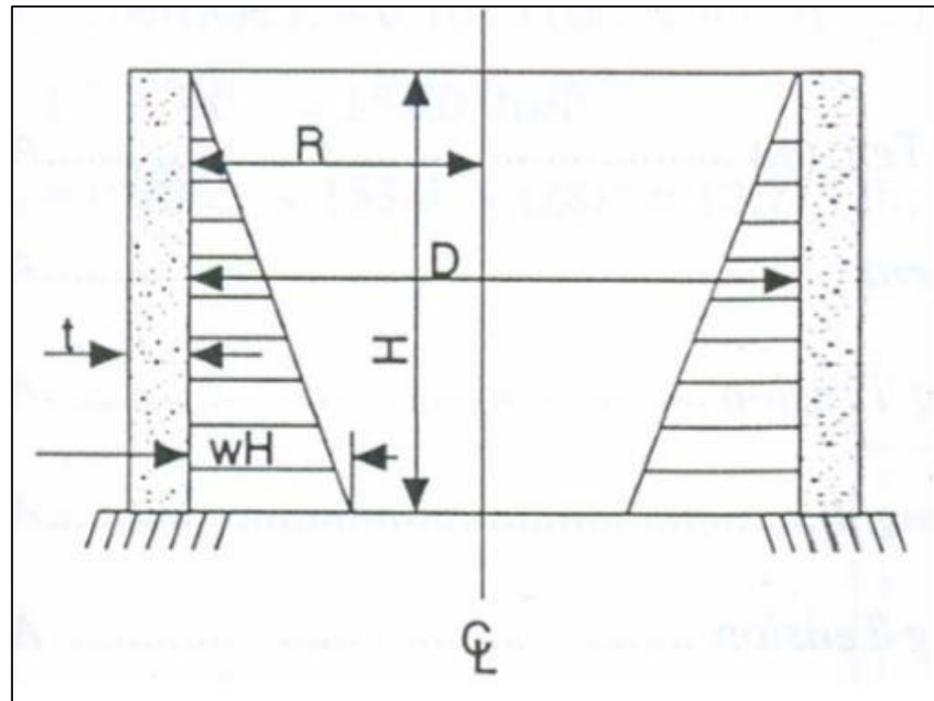
IX. ANEXOS:

Anexo 01: Posibles Condiciones de Carga para un tanque parcialmente enterrado.



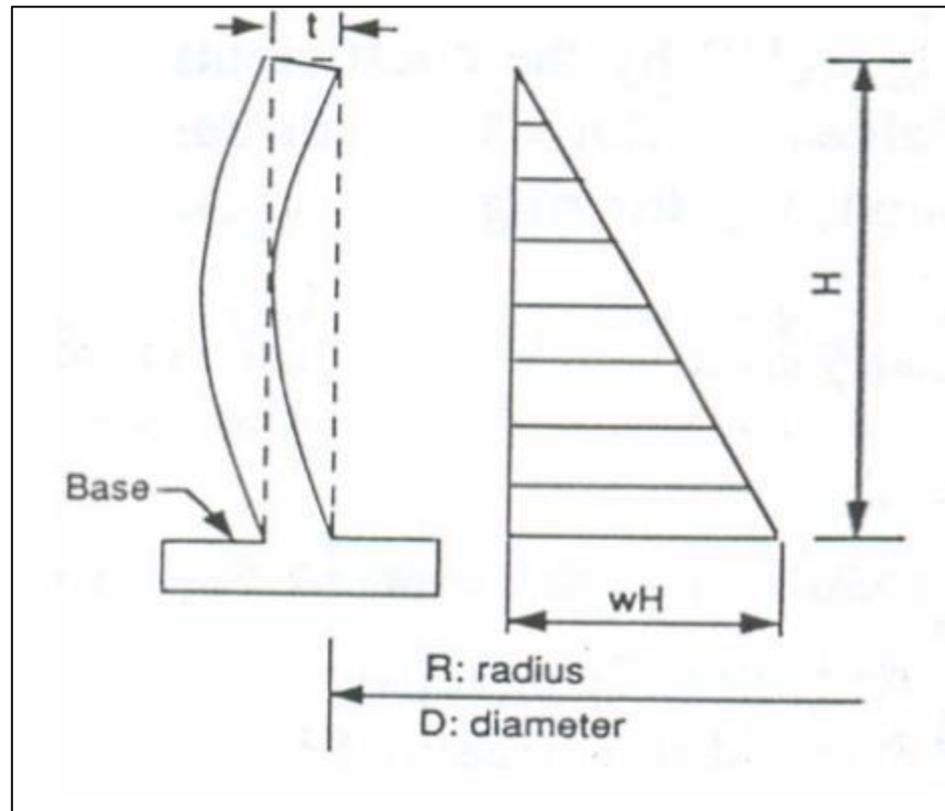
Fuente: Portland Cement Association, 1993

Anexo 02: Presión del agua en la pared del Reservorio.



Fuente: Portland Cement Association, 1993

Anexo 03: Empotramiento en la base y rotación angular en el extremo superior.



Fuente: Portland Cement Association, 1993

Anexo 04: Coeficientes para el cálculo del Esfuerzo Anular.

$\frac{H^2}{Dt}$	0.0 H	0.1 H	0.2 H	0.3 H	0.4 H	0.5 H	0.6 H	0.7 H	0.8 H	0.9 H
0.4	+0.149	+0.134	+0.120	+0.101	+0.082	+0.066	+0.049	+0.029	+0.014	+0.004
0.8	+0.263	+0.239	+0.215	+0.190	+0.160	+0.130	+0.096	+0.063	+0.034	+0.010
1.2	+0.283	+0.271	+0.254	+0.234	+0.209	+0.180	+0.142	+0.099	+0.054	+0.016
1.6	+0.265	+0.268	+0.268	+0.266	+0.250	+0.226	+0.185	+0.134	+0.075	+0.023
2.0	+0.234	+0.251	+0.273	+0.285	+0.285	+0.274	+0.232	+0.172	+0.104	+0.031
3.0	+0.134	+0.203	+0.267	+0.322	+0.357	+0.362	+0.330	+0.262	+0.157	+0.052
4.0	+0.067	+0.164	+0.256	+0.339	+0.403	+0.429	+0.409	+0.334	+0.210	+0.073
5.0	+0.025	+0.137	+0.245	+0.346	+0.428	+0.477	+0.469	+0.398	+0.259	+0.092
6.0	+0.018	+0.119	+0.234	+0.344	+0.441	+0.504	+0.514	+0.477	+0.301	+0.112
8.0	-0.011	+0.104	+0.218	+0.335	+0.443	+0.534	+0.575	+0.530	+0.381	+0.151
10.0	-0.011	+0.098	+0.208	+0.323	+0.437	+0.542	+0.608	+0.589	+0.440	+0.179
12.0	-0.005	+0.097	+0.202	+0.312	+0.429	+0.543	+0.628	+0.633	+0.494	+0.211
14.0	-0.002	+0.098	+0.200	+0.306	+0.420	+0.539	+0.639	+0.666	+0.541	+0.241
16.0	0.000	+0.099	+0.199	+0.304	+0.412	+0.531	+0.641	+0.687	+0.582	+0.265

Fuente: Portland Cement Association, 1993

Anexo 05: Coeficientes para el cálculo del Esfuerzo a Flexión.

Coefficients at point										
$\frac{H^2}{D}$	0.1H	0.2H	0.3H	0.4H	0.5H	0.6H	0.7H	0.8H	0.9H	1.0H
0.4	+0.005	+0.014	+0.021	+0.007	-0.042	-0.150	-0.302	-0.529	-0.616	-1.205
0.8	+0.011	+0.037	+0.063	+0.080	+0.070	+0.023	-0.068	-0.224	-0.465	-0.795
1.2	+0.012	+0.042	+0.077	+0.103	+0.112	+0.090	+0.022	-0.108	-0.311	-0.602
1.6	+0.011	+0.041	+0.075	+0.107	+0.121	+0.111	+0.058	-0.051	-0.232	-0.505
2.0	+0.010	+0.035	+0.068	+0.099	+0.120	+0.115	+0.075	-0.021	-0.185	-0.438
3.0	+0.006	+0.024	+0.047	+0.071	+0.090	+0.097	+0.077	+0.012	-0.119	-0.333
4.0	+0.003	+0.015	+0.028	+0.047	+0.068	+0.077	+0.069	+0.023	-0.080	-0.268
5.0	+0.002	+0.008	+0.016	+0.029	+0.048	+0.059	+0.059	+0.028	-0.058	-0.222
6.0	+0.001	+0.003	+0.008	+0.019	+0.032	+0.046	+0.051	+0.029	-0.041	-0.187
8.0	.0000	+0.001	+0.002	+0.008	+0.016	+0.028	+0.038	+0.029	-0.022	-0.146
10.0	.0000	.0000	+0.001	+0.004	+0.007	+0.019	+0.029	+0.028	-0.012	-0.122
12.0	.0000	-0.000	+0.001	+0.002	+0.003	+0.013	+0.023	+0.026	-0.005	-0.104
14.0	.0000	.0000	.0000	.0000	+0.001	+0.008	+0.019	+0.023	-0.001	-0.090
16.0	.0000	.0000	-0.001	-0.002	-0.001	+0.004	+0.013	+0.019	+0.001	-0.079

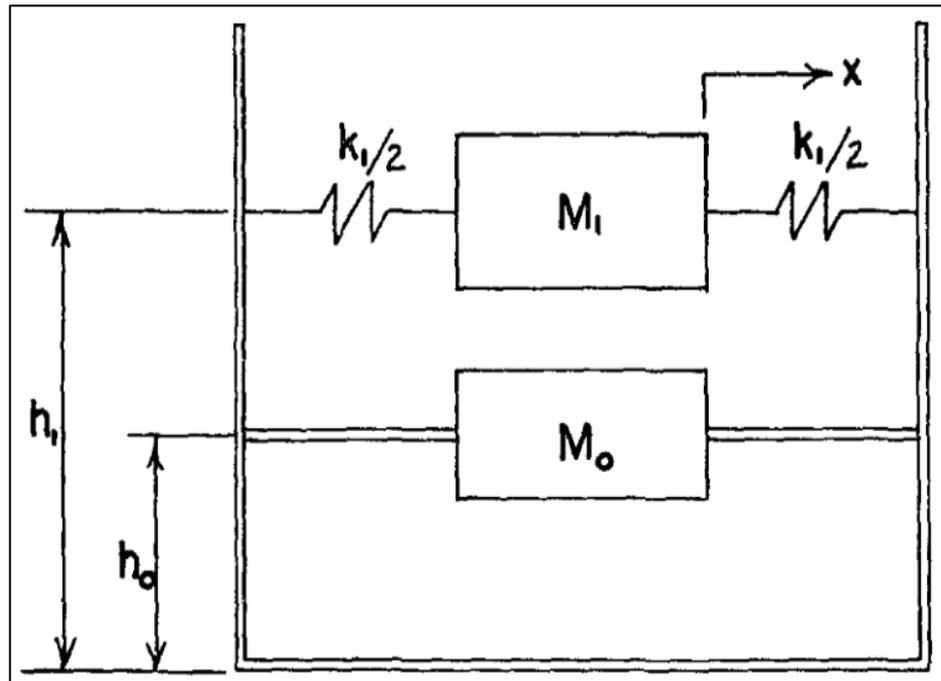
Fuente: Portland Cement Association, 1993

Anexo 06: Coeficientes para el cálculo del Esfuerzo Cortante Máximo.

$\frac{H^2}{Dt}$	Triangular load, fixed base	Rectangular load, fixed base	Triangular or rectangular load, hinged base	Moment at edge
0.4	+0.436	+0.755	+0.245	-1.58
0.8	+0.374	+0.552	+0.234	-1.75
1.2	+0.339	+0.460	+0.220	-2.00
1.6	+0.317	+0.407	+0.204	-2.28
2.0	+0.299	+0.370	+0.189	-2.57
3.0	+0.262	+0.310	+0.158	-3.18
4.0	+0.236	+0.271	+0.137	-3.68
5.0	+0.213	+0.243	+0.121	-4.10
6.0	+0.197	+0.222	+0.110	-4.49
8.0	+0.174	+0.193	+0.096	-5.18
10.0	+0.158	+0.172	+0.087	-5.81
12.0	+0.145	+0.158	+0.079	-6.38
14.0	+0.135	+0.147	+0.073	-6.88
16.0	+0.127	+0.137	+0.068	-7.36
20.0	+0.114	+0.122	+0.062	-8.20
24.0	+0.102	+0.111	+0.055	-8.94
32.0	+0.089	+0.096	+0.048	-10.36
40.0	+0.080	+0.086	+0.043	-10.62
48.0	+0.072	+0.079	+0.039	-12.76
56.0	+0.067	+0.074	+0.036	-13.76

Fuente: Portland Cement Association, 1993

Anexo 07: Modelo mecánico Housner.



Fuente: Housner G., 1963

Anexo 08: Ubicación del Reservorio "Los Gemelos".



Fuente: Google Earth

Anexo 09: Matriz de Consistencia del Proyecto de Tesis.

TÍTULO:		Estado estructural actual del Reservoirio "Los Gemelos" ubicado en el Cerro Pesqueda del distrito de Trujillo, provincia de Trujillo – departamento La Libertad, 2023.									
LINEA DE INVESTIGACION:		Ingeniería de la Construcción, Ingeniería Urbana, Ingeniería Estructural.	SUB LINEA DE INVESTIGACION		Estructuras y Materiales.						
AUTOR (ES):		Ramírez Langle, Omar Arturo.									
METODOLOGIA											
PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	HIPOTESIS DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVO DE INVESTIGACIÓN	VARIABLES Y SU CLASIFICACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES PARA CADA VARIABLE	MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	POBLACIÓN	TIPO DE INVESTIGACIÓN	TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS	TÉCNICA ESTADÍSTICA PARA TRATAMIENTO DE LOS DATOS	
¿Qué estado estructural actual presentara el Reservoirio "Los Gemelos" ubicado en el Cerro Pesqueda del distrito de Trujillo, provincia de Trujillo - departamento La libertad?	Al ser un reservoirio antiguo y con muchos años de operación, donde a su vez se observa un estado físico deteriorable (malo), se puede decir que: El Reservoirio "Los Gemelos" ubicado en el Cerro Pesqueda, cuenta con un estado estructural no óptimo en la actualidad por lo que se tendría que realizar un mejoramiento estructural si se quiere que este siga operando o de caso contrario dejarlo inoperativo.	Evaluar estructuralmente el Reservoirio "Los Gemelos" ubicado en el Cerro Pesqueda del distrito de Trujillo, provincia de Trujillo – departamento La Libertad para determinar el estado estructural actual que presenta, 2023.	VARIABLE INDEPENDIENTE: EVALUACION ESTRUCTURAL	TENSIONES ANULARES	Tensión anular máxima	METODO DE INVESTIGACION CUANTITATIVO	La población vendría a ser, para este proyecto de tesis, todos los Reservoirios ubicados en el distrito de Trujillo, provincia de Trujillo - departamento La Libertad.	Según Enfoque: Investigación Cuantitativa. Según Finalidad: Investigación Básica. Según Nivel: Investigación Descriptiva. Según Temporalidad: Investigación Transeccional.	Investigación bibliográfica con respecto al proyecto en mención. Recolección de información estructural del Reservoirio Los Gemelos por parte de la EPS SEDALIB S.A. Observación experimental de los muros laterales del Reservoirio Los Gemelos. Recolección de datos de los diferentes ensayos que se llevaran a cabo para el proyecto en mención.	Para el debido procesamiento y análisis de datos que se utilizará, para este proyecto de tesis, es el siguiente: Se procederá a realizar ensayos de campo en el Reservoirio "Los Gemelos" (destrutivo – no destructivos), luego se procederá a realizar el debido análisis de datos para la obtención de resultados de resistencia de la estructura existente. Esto se detalla a continuación: ENSAYOS DE CAMPO: - Ensayo de Dureza del Concreto utilizando el Esclerómetro. - Ensayo de Perforación Diamantina. - Evaluación de Patologías. ANÁLISIS DE DATOS PARA OBTENCIÓN DE RESULTADOS DE RESISTENCIA DE LA ESTRUCTURA EXISTENTE: - Cálculos Manuales. - Modelamiento en SAP2000.	
PREGUNTAS ESPECIFICAS		OBJETIVOS ESPECIFICOS		FUERZA CORTANTE	$< V_c$; Donde V_c : Resistencia a cortante del concreto.						
¿Qué patologías estaran presente en el Reservoirio "Los Gemelos" ubicado en el Cerro Pesqueda y cual sera su nivel de severidad?		Analizar las diversas patologías que existen en el Reservoirio "Los Gemelos" ubicado en el Cerro Pesqueda.		DISTORSIÓN MÁXIMA	< 0.07						
¿Qué calidad de material y sus propiedades físicas – mecánicas influyentes en el diseño sísmico presentara el Reservoirio "Los Gemelos" ubicado en el Cerro Pesqueda?		Identificar la calidad de material y sus propiedades físicas – mecánicas influyentes en el diseño sísmico que presenta el Reservoirio "Los Gemelos" ubicado en el Cerro Pesqueda.		PATOLOGÍAS EXISTENTES EN ESTRUCTURA	Grieta						
¿Que comportamiento dinamico presentara el Reservoirio "Los Gemelos" ubicado en el Cerro Pesqueda?		Analizar el comportamiento dinámico que presenta el Reservoirio "Los Gemelos" ubicado en el Cerro Pesqueda y verificar si las distorsiones se encuentran dentro de los límites permisibles.			Tensiones anulares						
		Momentos del diseño por flexión									
		Fuerza cortante									
		COMPORTAMIENTO DINÁMICO DE LA ESTRUCTURA	Distorsiones máximas								
		COMPORTAMIENTO ESTÁTICO DE LA ESTRUCTURA	VARIABLE DEPENDIENTE: ESTADO ESTRUCTURAL ACTUAL	Esfuerzo				MUESTRA	DISEÑO DE INVESTIGACION	INSTRUMENTO DE RECOLECCION DE DATOS	
				Erosión				La muestra vendría a ser, para este proyecto de tesis, el Reservoirio "Los Gemelos" ubicado en el Cerro Pesqueda del distrito de Trujillo, provincia de Trujillo - departamento La Libertad.	Descriptivo Simple: Su esquema de diseño es el siguiente: 	* Esclerómetro o Martillo de Rebole. * Cemento Grout 212. * Sikadur 32. * Brocha. * Pernos de Anclaje de 1 ½ x 4". * Equipo de Perforación. * Taladro. * Agua. * Wincha. * Cámara fotográfica.	
				Disgregación							

Fuente: Propia

Anexo 10: Plantilla Ficha Técnica de Evaluación de Patologías.

FICHA TÉCNICA DE EVALUACIÓN

UBICACIÓN :	CERRO PESQUEDA DEL DISTRITO DE TRUJILLO, PROVINCIA DE TRUJILLO - DEPARTAMENTO LA LIBERTAD		
LUGAR :	RESERVORIO "LOS GEMELOS"	MUESTRA:	CONCRETO DE RESERVORIO
FECHA :		AREA DE EVALUACIÓN :	

UBICACIÓN DE PLANO DE PLANTA		REGISTRO FOTOGRÁFICO
TIPOS DE PATOLOGIAS		
GRIETA (G)		
EFLORESCENCIA (EF)		
EROSIÓN (E)		
CORROSIÓN (C)		
DISGREGACIÓN (D)		
NIVEL DE SEGURIDAD	NINGUNO - N	
	LEVE - L	
	MODERADO - M	
	SEVERO - S	

Fuente: Propia

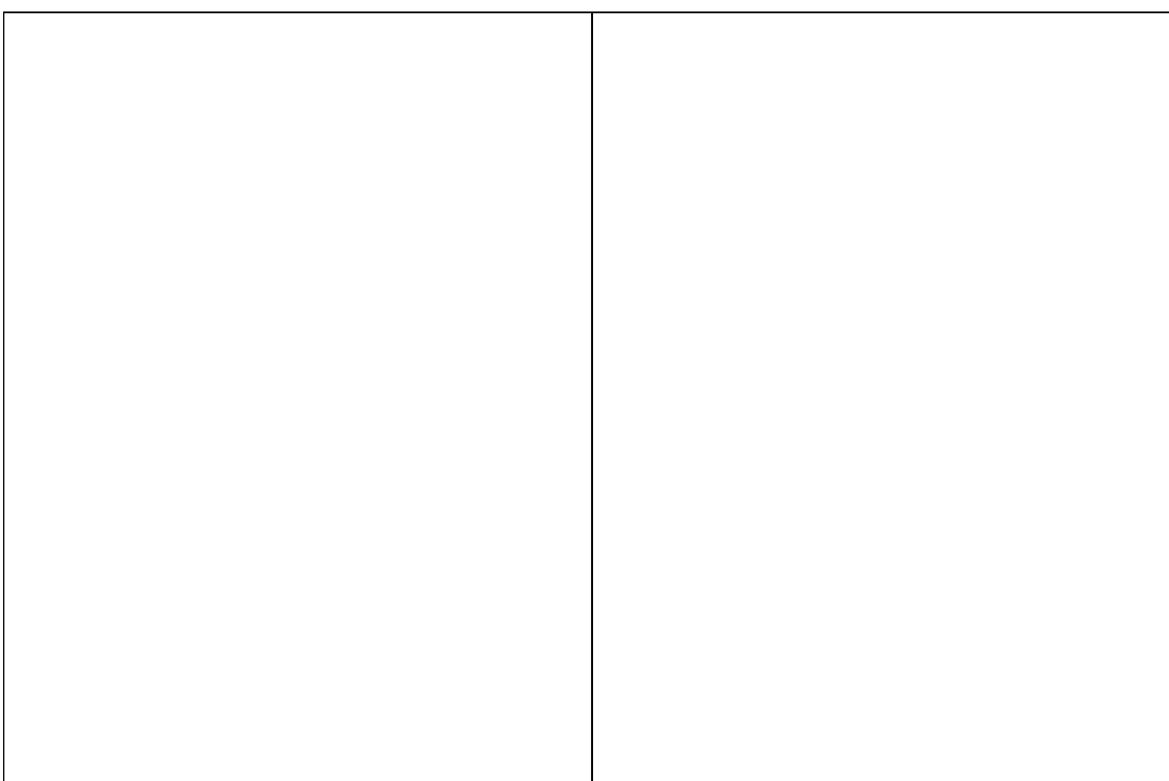
Anexo 11: Plantilla de Ensayo de Resistencia del Concreto utilizando el Esclerómetro - Ubicación de Muestras.

ENSAYO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO UTILIZANDO EL ESCLERÓMETRO

UBICACIÓN :	CERRO PESQUEDA DEL DISTRITO DE TRUJILLO, PROVINCIA DE TRUJILLO - DEPARTAMENTO LA LIBERTAD		
LUGAR :	RESERVORIO "LOS GEMELOS"	MUESTRA :	CONCRETO DE RESERVORIO
FECHA :		CÓDIGO :	ASTM - C 805

UBICACIÓN DE OBTENCIÓN DE MUESTRAS:

En las siguientes figuras se pueden observar las diferentes ubicaciones en donde se obtuvieron las muestras del ensayo de resistencia del concreto utilizando el esclerómetro:



ZONA SUPERIOR DE TAPA DE
RESERVORIO (TAPA)



ZONAS LATERALES DE
RESERVORIO (PERIMETRO)

Fuente: Propia

Anexo 12: Plantilla de Ensayo de Resistencia del Concreto utilizando el Esclerómetro – Registro Fotográfico.

ENSAYO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO UTILIZANDO EL ESCLERÓMETRO

UBICACIÓN :	CERRO PESQUEDA DEL DISTRITO DE TRUJILLO, PROVINCIA DE TRUJILLO - DEPARTAMENTO LA LIBERTAD		
LUGAR :	RESERVORIO "LOS GEMELOS"	MUESTRA :	CONCRETO DE RESERVORIO
FECHA :		CÓDIGO :	ASTM - C 805

REGISTRO FOTOGRÁFICO DEL ENSAYO:

En las siguientes figuras mostradas a continuación se puede observar el equipo utilizado y el registro del ensayo utilizando el esclerómetro:

RESERVORIO A:

--	--

RESERVORIO B:

--	--

Fuente: Propia

Anexo 13: Plantilla de Ensayo de Resistencia del Concreto utilizando el Esclerómetro – Resultados Obtenidos.

ENSAYO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO UTILIZANDO EL ESCLERÓMETRO

UBICACIÓN :	CERRO PESQUEDA DEL DISTRITO DE TRUJILLO, PROVINCIA DE TRUJILLO - DEPARTAMENTO LA LIBERTAD		
LUGAR :	RESERVORIO "LOS GEMELOS"	MUESTRA :	CONCRETO DE RESERVORIO
FECHA :		CODIGO :	ASTM - C 805

RESULTADOS (RESERVORIO A / B): En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos del ensayo utilizando el esclerómetro:

N°	DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO	LECTURAS TOMADAS										PROM.	F'C (Kg/cm ²)
		P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6	P-7	P-8	P-9	P-10		
1	E1 - A / B												
2	E2 - A / B												
3	E3 - A / B												
4	E4 - A / B												
5	E5 - A / B												
6	E6 - A / B												
7	E7 - A / B												

LEYENDA:		LECTURA DESCARTADA
		PRUEBA CONFORME
		PRUEBA DESCARTADA

Fuente: Propia

Anexo 14: Plantilla de Ensayo de Resistencia del Concreto utilizando el Esclerómetro – Resultado Resistencia final (f'c).

ENSAYO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO UTILIZANDO EL ESCLERÓMETRO

UBICACIÓN :	CERRO PESQUEDA DEL DISTRITO DE TRUJILLO, PROVINCIA DE TRUJILLO - DEPARTAMENTO LA LIBERTAD		
LUGAR :	RESERVORIO "LOS GEMELOS"	MUESTRA :	CONCRETO DE RESERVORIO
FECHA :		CÓDIGO :	ASTM - C 805

RESISTENCIA (F'c) EN RESERVORIO A / B:

En la siguiente tabla se puede observar como se define el F'c referencial que posee el Reservoirio A / B a raíz de los resultados obtenidos del ensayo de resistencia del concreto utilizando el esclerómetro:

N°	DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO	RESISTENCIA REFERENCIAL (Kg/cm ²)	PROMEDIO RESISTENCIA REFERENCIAL (Kg/cm ²)	DESVIACIÓN ESTANDAR	RESISTENCIA FINAL (Kg/cm ²)
1	E1 - A / B				
2	E2 - A / B				
3	E3 - A / B				
4	E4 - A / B				
5	E5 - A / B				
6	E6 - A / B				
7	E7 - A / B				

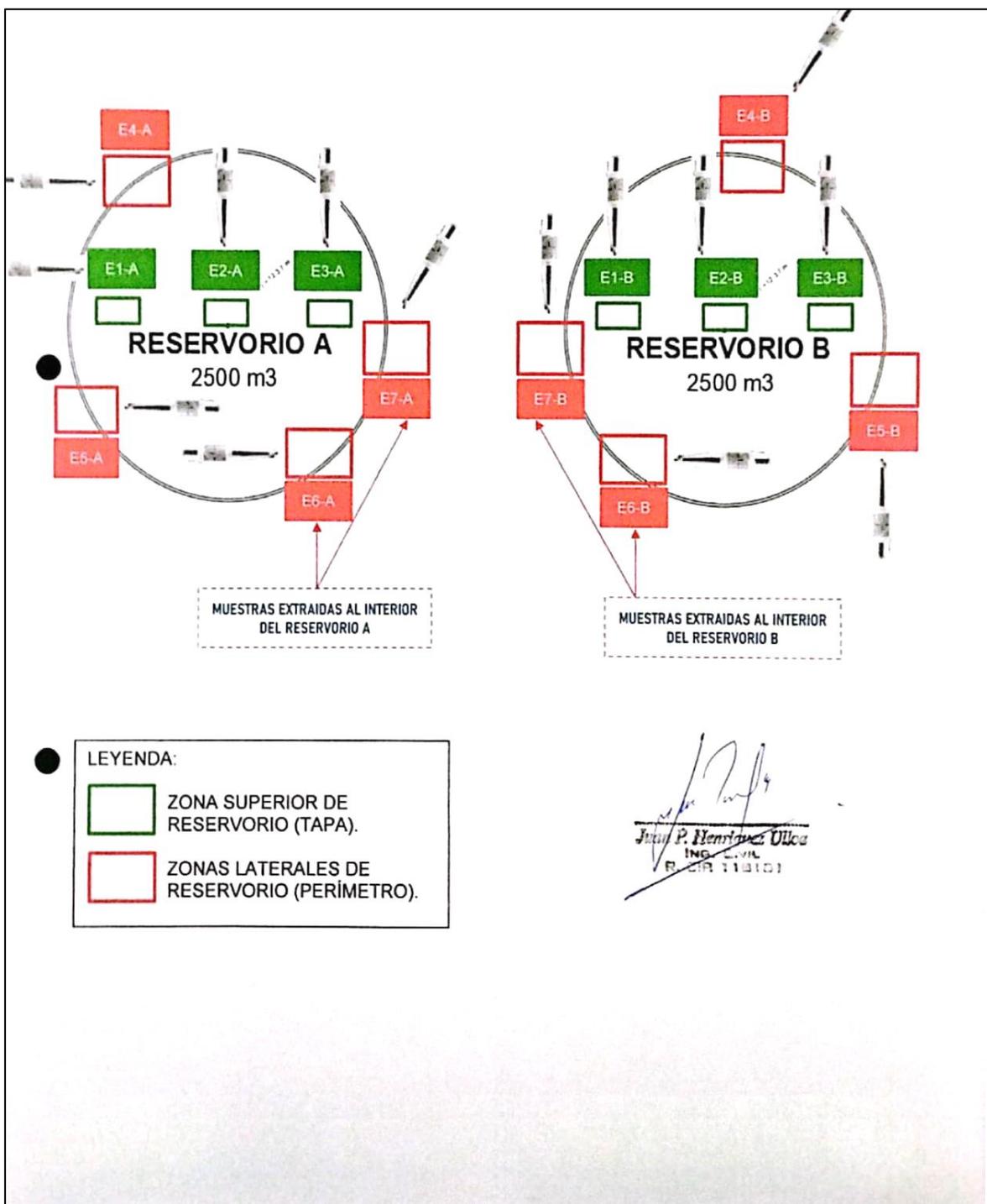
LEYENDA:



PRUEBA CONFORME
PRUEBA DESCARTADA

Fuente: Propia

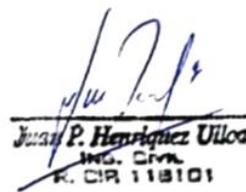
Anexo 15: Ubicación de muestras en planta del Ensayo de Esclerometría



Fuente: Informe de Esclerometría en Reservorio “Los Gemelos” otorgado por **CREAPROYECT Ingenieros.**

Anexo 16: Resultados del Ensayo de Resistencia del Concreto utilizando el Esclerómetro, firmado por el ingeniero a cargo.

ENSAYO REALIZADO A ESTRUCTURA EXISTENTE																											
N°	CODIGO	ELEMENTO ESTRUCTURAL	ÁNGULO DE IMPACTO	NÚMERO DE REBOTE (N)										PROMEDIO	DIFERENCIA DE VALORES MÁXIMOS RESPECTO AL PROMEDIO	RESISTENCIA REFERENCIAL (kg/cm2)	1ER CRITERIO: Se tiene que descartar las lecturas que difieran del promedio de las 10 lecturas por más de 6 unidades y determinar el promedio de las lecturas restantes.										2DO CRITERIO: Si más de dos lecturas difieren de este promedio por 6 unidades, desechar todas las lecturas y determinar los números del rebote en 10 nuevas ubicaciones dentro del área de ensayo.
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	E3-A	COLUMNA	0	40	44	42	40	44	40	42	40	44	48	42.4	2.40	427.00	40	44	42	40	44	40	42	40	44	48	CONFORME
2	E2-A	COLUMNA	0	38	46	38	40	40	40	40	32	40	30	40.3	7.25	394.00	38	46	38	40	40	40	40	0	40	0	CONFORME
3	E3-A	COLUMNA	0	40	38	35	40	35	40	35	43	40	34	38.0	3.00	360.00	40	38	35	40	35	40	35	43	40	34	CONFORME
4	E4-A	COLUMNA	0	35	35	34	34	37	44	42	30	32	32	33.6	1.63	263.00	35	35	34	34	37	0	0	30	32	32	CONFORME
5	E5-A	COLUMNA	0	40	32	40	40	50	40	33	33	40	42	38.5	5.50	330.00	40	0	40	40	0	40	33	33	40	42	CONFORME
6	E6-A	COLUMNA	0	30	35	32	35	30	38	38	38	31	37	34.4	4.40	273.00	30	35	32	35	30	38	38	38	31	37	CONFORME
7	E7-A	COLUMNA	0	40	45	40	41	40	40	37	40	46	45	41.4	4.40	371.00	40	45	40	41	40	40	37	40	46	45	CONFORME
8	E1-B	COLUMNA	0	40	39	40	39	40	36	38	38	36	35	38.1	7.10	324.00	40	39	40	39	40	36	38	38	36	35	CONFORME
9	E2-B	COLUMNA	0	40	35	40	36	40	30	40	40	34	34	37.7	1.67	318.00	40	35	40	36	40	0	40	40	34	34	CONFORME
10	E3-B	COLUMNA	0	30	30	40	33	32	30	36	40	33	32	32.0	2.00	274.00	30	30	0	33	32	30	36	0	33	32	CONFORME
11	E4-B	COLUMNA	0	40	42	40	40	38	40	42	36	41	40	39.9	3.30	350.00	40	42	40	40	38	40	42	36	41	40	CONFORME
12	E5-B	COLUMNA	0	38	36	40	45	42	39	37	46	46	40	40.9	4.90	364.00	38	36	40	45	42	39	37	46	46	40	CONFORME
13	E6-B	COLUMNA	0	39	48	40	40	36	38	50	44	50	38	42.3	6.30	341.00	39	48	40	40	0	38	0	44	0	38	PRUEBA DESCARTADA
14	E7-B	COLUMNA	0	40	38	40	42	46	32	36	32	42	46	39.4	7.40	346.00	40	38	40	42	0	0	36	0	42	0	PRUEBA DESCARTADA



Juan P. Henríquez Ulloa
ING. CIVIL
R. CIR 118101

Fuente: Informe de Esclerometría en Reservorio “Los Gemelos” otorgado por CREAPROYECT Ingenieros.

Anexo 17: Certificado de Calibración de equipo para ensayo de Esclerometría.



PERUTEST S.A.C.
VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA
RUC N° 20602182721

Área de Metrología
Laboratorio de Ensayos

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
PT - LD - 011 - 2023

Página 1 de 1

1. Expediente	3101-2023	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	CARDENAS RAMIREZ JHIM	
3. Dirección	URB LOS JARDINES DEL GOLF MZA 11 LOTE 14 LA LIBERTAD TRUJILLO TRUJILLO	
4. Instrumento de medición	MARTILLO PARA PRUEBA DE CONCRETO ESCLERÓMETRO	Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
Marca	NO INDICA	
Modelo	ZC3-A	
Número de Serie	ZC3A120022	
Alcance de Indicación	100 Número de Rebote	
Div. Escala / Resolución	1 Número de Rebote	
Identificación	NO INDICA	PERUTEST S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
Tipo	ANALÓGICO	
5. Fecha de Calibración	2023-08-11	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
		El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión	Jefe de Laboratorio de Metrología	Sello
2023-08-11	 JOSE ALEJANDRO FLORES MINAYA	

☎ 913 028 621 / 913 028 622
☎ 913 028 623 / 913 028 624
🌐 www.perutesi.com.pe

📍 Av. Chillón Lot 50B - Comas - Lima - Lima
✉ ventas@perutesi.com.pe
🏢 PERUTEST SAC

25


Juan P. Henríquez Ulloa
 ING. CIVIL
 R. C. 111101



Fuente: Informe de Esclerometría en Reservorio “Los Gemelos” otorgado por **CREAPROYECT Ingenieros.**

Anexo 17: Certificado de Calibración de equipo para ensayo de Esclerometría.



PERUTEST S.A.C.
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

PERUTEST S.A.C.
VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA
RUC N° 20602182721

Área de Metrología
Laboratorio de Dureza

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
PT - LD - 011 - 2023

Página 1 de 2

6. Método de Calibración

La calibración fue efectuada mediante una serie de mediciones del instrumento a calibrar en comparación con los patrones de referencia del laboratorio de calibración considerando las especificaciones requeridas en la norma internacional ASTM C 805 "Standard Test Method for Rebound Number of Hardened Concrete".

7. Lugar de calibración
Laboratorio de Dureza de PERUTEST S.A.C.
Avenida Chillón Lote 50B - Comas - Lima

8. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	23.9 °C	23.9 °C
Humedad Relativa	66 %	66 %

9. Patrones de referencia

Patrón utilizado	Certificado de calibración
Yunque de Calibración	LABORATORIO DE MATERIALES / PLUCP MAT-MAY-0555-2023

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- El yunque de calibración se colocó sobre una base rígida para obtener números de rebote confiable.
- La calibración en el yunque de calibración, no garantiza que el martillo dará lecturas repetibles en otros puntos de la escala de lectura.

11. Resultados de Medición

Número de Mediciones	Lectura Indicada del Instrumento a Calibrar
1	78.0
2	78.0
3	78.0
4	78.0
5	80.0
6	78.0
7	78.0
8	78.0
9	78.0
10	78.0
PROMEDIO	78.2
Desv. Estándar	0.63



Nota 1.- Para una mejor toma de datos se subdividió la división mínima del equipo en 2 partes.
 Nota 2.- El error máximo permitido de rebote para un esclerómetro es de 80 ± 2 , según norma internacional ASTM C805.

FIN DE DOCUMENTO

☎ 913 028 621 / 913 028 622
☎ 913 028 623 / 913 028 624
🌐 www.perutesl.com.pe

📍 Av. Chillón Lote 50B - Comas - Lima - Lima
✉ ventas@perutesl.com.pe
🏢 PERUTEST SAC

Juan P. Hernández Ulloa
ING. CIVIL
R. C. P. 15101



26

Fuente: Informe de Esclerometría en Reservoirio "Los Gemelos" otorgado por
CREAPROYECT Ingenieros.

Anexo 18: Constancia de Asesor.

Señor: Ms. Jorge A. Vega Benites
Director del Programa de Estudio de Ingeniería Civil
Asunto: Informe Final de Asesoramiento de Tesis
Fecha: Trujillo, 13 de noviembre del 2023

De conformidad con el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad, y en cumplimiento de la **Resolución de Facultad N° 1670-2023-FI-2023**, el suscrito, docente asesor de la Tesis titulada: **ESTADO ESTRUCTURAL ACTUAL DEL RESERVORIO "LOS GEMELOS" UBICADO EN EL CERRO PESQUEDA DEL DISTRITO DE TRUJILLO, PROVINCIA DE TRUJILLO – DEPARTAMENTO LA LIBERTAD, 2023**, del bachiller **RAMIREZ LANGLE, OMAR ARTURO**, cumpro con informar lo siguiente:

El Informe de Tesis cumple con el cronograma y proceso de investigación de acuerdo al proyecto de tesis, asimismo informe que la tesis reúne la calidad académica exigida por el Programa de Estudio de Ingeniería Civil.

Asimismo, adjunto al presente el reporte de coincidencias generado con el software Anti plagio Turnitin firmado por el suscrito, precisando que no supera el 20%.

Atentamente,



DOCENTE ASESOR
Ing. Merino Martinez, Marcelo Edmundo
Registro CIP: 77111

Fuente: Informe Final de Asesoramiento.