



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL INGENIERÍA CIVIL**

Diseño de un reservorio apoyado de concreto armado mediante los métodos de elementos finitos y Portland Cement Association, provincia de Huaral –
Lima, 2018

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Civil

AUTORA:

Br. Cruz Rojas, Carla

ASESOR:

Mag. Ing. Enrique Huaroto Casquillas

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Obras Hidráulicas y Saneamiento

Lima – Perú

2018

Página del Jurado

Dedicatoria

A Dios, por guiarme y bendecirme en todo momento

A mis padres Hugo y Flor, por su apoyo incondicional

A mis hermanas Milagros, Evelyn y Pilar

A mi esposo Carlos, por su amor, cariño y apoyo

A mis hijos Elia y Santiago, por ser el motor y motivo de mi superación.

Agradecimiento

La autora expresa su profundo agradecimiento a las personas que aportaron con sus críticas constructivas, valiosas sugerencias, apoyo intelectual y moral para concretar la presente tesis.

Al Dr. César Acuña Peralta, fundador de la Universidad “CÉSAR VALLEJO”, gratitud eterna por darme la oportunidad de realizar mis estudios de Licenciatura.

A mi asesor de tesis Mag. Ing. Enrique Huaroto Casquillas, por la disposición, colaboración y valiosos aportes durante la formulación de la presente Tesis.

A mis padres Hugo Cruz y Flor Rojas, por demostrarme su gran ejemplo de superación y trabajo, por su ayuda moral y económica en toda mi trayectoria académica, he logrado cumplir satisfactoriamente uno de mis objetivos trazados.

A mi amado esposo y compañero de vida, Carlos La Rosa, por su amor, comprensión y apoyo para poder concluir mis estudios superiores.

A mis hijos Elia y Santiago, por ser la razón de mi sacrificio y por todas las alegrías brindadas día a día.

A todos ellos, infinitas gracias.

La autora.

Declaratoria de Autenticidad

Yo, Carla Cruz Rojas, estudiante de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, identificada con DNI 76526260, con tesis titulada “Diseño de un Reservorio Apoyado de Concreto Armado mediante los métodos de Elementos Finitos y Portland Cement Association, provincia de Huaral – Lima, 2018”.

Declaro bajo juramento que:

- 1) La tesis es de mi autoría.
- 2) Se ha respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas. Por lo tanto, la tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente.
- 3) La tesis no ha sido autoplagiada; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
- 4) Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseadas, ni duplicados, ni copiados y por lo tanto los resultados que se presentan en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De identificarse la falta de fraude (datos falsos), plagio (información sin citar autores), autoplagio (presentar como nuevo algún trabajo de investigación propio que ya ha sido publicado), piratería (uso ilegal de información ajena) o falsificación (representar falsamente las ideas de otros), asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normalidad vigente de la Universidad César Vallejo.

Los Olivos, 05 de Diciembre del 2018.



Cruz Rojas, Carla

DNI 76526260

Presentación

Señores miembros del Jurado, se presenta ante ustedes la Tesis titulada: “Diseño de un Reservorio Apoyado de Concreto Armado mediante los Métodos de Elementos Finitos y Portland Cement Association, provincia de Huaral – Lima, 2018”, con la finalidad de plantear y reconocer el método más favorable para el Diseño de un Reservorio Apoyado de concreto armado, en cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo para obtener el título profesional de Ingeniero Civil. Los resultados que se han obtenido durante el proceso de investigación representan, a parte de un modesto esfuerzo, evidencias donde se ha verificado que el Diseño de Reservorio Apoyado de concreto armado mediante el Método de Elementos Finitos (MEF) es el más favorable con respecto al Método de Portland Cement Association.

Esperando cumplir con los requisitos de aprobación.

La autora.

ÍNDICE

Carátula.....	i
Página del Jurado.....	ii
Dedicatoria.....	iii
Agradecimiento	iv
Declaratoria de Autenticidad	v
Presentación.....	vi
Índice	vii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Realidad Problemática	2
1.2. Trabajos Previos	3
1.3. Teorías relacionadas al Tema	7
1.3.1. Reservorios Apoyados de Concreto Armado.....	7
1.3.1.1. Periodo de diseño	8
1.3.1.2. Geometría del reservorio.....	9
1.3.1.3. Caudales de diseño	9
1.3.1.4. Capacidad del Reservorio	9
1.3.1.5. Cálculo de población de diseño.....	10
1.3.1.6. Tipo de Reservorio.....	10
1.3.1.7. Ubicación del Reservorio	10
1.3.2. Método de Portland Cement Association (PCA).....	10
1.3.3. Método de Elementos Finitos (MEF)	14
1.3.4. Método de las secciones	15
1.3.5. Softwares de diseño	15
1.4. Formulación del Problema.....	16
1.4.1. Problema general	16
1.4.2. Problemas específicos	16
1.5. Justificación del estudio	16
1.5.1. Por el beneficio	16
1.5.2. Por el resultado	16
1.5.3. Por la viabilidad	17

1.6. Hipótesis	17
1.6.1. Hipótesis general.....	17
1.6.2. Hipótesis específicas	17
1.7. Objetivos.....	17
1.7.1. Objetivo general.....	17
1.7.2. Objetivos específicos	17
II. MARCO METODOLÓGICO	
2.1. Diseño, Tipo y Nivel de Investigación	20
2.1.1. Diseño de Investigación.....	20
2.1.2. Tipo de Investigación.....	20
2.1.3. Nivel de Investigación	21
2.2. Variables, Operacionalización	21
2.2.1. Variable 1 (independiente): Aplicación de Métodos de Diseño Estructural	21
2.2.2. Variable 2 (dependiente): Reservorio de C°A° apoyado	22
2.2.3 Operacionalización de variable	23
2.3. Población y Muestra	24
2.3.1. Población.....	25
2.3.2. Muestra	25
2.3.3 Tipo de Muestreo	25
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	25
2.4.1 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	25
2.4.1.1 Técnicas de investigación	25
2.4.1.2. Instrumentos de recolección de datos	26
2.4.2 Validez	27
2.4.3 Confiabilidad	28
2.5. Método de análisis de datos	28
2.6. Aspectos Éticos	28
III. RESULTADOS	
3.1. Memoria Descriptiva del Proyecto	30
3.1.1. Ubicación	30
3.1.2. Topografía.....	30
3.1.3. Condiciones Climáticas	30

3.1.4. Criterios de Diseño	31
3.2. Memoria de Cálculo	32
3.2.1. Parámetros de diseño	32
3.2.1.1. Cálculo de Población Futura	32
3.2.1.2. Periodo de diseño: K1	32
3.2.1.3. Coeficiente de Crecimiento anual (r)	33
3.2.2. Cálculo de la demanda de agua.....	34
3.2.2.1. Determinación de la dotación.....	34
3.2.2.2. Variaciones periódicas	34
3.2.2.3. Demanda de Almacenamiento de Agua	35
3.3. Diseño de Cúpula	36
3.3.1. Esfuerzo Unitario de Compresión	37
3.3.2. Armadura de la Cúpula	37
3.4. Método de Portland Cement Association	38
3.4.1. Diseño de las paredes del reservorio	38
3.4.1.1. Determinación del E. Anular a lo largo de la pared	39
3.4.1.2. Determinación del E. a Flexión a lo largo de la pared	41
3.4.1.3. Determinación del E. Cortante a lo largo de la pared	43
3.5. Método de Elementos Finitos.....	46
3.5.1. Diseño de las paredes del reservorio.....	46
3.5.1.1. Determinación de la masa de la estructura cuando el agua alcanza la altura estática máxima	46
3.5.1.2. Determinación de las alturas a las que se encuentran los resortes de las masas impulsivas y convectiva	47
3.5.1.3. Determinación de la Rigidez del resorte de la masa convectiva	48
3.5.2. Obtención de los Resultados en el Programa SAP2000	55
3.5.2.1. Determinación del Esfuerzo Anular.....	55
3.5.2.2. Determinación del Esfuerzo a Flexión	57
3.5.2.3. Determinación del Esfuerzo Cortante	59
3.6. Diseño de Losa de Fondo	61
3.7. Resultados del Diseño de Reservorio Apoyado por el Método de Portland Cement Association (PCA).....	62

3.8. Resultados del Diseño de Reservorio Apoyado por el Método de Elementos Finitos (MEF).....	65
3.9. Comparación de Resultados de ambos Métodos	68
3.9.1. Análisis de los Esfuerzos Promedios	68
3.9.1.1. Comparación del Esfuerzo Anular Promedio	68
3.9.1.2. Comparación del Esfuerzo a Flexión Promedio.....	68
3.9.1.3. Comparación del Esfuerzo Cortante Promedio.....	69
3.9.2. Análisis de Esfuerzos Mínimos	70
3.10. Resultados de ambos Métodos – Costos	71
IV. DISCUSIÓN	74
V. CONCLUSIONES	77
VI. RECOMENDACIONES	80
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	82
ANEXOS	
Anexo N° 1: Matriz de Consistencia	88
Anexo N° 2: Formato N° 01: Recolección de datos de Campo	89
Anexo N° 2: Formato N° 02: Técnica en el Método de Diseño.....	90
Anexo N° 2: Formato N° 03: Costo del Diseño del reservorio	91
Anexo N° 3: Planos del proyecto	92
Anexo N° 4: Estudio de Suelos	97
Anexo N° 5: Fotografías.....	105
Anexo N° 6: Documentos.....	108

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Operacionalización de variable independiente</i>	23
Tabla 2. <i>Operacionalización de variable dependiente</i>	24
Tabla 3. <i>Instrumentos de Medición</i>	27
Tabla 4. <i>Población</i>	32
Tabla 5. <i>Periodo de diseño recomendado para poblaciones rurales</i>	33
Tabla 6. <i>Periodo de diseño recomendado según la población</i>	33
Tabla 7. <i>Para centros poblados sin proyección de servicios de alcantarillado</i>	34
Tabla 8. <i>Para centros poblados con proyección de servicios de alcantarillado</i>	34
Tabla 9. <i>Interpolación de la Tabla 1 del PCA para el Esfuerzo Anular</i>	38
Tabla 10. <i>Interpolación de la Tabla 7 del PCA para el Esfuerzo a Flexión</i>	38
Tabla 11. <i>Interpolación de la Tabla 16 del PCA para el Esfuerzo a Cortante Máximo</i>	39
Tabla 12. <i>Cálculo del Esfuerzo Anular PCA</i>	39
Tabla 13. <i>Cálculo del Esfuerzo a Flexión PCA</i>	41
Tabla 14. <i>Cálculo de las Reacciones Ra y Rb</i>	44
Tabla 15. <i>Cálculo del Esfuerzo Cortante PCA</i>	44
Tabla 16. <i>Distribución de la Rigidez Convectiva</i>	49
Tabla 17. <i>Factores de Zona (Z)</i>	51
Tabla 18. <i>Factor de Importancia (Uso del tanque)</i>	51
Tabla 19. <i>Parámetros del suelo</i>	52
Tabla 20. <i>Factores de Modificación de Respuesta</i>	52
Tabla 21. <i>Cálculo para el Espectro de Pseudoaceleración</i>	53
Tabla 22. <i>Cálculo del Esfuerzo Anular SAP2000</i>	56
Tabla 23. <i>Cálculo del Esfuerzo a Flexión SAP2000</i>	58
Tabla 24. <i>Cálculo del Esfuerzo Cortante SAP2000</i>	60
Tabla 25. <i>Cargas de Diseño</i>	63
Tabla 26. <i>Comparación del Esfuerzo Anular Promedio</i>	68
Tabla 27. <i>Comparación del Esfuerzo a Flexión Promedio</i>	69
Tabla 28. <i>Comparación del Esfuerzo Cortante Promedio</i>	70
Tabla 29. <i>Comparación de Esfuerzos Máximos</i>	71
Tabla 30. <i>Comparación de Costos</i>	73

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Los procesos del Diseño Estructural	2
<i>Figura 2.</i> Reservorio Apoyado Circular de Concreto Armado	8
<i>Figura 3.</i> Reservorio Apoyado Rectangular de Concreto Armado	8
<i>Figura 4.</i> Esquema para una Investigación Comparativa.....	21
<i>Figura 5.</i> Imagen satelital del Centro Poblado.....	30
<i>Figura 6.</i> Diagrama del Esfuerzo Anular M. PCA.....	40
<i>Figura 7.</i> Diagrama del Esfuerzo a Flexión M. PCA.....	42
<i>Figura 8.</i> Diagrama del Esfuerzo Cortante M. PCA	45
<i>Figura 9.</i> Espectro de Pseudoaceleración	54
<i>Figura 10.</i> Esfuerzo Anular en SAP2000.....	55
<i>Figura 11.</i> Diagrama del Esfuerzo Anular MEF.....	56
<i>Figura 12.</i> Esfuerzo a Flexión en SAP2000.....	57
<i>Figura 13.</i> Diagrama del Esfuerzo a Flexión MEF	58
<i>Figura 14.</i> Esfuerzo Cortante en SAP2000	59
<i>Figura 15.</i> Diagrama del Esfuerzo a Flexión M.E.F.....	60
<i>Figura 16.</i> Diagrama del Esfuerzo Anular, Método de PCA	63
<i>Figura 17.</i> Diagrama del Esfuerzo a Flexión, Método de PCA	64
<i>Figura 18.</i> Diagrama del Esfuerzo Cortante, Método de PCA	65
<i>Figura 19.</i> Esfuerzo Anular – MEF.....	66
<i>Figura 20.</i> Esfuerzo a Flexión – MEF.....	66
<i>Figura 21.</i> Esfuerzo Cortante – MEF.....	67
<i>Figura 22.</i> Vista Panorámica del C. P. Santísima Cruz de Sacachispa.....	106
<i>Figura 23.</i> Vista del lugar donde se ubicará el Reservorio	106
<i>Figura 24.</i> Toma de puntos con GPS	107
<i>Figura 25.</i> Toma de muestras para Estudio de Suelos	107

RESUMEN

El estudio se aborda con el enfoque de Pavón (2001) quien define que, el propósito del diseño es el de lograr una probabilidad aceptable de que la estructura que se vaya a construir no sufra deterioro alguno, de tal suerte que éstos demeriten el uso para el cual fue destinada o que inclusive pudiesen provocar el colapso de la misma, y para la variable 2 se basa en el enfoque de la Organización Panamericana de Salud OPS (2004), quien sostiene que los depósitos para almacenar agua se diseñan y construyen para llevar a cabo procesos similares, tales como almacenamiento, sedimentación, filtración, etc., por lo que, desde el punto de vista hidráulico son parecidos y como consecuencia, las condiciones de carga y el diseño estructural son similares. El objetivo fue el siguiente: plantear y reconocer un método favorable para el diseño de un reservorio apoyado de concreto armado. El método que se empleó durante el proceso investigativo fue el hipotético deductivo. Los principales resultados fueron: el Método de Elementos Finitos ofrece una aproximación mucho más real con respecto al Método de Portland Cement Association, en cuanto al cálculo de acciones mecánicas de un Reservorio Circular Apoyado de Concreto Armado. La conclusión a la que se llegó fue: el resultado que se ha obtenido durante el proceso investigativo determina que, al comparar ambos Métodos de Diseño, el Método de Elementos Finitos es más favorable que el Método de Portland Cement Association, por ser más exacto al considerar acciones mecánicas como la fuerza sísmica, fuerza de inercia, vibración de la estructura y chapoteo del agua, que al no ser consideradas, producirían el colapso de la estructura.

Palabras claves: Reservorios Apoyados, Portland Cement Association, Elementos Finitos.

ABSTRACT

The study is approached with the approach of Pavón (2001) who defines that, the purpose of the design is to achieve an acceptable probability that the structure to be built does not suffer any deterioration, in such a way that they demerit the use for which was intended or that could even lead to the collapse of it, and variable 2 is based on the approach of the Pan American Health Organization (PAHO) (2004), who argues that water storage tanks are designed and constructed to carry out similar processes, such as storage, sedimentation, filtration, etc., so, from the hydraulic point of view they are similar and as a consequence, the loading conditions and the structural design are similar. The objective was the following: to propose and recognize a favorable method for the design of a reinforced concrete reinforced reservoir. The method used during the investigative process was the hypothetical deductive. The main results were: The Finite Element Method offers a much more realistic approach with respect to the Portland Cement Association Method, in terms of calculating the mechanical actions of a Circular Reservoir supported by Reinforced Concrete. The conclusion reached was: the result that has been obtained during the research process determines that when comparing both Design Methods, the Finite Element Method is more favorable than the Portland Cement Association Method, because it is more accurate when considering mechanical actions such as seismic force, inertial force, vibration of the structure and splash of water, which, when not considered, would produce the collapse of the structure.

Keywords: Supported Reservoirs, Portland Cement Association, Finite Elements.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad Problemática

En diversos países, con el propósito de obtener una mayor exactitud en el diseño y análisis de estructuras diversas, se han implementado nuevas normas y metodologías, para así garantizar estructuras más seguras empleando también las facilidades que nos brinda la tecnología hoy en día.

Actualmente el Perú, no tiene un reglamento o norma específica que permita el diseño de estructuras de almacenamiento de agua, que tengan la capacidad de resistir ante algún evento importante, aunque se hallan algunos intentos que toman como referencia a los métodos internacionales, donde sólo consideran las acciones estáticas en el diseño de estas estructuras.

Según Bernal (2009, p. 12) indica que: “El proyectista desarrolla diversas actividades, siendo una de ellas el diseño estructural, para así determinar detalladamente la forma, dimensión y características de una determinada estructura”.

El autor manifiesta que, las características de un sistema se limitan en el diseño, el cual es considerado como un proceso creativo, de manera que se cumplan con sus objetivos en forma óptima. Las partes fundamentales para un buen diseño estructural se consideran tres aspectos que a continuación se detalla:



Figura 1. Los procesos del Diseño Estructural (Fuente: Bernal, 2009, p. 13).

Los reservorios, deben ser diseñados para ser más económicos, resistentes, durables e impermeables, ya que es de vital importancia satisfacer las necesidades básicas de una población, tales como: almacenamiento, abastecimiento y conducción del agua.

Por lo que, contar con un método de diseño adecuado para reservorios tipo apoyado de concreto armado, lograría que la estructura a construir tenga la probabilidad de no sufrir alguna falla o deterioro. Si bien es cierto, para este propósito son necesarias las buenas y adecuadas prácticas constructivas, también influye que los materiales a emplearse tengan la calidad especificada.

Existen varios métodos de diseño, los cuales dos de ellos serán materia de estudio en la presente tesis:

- Método de Portland Cement Association (PCA), basado en la Teoría de la Estática.
- Método de Elementos Finitos (MEF), basado en la Teoría Dinámica.

Por otro lado, al minimizar los costos de diseño estructural de un reservorio, favorecería a que el Gobierno Central, financie la elaboración y ejecución del proyecto, con la finalidad de salvaguardar el tesoro público de manera racional, óptima, y sobre la base de una adecuada programación.

Asimismo, el material en estudio es el concreto armado ya que, garantiza como material de construcción, requisitos que anteceden la obtención de reservorios funcionales, y también por tener un fácil manejo constructivo, el cual hace que exista mayor disponibilidad de mano de obra.

En la ingeniería civil, los reservorios cumplen diversas funciones, los cuales buscan contribuir en el mejoramiento del medio ambiente, para así satisfacer necesidades básicas requeridas por los seres humanos, plantas y animales. Ya sea de, abastecimiento y almacenamiento de agua potable, agua de riego o con fines recreativos y/o deportivos.

1.2 Trabajos previos

Respecto a los estudios internacionales, se detallan algunos de los hallazgos importantes a continuación:

Arévalo y Barahona (2013) en su tesis titulada: “*Diseño comparativo de tanques para el almacenamiento de agua de hormigón armado, enterrados hasta el nivel de la tapa*”.

La finalidad de la investigación mencionada, era realizar una comparación en el diseño estructural de dos tanques de agua (muros, tapas y cimentaciones), con diferentes capacidades, pero con igual espesor, mediante los métodos de: Seccionamiento, Portland Cement Association o PCA y Elementos finitos utilizando el programa SAP2000. Se consideró el mismo nivel freático, contenido, tipo de suelo y cargas sobre la estructura debido a que se produce un flujo de tránsito, donde se obtuvo las cargas hidráulicas, empujes de suelos y cargas de tránsito similares. Luego, se realizó un análisis y se compararon las hipótesis correspondientes a los refuerzos, precios y métodos para cada caso, concluyendo que, el método de seccionamiento es el más recomendado para tanques profundos, que tienen gran capacidad y que están enterrados hasta la altura de la tapa, consiguiendo así un mayor ahorro, mientras que, para aquellos tanques de son largos, que tienen poca capacidad y que están enterrados hasta el nivel de la tapa, el método más recomendado para su diseño, es el Método de Portland Cement Association o softwares de diseño en computadoras.

López y Sánchez (2011) en su tesis titulada: “*Diseño de Cisternas de Ferro-Cemento, análisis económico, constructivo y cualitativo ante Cisternas de Hormigón Armado y Cisternas Plásticas*”.

La investigación consistió en evaluar diferentes alternativas de tipos de cisternas, analizando sus costos para implementarlas en pequeñas comunidades; donde se obtuvo como conclusión que: la alternativa más adecuada es el tanque de ferrocemento, brindando una tecnología propicia al utilizar materiales de calidad y que se pueden obtener fácilmente. Se realizó el modelamiento en el Software SAP2000, para determinar los esfuerzos en ambos tanques y dado a que el refuerzo tiene un área superficial mayor el cual proporciona una mayor resistencia a la tracción y una distribución de separación menor, impidiendo aparición de grietas, que usualmente están presentes en estructuras de concreto armado, ya que, en obras de almacenamiento de agua, la impermeabilidad es una característica fundamental.

Nieto y Zhañay (2011) en su tesis titulada: “*Diseño de un tanque apoyado de Ferro-Cemento para la comunidad de Santa Rosa de Chichin, perteneciente a la Parroquia Jacán del Cantón Gualaceo*”.

La investigación se centró en un proyecto de abastecimiento de agua teniendo como conclusión que, con la debida aplicación de las normas establecidas investigadas, se Para evitar el sobredimensionamiento y gastos económicos innecesarios, se deben aplicar correctamente las normas establecidas investigadas, de manera que se dimensione la estructura de acuerdo a la realidad del medio donde ejecutará el proyecto. Peor aún, obtener dimensiones menores a las solicitadas para que las necesidades básicas requeridas por la población sean cubiertas, convirtiéndose en inadecuada y poco funcional. Por otro lado, los programas virtuales tienen éxito debido a que nos permiten tener resultados de manera rápida, siendo importante que los modelos sean plasmados a los sucesos y efectos de la realidad.

Portillo (2009) en su trabajo de graduación titulado: *“Análisis y Diseño para estructuras de hormigón armado en tanques elevados”*.

La finalidad de esta investigación fue analizar los conceptos básicos de forma general de construcciones en relación a ese tipo de estructuras, teniendo en cuenta las fuerzas sísmicas, la altura de la torre y el volumen de almacenamiento. Dicho análisis y diseño estructural se desarrolló en base a reglamentos y normas de construcción establecidas en Guatemala considerado como un país de alto nivel sísmico, como son: las normas del Instituto Americano del Concreto (ACI 318 – 05) Código Internacional de la Construcción (IBC – 2003), Código Uniforme de Edificación (UBC 97) y otros. En conclusión, se realizó una comparación en el diseño, donde se determinó la relación entre beneficio y utilidad en el diseño y construcción de un tanque de almacenamiento de agua tipo elevado.

Vidal (2007) en su tesis titulada: *“Diseño sísmico de un estanque de hormigón armado. Comparación del código norteamericano y las recomendaciones neozelandesas”*.

La investigación tuvo como finalidad el estudio del comportamiento dinámico de un estanque apoyado sobre el suelo de hormigón armado, de geometría circular, verticalmente dispuestos, para almacenamiento de líquido, utilizando varios tipos de análisis: modal espectral con modelos mecánico equivalente, modal espectral con modelos de Elementos Finitos y estático, haciendo la verificación de que las normas y recomendaciones sean equivalentes y adecuadas, a través de la comparación de resultados.

Respecto a los estudios nacionales, se detallan algunos de los hallazgos importantes a continuación:

Carrión y Corpus (2015) en su tesis titulada: “*Procedimiento de Diseño Estructural de un Reservorio Circular Apoyado de Concreto Armado cumpliendo los Parámetros de la Propuesta de Norma E030 2014 para la Zona de Cajamarquilla*”.

La investigación da conocer que, para diseñar estructuralmente un reservorio de concreto armado de forma circular, se adoptan diversas normas y métodos extranjeros, donde se obtienen resultados diferentes. Sin embargo, se ha creado una incertidumbre con la modificación del RNE (Reglamento Nacional de Edificaciones), al hacer variaciones en las normas E.020, E.030, E.050 y E.060, los cuales dan parámetros diferentes que deben ser verificados para lograr procedimientos que puedan ser utilizados sin ningún inconveniente en los diseños de reservorios de forma circular en el Perú.

Challco (2012) en su tesis titulada: “*Análisis y Diseño de Reservorios Circulares de Cº Aº Mediante los Métodos de Elementos Finitos y PCA en la Ciudad de Puno*”.

El objetivo de la investigación fue comparar dos métodos de diseño de reservorio circular de concreto armado, el de Portland Cement Association o PCA y el de Elementos Finitos, para así determinar el comportamiento de reservorios. El diseño estructural se realizó por la filosofía de resistencia última, donde se consideraron sus principales elementos: cúpula, pared circular, viga anular, cimentación anular y losa de cimentación. Finalmente, la metodología desarrollada para el análisis de reservorios circulares apoyados mediante los Métodos de Elementos Finitos y Portland Cement Association, son ampliamente aplicadas en el mundo con resultados óptimos.

Mantilla (2018) en su tesis titulada: “*Comportamiento sísmico de reservorio apoyados de concreto armado de sección circular y rectangular*”.

La investigación tuvo como objetivo analizar y comparar cómo se comportan sísmicamente los reservorios apoyados de sección rectangular y circular de capacidad de 500 m³, construidos de concreto armado. Se evaluó el comportamiento de cada reservorio y siguiendo las recomendaciones del código ACI 350, nos indica que para controlar el agrietamiento se combinaron dichas cargas reemplazando los coeficientes de cada combinación por un factor de durabilidad sanitaria. Posterior a ello, los esfuerzos a los que se encuentran sometidos los reservorios fueron plasmados en el programa virtual, tales como: E. Tensión Anular, Fuerza Cortante, Flexión y desplazamientos, los cuales se consideraron para el análisis y comparación, teniendo como conclusión que, ante un

movimiento sísmico, los reservorios apoyados tienden a tener un comportamiento mejor cuando son elaborados con concreto armado y de geometría circular.

Martos (2013) en su tesis titulada: *“Evaluación de los Esfuerzos de un Reservorio Circular entre el Método Estático y el Método Dinámico del Diseño Sismorresistente”*.

La investigación tuvo como resultado la comparación del Método Estático de Portland Cement Association (PCA) versus el Método Dinámico, obteniendo como resultado que, cuando se emplea el Método estático con respecto al Método Dinámico, los esfuerzo a flexión, anular y cortante negativo fueron mayores, no obstante, para el caso del cortante positivo se desarrolló a la inversa. Obteniendo como resultado final que, entre ambos métodos existen diferencias importantes, siendo el Método Dinámico el que más se acerca a la exactitud en las acciones mecánicas, las cuales no se observaron en el Método Estático, las consideradas para el diseño de reservorios circular, como la fuerza de inercia, fuerza sísmica, la vibración de la estructura y el chapoteo del agua, que de no ser consideradas en el diseño del reservorio podrían producir el derrumbe total o parcial de toda la estructura durante un Sismo de Trascendental Magnitud.

Tinoco (2014) en su tesis titulada: *“Comparación del comportamiento estructural y costo de un reservorio circular de ferrocemento y uno de concreto armado”*.

La investigación se basó en analizar cómo se comporta estructuralmente un reservorio de geometría circular de concreto armado versus uno de ferrocemento, el cual determina que, en el análisis, por tener una mayor resistencia a los esfuerzos generados por las múltiples combinaciones, el reservorio elaborado de concreto armado, se comporta estructuralmente mejor. Asimismo, cuando realizamos el análisis de costos, el reservorio de ferrocemento es menos costoso que un reservorio de concreto armado, ya que este último supera en 25% al otro, debido al tipo y cantidad del material a emplear en la construcción de estas estructuras.

1.3 Teorías relacionadas al tema

1.3.1 Reservorios Apoyados de Concreto Armado

Para la Comisión Nacional del Agua (2007, p. 10):

Los reservorios apoyados de forma circular o rectangular, son cimentados específicamente sobre la superficie del suelo. Para utilizar este tipo de reservorios es importante que el terreno a construir, sea capaz de soportar las diversas cargas a

imponer, sin que sufra deformación relevante alguna. Asimismo, el reservorio debe contar con cierta altura con la finalidad de contar con una adecuada carga de presión hidrostática para la descarga del líquido. Este tipo de reservorio, tiene como ventaja su fácil mantenimiento, ya que es más sencillo de efectuar, así como también la instalación, operación y mantenimiento de las tuberías de entrada y salida.



Figura 2. Reservorio Apoyado de C° A° de forma circular (Fuente: <https://goo.gl/k2B7uq>.)

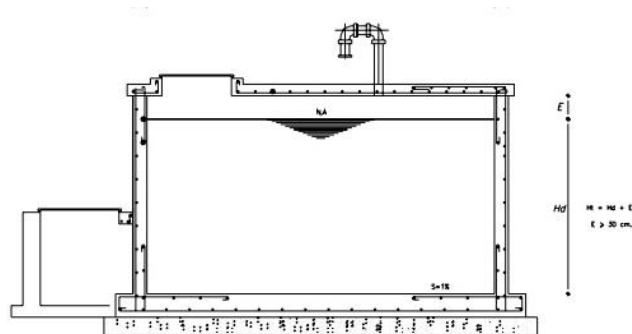


Figura 3. Reservorio Apoyado de C° A° de forma rectangular (Fuente: <https://goo.gl/iQJxr8>)

1.3.1.1 Período de diseño:

En la determinación del tiempo, al intervenir una serie de variables debe ser considerado como un sistema funcional, las cuales deben pasar por una evaluación para así generar una viabilidad económica del proyecto. Por ello, se define al periodo de diseño a aquel tiempo en el cual su sistema es eficiente al 100%, debido a las instalaciones físicas existentes o por la conducción de la capacidad del gasto esperado. Se considerarán los factores siguientes:

- Vida útil o la durabilidad de las instalaciones
- Predisposición al crecimiento de la población

- Posibilidad de aumento o sustitución
- Factibilidad de construcción y
- Financiamiento para el estudio y ejecución del proyecto

Sin embargo, la norma general para centros poblados rurales para el diseño de infraestructura de agua y saneamiento recomienda 20 años como período de diseño.

1.3.1.2 Geometría del Reservorio

La geometría es fundamental ya que, según ello se establecen los criterios para el Diseño del Reservorio. Los reservorios apoyados generalmente son: Rectangulares o Circulares, con tapa losa o cúpula.

1.3.1.3 Caudal de diseño

Es fundamental que un Reservorio se diseñe para asegurar que el sistema funcione hidráulicamente bien y que el servicio brinde un mantenimiento válido, en base a la cantidad de agua que requiera la población en estudio, en proyección a su crecimiento y rendimiento aceptable de la fuente. Se requerirá el diseño de un reservorio, cuando el rendimiento aceptable de la fuente es menor al gasto máximo horario (Q_{mh}). Sin embargo, si la fuente tiene un rendimiento mayor al Q_{mh} no se considerará en el diseño, debiendo asegurar un diámetro adecuado para conducir el caudal en la línea de conducción sin ningún inconveniente, el cual cubra la necesidad de consumo de agua de la población. Cabe resaltar que, para algunos proyectos, la utilización de menor diámetro en las tuberías de la línea de conducción y construir un reservorio de almacenamiento, resulta más económico.

1.3.1.4 Capacidad del Reservorio

Se deben considerar estos dos aspectos para el cálculo de la capacidad del reservorio:

- En la línea de conducción: los eventuales desperfectos.
- Compensar las variaciones de consumo horario

Asimismo, se debe considerar que el reservorio debe funcionar como parte del sistema y también se debe tener en cuenta la compensación de las variaciones horarias, previsión de reservas para cubrir daños e interrupciones en la línea de conducción, emergencia para incendios.

El diseño de un reservorio debe tomar en cuenta que la demanda máxima producida en el momento del consumo, sea compensada en su totalidad, ante alguna variación que sea registrada del consumo del agua en todas las horas del día. En caso ocurrieran daños en la línea de conducción, en la cual afecte y genere pérdidas en el suministro del agua, se sugiere adicionar un volumen razonable para así asegurar que el agua se conduzca hasta el reservorio y se restablezca, cuando se realicen las reparaciones necesarias.

1.3.1.5 Cálculo de población de diseño

Para la determinación de la población futura, se deben considerar criterios apropiados debidamente sustentados que reflejen el crecimiento poblacional, tales como: datos censales, proyecciones oficiales u otras fuentes.

1.3.1.6 Tipo de Reservorio

La construcción de reservorios de tipo apoyado para el abastecimiento de agua potable en poblaciones rurales, resulta económica y tradicional, ya sea de forma circular o cuadrada con capacidades medianas y pequeñas.

1.3.1.7 Ubicación del Reservorio

Para escoger la ubicación de un reservorio, debe considerarse la topografía de la zona y donde se ubica la fuente de agua. En la mayoría de casos, la ubicación se determina porque es necesario y provechoso que la presión de la red de agua esté dentro de los parámetros de servicio, el cual debe garantizar que en las viviendas más bajas tengan presiones máximas y en las viviendas de la parte superior, presiones mínimas.

Los proyectos desarrollados en zonas rurales y/o centros poblados, de agua potable, diseñan reservorios de cabecera y por gravedad. Usualmente, en los centros poblados se suele ubicar al reservorio en la parte de mayor elevación, y lo más cerca posible, debiendo priorizar el criterio de ubicación y considerando el acontecimiento de algún desastre natural.

1.3.2 Método de Portland Cement Association (PCA)

El método de Portland Cement Association (PCA), fue desarrollado por los consultores de la Asociación de Cemento Portland de Worthington, Ohio, de nombre Domel y Gogate, en 1943, utilizando la Teoría de la Elasticidad para el análisis estructural. El método surgió en dicha época, debido a la construcción masiva de reservorios en los EE.UU., ya que, por

ser muy complejo matemáticamente, su desarrollo era bastante prolongado y no se contaba con el tiempo suficiente para el desarrollo del análisis estructural. Por lo que, los Señores Domel y Gogate, desarrollaron tablas para diversas situaciones y dimensiones de reservorios apoyados, con condiciones diferentes de apoyo y carga.

Para el cálculo de tensiones y momentos flectores, el análisis estructural es calculado mediante coeficientes determinados, los mismos que son encontrados en ábacos del Apéndice de la publicación de Circular Concrete Tanks Without Prestressing y Rectangular Concrete Tanks Without Prestressing, de acuerdo a las condiciones de borde, las que se dividen de la siguiente manera:

- Muro con la base móvil y el borde libre con carga triangular.
- Muro con la base empotrada y el borde libre con carga triangular.
- Muro con la fuerza aplicada en el borde.
- Muro con la base móvil, borde libre y la carga trapezoidal.
- Muro con el momento aplicado en el borde.
- Muro con la fuerza aplicada en la base.
- Muro con el momento aplicado en el base.

El procedimiento en los casos mencionados, para determinar los momentos flectores, tensión radial y fuerza cortante, son similares, con la variación de los coeficientes, ya que para cada condición de borde se utiliza un ábaco diferente y también en la forma del reservorio, ya sea circular o rectangular. El procedimiento se detalla a continuación:

a) Cálculo de la pared cilíndrica para reservorios de forma circular:

- Tensión horizontal

Mediante la fórmula siguiente se obtendrá la tensión, con la tabla del PCA:

$$T = HCWR \quad (1.1)$$

El valor de “C” se obtiene de la tabla I del PCA, mediante la siguiente relación:

$$H^2/Dt \quad (1.2)$$

Dónde:

H: Altura total de reservorio

C: Coeficiente

W: Peso del agua
R: Radio
t: Espesor de muro
D: Diámetro de reservorio

- **Cálculo de refuerzo**

El refuerzo se calculará a cada tercio de la altura, según el diagrama de tensiones anulares, de acuerdo a la relación siguiente:

$$A_s = \frac{T}{f_s} \quad (1.3)$$

Dónde:

T: Tensión

A_s : Área de acero

f_s : Fatiga de trabajo

Se considera $f_s = 1000 \text{ kg/cm}^2$, ya que el concreto solo es recubrimiento del acero y todo el anillo trabaja a tracción.

- **Cálculo de momentos verticales**

Ingresamos a la tabla XVII del PCA, con el valor del factor de selección:

$$M = WH^3 \times \text{Coef} \quad (1.4)$$

- **Verificación por Corte**

Cuando ocurra condición última se dará el corte máximo, según la tabla XVI del PCA, con: H^2/Dt Será:

$$V = 1.5 \times \text{Coef} \times WH^2 \quad (1.5)$$

$$\frac{V}{bd} < 0.53\phi\sqrt{f'_c} \quad (1.6)$$

b) Cálculo de la losa de fondo para reservorio circular y rectangular

Para calcular el valor de P, se asumirá el espesor de la losa de fondo y se conoce la altura de agua.

Peso propio del concreto en kg/m²

Peso propio del agua en kg/m²

Se analizará la Losa de fondo, no como una placa rígida sino como una flexible, esto se debe a que, en comparación en relación a su longitud, el espesor es mucho más pequeño; además su rigidez aumenta con el empotramiento por lo que se considerará apoyada en medio. Además, la placa estará empotrada en los extremos y/o bordes.

- **Cálculo de momentos:**

Los momentos en la losa circular, según la tabla A-14, estará dada por:

Momentos verticales

$$M = \text{coef} \times pR^2 \quad (1.7)$$

Para momentos en losa rectangular, con una luz interna L, la acción de las cargas verticales que actúan se dan en los momentos siguientes:

Momentos de empotramiento en los extremos:

$$M = \frac{WL^2}{192} \quad (1.8)$$

Momentos en el centro:

$$M = \frac{WL^3}{384} \quad (1.9)$$

c) Para reservorios de forma rectangular:

En la parte de la base ocurrirá la presión máxima (P), cuando se considere sólo el empuje del agua, siendo así que la presión en el borde sea cero.

$$P = \gamma_a \times h \quad (1.10)$$

El empuje del agua:

$$v = \frac{h^2 \times \gamma_{\text{agua}} \times b}{2} \quad (1.11)$$

Dónde:

γ_{agua} = Peso específico del agua

h = Altura del agua

b = Ancho de la pared

La losa de fondo debe considerar en su diseño, aquellos momentos generados por los empotramientos en sus extremos, el peso de la pared y cúpula, el empuje del agua cuando el reservorio este completamente lleno, mientras que para diseñar la cúpula de cubierta se considerará la carga viva estimada y el peso propio como cargas actuantes.

1.3.3 Método de Elementos Finitos (MEF)

El método de Elementos Finitos se basa en una técnica que permite solucionar numéricamente dichas ecuaciones que presidan las dificultades de la naturaleza con mayor relevancia. (Oñate, 2009:1)

Mayormente, se puede describir o expresar por medio de ecuaciones diferenciales o integrales el comportamiento de la naturaleza. Por lo que, usualmente en el área de matemáticas este Método es considerado como una técnica numérica para resolver ecuaciones con integrales o ecuaciones diferenciales parciales.

El Método de Elementos Finitos (MEF), es considerado en el análisis estructural como un método general, el cual idealiza a un conjunto de elementos como una estructura que se interconectan en un nudo de números finitos, que reduce el análisis básicamente a la solución de un sistema de ecuaciones lineales. Las incógnitas, al plantear el sistema de ecuaciones, son las fuerzas que interactúan en los nudos y/o los desplazamientos de los mismos. (Scaletti, 1967: A-2).

En el último caso descrito, corresponde al “Método de rigideces”, donde la incógnita son los desplazamientos de los nudos, el cual es desde luego el que presenta mayor facilidad y simplicidad de programación. Existen estudios comparativos entre este método y otro donde las interacciones en los nudos son consideradas como incógnitas, también llamado “Método de flexibilidades”, realizados por Gallagher, Rattinger y Archer (Scaletti, 1972: A-3), el cual, ha demostrado que los métodos de rigidez dan mejor rigidez para estructuras en lo que es muy importante conocer las solicitaciones.

En síntesis, el proceso a seguir para una estructura sometida a cargas estáticas, se resume en los pasos siguientes:

- a) “Discretización” del medio continuo.
- b) Cada elemento se estudiará por separado y se evaluará su matriz de rigidez.

- c) “Ensamblaje” adecuado de las matrices de rigidez de los elementos para formar la matriz de rigidez de la estructura.
- d) Se formará las matrices de carga.
- e) Concentración de las matrices de rigidez y carga.
- f) Se formulará la condición de los bordes y las consecuentes modificaciones de las matrices de rigidez y cargas aplicadas.
- g) Se resolverá el sistema de ecuaciones.
- h) Se determinará las reacciones y se evaluarán los esfuerzos internos en los elementos.

1.3.4 Método de las secciones

Este método consiste en tomar una franja o sección del elemento a diseñar para modelar su funcionamiento de una manera sencilla. Para escoger la sección de diseño, se toma mayormente un metro como ancho de la sección a diseñar, para así realizar el diseño por metro lineal del elemento, asimismo, se debe tomar en cuenta que la sección a escoger, debe contener los esfuerzos más críticos. En la sección de diseño, se debe considerar aquellos esfuerzos resistidos en una sola dirección, sin tomar en cuenta la rigidez que va en sentido perpendicular. Como se puede observar, se sobreestiman esfuerzos cuando se toma la sección más crítica del elemento, ya que en algunas zonas los esfuerzos son menores que el diseño de la sección. Por ende, cuando aumente más las dimensiones del elemento mayor será la producción de desperdicios de materiales, por lo que es recomendable otro tipo de análisis para estructuras de mayor dimensión.

1.3.5 Softwares de diseño

El programa SAP 2000, nos permite diseñar estructuralmente utilizando el cálculo integral, el cual fue desarrollado por la empresa Computer and Structures, Inc. (CSI) en Berkeley, California EE.UU. En general, el programa realiza diversos tipos de análisis: dinámicos y estáticos de forma no lineal y lineal, mediante funciones espectrales y tiempo – historia. Dicho programa, a través del Método de Elementos Finitos, determina la respuesta en términos de fuerzas, esfuerzos y deformaciones en los elementos de sólidos y áreas. Con respecto al análisis No Lineal, a través de un Pushover, se obtiene la curva de capacidad de la estructura y en los extremos de los elementos la definición de rótulas plásticas. Gracias a esta curva de capacidad, se pueden estudiar los mecanismos de falla que representa un

determinado modelo, obteniendo así la máxima deformación inelástica, capacidad última, ductilidad, etc. Todos los aspectos mencionados según las normas vigentes correspondientes.

1.4 Formulación del problema

1.4.1 Problema general

- ¿Cuál de los dos métodos planteados es el más favorable para el diseño de un reservorio apoyado de concreto armado?

1.4.2 Problemas específicos

1. ¿En qué se diferencian el Método de Elementos Finitos con el Método de Portland Cement Association con respecto a las acciones mecánicas para el diseño de un reservorio apoyado de concreto armado?
2. ¿Con qué criterio elegir el método para que se cumplan los parámetros propuestos en la norma E.30 del RNE del diseño estructural de reservorios apoyados de concreto armado?
3. ¿Cuál de los dos métodos planteados es el más económico para el diseño de un reservorio apoyado de concreto armado?

1.5. Justificación del estudio

Una buena justificación para este proyecto, son los problemas descritos en el punto 1.4, ya que, no se encuentra gran cantidad de información nacional sobre Métodos de Diseño Estructural de Reservorios Apoyados de Concreto Armado por lo que, la presente investigación tiene como pretensión, el incremento de conocimientos sobre ese recurso.

1.5.1. Por el beneficio

- 1) El empleo de un método estructural adecuado para el diseño de Reservorios Apoyados de concreto armado, disminuye los costos del Proyecto, el cual favorece para que el Gobierno Central financie la elaboración de estos.
- 2) El empleo de un método estructural adecuado favorece al diseño de Reservorios Apoyados de concreto armado, aumentando su duración, impermeabilidad y resistencia.

1.5.2. Por el resultado

Es de esperarse que la obtención de resultados del presente proyecto, consolide la idea de planear un método de diseño para un reservorio apoyado de concreto armado.

1.5.3. Por la viabilidad

Los objetivos planteados en el punto 1.7, fortalecen a la viabilidad de la presente tesis.

Se vio conveniente realizar un estudio comparativo entre los principales Métodos de Diseño, debido a la necesidad y al uso de reservorios de concreto armado para almacenamiento de agua. Se ha seleccionado este tipo de estructura debido a que, no es frecuente encontrar estudios relacionados al tema, con detalles de análisis, diseño y comparación de métodos. La presente investigación, según la situación que se presente, pretende seleccionar un método adecuado para el diseño de reservorios, para así evitar pérdidas innecesarias de materiales, lo que conlleva a la reducción del precio constructivo.

1.6 Hipótesis

1.6.1 Hipótesis general

- El Método de Elementos Finitos (MEF) es más favorable que el Método de Portland Cement Association para el diseño de un reservorio apoyado de concreto armado.

1.6.2 Hipótesis específicas:

1. Existen diferencias significativas entre el Método de Elementos Finitos y el Método de Portland Cement Association con respecto a las acciones mecánicas para el diseño de un reservorio apoyado de concreto armado.
2. Proponiendo criterios para el desarrollo de los métodos cumplen los parámetros propuestos en el diseño estructural de reservorios apoyados de concreto armado.
3. El Método de Elementos Finitos (MEF) es más económico que el Método de Portland Cement Association para el diseño de un reservorio apoyado de concreto armado.

1.7 Objetivo

1.7.1 Objetivo general

- Plantear y reconocer un método favorable para el diseño de un reservorio apoyado de concreto armado.

1.7.2 Objetivos específicos

- Evaluar las diferencias entre el Método de Elementos Finitos con el Método de

Portland Cement Association con respecto a las acciones mecánicas para el diseño de un reservorio apoyado de concreto armado.

- Proponer criterios para que los métodos cumplan los parámetros propuestos en el diseño estructural de reservorios apoyados de concreto armado.
- Evaluar económicamente los métodos propuestos para el diseño de un reservorio apoyado de concreto armado.

II. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Diseño, tipo y nivel de investigación

2.1.1. Diseño de Investigación

La metodología utilizada para esta tesis fue el Método hipotético – deductivo, que según Bisquerra (2010), nos dice que:

“Se plantea un problema a raíz de la observación de algún caso en particular. Este problema, expide una teoría a través de un proceso de inducción. Luego, empleando un razonamiento deductivo, se genera la hipótesis a partir del marco teórico, para luego validarlo empíricamente. Por lo que, se conoce como un proceso hipotético – deductivo, al ciclo completo de inducción/deducción” (p. 62)

2.1.2. Tipo de Investigación

Carácter: La investigación constituye una investigación comparativa, ya que el objetivo es comparar los métodos de Diseño Estructural, el cual requiere la descripción y clasificación de los resultados.

Finalidad: Es aplicada y Valderrama (2013), menciona lo siguiente:

“Se interviene para mejorar el estado actual de un determinado grupo de personas o un individuo en particular. Debido al ánimo de la investigación fundamental, la investigación aplicada apunta su interés en la solución de problemas más que la formulación de teorías [...]. Pues requiere de resultados inmediatos y busca perfeccionar a los involucrados en dicha investigación” (p. 165)

Naturaleza: La investigación cuantitativa, sigue una secuencia y es demostrativa. El orden es riguroso por lo que no se pueden evadir los pasos, cada etapa precede a la que continúa, empero, se puede determinar en alguna fase. Para poder establecer las preguntas y objetivos de la presente investigación, partimos de un pensamiento delimitado, luego se investiga la literatura y se proyecta una teoría o un marco teórico.

Orientación. Se orientó la presente investigación a la aplicación. Anteriormente se formularon problemas, los cuales fueron resueltos en el diseño y desarrollo de la presente tesis.

Alcance: Es transversal, ya que se realizó una sola medición para la recolección de datos, en un determinado y/o único tiempo.

2.1.3. Nivel de Investigación

La investigación se situó en el diseño comparativo, transversal y comparativo. Fue comparativo, debido a que se compararon dos métodos de diseño para determinar cuál es el más favorable para los Reservorios de Concreto Armado. Transversal, porque se realizó una sola medición para recoger los datos y Experimental por la existencia de al menos una comparación formal entre los dos métodos planteados.

Esquema para una Investigación Comparativa, Hurtado, J. (2007):

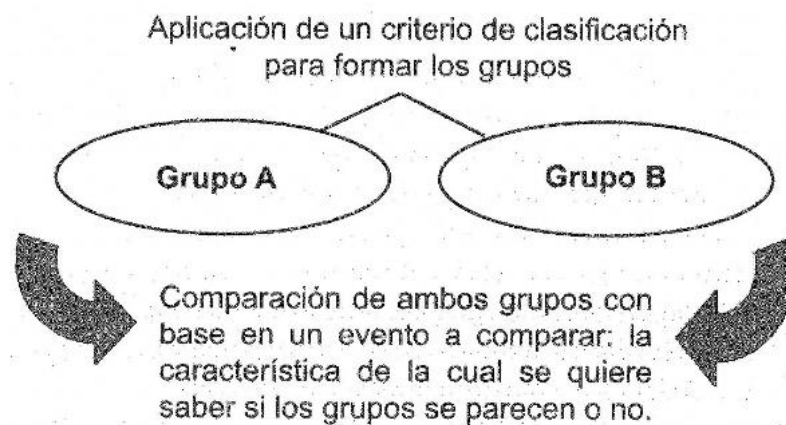


Figura 4. Esquema de Investigación Comparativa

2.2. Variables, operacionalización

2.2.1. Variable 1 (independiente): Método de Elementos Finitos y Portland Cement Association.

Pavón (2001) nos dice que:

“Es importante diseñar reservorios que impidan la presencia de fugas. Por ende, se deben emplear procedimientos de diseño que eliminen las grietas u otras fuentes potenciales de aquellas. Para este propósito, es de vital importancia una correcta y adecuada práctica constructiva y también la adquisición de materiales con calidad especificada” (p. 20).

Las acciones consideradas para el análisis de estructuras, se determinan a partir del tirante, peso volumétrico del líquido, peso de los equipos a instalar, cargas dinámicas de

dichos equipos, presión externa de los rellenos sobre los muros del reservorio y las cargas accidentales. Las cargas muertas y la del líquido, se conocen con cierta precisión, siendo las cargas vivas de diseño en reservorio generalmente pequeñas.

2.2.2. Variable 2 (dependiente): Diseño de un reservorio apoyado de concreto armado.

Para Pavón (2001):

“La construcción de los reservorios apoyados es directamente sobre la superficie del suelo. Mayormente, este tipo de depósito requiere que el terreno sobre el cual se va a desplantar tenga la capacidad necesaria para soportar cargas impuestas, sin sufrir alguna deformación importante. Asimismo, es conveniente que el reservorio cuente con cierta altura para la descarga del líquido, con el fin de disponer de una carga de presión hidrostática adecuada” (p. 16)

Los reservorios construidos en la superficie del terreno, tienen la ventaja de su fácil instalación, operación y mantenimiento de tuberías de entrada y salida y su mantenimiento es más sencillo de efectuar.

2.2.3. Operacionalización de variable

Tabla 1. Operacionalización de la variable independiente Método de Elementos Finitos y Portland Cement Association.

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Escala De Medición
Método de Elementos Finitos y Portland Cement Association	PAVÓN (2001) El diseño tiene como propósito de conseguir una probabilidad aceptable de que la estructura del reservorio a construir, no sufra algún desperfecto, de tal manera que éstos cumplan con el uso para el cual fue diseñado o que inclusive pudiesen provocar el colapso de dicha estructura.	Se elaboró lista de 6 cálculos que se deben realizar en hojas de cálculos de Excel y modelamiento en el software SAP200, para medir los siguientes indicadores de las dimensiones.	Método Portland Cement Association (PCA)	Concreto	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de cemento • Agregados 	Muy bueno Bueno Intermedio Malo Muy malo
				Acero de refuerzo	<ul style="list-style-type: none"> • Afluencia del Acero • Área del Acero 	
				Acciones Mecánicas	<ul style="list-style-type: none"> • Esfuerzo anular • Esfuerzo a flexión • Esfuerzo cortante 	
			Método de Elementos Finitos (MEF)	Concreto	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de cemento • Agregados 	
				Acero de refuerzo	<ul style="list-style-type: none"> • Afluencia del Acero • Área del Acero 	
				Acciones Mecánicas	<ul style="list-style-type: none"> • Esfuerzo anular • Esfuerzo a flexión • Esfuerzo cortante 	

Fuente: Elaboración Propia

Nota. La columna de los ítems representa el número de cálculos a realizar.

Tabla 2. Operacionalización de la variable dependiente *Diseño de un reservorio apoyado de concreto armado.*

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Ítems
Diseño de un reservorio apoyado de concreto armado.	OPS (2004), Los depósitos de almacenamiento de agua, son diseñados y construidos con el fin de desarrollar procesos similares como los de almacenar, sedimentar, filtrar, etc. por lo que, sus características son muy parecidas desde el punto de vista hidráulico y por ende, sus condiciones de carga y diseño son estructuralmente similares.	Se elaboró lista de 6 encuestas para medir los siguientes indicadores de las dimensiones.	Geometría y Caudal de Diseño	Geometría del Reservorio	<ul style="list-style-type: none"> • Rectangular • Circular
				Caudal de diseño	<ul style="list-style-type: none"> • Rendimiento admisible de la fuente menor al gasto máximo horario (Qmh)
			Capacidad y dimensionamiento del reservorio	Cálculo de Población	<ul style="list-style-type: none"> • Población actual • Población futura
				Capacidad del Reservorio	<ul style="list-style-type: none"> • Compensación de las variaciones horarias, emergencia para incendios, previsión de reservas
			Tipo y ubicación del Reservorio	Tipo de Reservorio	<ul style="list-style-type: none"> • Elevado • Apoyado • Enterrado
				Ubicación adecuada	<ul style="list-style-type: none"> • Necesidad, conveniencia y funcionalidad del proyecto. • Topografía del terreno

Fuente: Elaboración Propia

Nota. La columna de los ítems representa el método para definir los indicadores.

2.3. Población y muestra

2.3.1. Población

El lugar de estudio del proyecto de investigación se ubica en la provincia y distrito de Huaral, departamento de Lima, por lo que la población hallada, son los reservorios apoyados construidos en Huaral, teniendo diferentes características tales como tipo, diseño, capacidad y forma.

Población: Los reservorios apoyados construidos en el distrito de Huaral.

2.3.2. Muestra

“Es evidente que, si los sujetos en estudio de la investigación tienen precisamente las mismas características, el tamaño requerido de la muestra sería solamente uno; de caso contrario, se necesita establecer un tamaño de muestra mayor a uno, pero menos que la población total o universo (Borja, 2012)”.

El tipo de muestra es no probabilística o dirigida, por lo que, el tipo de muestreo es de selección preferencial (conveniencia).

Es de selección preferencial (conveniencia) porque se está eligiendo como muestra el Diseño del reservorio apoyado de concreto armado, ubicado en el Centro Poblado Santísima Cruz de Sacachispa, distrito de Huaral, departamento de Lima, por tener como ayuda algunos datos del lugar.

2.3.3. Tipo de muestreo

El tipo de muestreo es no probabilístico o también llamado por conveniencia ya que, se está eligiendo como muestra Diseño del reservorio apoyado de concreto armado, ubicado en el Centro Poblado Santísima Cruz de Sacachispa, provincia de Huaral, departamento de Lima

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.

2.4.1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

2.4.1.1. Técnicas de investigación

Las técnicas para la recolección de datos son las siguientes:

- **Análisis documental:** “La técnica de análisis de documentos es una de las formas más efectivas de poner en marcha la fase de obtención de requisitos. Es el arte de estudiar documentación relevante de negocios, sistemas y proyectos con el objetivo de comprender el negocio, los antecedentes del proyecto e identificar requisitos u oportunidades de mejora.” Bernal (2010, p. 194).
- **Observación:** Según Bernal la observación “también llamada observación estructurada o sistemática. Esto es más como una encuesta, donde a cada encuestado se le hacen las mismas preguntas. Pero en este caso, las preguntas no se hacen. En cambio, se buscan y se cuentan tipos particulares de comportamiento.” (2010, p. 257).

Por lo que, en la presente investigación se emplearán 03 formatos que forman parte del Anexo N° 02, el cual mencionaré a continuación:

- Formato N° 01: Recolección de Datos.
- Formato N° 02: Técnica en el Diseño del Reservorio.
- Formato N° 03: Costo estimado del Diseño del Reservorio.

Se realizará la recolección de datos para hacer los cálculos de ambos Métodos de diseño estructural en las hojas de Microsoft Excel y modelamiento en SAP2000 para así, hacer la comparación de los mismos y determinar cuál de los dos Métodos es el más adecuado técnicamente. Por otro lado, se estimarán los costos de diseño para determinar cuál es el más económico y por último, mediante la encuesta, se determinará cuál de los dos métodos de diseño planteados en la presente investigación, es utilizado con mayor frecuencia por los ingenieros civiles.

2.4.1.2. Instrumentos de recolección de datos

Para Arias (2012), cualquier recurso, dispositivo o formato en papel o digital, es considerado como instrumento de recolección de datos, el cual se utiliza para conseguir, registrar o almacenar información.

Por ello, para la recolección de datos de esta investigación se utilizará un cuestionario de preguntas cerradas, tal como se observa en el Anexo N° 02. Asimismo, es de observación simple, registrada por medio de documentos obtenidos de oficina y datos en campo, el cual permitirá aceptar y/o rechazar la información obtenida con la finalidad de realizar hojas de Cálculo en Microsoft Excel y hacer un modelamiento en el software SAP 2000.

Tabla 3. *Instrumentos de medición*

Dimensiones	Instrumento
Método de Portland Cement Association	Formatos, gráficas en Excel y modelamiento en SAP2000
Método de Elementos Finitos (MEF)	Formatos, gráficas en Excel y modelamiento en SAP2000
Geometría y Caudal de Diseño	Parámetros de diseño de la infraestructura y Cálculo de Caudal máximo horario (Qmh)
Capacidad y Dimensionamiento del Reservorio	Encuesta censal a la población, Cálculo de población futura y Cálculo de Capacidad del Reservorio
Tipo y Ubicación del Reservorio	Elección del Tipo de Reservorio según condiciones y verificación por conveniencia, funcionalidad y topografía la ubicación de reservorio.

Autor: Tesista, Fecha: 23/06/2018, Fuente: Propia, Descripción: Instrumentos de Medición.

2.4.2. Validez

Para Hernández, la validez consiste en el “grado en que un instrumento mide la variable en estudio que busca medir”. (2010, p. 204)

De esta manera, se someterá a los instrumentos de la presente investigación a un análisis de validez, el cual será evaluado por el juicio de expertos, o sea por tres ingenieros civiles, que estimarán lo hallado de forma especializada y técnica.

Asimismo, gracias a la información recolectada, la presente investigación se valida, toda vez que se emplearon fuentes confiables, que se admitirán en el momento que se tenga los resultados en las hojas de Microsoft Excel.

2.4.3. Confiabilidad

Toda información recopilada, es confiable ya que, se encuentra correctamente citada y con sus respectivas referencias. Además, se realizará un modelamiento en el software de diseño estructural SAP2000, el cual hará de este proyecto más confiable.

2.5. Método de análisis de datos

El presente proyecto de tesis se desarrollará bajo cálculos en cuadros de Microsoft Excel y modelamiento en software de diseño, obteniendo así el método más favorable para el diseño de reservorios apoyados de concreto armado. En los cuadros y gráficos de Excel se evaluarán los resultados más óptimos y con el software SAP 2000 se hará el respectivo modelamiento, haciendo una evaluación de los mismos.

2.6. Aspectos éticos

Para esta investigación, se ha encontrado información en varias tesis en relación a nuestra variable independiente, obteniendo así conocimientos sobre el tema de los Métodos de Diseño Estructural de Reservorios Apoyados.

Asimismo, en esta investigación se utilizó como referencia el formato ISO para la asignación de fuentes, por esta razón se citará y describirá los datos obtenidos tal como corresponde.

III. RESULTADOS

3.1. Memoria Descriptiva del Proyecto

3.1.1. Ubicación

El Reservorio Apoyado proyectado se ubicará en el Centro Poblado Santísima Cruz de Sacachispa, distrito y provincia de Huaral, departamento de Lima. Las coordenadas UTM de dicho reservorio son: 261250.63 m E y 8730445.02 m S, con una elevación de 280 m.s.n.m.



Figura 5. Imagen Satelital del C. P. Santísima Cruz de Sacachispa
(Fuente: Google Earth)

3.1.2. Topografía

La topografía del lugar es ondulada en la parte baja y accidentada en la parte alta, con presencia de viviendas precarias.

3.1.3. Condiciones Climáticas

El lugar donde se ubicará el proyecto tiene un clima cálido estable durante todo el año.

Las temperaturas ambientales determinadas como límites a lo largo de la línea son:

Promedio anual de precipitaciones	: 80 mm
Promedio máximo de temperatura	: 32°C
Temperatura promedio	: 28.5°C
Promedio mínimo de temperatura	: 17°C

Promedio de humedad relativa : 73%

3.1.4. Criterios de Diseño

- Se diseñará un reservorio apoyado superficialmente.
- La presión del agua origina esfuerzos, los cuales someterán a las paredes del reservorio.
- La tapa del reservorio será una cúpula con forma de bóveda elaborada de concreto armado, la cual estará apoyada sobre una viga perimetral. Dicha viga, se apoyará sobre las paredes del reservorio y trabajará como zuncho.
- Como indica en el plano, la Losa de Fondo estará apoyada sobre una capa de relleno de concreto simple.
- La zapata corrida estará diseñada para soportar el peso de los muros, de la viga perimetral e indirectamente del techo.
- La caja de control, se ubicará al lado del reservorio y en su interior estarán los accesorios de control de salida, entrada y limpieza del reservorio.
- Se utilizarán los siguientes datos para el diseño:

BL = 0.50 m (Borde Libre)

H = 4.00 m (Altura del Agua)

HT = 4.50 m (Altura del tanque total)

t = 0.15 m (Espesor de muro)

t1 = 0.15 m (Espesor de cúpula)

D = 8.00 m (Diámetro interior)

Ac = 0.60 m (Ancho de Cimiento)

tc = 0.30 m (Espesor de Cimiento)

t2 = 0.15 m (Espesor de losa de fondo)

Flecha = 1.00 m

W = 1.00 Tn/m³ (Peso E.del Agua)

Yc = 2.50 Tn/m³ (Peso E. del concreto)

g = 9.81 m/s² (Gravedad)

f'c = 280 Kg/cm² (Resistencia del concreto)

E = 250998.01 Kg/cm² (Módulo de Elasticidad)

Módulo de Poisson = 0.20

3.2. Memoria de Cálculo

3.2.1. Parámetros de Diseño

Población:

Tabla 4. Población

Población	N° Habitante por viv.	Fuente	N° de viviendas
C.P. Santísima Cruz de Sacachispas	6.0	PROPIA	182
TOTAL	6.0	Habitantes	182

Fuente: Elaboración Propia

Población 2018 : 1092.00 habitantes

3.2.1.1. Cálculo de la Población Futura

La población en zonas rurales se hallará con el método más utilizado, es cuál es el analítico y con mayor frecuencia es el de crecimiento aritmético. Para lo cual, se usa la siguiente expresión.

$$Pfu = \left(\frac{rt}{100} + 1 \right) Pac \dots (3.1)$$

Dónde: Pfu = Población futura

Pac = Población actual

t = Tiempo en años (periodo de diseño)

r = Coef. de crecimiento por cien habitantes anual

3.2.1.2. Periodo de Diseño: K1

El periodo de diseño consiste en el tiempo en que la estructura sea cien por ciento eficiente, debido a la insistencia física de las instalaciones o en la conducción del gasto esperado.

Tabla 5. *Periodo de diseño recomendado para poblaciones rurales*

COMPONENTE	PERIODO DE DISEÑO
Obras de captación	20 años
Conducción	10 a 20 años
Reservorio	20 años
Red principal	20 años
Red secundaria	10 años

Fuente: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento

Tabla 6. *Periodo de diseño recomendado según la población*

POBLACIÓN	PERIODO DE DISEÑO
2,000 - 20,000	15 años
Más de 20,000	10 años

Fuente: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento

Nota: El periodo de diseño para proyectos de agua potable en el medio rural, el Ministerio de Salud recomienda 20 años para cada uno de los componentes.

De lo antes mencionado, se asume el periodo de diseño:

$$t = 20 \text{ años}$$

3.2.1.3. Coeficiente de Crecimiento Anual (r)

Nota: La tasa de crecimiento de la población adopta un valor de 2.00%, según el perfil aprobado, utilizando este dato:

Coeficiente "r" según INEI 2007

$$r = 2.1 \%$$

$$Pf = Pa \left(1 + \frac{rt}{100} \right) \dots (3.2)$$

$$Pf = Pactual \left(1 + \frac{r}{100}\right)^t \dots (3.3)$$

}	P 2018	1092 hab.
	P 2038	1655 hab.

3.2.2. Cálculo de la Demanda de Agua

3.2.2.1. Determinación de la Dotación

Se tomarán los valores guías de la tabla, siempre y cuando haya un estudio de consumo, se deben considerar la ubicación geográfica, el clima, hábitos, costumbres y el nivel del servicio a conseguir.

Tabla 7. Para centros poblados sin proyección de servicios de alcantarillado

REGION	DOTACIÓN (l/hab/día)
COSTA	50
SIERRA	40
SELVA	60

Tabla 8. Para centros poblados con proyección de servicios de alcantarillado

REGIÓN	DOTACIÓN (l/hab/día)
COSTA	180
SIERRA	120
SELVA	170

Fuente: Norma para el diseño de infraestructura de agua y saneamiento

Asimismo, para las piletas públicas o sistema indirecto de abastecimiento:

$$D = 50 - 30 \text{ lt / hab. / día}$$

Se asume la solicitud de dotación

$$D = 180 \text{ (l/hab/día)}$$

3.2.2.2. Variaciones Periódicas

Consumo Promedio Diario Anual (Qm)

Para la población futura, se definirá la estimación de consumo per cápita como resultado del periodo de diseño, y es determinada con la expresión siguiente:

$$Qm = \frac{D \times Pf}{86400} \dots (3.4)$$

Dónde: Q_m = Consumo promedio diario (l / s)

D = Dotación (l/hab/día)

P_f = Población futura

$$Q_m = \frac{D \times P_f}{86400} \quad \longrightarrow \quad Q_m = 3.45 \text{ (l/s)}$$

Consumo Máximo Diario (Q_{md}) y Horario (Q_{mh})

El día de consumo máximo es definido por una serie de registros obtenidos durante la totalidad de días del año, y la hora de consumo máximo del día de consumo máximo respectivamente.

Dónde:

Consumo máximo diario (l/s): Q_{md}

Consumo promedio diario (l/s): Q_m

Consumo máximo horario (l/s): Q_{mh}

Coefficientes de variación: K_1 , K_2

Los valores de K_1 para poblaciones rurales varían entre 1.2 y 1.5; y para K_2 varían desde 1 hasta 4 (dependiendo de la población de diseño y de la región).

Los valores que se recomiendan y los empleados frecuentemente son:

$$K_1 = 1.3 \quad K_2 = 1.9$$

$$Q_{md} = K_1 Q_m \quad \longrightarrow \quad Q_{md} = 4.49 \text{ (l/s)}$$

$$Q_{md} = K_2 Q_m \quad \longrightarrow \quad Q_{mh} = 6.68 \text{ (l/s)}$$

3.2.2.3. Demanda de Almacenamiento de Agua

Cálculos justificatorios para el reservorio

$$V_{alm} = V_r + V_R + V_{ci} \dots (3.7)$$

Dónde:

Valma = Volumen de Almacenamiento

Vrg = Volumen de Regulación

Vrg = Qmd x 0.25 x 86.40

VRe = Volumen de Reserva

VRe = Qmd x 0.05 x 86.40

Entonces:

Vrg : 96.88 M3

VRe: 19.38 M3

Vci : 30.00 M3

V alma : 146.25 M3 150.00 M3

Volumen del Reservorio (Vr):

$$V_{reservorio} = Qm(25 - 30)\% \dots (3.8)$$

$$V_{reservorio} = 0.25 \times Qmd \times \frac{86400}{1000} \dots (3.9)$$

Vr : 96.88 M3

Vr : 100.00 M3

3.3. Diseño de la Cúpula

Espesor: e= 0.15 m

Flecha: $f = \frac{D}{8} = 1.00$ m

Diámetro cúpula: $Dc = \frac{a^2 + f^2}{2xf} = 8.50$

Ensanche: L= 0.1 x 8.00 = 0.8 m

Peso propio de la cúpula:

P. cúpula: 0.15 x 2400 = 360 Kg/m²

Acabados = 40

Sobrecargas = 60

Total (W) = 460 K/m²

$$P. \text{ Propio} = 2 \cdot \pi \cdot D \cdot c \cdot f \cdot W = 24567.25 \text{ Kg}$$

$$\text{Peso por metro lineal: } V = \frac{P}{\pi \cdot D} = \frac{24567.25}{\pi \cdot 8} = 977.50 \text{ Kg/m}$$

Tracción en la Cúpula:

$$\sin \alpha = \frac{a}{Rc} = \frac{4}{8.50} \quad \alpha = 28^\circ 4' 20.95'' < 51^\circ 49' \text{ (CUMPLE)}$$

3.3.1. Esfuerzo Unitario de Compresión

a) Esf. Perpendicular en paralelo

$$R = V / \sin \alpha = 2077.19 ; F_c = R / b \cdot t = 1.38 \text{ Kg/cm}^2$$

$$1.38 < 0.45 f_c \text{ (VERIFICA)}$$

b) Esf. Perpendicular a un meridiano

VERIFICA

3.3.2. Armadura de la Cúpula

- **Armadura Radial**

$$B = \frac{0.15 \times \sqrt{280}}{4200} = 0.00060$$

$$A_{s \text{ min}} = 0.0025 \times b \times t = 0.0025 \times 100 \times 15 = 1.75 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\text{por lo tanto } \emptyset 3/8'' @ 0.20 = 3.5 \text{ cm}^2$$

- **Armadura Meridiana**

$$\emptyset 3/8'' @ 0.20 = 3.55 \text{ cm}^2/\text{m}$$

3.4. Método de Portland Cement Association

3.4.1. Diseño de las paredes del reservorio

Interpolación para la determinación de los coeficientes de los Esfuerzos Anular, a Flexión y cortante respectivamente:

Tabla 9. *Interpolación de la Tabla I del PCA para el Esfuerzo Anular*

H2/Dt	12	13.33	14
0.0 H	-0.0050	-0.0030	-0.0020
0.1 H	0.0970	0.0977	0.0980
0.2 H	0.2020	0.2007	0.2000
0.3 H	0.3120	0.3080	0.3060
0.4 H	0.4290	0.4230	0.4200
0.5 H	0.5430	0.5403	0.5390
0.6 H	0.6280	0.6353	0.6390
0.7 H	0.6330	0.6549	0.6660
0.8 H	0.4940	0.5253	0.5410
0.9 H	0.2110	0.2310	0.2410
1.0 H	0.0000	0.0000	0.0000

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10. *Interpolación de la Tabla VII del PCA para el Esfuerzo a Flexión*

H2/Dt	12	13.33	14
0.0 H	0.0000	0.0000	0.0000
0.1 H	0.0000	0.0000	0.0000
0.2 H	-0.0001	0.0000	0.0000
0.3 H	0.0001	0.0000	0.0000
0.4 H	0.0002	0.0001	0.0000
0.5 H	0.0003	0.0002	0.0001
0.6 H	0.0013	0.0010	0.0008
0.7 H	0.0023	0.0020	0.0019
0.8 H	0.0026	0.0024	0.0023
0.9 H	-0.0005	-0.0002	-0.0001
1.0 H	-0.0104	-0.0095	-0.0090

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11. Interpolación de la Tabla XVI del PCA para el Esfuerzo a Cortante Máximo

H2/Dt	Coficiente
12.00	0.1450
13.33	0.1384
14.00	0.1350

Fuente: Elaboración propia

3.4.1.1. Se determinará el Esfuerzo Anular a lo largo de la pared:

Mediante la fórmula: $T = CE \times W_1 \dots (3.10)$, se puede determinar el Esfuerzo Anular a lo largo de la pared. Se de tener en consideración que, en el borde libre, pasando el nivel del agua, dicho esfuerzo tiene un valor igual a 0.

T	=	Esfuerzo anular
CE	=	Coficiente respectivo al cálculo de cada esfuerzo
W	=	Peso Específico del agua
W_1	=	$w_u \times H \times D/2$
W_u	=	Coef. Sanitario x $f_c \times w$
Coef. Sanitario	=	1.65 (Ramirez 2012)
f_c	=	1.70 (RNE E.060 2009)
W_u	=	2.81 Tn/m ³
W_1	=	44.9 Tn/m ³

Tabla 12. Cálculo del Esfuerzo Anular PCA

Nivel	Altura (m)	Coef.	T = Coef x W1
BORDE LIBRE	4.50	0.0000	0.00
	4.38	0.0000	0.00
	4.25	0.0000	0.00
	4.13	0.0000	0.00
NIVEL DEL AGUA	4.00	-0.0030	-0.13
	3.60	0.0977	4.38
	3.20	0.2007	9.01

	2.80	0.3080	13.82
	2.40	0.4230	18.98
	2.00	0.5403	24.25
	1.60	0.6353	28.51
	1.20	0.6549	29.39
	0.80	0.5253	23.57
	0.40	0.2310	10.37
	0.00	0.0000	0.00

Fuente: Elaboración propia

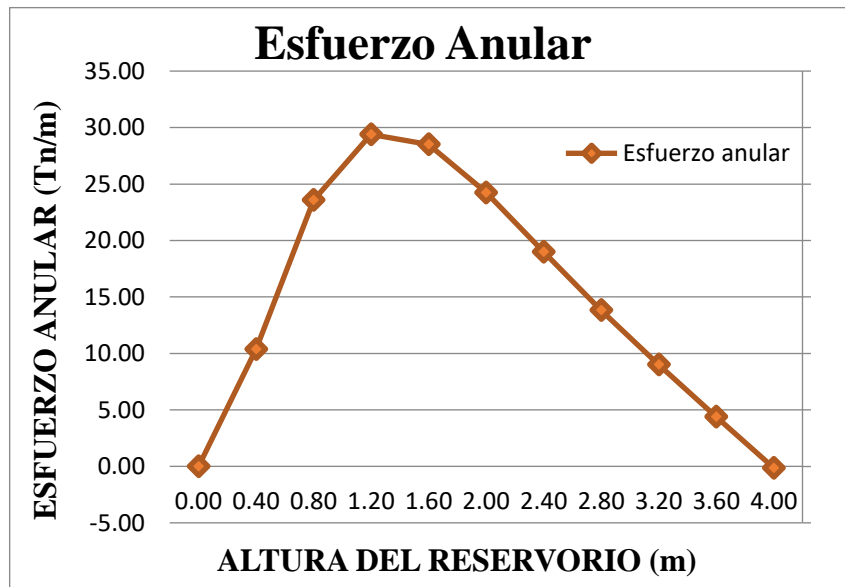


Figura 6. Diagrama del Esfuerzo Anular M. PCA (Fuente: Elaboración propia)

Esfuerzo Anular Máximo: 29.39 Tn/m

Comentario: A lo largo de la pared del reservorio a una altura de 1.20 m a nivel de la base, se notó que el Esfuerzo Anular (T) tuvo una variación notable, obteniendo un Valor Máximo de 29.39 Tn/m como resultado.

Cálculo del refuerzo de acero

$$A_s = \frac{T_u}{0.9 \times F_y} = \frac{29.39}{0.9 \times 4.2} = 7.78 \text{ cm}^2 / \text{m} \quad \text{por lo tanto, } \emptyset 1/2'' @ 0.20 = 6.6 \text{ cm}^2 \text{ (2 caras = cm}^2\text{)}$$

$$A_s = 0.0028 \times b \times t = 0.0028 \times 15 \times 100 = 4.2 \text{ cm}^2 \text{ (Cumple)}$$

3.4.1.2. Determinación del Esfuerzo a Flexión a lo largo de la pared

Mediante la ecuación $M = \text{Coef} \times W_2 \dots (3.11)$, se puede determinar el Esfuerzo a Flexión a lo largo de la pared. Se de tener en consideración que, en el borde libre, pasando el nivel del agua, dicho esfuerzo tiene un valor igual a 0. (Ramírez 2011).

- M = Esfuerzo a flexión
 CE = Coeficiente respectivo al cálculo de cada esfuerzo
 w = Peso Específico del agua
 W_2 = $W_u \times H^3$
 W_u = Coef. Sanitario x f_c x w
 Coef. Sanitario = 1.65 (Ramírez 2012)
 f_c = 1.7 (RNE E.060 2009)
 w_u = 2.81 Tn/m³
 W_2 = 180 Tn/m³

Tabla 13. *Cálculo del Esfuerzo a Flexión PCA*

Nivel	Altura (m)	Coef.	T = Coef x W2 (Tn-m/m)
BORDE LIBRE	4.50	0.0000	0.00
	4.38	0.0000	0.00
	4.25	0.0000	-0.01
	4.13	0.0000	0.01
NIVEL DEL AGUA	4.00	0.0000	0.00
	3.60	0.0000	0.00
	3.20	0.0000	-0.01
	2.80	0.0000	0.01
	2.40	0.0001	0.01
	2.00	0.0002	0.03
	1.60	0.0010	0.17
	1.20	0.0020	0.37
	0.80	0.0024	0.43
	0.40	-0.0002	-0.04
	0.00	-0.0095	-1.70

Fuente: Elaboración Propia

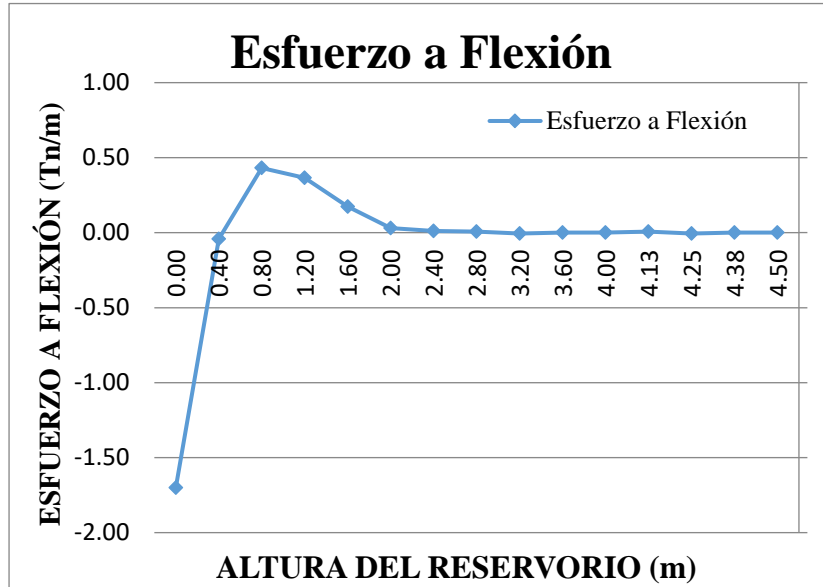


Figura 7. Diagrama del Esfuerzo a Flexión M. PCA (Fuente: Elaboración Propia)

Esfuerzo a Flexión Máximo (+): 0.43 Tn-m/m

Esfuerzo a Flexión Negativo (-): -1.70 Tn-m/m

Comentario: En los niveles superiores, el Esfuerzo a Flexión (M) inicialmente obtuvo valores igual a 0, además se pudo observar los valores de los Esfuerzos Máximos, el negativo se ubicó en la base del reservorio con un resultado de -1.70 Tn-m/m, mientras que, se encontró el valor positivo a una altura de 0.80 m igual a 0.43 Tn-m/m.

Cálculo del refuerzo en las paredes del reservorio

$$As = \frac{Mu}{0.9 \times Fy \times d} \dots (3.11)$$

Para el momento máximo negativo en la base de la pared interior ($Mu = 1.70 \text{ T.m}$)

$$As = \frac{1.70}{0.9 \times 4.2 \times 0.25} = 1.80 \text{ cm}^2/\text{m} \quad \text{por lo tanto, } \emptyset 5/8'' @0.30 = 6.6 \text{ cm}^2$$

Para el momento máximo positivo que se encuentra en la pared exterior ($Mu = 0.43$)

$$As = \frac{0.43}{0.9 \times 4.2 \times 0.25} = 0.46 \text{ cm}^2/\text{m} \quad \text{por lo tanto, } \emptyset 3/8'' @0.30 = 2.36 \text{ cm}^2$$

Cálculo de acero por cuantía mínima:

$$A_{s_{min}} = \frac{0.8 \times \sqrt{F'c}}{F_y} \times t \times b \dots (3.12)$$

$$A_{s_{min}} = \frac{cm^2}{m}$$

3.4.1.3. Determinación del Esfuerzo Cortante a lo largo de la pared

El Esfuerzo Cortante a lo largo de la pared se determina mediante las ecuaciones siguientes:

$$V = Ra - wuHX + \frac{wuH^2}{2H}; 0 \leq X \leq H \dots (3.13)$$

$$V = -Rb; H \leq X \leq HT \dots (3.14)$$

Para calcular el Esfuerzo Cortante Máximo, se debe considerar el máximo valor de los esfuerzos hallados y la ecuación W2.

Mediante la idealización considerada en las ecuaciones (3.15, 3.16 y 3.17), hacemos el cálculo de las reacciones Ra y Rb:

$$Ra = \frac{qH}{40} \left[20 - \frac{H^2}{HT^2} \left(5 - \frac{H}{HT} \right) \right] \dots (3.15)$$

$$Rb = \frac{qH^3}{40HT^2} \left(5 - \frac{H}{T} \right) \dots (3.16)$$

$$q = wuH \dots (3.17)$$

Dónde:

V: Esfuerzo Cortante

H: Altura del agua

W_u : Peso específico del agua afectado por el factor de carga y el coef. sanitario

X: Distancia con respecto a la base

HT: Altura total de la pared del reservorio

Ra: Reacción en la base

Rb: Reacción en el extremo

Al reemplazar en las ecuaciones los valores (3.15, 3.16 y 3.17) tenemos:

Tabla 14. *Cálculo de las reacciones Ra y Rb*

PARÁMETRO	VALOR OBTENIDO
q =	11.24 Tn/m ²
Ra =	18.83 Tn/m
Rb =	3.65 Tn/m

Fuente: Elaboración Propia

Para el cálculo de los valores del Esfuerzo Cortante se debe tomar en cuenta que cuando $0 \leq X \leq 4.00$ se usará la ecuación 3.15 y cuando $4.00 \leq X \leq 4.5$ usaremos la ecuación 3.16

Tabla 15. *Cálculo del Esfuerzo Cortante PCA*

Nivel	Altura (m)	V (Tn/m)
NIVEL DEL AGUA	0.00	24.44
	0.40	19.95
	0.80	15.46
	1.20	10.98
	1.60	6.49
	2.00	2.00
	2.40	-2.49
	2.80	-6.98
	3.20	-11.46
	3.60	-15.95
BORDE LIBRE	4.00	-20.44
	4.13	-3.65
	4.25	-3.65
	4.38	-3.65
	4.50	-3.65

Fuente: Elaboración Propia

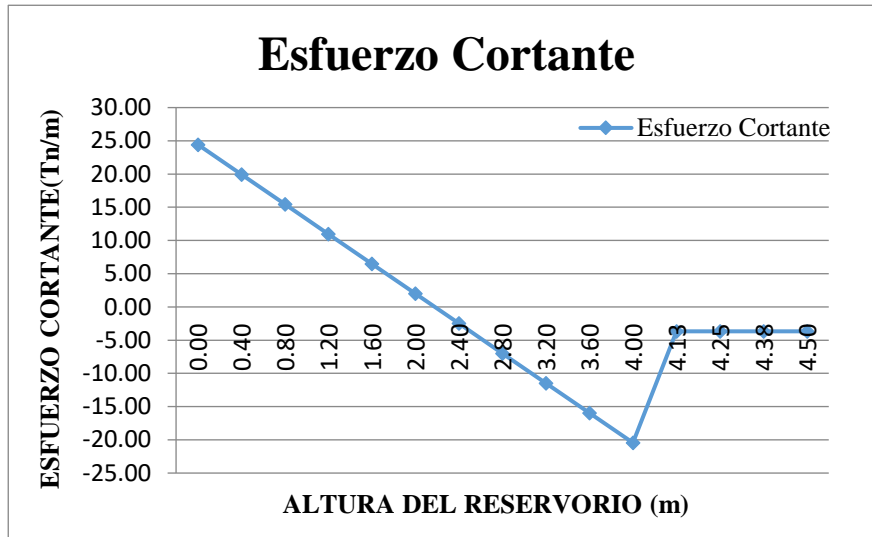


Figura 8. Diagrama del Esfuerzo Cortante M. PCA (Fuente: Elaboración propia)

Esfuerzo Cortante Máximo (+): 24.44 Tn/m

Esfuerzo Cortante Negativo (-): -20.44 Tn/m

Mediante el Método de Portland Cement Association, hallamos el Esfuerzo Cortante Máximo con la ecuación: $V = CE \times W_3$, donde $W_3 = W_u \times H_2$

$$W_3 = 45$$

$$V = 0.39 \text{ Tn/m}$$

Por lo tanto, los Esfuerzos Cortantes Máximos son:

Esfuerzo Cortante Máximo (+): 24.44 Tn/m

Esfuerzo Cortante Negativo (-): -20.44 Tn/m

Comentario: En la base del reservorio, la distribución del Esfuerzo Cortante tuvo primero un Valor Máximo de 24.44 Tn/m, mientras que, en la parte superior mostró un Valor de -20.44 Tn/m. Es importante señalar que, se obtuvo por el Método de Portland Cement Association un valor del Esfuerzo Cortante igual a 0.39 Tn/m.

3.5. Método de Elementos Finitos

3.5.1. Diseño de las paredes del reservorio

3.5.1.1. Determinación de la masa de la estructura cuando el agua alcanza la altura estática máxima

En este caso, se ha planteado hacer el análisis cuando el agua alcanza su altura máxima (caso más crítico), ya que, como es conocido, la fuerza sísmica está directamente relacionada con el peso de la estructura.

- Cálculo del peso del agua del reservorio

$$W_a = \pi \times D^2/4 \times H \times w \dots (3.18)$$

$$W_a = 201.06 \text{ Tn}$$

$$m_A = 1.51 \text{ Tn.Seg}^2/\text{m}$$

Cálculo de los parámetros por el Método de Elementos Finitos:

En el capítulo 9 del Modelo Dinámico, de acuerdo a la Norma ACI 350.3 – 01, para el diseño dinámico se calcula los parámetros utilizando las ecuaciones 3.19, 3.20, 3.21, 3.22, 3.23, 3.24 y 3.25 (tomando en cuenta que la rigidez impulsiva es infinita).

Al reemplazar en las fórmulas los valores, se obtiene:

- La relación de la altura y el diámetro interno

$$D/H = 2$$

Masa convectiva (m_c) y masa impulsiva (m_i):

- Hallando los valores de la masa conectiva e impulsiva

$$\frac{m_i}{m_A} = \frac{\tanh(0.866 \times \frac{D}{H})}{0.866 \times \frac{D}{H}} \dots (3.19)$$

$$\frac{mc}{mA} = 0.230 \times \left(\frac{D}{H}\right) \tanh\left(3.68 \frac{H}{D}\right) \dots (3.20)$$

	Factor de Intervención
$m_i = 0.8 \text{ Tn. Seg 2/m}$	fi = 0.53
$m_c = 0.7 \text{ Tn. Seg 2/m}$	fc = 0.47
	Total = 1.00

Dónde:

H: Altura del Agua

m_c : Masa convectiva

m_A : Masa del Agua

m_i : Masa impulsiva

Di: Diámetro interno

Por lo tanto, el:	0.00%	La masa del líquido es menor
	47.00%	Participación en forma convectiva
	53.00%	Participación en forma impulsiva

3.5.1.2. Hallando las alturas a las que se encuentran los resortes de las masas impulsiva y convectiva:

$$\frac{D}{H} < 1.333 \rightarrow \frac{h_i}{H} = 0.5 - 0.09375 \frac{D}{H} \dots (3.21)$$

$$\frac{D}{H} \geq 1.333 \rightarrow \frac{h_i}{H} = 0.375 \dots (3.22)$$

$$\frac{h_c}{H} = 1 - \frac{\text{Cosh}\left(3.68 \frac{H}{D}\right) - 1}{3.68 \frac{H}{D} \times \text{Sinh}\left(3.68 \frac{H}{D}\right)} \dots (3.23)$$

En el cual:

h_i : sobre la base del tanque, altura de la masa impulsiva

h_c : sobre la base del tanque, altura de la masa convectiva

Por lo que, para h_i
tenemos que $D/H = 2$

Por lo tanto, usaremos la ecuación 3.22 para el cálculo de h_i :

$$\begin{aligned} h_i &= 1.50 \text{ m} \\ h_c &= 2.50 \text{ m} \end{aligned}$$

Interpretación: Una vez iniciado el periodo de vibración, la masa impulsiva tuvo un valor igual a 0.8 Tn.Seg²/m, el cual representa el 53% de la masa total del agua dentro del reservorio, dicha masa se ubica a una altura de 1.50 m. con respecto al nivel de la base y al inferior del reservorio permanece rígida. En contraste, la masa convectiva tuvo un valor igual a 0.7 Tn.Seg²/m, representando al 47% que resta de la masa total del agua, que fluctúa en la parte de arriba a una altura de 2.50 m con respecto a la base, ocasionando efectos de oleaje, más conocido como “Chapoteo del agua”.

3.5.1.3. Determinación de la Rigidez del resorte de la masa convectiva (K_c)

$$K_c = 0.836 \frac{mAg}{H} \tanh^2 \left(3.68 \frac{H}{D} \right) \text{ (Ramírez 2011) ... (3.24)}$$

$$K_c = \frac{45}{2} \times \frac{mA}{H} \left(\frac{mCH}{mAD} \right)^2 \text{ (Llaza 2011) ... (3.25)}$$

$$K_c = 2.80 \text{ Tn/m} \quad \text{(Según Ramírez)}$$

$$K_c = 0.41 \text{ Tn/m} \quad \text{(Según Llaza)}$$

Debido a que la Rigidez es directamente proporcional a la fuerza (ley de Hooke), elegimos el mayor de los resultados:

$$K_c = 2.80 \text{ Tn/m}$$

Para realizar el modelamiento en el software SAP 2000, se dividirá la estructura de forma radial en un número específico de partes, (la masa concentrada en el Centro de Gravedad esta sujeta a un resorte), se debe descomponer en igual número de partes, la rigidez del resorte convectivo (K_c).

Se dividirá en: 32 partes

El ángulo incrementará a: 11.258°

$$K_{ci} = \frac{K_c}{\sum \cos^2(\alpha)}; (\text{Ramírez 2011}) \dots (3.26)$$

Dónde:

K_C = Rigidez convectiva total

K_{CI} = Rigidez convectiva de cada resorte

α = Ángulo acumulado

Tabla 16. *Distribución de la Rigidez Conectiva*

Cálculo de la rigidez K_{ci}	
Ángulo (α)	$\cos^2(\alpha)$
0.000	1.000
11.250	0.962
22.500	0.854
33.750	0.691
45.000	0.500
56.250	0.309
67.500	0.146
78.750	0.038
90.000	0.000
101.250	0.038
112.500	0.146
123.750	0.309
135.000	0.500
146.250	0.691
157.500	0.854
168.750	0.962
180.000	1.000
191.250	0.962

202.500	0.854
213.750	0.691
225.000	0.500
236.250	0.309
247.500	0.146
258.750	0.038
270.000	0.000
281.250	0.038
292.500	0.146
303.750	0.309
315.000	0.500
326.250	0.691
337.500	0.854
348.750	0.962
Suma Total:	16

Fuente: Elaboración Propia

Por lo tanto, tenemos que:

$$K_{CI} = 0.18 \text{ Tn/m}$$

Interpretación: La rigidez K_c obtuvo un valor igual a 2.80 Tn/m, se dividió en 32 partes con ángulos de 11.25° entre sí, dando como resultado un valor unitario para la rigidez de cada uno de los resortes que componen la masa convectiva igual a $K_{ci} = 0.18 \text{ Tn/m}$. Por lo tanto, al ingresar los datos al SAP2000, se debe considerar ingresar los datos del resorte de manera radial en base a la masa convectiva.

Cálculo del espectro de diseño para el reservorio circular

El autor Llasa, formula una serie de recomendaciones de la mano con la Norma ACI 350.3 – 01, con respecto a la asociación de los periodos con la masa impulsiva K_a , que cuando estos son mayores se asocian a la masa convectiva. Por lo que, en el Espectro de Pseudoaceleraciones intervienen dos periodos: a la masa impulsiva le corresponden los primeros segundos y los siguientes serán la vibración de la masa convectiva.

Por consiguiente, mediante las ecuaciones 3.0, 3.1 y 3.2 se realizará el cálculo de la aceleración espectral.

Aceleración Espectral:

$$S\alpha = \frac{Z \times 1 \times S \times C(t_i)}{Rwi} \times g \dots (3.27)$$

$$S\alpha = \frac{Z \times 1 \times S \times C(t_c)}{Rwc} \times g \dots (3.28)$$

Factor de Amplificación Sísmica:

$$C(t) = 2.5 \left(\frac{T_p}{t} \right) \rightarrow C(t) \leq 2.5 \dots (3.29)$$

Factor de Zona (Z):

Tabla 17. Factores de Zona (Z)

Factores de Zona	
Zona	Z
3	0.40
2	0.30
1	0.15

Fuente: NTP E.30 2009

De la Tabla 17, se obtiene:

Zona: 4 \longrightarrow **Z = 0.4**

Factor (I) de importancia o uso del tanque:

Tabla 18. Factor de Importancia (Uso del tanque)

CATEGORÍA	I
Tanques que contienen materiales peligrosos	1.5
Tanques que son proyectados para seguir funcionando después de un sismo	1.25
Tanques que son parte de un sistema de abastecimiento importante	1.25
Todos los otros tanques	1

Fuente: ACI 350.3-01 Capítulo 4, 2001

Descripción del tanque: Tanques que son parte de un sistema de abastecimiento importante

De la Tabla 18, se tiene:

$$I = 1.25$$

Parámetros del Suelo (S) y (Tp)

Tabla 19. Parámetros del suelo

TIPO	<u>Tp</u> (seg.)	S
Roca o suelos muy rígidos	0.4	1
Suelos Intermedios	0.6	1.2
Suelos flexibles o con estratos de gran espesor	0.9	1.4
Condiciones <u>excepcionales</u>	-	-

Fuente: RNE E.030 2009

Tipo de suelo: Suelos Intermedios

De la Tabla 19, tenemos:

$$S = 1.2$$

$$Tp = 0.6$$

Factores de Modificación de Respuesta (Rwi) y (Rwc)

Tabla 20. Factores de Modificación de Respuesta

Tipo de Tanque	<u>Rwi</u>	<u>Rwi</u>	<u>Rwc</u>
	Superficial	Enterrado	
Tanques anclados o base flexible	4.5	4.25	1
Tanques de base fija o articulada	2.75	4	1
Tanques sin anclar, encerrados o abiertos	2	2.75	1
Tanques elevados	3	0	1

Fuente: ACI 350.3-01 Capítulo 4, 2001

Tipo de apoyo de suelo: Enterrado
 Tipo de tanque: Tanques sin anclar, encerrados o abiertos

De la Tabla 20, tenemos:

R_{wi} = 2.75 Para t < 2.4

R_{wc} = 1 Para t ≥ 2.4

Al ingresar los datos en el programa SAP 2000, no se considerará la gravedad ya que será ingresada como un factor en dicho programa, donde obtendremos el gráfico de Espectro de Pseudoaceleración del reservorio:

Tabla 21. *Cálculo para el Espectro de Pseudoaceleración*

T(s)	C	ZISC/R_w
0.00	2.50	0.5455
0.10	2.50	0.5455
0.20	2.50	0.5455
0.30	2.50	0.5455
0.40	2.50	0.5455
0.50	2.50	0.5455
0.60	2.50	0.5455
0.70	2.14	0.4669
0.80	1.88	0.4091
0.90	1.67	0.3644
1.00	1.50	0.3273
1.10	1.36	0.2967
1.20	1.25	0.2727
1.30	1.15	0.2509
1.40	1.07	0.2335
1.50	1.00	0.2182
1.60	0.94	0.2051
1.70	0.88	0.1920
1.80	0.83	0.1811
1.90	0.79	0.1724
2.00	0.75	0.1636

2.10	0.71	0.1549
2.20	0.68	0.1484
2.30	0.65	0.1418
2.40	0.63	0.3780
2.50	0.60	0.3600
2.60	0.58	0.3480
2.70	0.56	0.3360
2.80	0.54	0.3240
2.90	0.52	0.3120
3.00	0.50	0.3000
4.00	0.38	0.2280
5.00	0.30	0.1800
6.00	0.25	0.1500
7.00	0.21	0.1260
8.00	0.19	0.1140
9.00	0.17	0.1020
10.00	0.15	0.0900

Fuente: Elaboración Propia

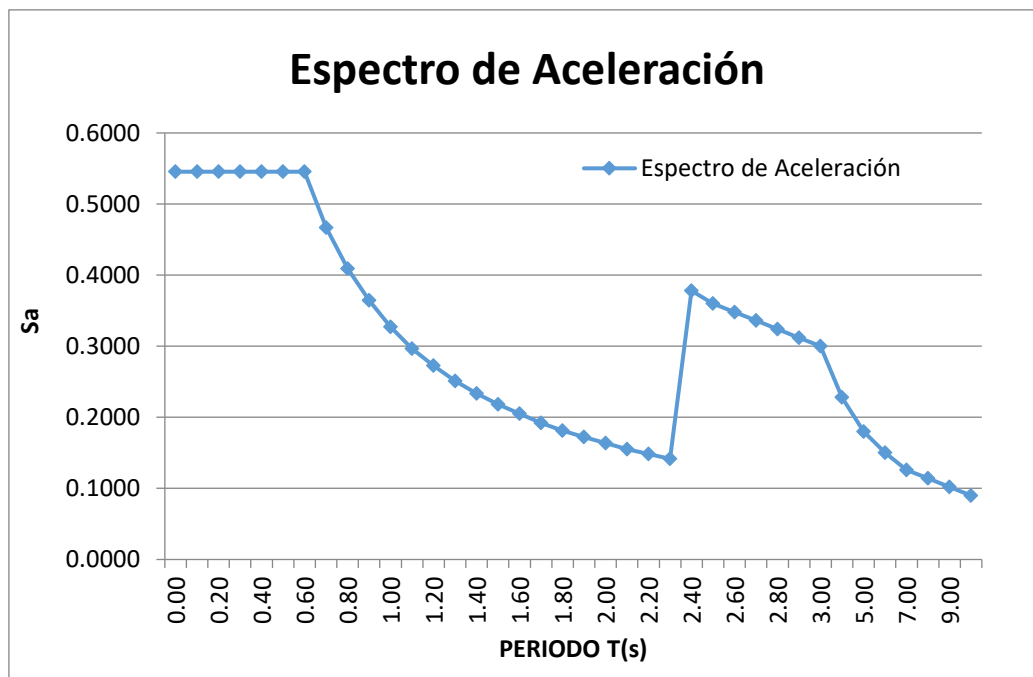


Figura 9. Espectro de Pseudoaceleración (Fuente: Elaboración Propia)

El Máximo valor de la Aceleración espectral es: 0.5455

Interpretación: Al hacer el modelamiento del reservorio en el programa SAP 2000, los resortes deben ser ingresados de forma radial con respecto a la masa convectiva, por ende, se obtuvo un valor de la rigidez K_c igual a 2.80 Tn/m, la cual se dividió en 32 partes, con un ángulo de 11.25° entre sí, dando como resultado que para la masa convectiva la rigidez de cada uno de los resortes tiene un valor unitario igual a $K_{ci} = 018$ Tn/m.

3.5.2. Resultados obtenidos mediante el Programa SAP2000

3.5.2.1. Determinación del Esfuerzo Anular

Determinamos el Esfuerzo Anular mediante el programa SAP2000:

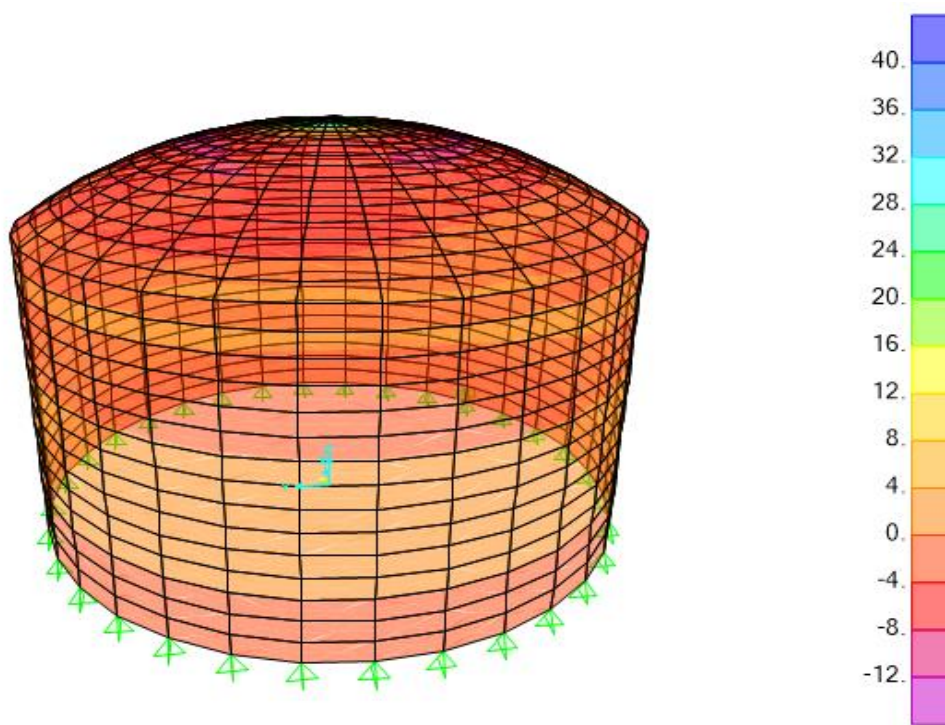


Figura 10. Esfuerzo Anular en SAP2000 (Fuente: Elaboración Propia)

Tabla 22. Cálculo del Esfuerzo Anular SAP2000

Nivel	Altura (m)	Esfuerzo Anular T(Tn/m)
BORDE LIBRE	4.50	1.25
	4.38	3.55
	4.25	2.16
	4.13	1.86
NIVEL DEL AGUA	4.00	2.58
	3.60	12.84
	3.20	19.31
	2.80	15.01
	2.40	21.58
	2.00	27.47
	1.60	38.69
	1.20	32.87
	0.80	26.32
	0.40	13.56
	0.00	1.43

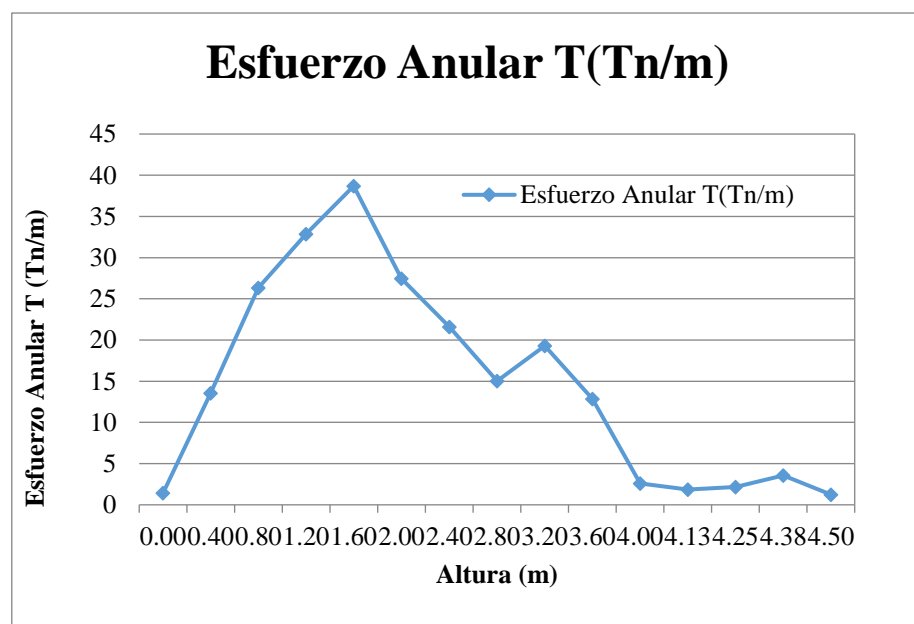


Figura 11. Diagrama del Esfuerzo Anular MEF (Fuente: Elaboración Propia)

Esfuerzo Anular Máximo: 38.69 Tn/m

Comentario: Como se puede observar, en este caso existe una evidente diferencia con el Método de Portland Cement Association, debido a que el Esfuerzo Anular (T), en la parte superior, obtiene un valor de 1.25 Tn/m, ya que en los primeros segundos se genera una inercia por la vibración de la estructura. A una altura de 1.60 m., el Esfuerzo Anular Máximo tiene un valor de 38.69 Tn/m.

3.5.2.2. Determinación del Esfuerzo a Flexión

Determinamos el Esfuerzo a Flexión mediante el programa SAP2000:

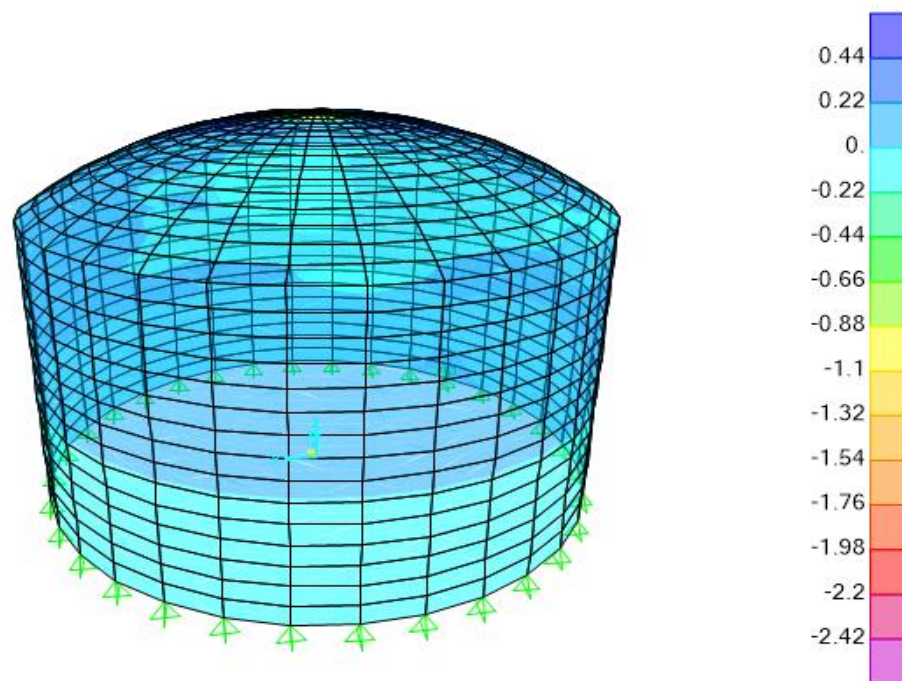


Figura 12. Esfuerzo a Flexión en SAP2000 (Fuente: Elaboración Propia)

Tabla 23. Cálculo del Esfuerzo a Flexión SAP2000

Nivel	Altura (m)	Esfuerzo a Flexión M(Tn-m/m)
BORDE LIBRE	4.50	0.00
	4.38	0.32
	4.25	0.11
	4.13	0.08
NIVEL DEL AGUA	4.00	-0.11
	3.60	-0.11
	3.20	-0.06
	2.80	-0.11
	2.40	0.08
	2.00	0.28
	1.60	-0.56
	1.20	0.54
	0.80	-0.95
	0.40	-1.68
	0.00	-2.55

(Fuente: Elaboración Propia)

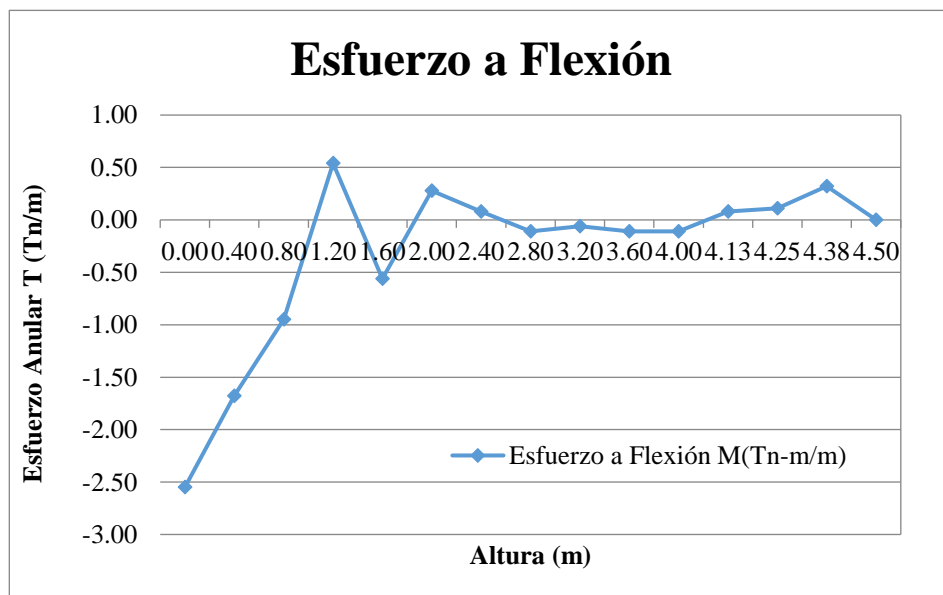


Figura 13. Diagrama del Esfuerzo a Flexión M.E.F. (Fuente: Elaboración Propia)

Esfuerzo a Flexión Máximo (+): 0.54 Tn-m/m

Esfuerzo a Flexión Negativo (-): -2.55 Tn-m/m

Comentario: Se puede notar que a diferencia del Método de Portland Cement Association, existe una distorsión completa del Esfuerzo a Flexión (M) a lo largo de la pared, la cual se produce por los efectos dinámicos del movimiento del agua, más conocido como chapoteo del agua. Para este caso, a una altura de 1.20 m. el Esfuerzo a Flexión Máximo Positivo tiene un valor de 0.54 Tn-m/m y en la base, el Esfuerzo Máximo Negativo es de -2.55 Tn-m/m.

3.5.2.3. Determinamos el Esfuerzo Cortante

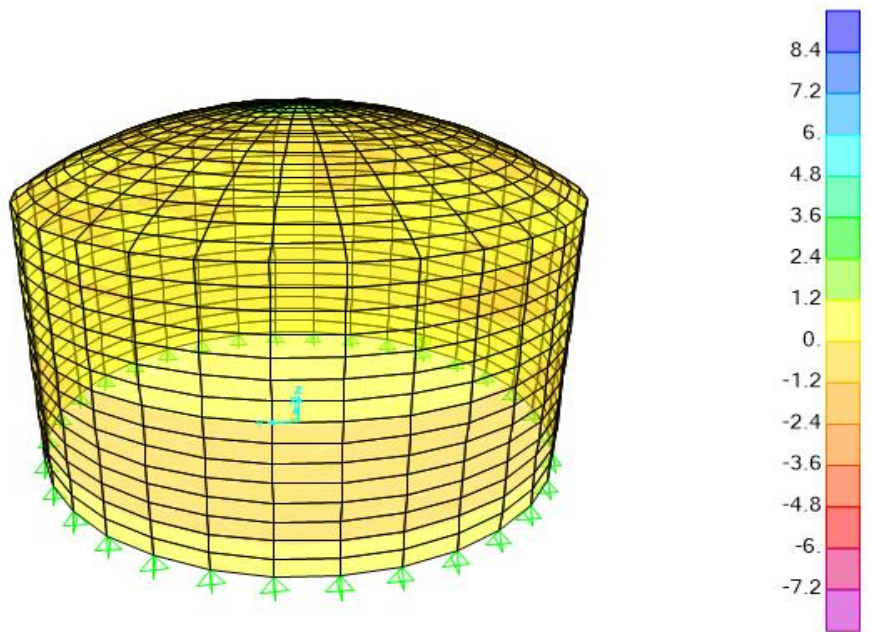


Figura 14. Esfuerzo Cortante en SAP2000 (Fuente: Elaboración Propia)

Tabla 24. Cálculo del Esfuerzo Cortante SAP2000

Nivel	Altura (m)	Esfuerzo Cortante V (Tn/m)
BORDE LIBRE	4.50	-1.02
	4.38	-2.89
	4.25	-2.45
	4.13	-2.10
NIVEL DEL AGUA	4.00	-1.79
	3.60	-1.23
	3.20	-1.23
	2.80	-7.01
	2.40	2.35
	2.00	1.67
	1.60	8.78
	1.20	2.98
	0.80	-3.24
	0.40	-5.46
	0.00	-7.75

(Fuente: Elaboración Propia)

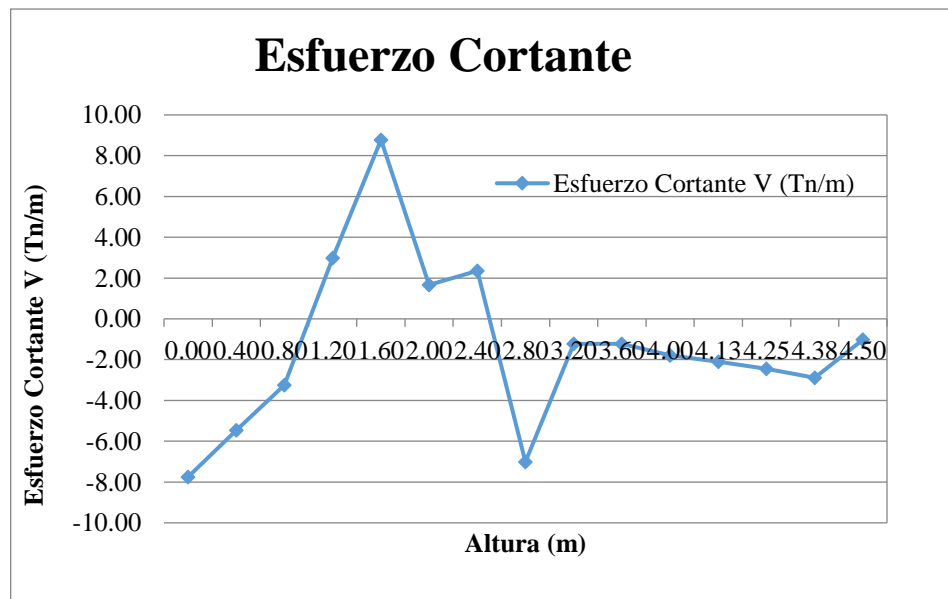


Figura 15. Diagrama del Esfuerzo a Flexión M. Dinámico (Fuente: Elaboración Propia)

Esfuerzo Cortante (+): 8.78 Tn-m/m

Esfuerzo Cortante (-): -7.75 Tn-m/m

Comentario: Como se pudo observar, el Esfuerzo Cortante (V) muestra una distribución de forma variada, el cual fue producido por el chapoteo del agua al igual que en el Esfuerzo a Flexión, con diversos cambios del Cortante Positivo al Negativo. Por lo que, el valor obtenido para el Esfuerzo Cortante Máximo Positivo fue de 8.78 Tn/m, en tanto el Cortante Máximo Negativo fue de -7.75 Tn/m.

3.6. Diseño de la Losa de Fondo

Espesor de la losa de Fondo: $e = 0.15 \text{ m}$

- Determinación de la zapata del muro cilíndrico

Cargas en servicio

$$P = \frac{(Wd + Wl)A}{L}$$

Dónde:

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = 50.27$$

$$L = \pi D = 25.13$$

Peso propio de la cúpula: 24567.25 Kg

Por lo que $P = 528230 \text{ Kg}$

El ancho b de la cimentación se calculará considerando el 10% del peso total o peso de la zapata:

$$b = \frac{1.1 \times P}{\sigma_t}$$

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

Armadura en la zapata circular

$$V = 977.50$$

$$M_x = \frac{V \cdot X^2}{2} = 287.3 \text{ Kg-m} = 0.287 \text{ T-m}; M_{\max} (-) = 3.47$$

$$M_f = 3.47 + 0.29 = 3.76 \text{ T.m}$$

$$A_s = \frac{M}{F_s \cdot j \cdot d} = \frac{3.76 \cdot 10^5}{1500 \times 0.87 \times 110} = 2.61 \text{ cm}^2 \quad \text{por lo tanto } \emptyset 5/8'' @0.25$$

- **Cálculo de la losa por presión de agua**

Metrado de cargas:

$$\text{Peso propio: } e \times \gamma_{co} \times 1.5 = 0.15 \times 2.80 \times 1.5 = 0.63$$

$$\text{Peso del agua: } H \times \gamma_a \times 1.5 = 4.5 \times 1.00 \times 1.5 = 6.75$$

Dónde:

e = espesor de la losa de fondo

H = altura total del reservorio

γ_{co} = peso específico del concreto

γ_a = peso específico del agua

w = peso propio + peso del agua

Diseño de la Viga Circular (0.4x0.4)

$$H = V \cot \alpha = 2002.8 \text{ Kg/m}; \quad T_v = \frac{H \cdot D}{2} = 10014 \text{ Kg}$$

$$A_s = \frac{T_v}{F_s} = 10 \text{ cm}^2 \quad \text{por lo tanto } 4\emptyset 5/8'' + 2\emptyset 1/2''$$

Esfuerzo del concreto en la viga (**verifica**)

Armadura de la Viga Circular

Sección 0.4x0.4 y acero de refuerzo $4\emptyset 5/8'' + 2\emptyset 1/2''$

Cálculo de Refuerzo de Losa Circular

$$A_s \text{ min} = 0.0025 \times b \times t = 0.0025 \times 100 \times 20 = 5 \text{ cm}^2$$

Por lo tanto $\emptyset 5/8'' @0.25$

3.7. Resultados del Diseño de Reservorio Apoyado por el Método de Portland Cement Association (PCA)

Para la determinación de los diversos valores de las acciones mecánicas (Esfuerzo Cortante, Anular y a Flexión) en el desarrollo del Método de Portland Cement Association, se presentaron tres propiedades básicas, las cuales son las que mencionaremos a continuación:

- **Carga de diseño:**

Para cada Esfuerzo obtenido, se obtuvo tres cargas de diseño, que a continuación se mostrarán dichos valores:

Tabla 25. Cargas de Diseño

Carga de Diseño	Valor Obtenido
W1 =	44.96 Tn/m
W2 =	180.00 Tn/m
W3 =	44.96 Tn/m

(Fuente: Elaboración Propia)

Se utilizaron coeficientes de Portland Cement Association y cargas de diseño W1, W2 y W3 para determinación de los Esfuerzos Anular, a Flexión y Cortante respectivamente, donde se observó la distribución de las acciones mecánicas: Esfuerzo Anular, Esfuerzo a Flexión y Esfuerzo Cortante.

- **Esfuerzo Anular:**

Inicialmente, en la base donde está el empotramiento, se obtuvo como Esfuerzo Anular un valor de 0.00 Tn/m, cuyo valor fue aumentando hasta llegar a 29.39 Tn/m cuando la pared tiene una altura de 1.20 m. para que a una altura de 4.00 m donde el agua alcanza su nivel máximo, decrezca a -0.13 Tn/m.

En la figura 16, se puede observar que a partir de la altura de los 4.00 m hacia adelante, la tendencia de los valores fue igual a cero, ya que, no hay efecto de presión en las paredes por parte del agua.

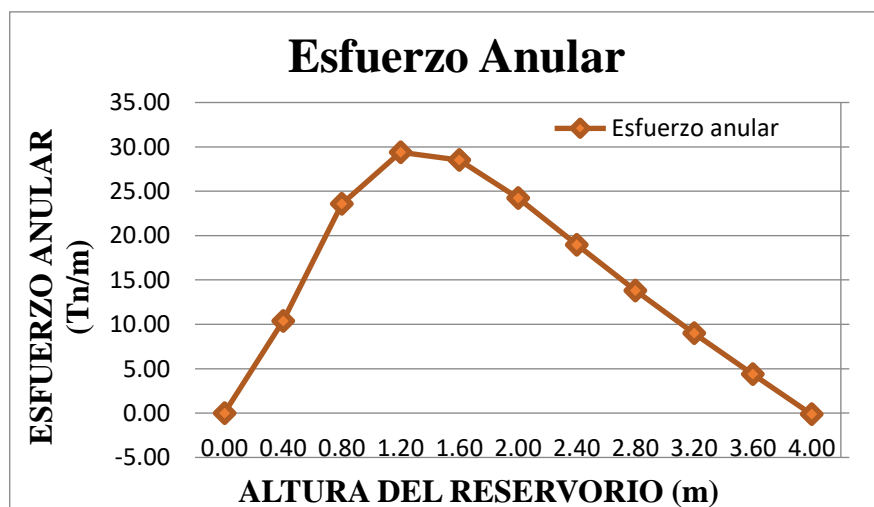


Figura 16. Diagrama del Esfuerzo Anular, Método de PCA (Fuente: Elaboración propia)

- **Esfuerzo a Flexión**

En la Figura 17, se puede observar que el Esfuerzo a Flexión tuvo como valor Máximo igual a $-1.7 \text{ Tn}\cdot\text{m}/\text{m}$ en la base empotrada del reservorio, debido a que el agua pretende ejercer un momento de volteo con respecto a dicha base.

En el Esfuerzo a Flexión se han obtenido valores positivos y también un valor Máximo de $0.43 \text{ Tn}\cdot\text{m}/\text{m}$.

Luego, debido a que el empuje del agua horizontalmente posee valores menores cuando más nos acercamos a su superficie, los Esfuerzos a Flexión decrecen a tal punto de ser iguales a $0.00 \text{ Tn}\cdot\text{m}/\text{m}$.

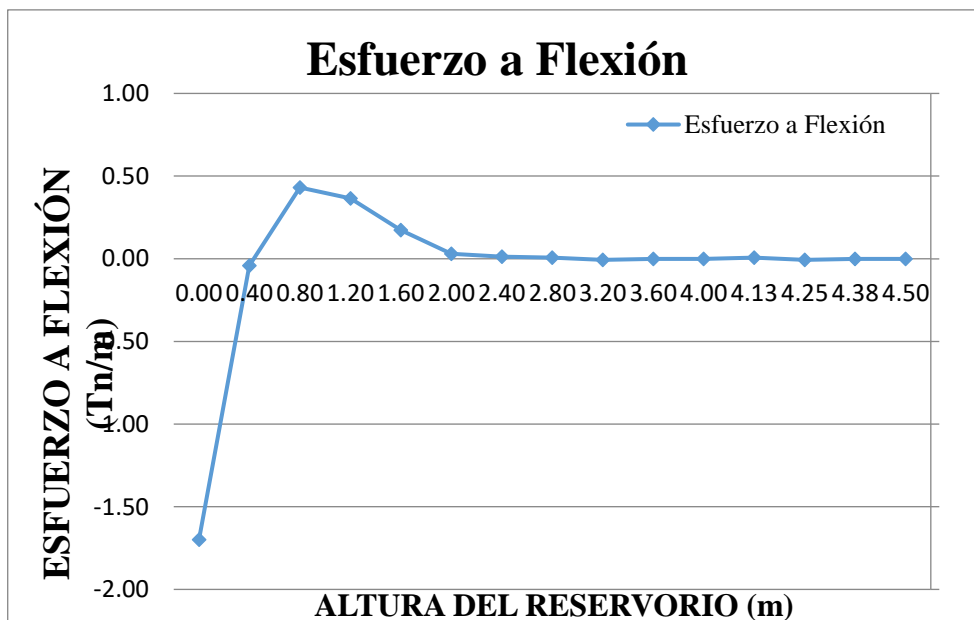


Figura 17. Diagrama del Esfuerzo a Flexión, Método de PCA (Fuente: Elaboración Propia)

- **Esfuerzo Cortante:**

A nivel de la base, a una altura igual a 0.00 m se obtuvo como Cortante Máximo un valor de $24.44 \text{ Tn}/\text{m}$ y al nivel de 4.00 m . un valor igual a $-20.44 \text{ Tn}/\text{m}$.

En la Figura 18, se puede observar que mediante el Método de Portland Cement Association la distribución del Esfuerzo Cortante Máximo tuvo un valor igual a $0.39 \text{ Tn}/\text{m}$.

Inicialmente, la distribución del Esfuerzo Cortante graficó una curva, para que posteriormente se mantenga constante en línea recta con un valor igual a -3.65 Tn/m ya que, la presión del agua considerada como carga triangular, obtuvo un valor de cero en la altura 4.00 m., y que también el Esfuerzo Cortante Negativo tuvo como valor máximo -20.44 Tn/m.

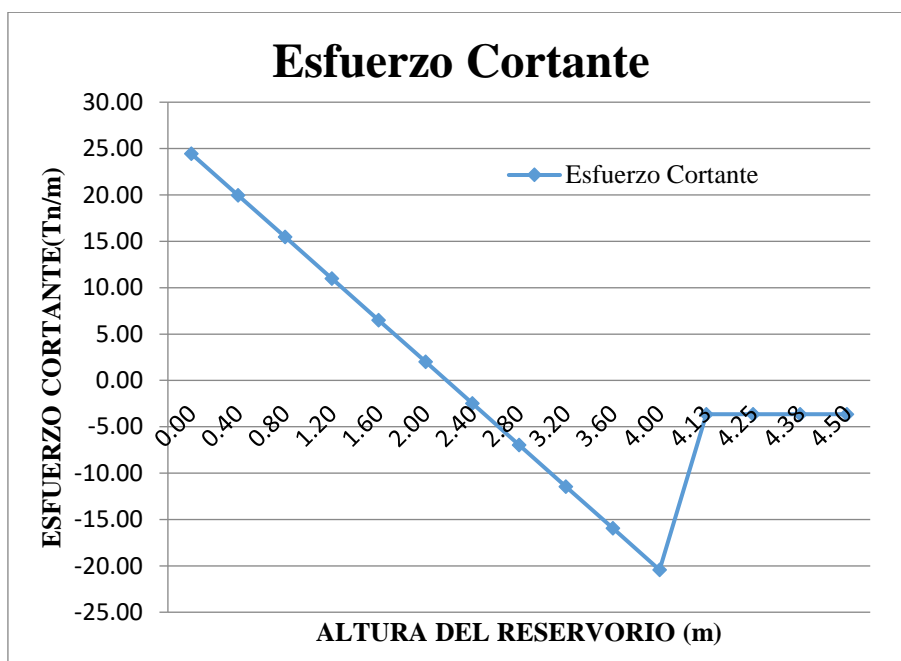


Figura 18. Diagrama del Esfuerzo Cortante, Método de PCA (Fuente: Elaboración Propia)

3.8. Resultados del Diseño de Reservoirio Apoyado por el Método de Elementos Finitos (MEF)

Para realizar el Modelamiento en el programa SAP 2000, se determinaron propiedades básicas en el diseño con el Método de Elementos Finitos. También, se utilizó la normativa del ACI 350.3 – 01 adaptado a la Norma Peruana de Diseño Sismorresistente E.030 para la obtención de los esfuerzos.

Para cumplir con los objetivos propuestos, se idealizó al reservoirio circular como un elemento estructuralmente apoyado, con empotramiento en la base y teniendo como techo, una cúpula.

La distribución del Esfuerzo Anular a lo largo de la pared, hallado mediante el Método de Elementos Finitos, no obtuvo un valor igual a cero, debido a que cuando idealizamos el sismo a través del Espectro Aceleraciones, esta produce

una fuerza de Inercia que pretende oponerse al movimiento el cual producirá luego el chapoteo del agua cambiando del estado impulsivo al convectivo.

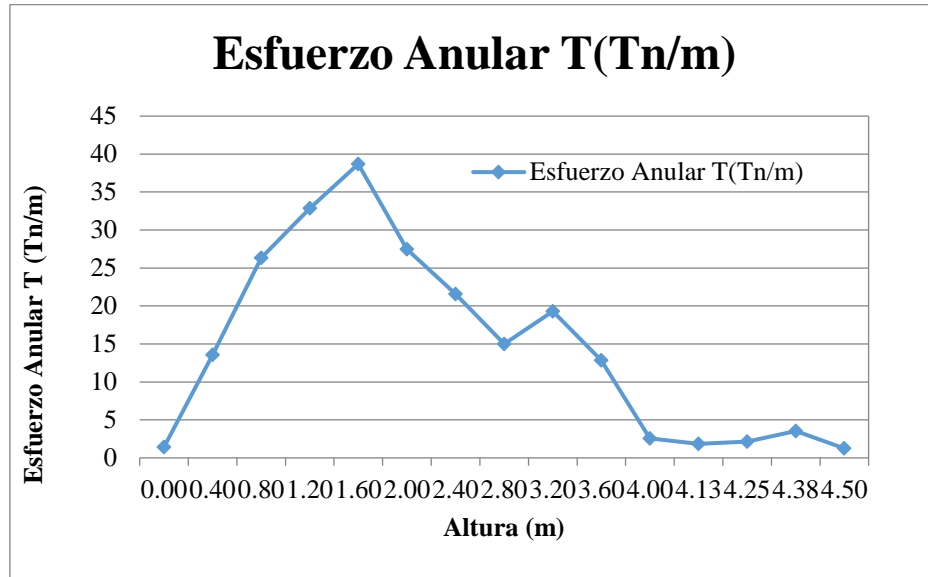


Figura 19. Esfuerzo Anular – MEF (Fuente: Elaboración Propia)

En la Figura 19, a la altura de 1.60 m se puede observar un Esfuerzo Anular Máximo con un valor igual a 38.69 Tn/m, cabe resaltar que, a la altura de 1.50 m. se halló la masa impulsiva por lo que, el Esfuerzo Anular Máximo, se dio en la altura antes mencionada, a consecuencia de la inercia generada por dicha masa durante un movimiento sísmico.

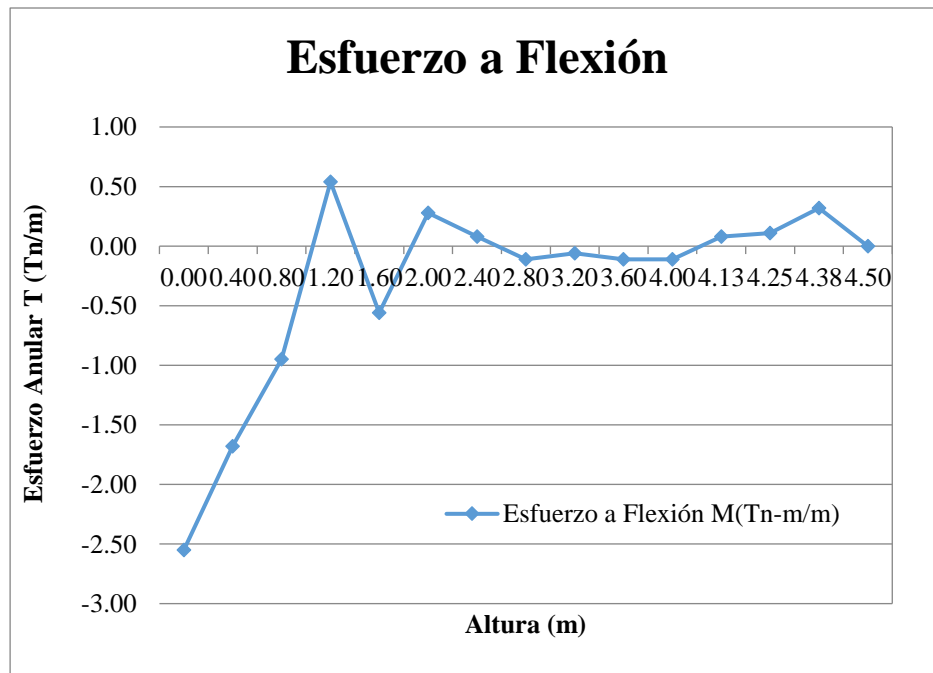


Figura 20. Esfuerzo a Flexión – MEF (Fuente: Elaboración Propia)

El Esfuerzo a Flexión en el Método de Elementos Finitos, obtuvo una variedad de diversos valores a lo largo de la pared del reservorio; que de forma vibratoria representa al agua en movimiento mediante los resortes que ayudan a sujetar la masa impulsiva y convectiva.

El Esfuerzo a Flexión no evidencia diversos valores pico en el Método de Portland Cement Association, por lo que el valor máximo de los momentos tiene un valor de 0.54 Tn-m/m a la altura de 1.20 m y un valor de -2.55 Tn-m/m que se produce en la base, tal como se muestra en la Figura 20.

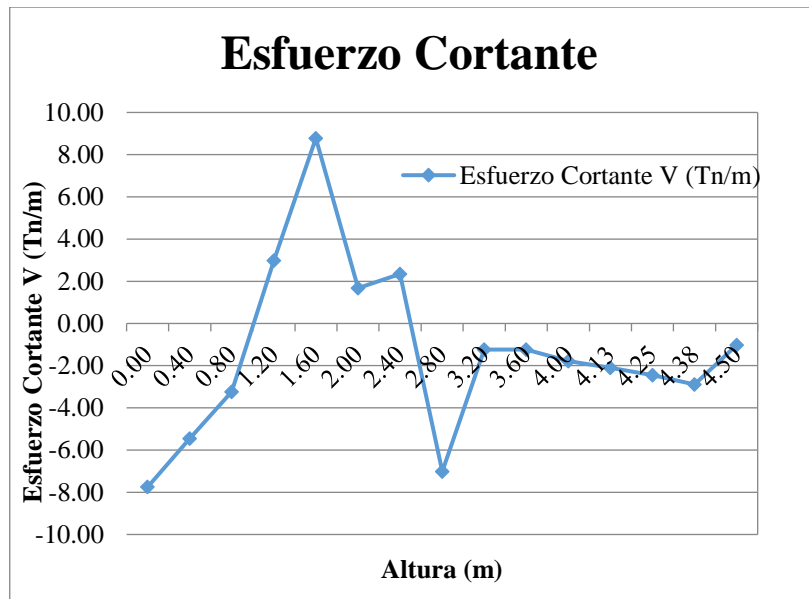


Figura 21. Esfuerzo Cortante – MEF (Fuente: Elaboración Propia)

En la Figura 21, se observa la distribución del Esfuerzo Cortante, la cual fue muy variada. Encontramos valores positivos y negativos en los apoyos, parte superior y base del reservorio, que evidencian la oposición al movimiento sísmico producido por el oleaje del agua.

A una altura de 1.60m, aproximadamente 1/3 de toda la altura de la pared, se encontró que el Cortante Máximo Positivo tuvo un valor igual a 8.78 Tn/m, resaltando que en la misma ubicación se produjo el Máximo Esfuerzo Anular, debido a que la masa impulsiva se ubica cerca de la fuerza de inercia.

Por otra parte, en la base del reservorio se produjo el Esfuerzo Máximo Negativo igual a -7.75 Tn/m.

3.9. Comparación de Resultados de ambos Métodos:

3.9.1. Análisis de los Esfuerzos Promedios

3.9.1.1. Comparación del Esfuerzo Anular Promedio

El mayor valor obtenido del Esfuerzo anular fue en las alturas 2.00 y 4.00 m, donde fue incrementado significativamente y tuvo una variación de 4.75 Tn/m.

En el Método de Portland Cement Association, el Esfuerzo Anular promedio en el nivel 4.13 y 4.50 m fue 0.00 Tn/m. Por el contrario, en el Método de Elementos Finitos, se obtuvo un incremento de 2.21 Tn/m, esto se debe a que, a diferencia del primer método, la fuerza de inercia producida por el oleaje hace que el empuje del agua incremente por su impacto contra la pared, el cual es transmitido hasta el nivel del techo y no hasta el nivel del agua solamente.

Tabla 26. *Comparación del Esfuerzo Anular Promedio*

Agrupación	Altura	PCA T Prom. (Tn/m)	MEF T Prom. (Tn/m)	Observación
Grupo 1	4.13 hasta 4.50	0.00	2.21	Incrementa
Grupo 2	2.00 hasta 4.00	11.72	16.47	Incrementa
Grupo 3	0.00 hasta 1.60	18.37	22.57	Incrementa

Fuente: Elaboración Propia

3.9.1.2. Comparación del Esfuerzo a Flexión Promedio

En el Método de Elementos Finitos, los valores hallados en el Esfuerzo a Flexión son diferentes a 0.00 Tn-m/m, esto se debe a la fuerza sísmica que se desencadena de la vibración del agua y de la estructura, existiendo un Momento el cual se ve reflejado en la teoría de la masa impulsiva y convectiva, en la oscilación de los resortes.

Se puede notar que en los niveles 1.60 y 2.40 m los valores del Esfuerzo a Flexión promedio son los mismos, solo varía el signo de positivo a negativo, por lo que, no se puede afirmar la existencia de un incremento importante, empero, en el

cálculo del acero en el diseño de reservorio es de suma importancia, pues determinará si la distribución del refuerzo vertical es externa o interna.

Los Esfuerzos Máximos a Flexión se dan en la base del reservorio, donde el Esfuerzo Promedio tuvo una mayor variación correspondiente a 0.92 Tn-m/m, debido a que, el Esfuerzo de Volteo es una fuerza resultante producido en los niveles inferiores del Reservorio Circular.

Tabla 27. Comparación del Esfuerzo a Flexión Promedio

Agrupación	Altura	PCA M Prom. (Tn-m/m)	MEF M Prom. (Tn-m/m)	Observación
Grupo 1	4.13 hasta 4.50	0.00	0.13	Incrementa
Grupo 2	2.80 hasta 4.00	0.00	-0.10	Decrece
Grupo 3	1.60 hasta 2.40	0.07	-0.07	Decrece
Grupo 4	0.00 hasta 1.20	-0.24	-1.16	Incrementa

Fuente: Elaboración propia

3.9.1.3. Comparación del Esfuerzo Cortante Promedio

Al promediar los esfuerzos mediante los dos Métodos en estudio, se puede observar que el Método de Elementos Finitos es menor al Método de la PCA en 2 de los 4 grupos y que el Cortante Máximo obtenido por el último método mencionado fue 0.39 Tn/m.

Cabe destacar que, para el cálculo de los Esfuerzos, éstos son considerados como elementos de Cáscara empleando el Método de Portland Cement Association, por ende, considera que el Esfuerzo Cortante es menor que la idealización tomada como una viga empotrada en la base y con un apoyo fijo en el extremo, siendo el segundo un criterio más conservador.

Se puso evidenciar que, en el Método de Elementos Finitos los esfuerzos promedios fueron mayores cuando se encuentra a la altura de la masa impulsiva, mientras que en el Método de la PCA fueron mayores en sus apoyos. Esto se debe a que, la masa impulsiva origina una fuerza de inercia generando un incremento en el esfuerzo perpendicular a la pared.

Tabla 28. Comparación del Esfuerzo Cortante Promedio

Agrupación	Altura	PCA M Prom. (Tn-m/m)	MEF M Prom. (Tn-m/m)	Observación
Grupo 1	4.13 hasta 4.50	-3.65	-2.12	Decrece
Grupo 2	2.80 hasta 4.00	-13.71	-2.82	Decrece
Grupo 3	1.60 hasta 2.40	2.00	4.27	Incrementa
Grupo 4	0.00 hasta 1.20	17.71	-3.37	Decrece

Fuente: Elaboración propia

3.9.2. Análisis de Esfuerzos Máximos

Los Reservorios apoyados circulares, se diseñan y verifican en base a los Esfuerzos Máximos, siendo estos los más resaltantes; en general, se puede observar en los resultados obtenidos que el Método de Elementos finitos son mayores a los del Método de Portland Cement Association.

En la tabla 28, se observa la Variación Porcentual, el cual se determinó a base del incremento de los Esfuerzos del Método de Portland Cement Association, donde vemos que el Esfuerzo Anular Máximo de 29.39 Tn/m, se ve incrementado en 49.35% cuando es determinado mediante el Método de Elementos Finitos alcanzando un valor igual a 38.69 Tn/m.

El resultado del Esfuerzo Cortante Máximo Positivo hallado por el Método de Portland Cement Association, decrece un 64.08% cuando aplicamos el Método de Elementos Finitos, no obstante, cabe resaltar que al utilizar el Método de PCA, tuvo como resultado en el Cortante Máximo un valor de 0.39 Tn/m menor que el del Método de Elementos finitos que tuvo un valor igual a 8.78 Tn/m. De cualquier manera, se utilizará el caso más crítico para cualquiera de los dos métodos.

Por ende, podemos comprobar que los Esfuerzos Máximos hallados por el Método de Portland Cement Association son menores al Método de Elementos Finitos, excepto por el cortante máximo tanto positivo como negativo.

Tabla 29. Comparación de Esfuerzos Máximos

Tipo de Esfuerzo	Método de PCA	Método de Elementos Finitos	Variación en Porcentaje (%)	Observación
Esfuerzo Anular (Tn/m)	29.39	38.69	31.64%	Incrementa
Esfuerzo a Flexión Positivo (Tn-m/m)	0.43	0.54	25.58%	Incrementa
Esfuerzo a Flexión Negativo (Tn-m/m)	-1.70	-2.55	50.00%	Incrementa
Esfuerzo Cortante Positivo (Tn/m)	24.44	8.78	64.08%	Decrece
Esfuerzo Cortante Negativo (Tn/m)	-20.44	-7.75	62.08%	Decrece

Fuente: Elaboración propia

3.10. Resultados de ambos Métodos – Costos:

El costo por metro cúbico para ambos métodos es el siguiente:

Partida	1.01	CONCRETO F'C= 210 Kg/Cm ²				
Rendimiento	M3/DIA	MO	18.00	Costo unitario directo S/. Por: M3		504.24
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
470101	CAPATAZ	HH	0.50	0.2222	31.08	6.91
470102	OPERARIO	HH	3.00	1.3333	23.91	31.88
470103	OFICIAL	HH	3.00	1.3333	18.83	25.11
470104	PEON	HH	6.00	2.6667	16.83	44.88
47010201	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	HH	7.00	3.1111	23.91	<u>74.39</u>
						183.16
Materiales						
150035	PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	M3		0.6100	78.50	47.89
050104	ARENA GRUESA	M3		0.4700	42.50	19.98
022101	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	BLS		9.8000	23.00	225.4
261103	AGUA PUESTO PARA LA OBRA	M3		0.1700	6.50	<u>1.11</u>
						294.37
Equipos						
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	183.16	9.16

070004	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP- 2.4"	HM		0.4444	14.50	6.44
100007	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 11 P3 - 18 HP	HM		0.4444	25.00	<u>11.11</u>
						26.71

Partida	1.02	CONCRETO F'C= 280 Kg/Cm²				
Rendimiento	M3/DIA	MO	18.00	Costo unitario directo S/. Por: M3	544.10	

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
470101	CAPATAZ	HH	0.50	0.2222	31.08	6.91
470102	OPERARIO	HH	3.00	1.3333	23.91	31.88
470103	OFICIAL	HH	3.00	1.3333	18.83	25.11
470104	PEON	HH	6.00	2.6667	16.83	44.88
47010201	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	HH	7.00	3.1111	23.91	<u>74.39</u>
						183.16
Materiales						
150035	PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	M3		0.7500	78.50	58.88
050104	ARENA GRUESA	M3		0.5000	42.50	21.25
022101	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	BLS		11.0000	23.00	253.00
261103	AGUA PUESTO PARA LA OBRA	M3		0.1700	6.50	<u>1.11</u>
						334.23
Equipos						
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	183.16	9.16
070004	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP- 2.4"	HM		0.4444	14.50	6.44
100007	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 11 P3 - 18 HP	HM		0.4444	25.00	<u>11.11</u>
						26.71

Partida	1.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO				
Rendimiento	M2/DIA	M0	14.00	Costo unitario directo S/. Por: M2	60.30	

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
470101	CAPATAZ	HH	0.10	0.0571	23.91	1.37
470102	OPERARIO	HH	1.00	0.5714	23.91	13.66
470103	OFICIAL	HH	1.00	0.5714	18.83	10.76
470104	PEON	HH	2.00	1.1429	16.83	<u>19.23</u>
						25.79
Materiales						
202971	ALAMBRE NEGRO N°16	KG		0.2000	5.00	1.00
020210	CLAVOS P/MADERA CON CABEZA DE 3"	KG		0.2000	5.00	1.00
	ADITIVO CURADOR	GLN		0.0450	14.50	0.65
	DESMOLDANTE PARA MADERA	GLN		0.0556	119.50	6.64
430025	MADERA TORNILLO	P ^a		2.5000	5.68	14.21
	TRIPLAY 4' x 8' 18 mm	PLN		0.0800	118.00	<u>9.44</u>
						32.95

Equipos						
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	25.79	<u>1.29</u> 1.57
Partida	1.04	ACERO DE REFUERZO F'C= 4,200 KG/CM2				
Rendimiento	KG/DIA	MO	250.00	Costo unitario directo S/. Por:	KG	6.75
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
470101	CAPATAZ	HH	0.10	0.0032	26.09	0.08
470102	OPERARIO	HH	1.00	0.0320	20.07	0.64
470103	OFICIAL	HH	1.00	0.0320	16.47	0.53
470104	PEON	HH	2.00	0.0640	17.47	<u>1.12</u> 1.25
Materiales						
202971	ALAMBRA NEGRO N°16	BLS		0.0500	5.00	0.25
202972	ACERO DE REFUERZO F'Y= 4,200 GRADO 60	KG		1.0500	4.95	<u>5.20</u> 5.45
Equipos						
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	1.25	<u>0.06</u> 0.05

TOTAL: S/. 616.

Comparación de Costos: Método de Portland Cement Association Vs Método de Elementos Finitos

Tabla 30. Comparación de costos

Partida	Método de Portland Cement Association			Método de Elementos Finitos		
	Cúpula	Muro	Losa	Cúpula	Muro	Losa
Concreto	8,583.94	30,768.13	3,801.88	8,583.94	30,768.13	3,801.88
Encofrado y desencofrado	6,061.96	6,819.93	3,024.65	6,061.96	6,819.93	3,024.65
Acero de Refuerzo	3,645.68	5,000.94	3,242.03	7,280.28	7,762.5	4,662.09
Total (S/.)	18,291.58	42,589.00	10,068.56	21,926.18	45,350.56	11,488.62

Fuente: Elaboración propia

IV. DISCUSIÓN

El autor (PAVON, 2001), nos menciona que, para diseñar una estructura, es necesario considerar la metodología adecuada para así analizar la estructura y evitar el colapso de ellas. También, Chalco (2012) menciona que, El proyectista desarrolla diversas actividades en el diseño estructural, para la determinación de la forma, dimensión y características detalladas de una estructura, es decir, durante las distintas etapas de la vida útil de la estructura, tiene como función absolver las diversas solicitudes que se presentan, sobre todo en su construcción. A lo mencionado, los autores manifiestan que es necesario considerar en el diseño, las cargas y materiales a emplear, debido a que, se obtendrán estudios independientes, los cuales determinarán la forma más propicia para que la estructura desempeñe una función específica para el uso público. Para desarrollar este proceso de diseño, el cual es totalmente técnico, se requiere un conocimiento fundamental de las propiedades de los materiales y de las leyes de la mecánica que rigen la propuesta de materiales.

Asimismo, la OPS (2014) menciona que, en los proyectos de abastecimiento de agua potable con poblaciones rurales, las capacidades suelen ser medianas o pequeñas y su geometría varía entre circular o cuadrada por la optimización de costos en su construcción. (Arévalo y Barahona, 2013), manifiesta que se deben considerar ciertos parámetros para el diseño del reservorio como el nivel freático, contenido, tipo de suelo y cargas debido al flujo que pueda producirse. Según estos autores, para el diseño de un reservorio apoyado de concreto armado, es importante determinar la geometría, caudal de diseño, capacidad, dimensionamiento, tipo y ubicación, para luego iniciar el diseño estructural de dicho reservorio.

Por consiguiente, a los que respecta a los resultados encontrados a nivel del primer objetivo específico, el cual plantea evaluar las diferencias entre el Método de Elementos Finitos con el Método de Portland Cement Association con respecto a las acciones mecánicas para el diseño de un reservorio apoyado de concreto armado, con la información obtenida mediante los cálculos realizados en las hojas de Excel y en el Software SAP 2000, se muestran las incidencias de exactitud del MEF en las estructuras del reservorio debido a que, los sismos en la vida real, generan en estructuras sensibles una acción dinámica tanto de entrada como de salida, los cuales fueron tomados en cuenta.

En relación al segundo objetivo que plantea proponer criterios para que los métodos cumplan los parámetros propuestos en el diseño estructural de reservorios apoyados de concreto armado, que en este caso se trata del diseño de un reservorio apoyado de concreto armado de geometría circular, en el cual se cumplen los parámetros descritos en la Norma E030 – 2014, pero de no ser por el estándar ACI 350 – 2014, se obtendría un resultado más confiable, debido a que, la NTP (Norma Técnica Peruana), carece de información con respecto a los reservorios y maneja información muy general, considerando que no indica los parámetros para el análisis de estructuras de ese tipo.

En relación al tercer objetivo específico que plantea evaluar económicamente los métodos propuestos para el diseño de un reservorio apoyado de concreto armado, el resultado obtenido mediante el cuadro comparativo de costos, indica que el Método de Portland Cement Association es más económico que Método de Elementos Finitos.

V. CONCLUSIONES

A continuación, se detallan las conclusiones las cuales concuerdan con los objetivos, hipótesis, marco teórico y la aplicación de instrumentos de la presente tesis, las cuales son las siguientes:

Primera. Se determina que el Método de Elementos Finitos (MEF) es más favorable que el Método de Portland Cement Association para el diseño de un reservorio apoyado de concreto armado. Este resultado permite indicar que, cuando ocurre un sismo, la vibración genera el movimiento del agua y al ser considerado en el Método de Elementos Finitos nos brinda valores que se aproximan mucho más con la realidad, a diferencia del Método de Portland Cement Association, en cuanto al cálculo de las acciones mecánicas en el Reservorio Apoyado.

Segunda. Se determina que existen diferencias significativas entre el Método de Elementos Finitos y el Método de Portland Cement Association con respecto a las acciones mecánicas para el diseño de un reservorio apoyado de concreto armado. Este resultado permite indicar que, el Método de Elementos Finitos refleja una exactitud mayor al tener en cuenta las acciones mecánicas, las cuales en el Método de PCA no son consideradas, tales como la fuerza sísmica, la fuerza de inercia, vibración de la estructura y chapoteo del agua.

Tercera. Se determina que, para el desarrollo de los métodos se deben tomar en cuenta criterios propuestos, logrando así cumplir parámetros en el diseño estructural de reservorios apoyados de concreto armado. Este resultado permite identificar que, aplicando diferentes tipos de normas, como el ASCE/SEI 07-10 y el ACI 350-06 se logra cumplir con aquellos parámetros requeridos y así conseguir para la zona en estudio, un diseño estructural, teniendo como inconveniente la obtención de parámetros de sitio, ya que según el ASCE/SEI 07-10, se obtienen vía página web, pero para la zona en estudio los datos no son los suficientemente confiables, por ello es que se realiza el cálculo con una probabilidad sísmica.

Cuarta. Se precisa que el diseño de un reservorio apoyado por el método de Método de Portland Cement Association es más económico que el Método de Elementos Finitos (MEF) para el diseño de un reservorio apoyado de concreto armado, debido a la facilidad con la que se obtienen los datos del diseño en el Apéndice de las Tablas de la PCA que pueden ser descargadas del internet. Asimismo, al no

considerar las fuerzas dinámicas, el diseño muestra una cantidad menor de acero, lo que hace que el costo sea menor al del Método de Elementos Finitos.

VI. RECOMENDACIONES

Las recomendaciones sugeridas a continuación, guardan relación con los resultados de la investigación y como sigue:

Primera. Cuando se realicen comparaciones de Esfuerzos mediante dos metodologías independientemente una de la otra, se recomienda que las alturas tengan el mismo valor con el fin de que sus diferencias sean reconocidas y así realizar una evaluación de los resultados.

Segunda. El Reglamento Nacional de Edificaciones debe incluir ciertos parámetros en la norma E.030, correspondiente al diseño y análisis sísmico en cuyas estructuras sirvan como almacenamiento de líquidos.

Tercera. Para los modelos de Reservorios Apoyados de forma circular, es recomendable extender la investigación con diferentes alturas, características y dimensiones para así sistematizar los resultados y plasmarlos en una normativa para avalar una seguridad mayor en estructuras tan importantes como esta.

Cuarta. La presente investigación profesional, tiene como aporte fundamental plantear un esquema para el análisis, el cual está regido por una metodología para su diseño y evaluación en su estructura.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN CONCRETE INSTITUTE (ACI) (2001). *Seismic Design of liquid-Containing Concrete Structures (ACI 350.3-01) and Commentary (350.3R-01)*. [Consulta: 20 de Abril del 2018]. Disponible en:
<http://ebookbrowse.com/qdoc.php?id=125862452&url=727d2a1fe0915560d7b0c9eaf79098bd>
- ARÉVALO, Pablo y BARAHONA, René (2013). *Diseño comparativo de tanques para el almacenamiento de agua de hormigón armado, enterrados hasta el nivel de la tapa*. Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero Civil. [Consulta: 26 de Abril del 2018]. Disponible en:
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/4267/1/TESIS.pdf>
- ARIAS, Fideas. *El proyecto de investigación, introducción a la metodología científica* [en línea]. 6.ª ed. Caracas: Episteme C.A; 2012 [30 de Junio de 2017]. [Consulta: 26 Mayo 2018]. Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/301894369_EL_PROYECTO_DE_INVESTIGACION
- BERNAL, César (2010). *Metodología de la Investigación*. Tercera edición. Pearson Educación: Colombia.
- BERNAL, Jorge (2009). *Diseño estructural*. 2009.
- BORJA, Manuel (2012). *Metodología de la Investigación Científica para Ingenieros*. Chiclayo, Perú.
- BISQUERRA, Rafael (2010). *Metodología de la investigación educativa*. Consejo Mexicano de Investigación Educativa A.C. Distrito Federal: México
- CARRIÓN, Luis y CORPUS, Byron (2015). *Procedimiento de Diseño Estructural de un Reservorio Circular Apoyado de Concreto Armado cumpliendo los*

Parámetros de la Propuesta de Norma E030 2014 para la Zona de Cajamarquilla.
Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil. [Consulta: 26 de Abril del 2018]. Disponible en:
http://cybertesis.urp.edu.pe/bitstream/urp/1345/1/carrion_lvd-corporus_be.pdf

- COMISIÓN NACIONAL DE AGUA, (CNA) (2007). *Diseño, construcción y operación de tanques de regulación para abastecimiento de agua potable*. México.
- COMPUTERS AND STRUCTURES, INC. (2013). *SAP2000 v.15.0.0–Structural Analysis Program*, Computers and Structures, Inc. Berkeley. California, USA.
- CHALLCO, Gilmer (2012). *Análisis y Diseño de Reservorios Circulares de C° A° Mediante los Métodos de Elementos Finitos y PCA en la Ciudad de Puno, 2012*. Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil. [Consulta: 20 de Abril del 2018]. Disponible en:
https://docgo.net/philosophy-of-money.html?utm_source=analisis-de-reservorios-circulares-por-elementos-finitos
- HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar (2010). *Metodología de la Investigación*. México D. F.: MacGraw-Hill. ISBN 978-607-15-0291-9. [Consulta: 16 de Mayo del 2018]
- HERNANDEZ, Roberto. *Metodología de la investigación*. México: MacGraw-Hill, 2010.
- HURTADO, Jacqueline (2007). *El proyecto de Investigación*. Quinta edición. Caracas. Ediciones Quirón-Sypal.
- LLASA, Oscar (2011). *Análisis Sísmico de Reservorios*. [Consulta 10 de Octubre del 2018]. Disponible en:
<http://les.scribd.com/doc/56228789/analisis-sismico-de-reservorios-llasa>

- LÓPEZ, Abraham y SÁNCHEZ, Juan (2011). *"Diseño de Cisternas de Ferrocemento, Análisis Económico, Constructivo y Cualitativo ante Cisternas de Hormigón Armado y Cisternas Plásticas"*. Monografía (Ing. Civil) EC., Universidad de Cuenca, Facultad de ingeniería civil, 142p.
- MANTILLA, Luis (2018). *"Comportamiento sísmico de reservorio apoyados de concreto armado de sección circular y rectangular"*. Tesis para optar e título profesional de Ingeniero Civil. Disponible en:
<http://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/12655>
- MARTOS, Francisco (2013). *Evaluación de los Esfuerzos de un Reservorio Circular entre el Método Estático y el Método Dinámico del Diseño Sismorresistente*. Tesis para optar por el título profesional de Ingeniero Civil. [Consulta: 20 de Abril del 2018]. Disponible en:
<http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/84/T%20551.22%20M387%202013.pdf?sequence=1>
- MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO (2009). *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima. [Consulta: 06 de Mayo del 2018]. Disponible en: <http://www.vivienda.gob.pe/RNE.html>
- NIETO, Abad y ZHAÑAY, Andrés (2011). *"Diseño de un Tanque Apoyado De Ferrocemento para la Comunidad de Santa Rosa de Chichin, Perteneciente a la Parroquia Jadán del Cantón Gualaceo"*. Tesis (Ing. Civil), EC. Universidad de Cuenca, Facultad de Ingeniería Civil, 69p.
- OÑATE, Eugenio (2009). *Cálculo de Estructuras por el Método de Elementos Finitos. Análisis estático lineal*. 2ª ed. Barcelona. CIMNE.
- ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE SALUD, OPS (2004). *Guía para el diseño y construcción de reservorios apoyados*. [Consulta: 26 de Abril del 2018]. Disponible en:

http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/2sas/d23/038_dise%C3%B1o_y_construccion_reservorios_apoyados/dise%C3%B1o_y_construccion_reservorios_apoyados.pdf

- PAVÓN, Víctor. (2001). *“Diseño y construcción de estructuras de concreto para contener líquidos”* Universidad Autónoma del Estado de México. México D.F.
- PORTILLO, Elman (2009). *Análisis y Diseño para estructuras de hormigón armado en tanques elevados*. Trabajo de Graduación al conferírsele el título de Ingeniero Civil. [Consulta: 26 de Abril del 2018]. Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3021_C.pdf
- PORTLAND CEMENT ASSOCIATION (PCA). 1993. *Circular Concrete Tanks Without Prestressing*. [Consulta: 04 de Mayo del 2018]. Disponible en: <http://www.4shared.com/office/oXoNjrXq/Circular Concrete Tanks Withou.html>
- PORTLAND CEMENT ASSOCIATION (PCA) (1993). *Rectangular Concrete Tanks Without Prestressing*. [Consulta: 04 de Mayo del 2018]. Disponible en: <http://www.4shared.com/office/oXoNjrXq/Rectangular Concrete Tanks Withou.html>
- RAMÍREZ, Alberto (2011). *Análisis Estático de Reservorios Circulares*. [Consulta: 16 de Setiembre del 2018]. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/53138063/DISENO-DE-RESERVORIOS-CIRCULARES-D20-H8-CU2-DINAMICO>
- RAMÍREZ, Alberto (2011). *Análisis Sísmico de Reservorios Circulares*. [Consulta: 28 de Setiembre del 2018]. Disponible en <http://es.scribd.com/doc/53138063/DISENO-DE-RESERVORIOS-CIRCULARES-D20-H8-CU2-DINAMICO>

- SCALETTI, Hugo (1967). *El Método de Elementos Finitos en sus aplicaciones a problemas de mecánica estructural*. Tesis de grado. [Consulta: 26 de Abril del 2018]. Disponible en:
http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/10760/1/scaletti_fh.pdf
- SCALETTI, Hugo (1972). *El Método de Elementos Finitos en sus Aplicaciones al Análisis Estructural*. Tesis de grado. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima. [Consulta: 26 de Abril del 2018]
- TINOCO, Julver (2014). *Comparación del comportamiento estructural y costo de un reservorio circular de ferrocemento y uno de concreto armado*. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil. Disponible en:
<http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/415/T%20693.5%20T587%202014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- VALDERRAMA, Santiago (2013). *Pasos para Elaborar Proyectos de Investigación Científica Cuantitativa, cualitativa y Mixta. 5.ª reimpresión*. Lima: San Marcos.
- VIDAL, Gustavo (2007). *Diseño sísmico de un estanque de hormigón armado. Comparación del código norteamericano y las recomendaciones neozelandesas*. Informe de proyecto de Título para optar al Título de Ingeniero Civil. [Consulta: 20 de Abril del 2018]. Disponible en:
<http://www.civil.ucsc.cl/investigacion/memorias/gvidal.pdf>


ANEXOS

ANEXO 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA.

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES
¿Cuál de los dos métodos planteados es el más favorable para el diseño de un reservorio apoyado de concreto armado?	Plantear y reconocer un método favorable para el diseño de un reservorio apoyado de concreto armado.	El Método de Elementos Finitos (MEF) es más favorable que el Método de Portland Cement Association para el diseño de un reservorio apoyado de concreto armado.	Método de Elementos Finitos y Portland Cement Association.	Método de Portland Cement Association	<ul style="list-style-type: none"> • Concreto • Acero de refuerzo • Acciones mecánicas
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICOS		Método de Elementos Finitos y Portland Cement Association.	Método de Elementos Finitos
¿En qué se diferencian el Método de Elementos Finitos con el Método de Portland Cement Association con respecto a las acciones mecánicas para el diseño de un reservorio apoyado de concreto armado?	Evaluar las diferencias entre el Método de Elementos Finitos con el Método de Portland Cement Association con respecto a las acciones mecánicas para el diseño de un reservorio apoyado de concreto armado.	Existen diferencias significativas entre Método de Elementos Finitos y el Método de Portland Cement Association con respecto a las acciones mecánicas para el diseño de un reservorio apoyado de concreto armado.	Diseño de un reservorio apoyado de concreto armado.	Geometría y Caudal de Diseño	<ul style="list-style-type: none"> • Geometría del Reservorio • Caudal de diseño
¿Con qué criterio elegir el método para que cumplan los parámetros propuestos en el diseño estructural de reservorios apoyados de concreto armado?	Proponer criterios para que los métodos cumplan los parámetros propuestos en el diseño estructural de reservorios apoyados de concreto armado.	Proponiendo criterios para el desarrollo de los métodos cumplen los parámetros propuestos en el diseño estructural de reservorios apoyados de concreto armado.		Capacidad y dimensionamiento del reservorio	<ul style="list-style-type: none"> • Cálculo de Población • Capacidad del Reservorio
¿Cuál de los dos métodos planteados es el más económico para el diseño de un reservorio apoyado de concreto armado?	Evaluar económicamente los métodos propuestos para el diseño de un reservorio apoyado de concreto armado.	El Método de Elementos Finitos (MEF) es más económico que el Método de Portland Cement Association para el diseño de un reservorio apoyado de concreto armado.		Tipo y ubicación del Reservorio	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de Reservorio • Ubicación adecuada

Autor: Tesista, Fecha: 25/06/2018, Fuente: Propia, Descripción: Matriz de Consistencia.


ANEXO 2: Formato N° 01

FORMATO N° 01: Recolección de datos		
	Título: DISEÑO DE UN RESERVORIO APOYADO DE CONCRETO ARMADO MEDIANTE LOS MÉTODOS DE ELEMENTOS FINITOS Y PORTLAND CEMENT ASSOCIATION, PROVINCIA DE HUARAL – LIMA, 2018	
Autora: Cruz Rojas, Carla		
I. Generalidades:		
Fecha de Aplicación: 10/10/2018		
II. Datos para el Diseño del Reservorio:		
- Geometría del reservorio: Circular		
- Tipo de Reservorio: Apoyado		
- Ubicación del reservorio: Centro poblado Santísima Cruz de Sacahispa, Distrito y Provincia de Huaral, Departamento de Lima		
- Tipo de cubierta: Cúpula		
- Tipo de Suelo: Suelo flexible o con estratos de gran espesor		
- Caudal de diseño: 4.49 l/s		
- Población actual: 1092 habitantes		
- Población futura: 1655 habitantes		
- Capacidad del reservorio: 150 m ³		
III. Validez del instrumento:		
Válido/No Válido: Válido	Válido/No Válido: Válido	Válido/No Válido: Válido
IV. Datos del experto:		
Nombre:	Nombre:	Nombre:
CIP N°:	CIP N°:	CIP N°:
Especialidad:	Especialidad:	Especialidad:
Firma y Sello:	Firma y Sello:	Firma y Sello:

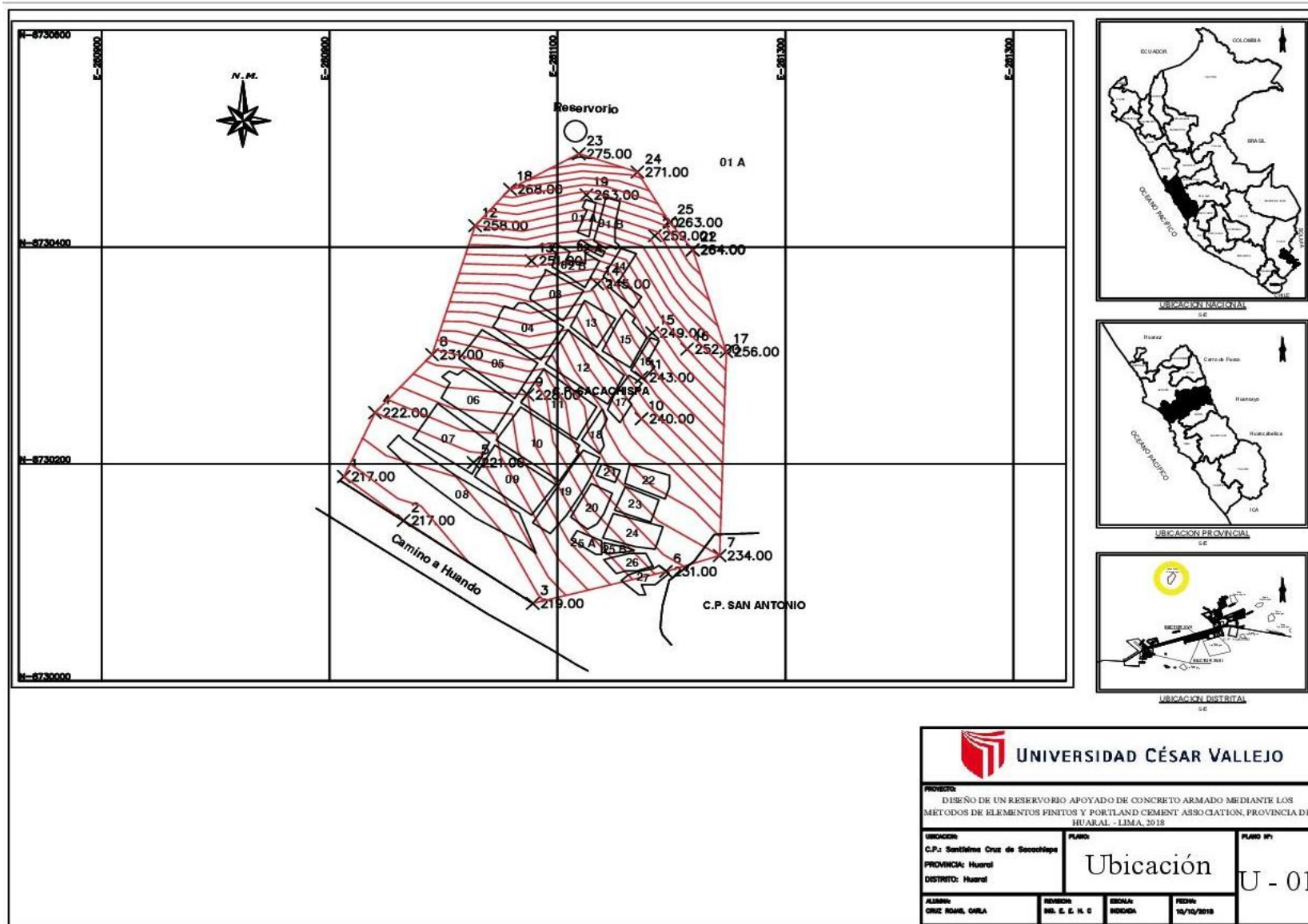
Formato N° 02

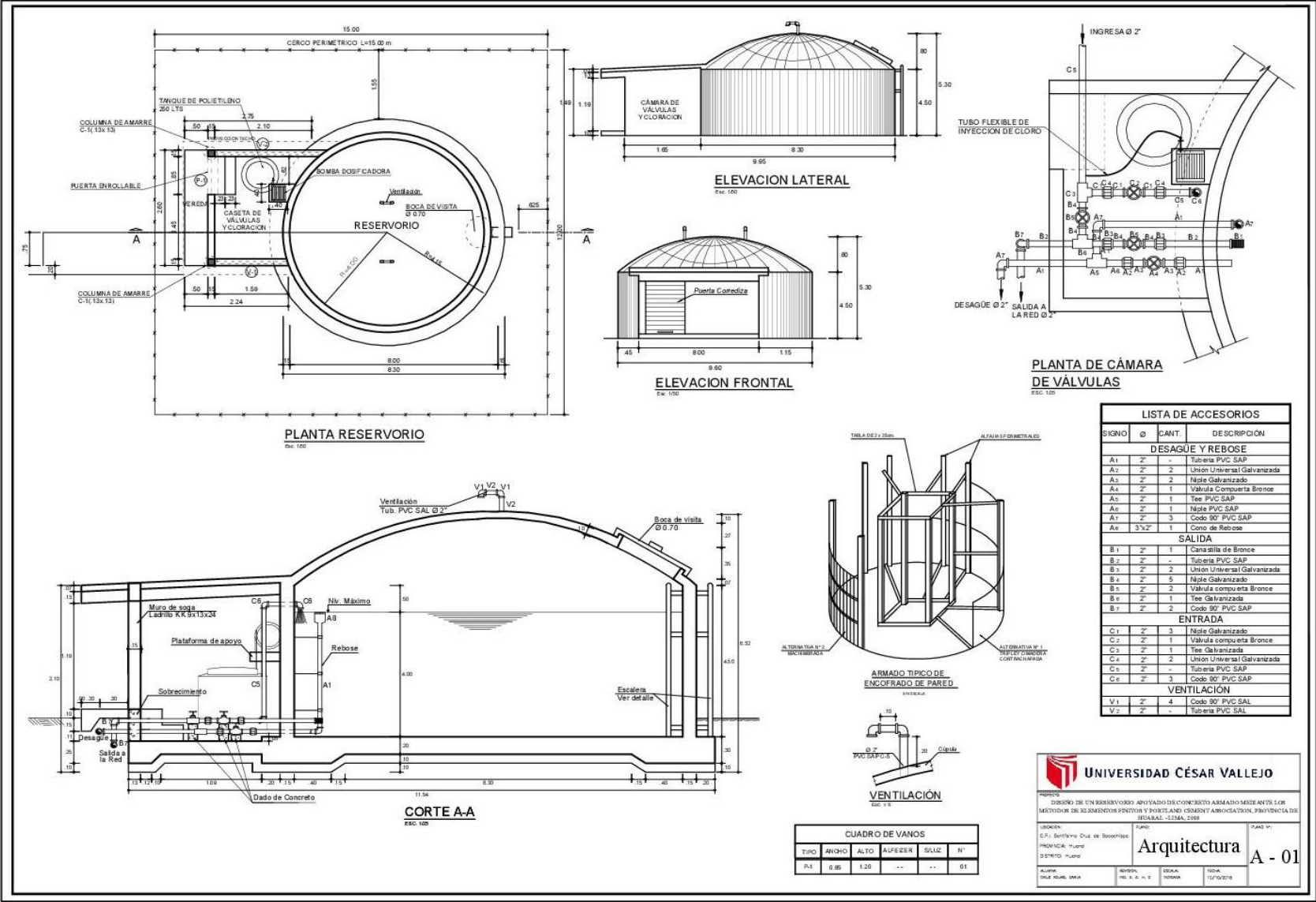
FORMATO N° 02: COMPARACIÓN DE MÉTODOS (TÉCNICA)		
	Título: DISEÑO DE UN RESERVOIRIO APOYADO DE CONCRETO ARMADO MEDIANTE LOS MÉTODOS DE ELEMENTOS FINITOS Y PORTLAND CEMENT ASSOCIATION, PROVINCIA DE HUARAL – LIMA, 2018	
Autora: Cruz Rojas, Carla		
I. Generalidades:		
Fecha de Aplicación: 16/11/2018		
II. Comparación de Métodos (Técnica):		
a) Método de Portland Cement Association		
- Tipo de Cemento: Portland tipo 1		
- Acciones mecánicas evaluadas: Anular, Flexión, Cortante		
- Instrumento de diseño utilizado: Tablas de la PCA		
- Acero de refuerzo: Item 3.3.		
- Resultados estimados: Item 3.5.		
b) Método de Elementos Finitos		
- Tipo de Cemento: Portland tipo 1		
- Acciones mecánicas evaluadas: Anular, Flexión, Cortante		
- Instrumento de diseño utilizado: SAP 2000		
- Acero de refuerzo: Item 3.4.		
- Resultados estimados: Item 3.6		
Conclusión: El Método de Elementos Finitos es más eficaz que el Método de Portland Cement Association		
III. Validez del instrumento:		
Válido/No Válido: Válido	Válido/No Válido: Válido	Válido/No Válido: Válido
IV. Datos del experto:		
Nombre:	Nombre:	Nombre:
CIP N°:	CIP N°:	CIP N°:
Especialidad:	Especialidad:	Especialidad:
Firma y Sello:	Firma y Sello:	Firma y Sello:

Formato N° 03

FORMATO N° 03: COMPARACIÓN DE MÉTODOS (COSTO)		
	Título: DISEÑO DE UN RESERVORIO APOYADO DE CONCRETO ARMADO MEDIANTE LOS MÉTODOS DE ELEMENTOS FINITOS Y PORTLAND CEMENT ASSOCIATION, PROVINCIA DE HUARAL – LIMA, 2018	
Autora: Cruz Rojas, Carla		
I. Generalidades:		
Fecha de Aplicación: 20/11/2018		
II. Comparación de métodos (Costos):		
a) Método de Portland Cement Association: Costo del Diseño: S/. 70949.14 Costo en la realización de cálculos y modelamiento: S/. 1500.00 Otros gastos a realizar: S/. 450.00 Monto Total: S/. 72899.14		
b) Método de Elementos Finitos: Costo del Diseño: S/. 78765.36 Costo en la realización de cálculos y modelamiento: S/. 2500.00 Otros gastos a realizar: S/. 450.00 Monto Total: S/. 81715.36		
Conclusión: El Método más económico es el Portland Cement Association.		
III. Validez del instrumento:		
Válido/No Válido: Válido	Válido/No Válido: Válido	Válido/No Válido: Válido
IV. Datos del experto:		
Nombre:	Nombre:	Nombre:
CIP N°:	CIP N°:	CIP N°:
Especialidad:	Especialidad:	Especialidad:
Firma y Sello:	Firma y Sello:	Firma y Sello:

ANEXO 3: Planos del Proyecto





LISTA DE ACCESORIOS			
SIKNO	Ø	CANT	DESCRIPCIÓN
DESAGÜE Y REBOSE			
A1	2"	1	Tubera PVC SAP
A2	2"	2	Union Universal Galvanizada
A3	2"	2	Niple Galvanizado
A4	2"	1	Valvula Compuerta Bronce
A5	2"	1	Tee PVC SAP
A6	2"	1	Niple PVC SAP
A7	2"	3	Codo 90° PVC SAP
A8	3 1/2"	1	Cono de Reboso
SALIDA			
B1	2"	1	Cansilla de Bronce
B2	2"	1	Tubera PVC SAP
B3	2"	2	Union Universal Galvanizada
B4	2"	5	Niple Galvanizado
B5	2"	2	Valvula compuerta Bronce
B6	2"	1	Tee Galvanizado
B7	2"	2	Codo 90° PVC SAP
ENTRADA			
C1	2"	3	Niple Galvanizado
C2	2"	1	Valvula compuerta Bronce
C3	2"	1	Tee Galvanizado
C4	2"	2	Union Universal Galvanizada
C5	2"	-	Tubera PVC SAP
C6	2"	3	Codo 90° PVC SAP
VENTILACIÓN			
V1	2"	4	Codo 90° PVC SAL
V2	2"	-	Tubera PVC SAL

CUADRO DE VANOS					
TIPO	ANCHO	ALTO	ALFESER	SILLAS	N°
P-1	0.85	1.20	-	-	01

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

PROYECTO: DISEÑO DE UN RESERVOIRIO APOYADO DE CONCRETO ARMADO MIXTO ANTES DE SER METODOS DE SOLUCIONES FINICAS Y PINTAS. CONSULTA ABOGADIA, FARMACIA DE SUYALBA - I.S.M.A. 2018

UBICACION: C.R. San Martín De Porres

PROFESIONAL: **Arquitectura**

DISTRITO: **PLAZA**

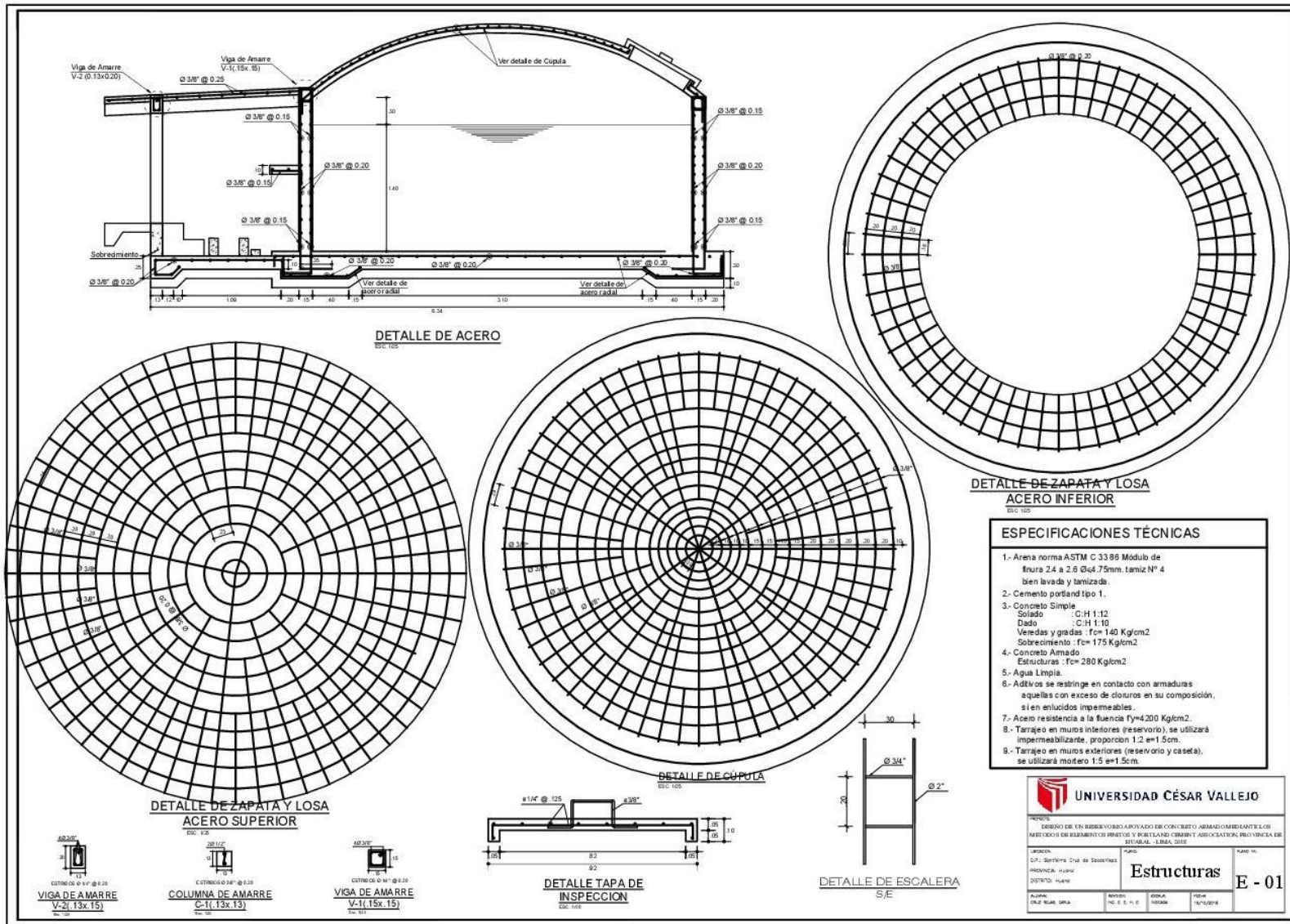
ALUMNO: DALE NEAL SANCHEZ

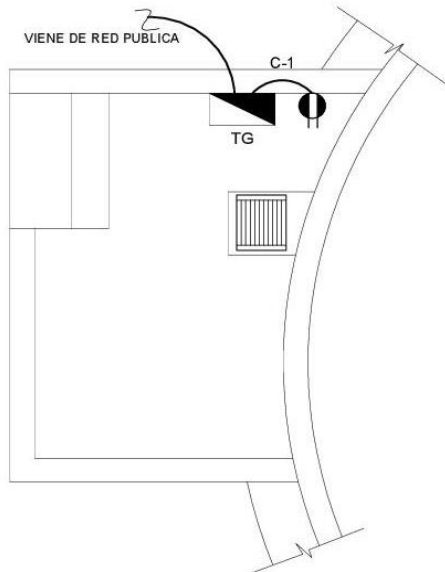
REVISOR: TEL. 8. 2. 2. 1

SEÑALA: ROSAMBA

FECHA: 15/10/2018

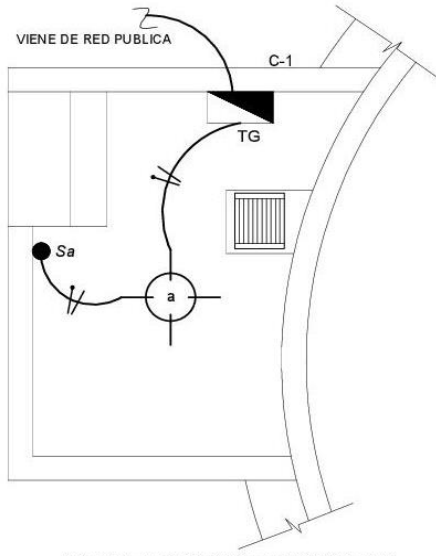
PLANO N°: **A - 01**





**INSTALACIONES ELECTRICAS
TOMACORRIENTES**

ESC. 1/25



**INSTALACIONES ELECTRICAS
ALUMBRADO**

ESC. 1/25

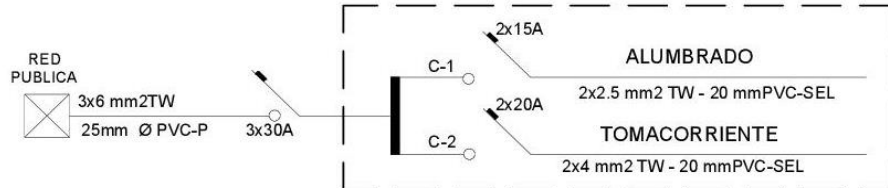


DIAGRAMA UNIFILAR GENERAL

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS		
SÍMBOLOS	DESCRIPCIÓN	MATERIAL
	GABINETE DE SOBREPONER PLASTICO, E INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS TERMOMAGNÉTICOS DE 10-K.A.R.M.S. C/INSTRUMENTO DE MEDICIÓN	PLANCHA DE FIERRO GALVANIZADO DE $\phi=1.15'$ TIPO PESADO
	CAJA OCTOGONAL DE 100mm. x55mm.	
	CAJA RECTANGULAR DE 100mm.x55mm, PLACA DE PLÁSTICO SERIE MAGIC C/ABERTURAS RECTANGULARES PARA INSTALAR DADOS TIPO TICNO DE CUBIERTA ESTABLE FENOLICA	
1.- LOS CONDUCTORES SERAN DE COBRE ELECTROLITICO DE 99.9% DE CONDUCTIVIDAD, CON AISLAMIENTO TERMO PLASTICO TIPO TW, SIMILAR A LOS FABRICADOS POR INDECO, SIMILAR A VINDUIT. 2.- LOS TUBOS SERAN DE PVC SEL- PESADO, SIENDO 20mm EL DIAMETRO MINIMO. 3.- EL TABLERO DE DISTRIBUCION ELECTRICA SERA METALICO, DEL TIPO PARA EMPOTRAR, SIMILAR A LO FABRICADO POR LUMINEX, CON INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS. 4.- NO SE PERMITIRA EMPALMES DE LOS CONDUCTORES DENTRO DE LAS TUBERIAS, ASI COMO INSTALACIONES DE CONDUCTORES SIN TUBERIA. 5.- LAS CAJAS DE PLASTICO TIPO SAP SERAN: a.- RECTANGULAR DE 4"x2"x18" INTERRUPTORES, TOMACORRIENTES b.- OCTOGONAL DE 4"x2"x18" CENTROS DE LUZ, BRACQUETES. 6.- LOS INTERRUPTORES DE ILUMINACION SERAN UNIPOLARES DE 10A-220V TIPO MAGIC O SIMILAR PARA MONTAJE EMPOTRADO EN PARED A 1.40M S.N.P.T. 7.- LOS TOMACORRIENTES SERAN BIPOLARES (DOBLE) DE 10A-220V TIPO TICNO MAGIC O SIMILAR EMPOTRADO EN PARED. 8.- PARA LA UNION TUBO A TUBO SE EFECTUARA A PRESION CON PEGAMENTO PVC PRODUCTO STANDARD.		

LEYENDA			
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	CAJA (mm)	ALTURA (m)
	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA	ESPECIAL	1.40
	CENTRO DE LUZ	OCT. 100 x 55	CIELO RASO
	INTERRUPTOR SIMPLE	RECT.100x55x50	1.40
	TOMACORRIENTE DOBLE	RECT.100x55x50	1.40
	TUBERÍA EMPOTRADA EN TECHO O PARED		
	TUBERÍA EMPOTRADA EN PISO O PARED		
	CANT. CONDUCTORES EN UN CIRCUITO		

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

PROYECTO:
DISEÑO DE UN RESERVOIRIO APOYADO DE CONCRETO ARMADO MEDIANTE LOS METODOS DE ELEMENTOS FINITOS Y PORTLAND CEMENT ASSOCIATION, PROVINCIA DE HUARAL - LIMA, 2018

UBICACION: C.P.: Santísima Cruz de Sacachíspata PROVINCIA: Huaral DISTRITO: Huaral	Instalaciones Eléctricas	PLANO: PLANO N°: IE - 01
ALUMNA: CRUZ ROJAS, CARLA	REVISOR: ING. E. E. H. C	ESCALA: INDICADA
FECHA: 10/10/2018		

ANEXO 4: Estudios de Suelos

COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA ESTANDAR
MTC E-116

PROYECTO : "DISEÑO DE UN RESERVOIRIO APOYADO DE CONCRETO ARMADO MEDIANTE LOS METODOS DE ELEMENTOS FINITOS Y PORTLAND CEMENT ASSOCIATION, PROVINCIA DE HUARAL - LIMA, 2018"

UBICACIÓN : Departamento de Amazonas

CORDENADAS : 261250

8730445

SECTOR : CENTRO POBLADO SACACHISPA

REALIZADO POR: M.C.Q.

IDENTIFICACION : C-1,M-1

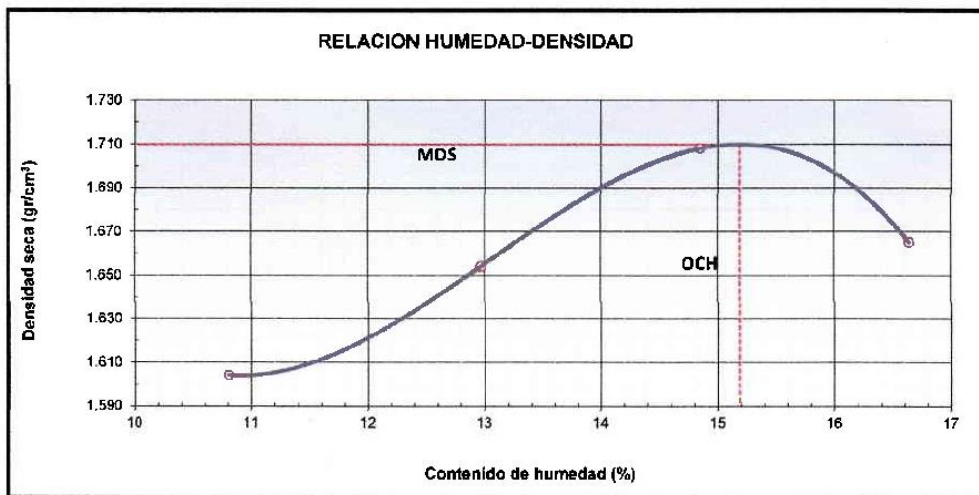
APROBADO POR: Y.E.M

PROF. (m) : 0.20-2.50

FECHA: oct-18

MÉTODO A

DESCRIPCION DEL ENSAYO	Nº	1	2	3	4	
Peso suelo + molde	gr	5672	5759	5648	5630	
Peso molde	gr	3973	3973	3973	3973	
Peso suelo húmedo compactado	gr	1699	1786	1875	1857	
Volumen del molde	cm ³	956	956	956	956	
Peso volumétrico húmedo	gr	1.777	1.869	1.962	1.942	
Recipiente N°		0.0	0.0	0.0	0.0	
Peso del suelo húmedo+tara	gr	663.1	641.0	597.7	639.7	
Peso del suelo seco + tara	gr	598.4	567.4	520.4	548.4	
Tara	gr	0.0	0.0	0.0	0.0	
Peso de agua	gr	64.7	73.6	77.3	91.3	
Peso del suelo seco	gr	598.4	567.4	520.4	548.4	
Contenido de agua	%	10.81	12.97	14.85	16.64	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.604	1.654	1.708	1.665	
<i>Densidad máxima (gr/cm³)</i>						1.710
<i>Humedad óptima (%)</i>						15.2



Observaciones:





LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

C.B.R. DE SUELOS (LABORATORIO)
MTC E 132

PROYECTO : "DISEÑO DE UN RESERVOIRIO APOYADO DE CONCRETO ARMADO MEDIANTE LOS METODOS DE ELEMENTOS FINITOS Y PORTLAND CEMENT ASSOCIATION, PROVINCIA DE HUARAL - LIMA, 2018"

UBICACIÓN : Departamento de Amazonas

COORDENADAS : 261250 8730445

SECTOR : CENTRO POBLADO SACACHISPA

IDENTIFICACION : C-1, M-1

PROF. (m) : 0.20-2.50

REALIZADO POR: M.C.G.

APROBADO POR: Y.E.M

FECHA: oct-18

COMPACTACIÓN						
Molde N°	3		4		5	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		26		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11043	11130	12133	12286	11947	12052
Peso de molde (g)	7230	7230	8204	8204	8234	8234
Peso del suelo húmedo (g)	3813	3900	3929	4032	3713	3818
Volumen del molde (cm ³)	2092	2105	2092	2112	2092	2120
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.822	1.854	1.878	1.927	1.775	1.825
Tara (N°)						
Peso suelo húmedo + tara (g)	665.1	3899.9	774.8	4032.3	694.7	3818.5
Peso suelo seco + tara (g)	623.3	3573.3	672.2	3409.0	603.5	3226.0
Peso de tara (g)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Peso de agua (g)	41.76	326.6	102.57	623.3	91.18	592.5
Peso de suelo seco (g)	623.3	3573.3	672.2	3409.0	603.5	3226.0
Contenido de humedad (%)	6.70	9.14	15.26	18.28	15.11	18.37
Densidad seca (g/cm ³)	1.708	1.697	1.629	1.614	1.542	1.521

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
15/05/2018	13:11	0	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.0
16/05/2018	14:01	24	19.000	0.254	0.2	19.000	0.483	0.4	28.000	0.711	0.6
17/05/2018	14:41	48	19.000	0.483	0.4	35.000	0.889	0.8	45.000	1.143	1.0
18/05/2018	15:21	72	38.000	0.711	0.6	62.000	1.092	0.9	89.000	1.549	1.3
19/05/2018	16:01	96	51.000	0.813	0.7	86.000	1.346	1.2	125.000	2.032	1.8

PENETRACION													
PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE N°				MOLDE N°				MOLDE N°			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635		8	35.6			6	27.4			4	17.1		
1.270		18	80.0			14	61.6			9	38.5		
1.905		33	146.7			25	112.9			16	70.5		
2.540	70.310	46	204.5	186.0	13.4	35	157.3	143.0	10.3	22	98.3	89.4	6.5
3.810		60	266.8			46	205.2			29	128.2		
5.080	105.88	80	355.9	362.9	17.4	62	273.7	279.1	13.4	38	171.0	174.4	8.4
7.620		115	511.9			88	393.6			55	245.9		
10.160		133	552.3			102	455.3			64	284.4		
12.700													





LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO	: "DISEÑO DE UN RESERVOIRIO APOYADO DE CONCRETO ARMADO MEDIANTE LOS METODOS DE ELEMENTOS FINITOS Y PORTLAND CEMENT ASSOCIATION, PROVINCIA DE HUARAL - LIMA, 2018"		
CORDENADAS	: 261250	8730445	
CALICATA	: C-1	FECHA	: oct.18

ENSAYO DE SALES SOLUBLES NTP 339.152 / BS 1377

		Agregado Fino	Agregado Grueso
1	RELACION DE MEZCLA SUELO - AGUA DESTILADA	1 : 5	
2	NUMERO DE BEAKER	2	6
3	PESO DE BEAKER (g)	183.003	183.022
4	PESO DEL BEAKER + RESIDUOS DE SALES (g)	183.011	183.029
5	PESO DEL RESIDUO DE SALES (g)	0.008	0.007
6	VOLUMEN DE SOLUCION TOMADA (ml)	50	50
7	CONSTITUYENTES DE SALES SOLUBLES EN LICUOTA (p.p.m.)	160.0	140.0
7	CONSTITUYENTES DE SALES SOLUBLES EN MUESTRA (p.p.m.)	800.0	700.0
8	CONSTITUYENTES DE S.S EN PESO SECO (%)	0.080	0.070

ENSAYO DE SULFATOS SOLUBLES NTP 339.178 / AASHTO T290

		Agregado Fino	Agregado Grueso
1	VOLUMEN DE AGUA DESTILADA (ml)	500	
2	PESO DE SUELO SECO (g)	100	
3	NUMERO DE CRISOL	29	36
4	PESO DEL CRISOL (g)	26.414	28.406
5	PESO DEL CRISOL + RESIDUO DE SULFATOS (g)	26.418	28.411
6	PESO DE RESIDUO DE SULFATOS (g)	0.004	0.005
7	VOLUMEN DE LA SOLUCION TOMADA (ml)	30	30
8	PESO DE LA MUESTRA EN VOLUMEN DE SOLUCION (g)	6.0000	6.0000
9	CONCENTRACIÓN DE IÓN SULFATO (p.p.m.)	274.333	342.917
10	CONTENIDO DE SULFATOS (%)	0.027	0.034

ENSAYO DE CLORUROS SOLUBLES NORMA AASHTO T291 - NTP 339.177

		Agregado Fino	Agregado Grueso
1	VOLUMEN DE AGUA DESTILADA (ml)	500	
2	PESO DE SUELO SECO (g)	100	
3	VOLUMEN DE SOLUCION TOMADA (ml)	15	15
4	TITULACION DE LA SOLUCION DE NITRATO DE PLATA (T)	1.04	1.04
5	CONSUMO DE SOLUCION DE NITRATO DE PLATA (ml)	0.31	0.29
6	PESO DE MUESTRA EN VOLUMEN DE SOLUCIÓN (g)	3.00	3.00
7	pH DE ENSAYO	6.33	6.33
8	CONTENIDO DE CLORUROS (p.p.m.)	38.13	31.20
9	CONTENIDO DE CLORUROS (%)	0.004	0.003





LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

C.B.R. DE SUELOS (LABORATORIO)
MTC E 132

PROYECTO : "DISEÑO DE UN RESERVOIRIO APOYADO DE CONCRETO ARMADO MEDIANTE LOS METODOS DE ELEMENTOS FINITOS Y PORTLAND CEMENT ASSOCIATION, PROVINCIA DE HUARAL - LIMA, 2018"

UBICACIÓN : HUARAL

CORDENADAS : 281250 8730445

SECTOR : CENTRO POBLADO SACACHISPA

IDENTIFICACION : C-1,M-1

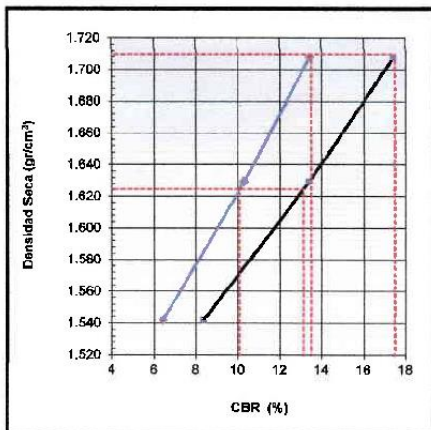
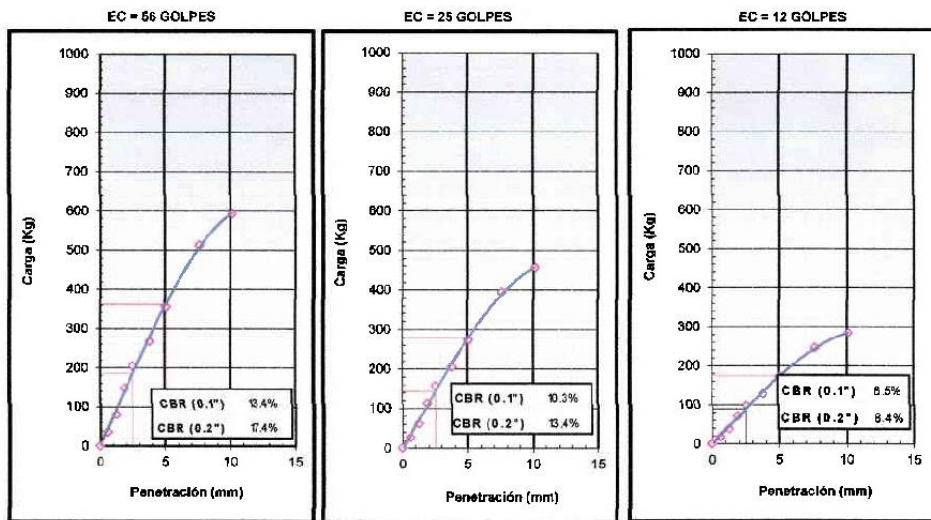
PROF. (m) : 0.20-2.50

REALIZADO POR: M.C.Q.

APROBADO POR: Y.E.M

FECHA: oct-18

GRÁFICO DE PENETRACIÓN DE CBR



METODO DE COMPACTACION : A
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 1.710
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 15.2
 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 1.624

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1":	13.5	0.2":	17.6
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1":	10.1	0.2":	13.1

RESULTADOS:

C.B.R. al 100% de la M.D.S. (%)	0.1" =	13.5 (%)
C.B.R. al 95% de la M.D.S. (%)	0.1" =	10.1 (%)

Caracterización del Suelo

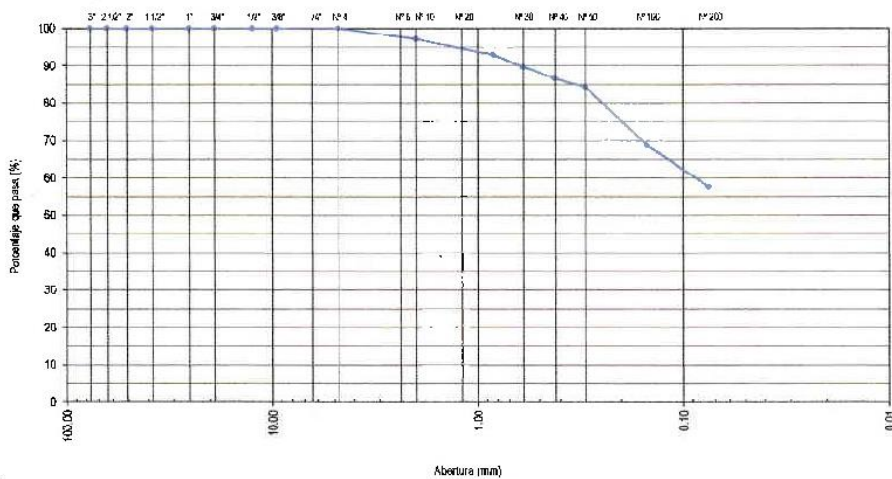
- Clasificación SUCS	CL
- Clasificación AASHTO	A-4(2)



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
MTC E 107 - 2000**
PROYECTO : "DISEÑO DE UN RESERVOIRIO APOYADO DE CONCRETO ARMADO MEDIANTE LOS METODOS DE ELEMENTOS FINITOS Y PORTLAND CEMENT ASSOCIATION, PROVINCIA DE HUARAL - LIMA, 2018"

TRAMO I : CENTRO POBLADO SANTISIMA CRUZ DE SACACHISPA (HUARAL - LIMA) **CALIGATA** : C-1
CORDENADAS : 261250 8730445 **MUESTRA** : M-1
PROFUNDIDAD : 0.20 - 2.50m **FECHA** : oct-18

TAMIZ	ABER. (mm)	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% PASA	ESPECIFICACION	CARACT. FÍSICAS - MECÁNICAS
3"	76.200						LIMITE LIQUIDO : 24.0 %
2 1/2"	63.500						LIMITE PLASTICO : 16.6 %
2"	50.800						INDICE PLASTICO : 7.4 %
1 1/2"	38.100						HUM. NATURAL : 24.2 %
1"	25.400						CLASF. AASHTO : A-4(2)
3/4"	19.050						CLASF. SUCS : CL
1/2"	12.500						M.D.S. :
3/8"	9.500						O.C.H. :
1/4"	6.350						CBR AL 100% M.D.S. :
Nº 4	4.750				100.0		CBR AL 95% M.D.S. :
Nº 8	2.360	1.7	0.3	0.3	99.7		DATOS ADIC.
Nº 10	2.000	12.6	2.5	2.9	97.1		
Nº 16	1.190	16.0	3.2	8.1	93.9		
Nº 20	0.840	5.0	1.0	7.1	82.9		
Nº 30	0.600	16.6	3.3	10.4	89.6		
Nº 40	0.420	15.0	3.0	13.4	86.6		
Nº 50	0.300	11.0	2.2	15.6	84.4		
Nº 100	0.150	78.0	15.6	31.2	68.8		
Nº 200	0.075	59.0	11.2	42.4	57.6		
< Nº 200		288.2	57.6	100.0			
							PESOS INICIALES
							PESO TOTAL : 500.0 gr
							PESO FINO : gr

ENSAYO GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

CABA S.A.
 Ing. ADRIAN CIEZANER PAUL
 S.P. 10759
 RES: SACACHISPA HUARAL

ANEXO 5: Fotografías



Figura 22. Vista Panorámica del C. P. Santísima Cruz de Sacachispa (Fuente: Propia)



Figura 23. Vista del lugar donde se ubicará el Reservorio (Fuente: Propia)



Figura 24. Toma de puntos con GPS (Fuente: Propia)



Figura 25. Toma de muestras para Estudio de Suelos (Fuente: Propia)