

**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**DISEÑO Y ANÁLISIS SÍSMICO DEL  
RESERVORIO ELEVADO DE 1200 M3 PARA EL  
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE,  
SECTOR LA ESPERANZA, HUANCAYO**

**Línea de investigación institucional:** Salud y Gestión de la Salud.

**Línea de investigación de la escuela profesional:** Hidráulica Medio Ambiente.

**PRESENTADO POR:**  
**Bach. Luisa Maria Hernandez Lijarza**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERA CIVIL**

**HUANCAYO – PERÚ**

**2024**

## **CONTRATAPA**

---

**Dr. SEVERO SIMEON CALDERON SAMANIEGO**  
**ASESOR**

## **Dedicatoria**

El presente trabajo de investigación lo dedico a mis padres por su amor y apoyo incondicional, a mi amado hijo Leandro por ser mi motivo de superación, a mi hermana que siempre me motivo para no rendirme y familiares quienes fueron el pilar en el camino de la superación como profesional, a los docentes de la universidad quienes fueron un referente durante el desarrollo de la carrera profesional.

*Bach. Luisa Maria Hernandez Lizarza*

## **Agradecimiento**

A Dios por todas sus Bendiciones y no desampararme jamás.

A la Universidad Peruana los Andes, que me forjo académicamente y confirió las tecnologías adecuadas.

A los catedráticos, que intervinieron con su conocimiento y experiencia en mi formación.

A mis padres, porque sin ellos ningún logro hubiera sido posible.

*Bach. Luisa Maria Hernandez Lijarza.*

## CONSTANCIA DE SIMILITUD

N ° 0177 - FI -2024

La Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones, hace constar mediante la presente, que la Tesis; titulada:

**DISEÑO Y ANÁLISIS SÍSMICO DEL RESERVOIRIO ELEVADO DE 1200 M3 PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, SECTOR LA ESPERANZA, HUANCAYO**

Con la siguiente información:

Con Autor(es) : **Bach. HERNANDEZ LIJARZA LUISA MARIA**

Facultad : **INGENIERÍA**

Escuela Académica : **INGENIERÍA CIVIL**

Asesor(a) : **Dr. SEVERO SIMEON CALDERON SAMANIEGO**

Fue analizado con fecha **08/05/2024**; con **96 págs.**; con el software de prevención de plagio (Turnitin); y con la siguiente configuración:

**Excluye Bibliografía.**

**X**

**Excluye citas.**

**X**

**Excluye Cadenas hasta 20 palabras.**

**X**

Otro criterio (especificar)

El documento presenta un porcentaje de similitud de **24 %**.

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentajes establecidos en el artículo N°15 del Reglamento de uso de Software de Prevención de Plagio Versión 2.0. Se declara, que el trabajo de investigación: **Si contiene un porcentaje aceptable de similitud.**

Observaciones:

En señal de conformidad y verificación se firma y sella la presente constancia.



Huancayo, 08 de mayo del 2024.

**MTRA. LIZET DORIELA MANTARI MINCAMI**  
**JEFA**

Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones

## **HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS**

---

**Dr. RUBEN TAPIA SILGUERA**  
**PRESIDENTE**

---

**JURADO**

---

**JURADO**

---

**JURADO**

---

**Mg. LEONEL UNTIVEROS PEÑALOZA**  
**SECRETARIO GENERAL**

## Contenido

CONTRATAPA.....	II
Dedicatoria.....	IV
Agradecimiento.....	V
Contenido.....	VII
Contenido de tablas.....	XI
Contenido de figuras.....	XII
Resumen.....	XIV
Abstract.....	XV
Introducción.....	XVI
<b>CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>17</b>
1.1. Descripción de la realidad problemática.....	17
1.2. Delimitación del problema.....	20
1.2.1. Espacial.....	20
1.2.2. Temporal.....	23
1.2.3. Económica.....	23
1.3. Limitaciones.....	23
1.4. Formulación del problema.....	24
1.4.1. Problema general.....	24
1.4.2. Problemas específicos.....	24
1.5. Justificación.....	24
1.5.1. Practica.....	24
1.5.2. Teórica.....	24
1.5.3. Metodológica.....	25
1.6. Objetivos.....	25
1.6.1. Objetivo general.....	25
1.6.2. Objetivos específicos.....	25
<b>CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>26</b>
2.1. Antecedentes.....	26
2.1.1. Nacionales.....	26
2.1.2. Internacionales.....	27
2.2. Bases teóricas o científicas.....	29
2.2.1. Reservorios de almacenamiento.....	29



2.2.2.	Tipos de reservorios.....	32
2.2.3.	Cotas de niveles de agua en reservorios .....	32
2.2.4.	Modelos de operación.....	34
2.2.5.	Elementos del sistema estructural de reservorios .....	40
2.2.6.	Parámetros para el diseño según la norma ACI350.....	41
2.2.7.	Criterios generales de estructuración.....	41
2.3.	Marco conceptual .....	42
<b>CAPÍTULO III: HIPÓTESIS.....</b>		<b>44</b>
3.1.	Hipótesis general .....	44
3.2.	Hipótesis específicas .....	44
3.3.	Variables.....	44
3.3.1.	Definición conceptual de la variable .....	45
3.3.2.	Definición operacional de la variable .....	45
3.3.3.	Operacionalización de la Variable .....	45
<b>CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA.....</b>		<b>47</b>
4.1.	Método de investigación .....	47
4.2.	Tipo de Investigación .....	47
4.3.	Nivel de investigación .....	47
4.4.	Diseño de investigación.....	47
4.5.	Población y muestra .....	48
4.5.1.	Población .....	48
4.5.2.	Muestra .....	48
4.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	48
4.7.	Procesamiento de la información .....	49
4.8.	Técnicas y análisis de datos.....	50
<b>CAPÍTULO V: RESULTADOS.....</b>		<b>51</b>
5.1.	Descripción de resultados.....	51
<b>CAPÍTULO VI: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>		<b>84</b>
6.1.	Diseño de la superestructura del reservorio .....	84
6.2.	Diseño de la subestructura del reservorio.....	85
<b>CONCLUSIONES .....</b>		<b>87</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>		<b>89</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>		<b>90</b>

ANEXOS ..... 93

## Contenido de tablas

Tabla 1. <i>Volumen de reserva.</i> .....	32
Tabla 2. <i>Dotación por región.</i> .....	36
Tabla 3. <i>Dotaciones por número de habitantes y clima.</i> .....	37
Tabla 4. <i>Coeficientes de Variación para <math>Q_{m\grave{a}x.D}</math>.</i> .....	38
Tabla 5. <i>Coeficientes de Variación para <math>Q_{max.H}</math>.</i> .....	39
Tabla 6. <i>Tiempo de duración de los incendios.</i> .....	40
Tabla 7. <i>Operacionalización de las variables.</i> .....	46
Tabla 8. <i>Resumen de metrado de cargas.</i> .....	53
Tabla 9. <i>Parámetros sísmicos.</i> .....	65

## Contenido de figuras

Figura 1. <i>Ubicación departamental de la zona de investigación.</i> .....	20
Figura 2. <i>Ubicación provincial de la zona de investigación.</i> .....	21
Figura 3. <i>Ubicación distrital de la zona de investigación.</i> .....	22
Figura 4. <i>Localización del lugar de investigación.</i> .....	23
Figura 5. <i>Grafica del volumen de regulación de un reservorio.</i> .....	30
Figura 6. <i>Volumen de regulación de un reservorio elevado en el diagrama de masa.</i> ..	30
Figura 7. <i>Tipos de reservorio apoyado y elevado.</i> .....	32
Figura 8. <i>Niveles de agua.</i> .....	33
Figura 9. <i>Nivel de agua máximo e inicial.</i> .....	33
Figura 10. <i>Curva típica de variaciones horarias.</i> .....	39
Figura 11. <i>Curva típica de variaciones horarias.</i> .....	41
Figura 12. <i>Geometría del reservorio.</i> .....	51
Figura 13. <i>Masa impulsiva y masa compulsiva.</i> .....	54
Figura 14. <i>Modelo isométrico global.</i> .....	58
Figura 15. <i>Patrones de carga.</i> .....	59
Figura 16. <i>Sobre carga permanente (SCP).</i> .....	59
Figura 17. <i>Presión del fluido sobre la pared cilíndrica.</i> .....	60
Figura 18. <i>Presión del fluido sobre la base del reservorio.</i> .....	60
Figura 19. <i>Carga viva (CV).</i> .....	61
Figura 20. <i>Idealización de masas impulsiva y conectiva.</i> .....	61
Figura 21. <i>Asignación de la masa impulsiva.</i> .....	63
Figura 22. <i>Asignación de la masa convectiva.</i> .....	65
Figura 23. <i>Espectro de diseño.</i> .....	67
Figura 24. <i>Tracción F11 en el domo superior (tnf/m).</i> .....	67
Figura 25. <i>Fuerza axial en anillo superior (tnf).</i> .....	68
Figura 26. <i>Tracción F11 en la pared cilíndrica (tnf/m).</i> .....	69
Figura 27. <i>Fuerza axial en anillo intermedio (tnf).</i> .....	69
Figura 28. <i>Tracción F11 en el fondo tronconico (tnf/m).</i> .....	71
Figura 29. <i>Momento flector M22 en el fondo tronconico (tnf – m/m).</i> .....	71
Figura 30. <i>Fuerza axial en anillo inferior (tnf).</i> .....	72
Figura 31. <i>Tracción F11 en el domo inferior (tnf/m).</i> .....	73
Figura 32. <i>Tracción F11 en el fuste (tnf/m).</i> .....	73

Figura 33. <i>Tracción F22 en el fuste (tnf/m).</i> .....	74
Figura 34. <i>Revisión de modos.</i> .....	74
Figura 35. <i>Revisión de cortante basal.</i> .....	75
Figura 36. <i>Fuerza F11 por cargas de servicio en anillo superior.</i> .....	75
Figura 37. <i>Fuerza F11 por cargas de servicio en anillo intermedio.</i> .....	77
Figura 38. <i>Fuerza F11 por cargas de servicio en anillo inferior.</i> .....	79
Figura 39. <i>Geometría de la cimentación.</i> .....	81
Figura 40. <i>Momentos M22 en la cimentación.</i> .....	83
Figura 41. <i>Punzonamiento en la cimentación.</i> .....	83

## Resumen

La investigación se ejecutó teniendo como problema general: ¿Cómo será el diseño y análisis sísmico del reservorio elevado de 1200m<sup>3</sup> para el abastecimiento de agua potable, sector la Esperanza, Huancayo?, el objetivo general fue: Realizar el diseño y análisis sísmico del reservorio elevado de 1200m<sup>3</sup> para el abastecimiento de agua potable, sector la Esperanza, Huancayo. El método de investigación fue el científico con enfoque cuantitativo, el tipo de investigación fue aplicada, el nivel de investigación fue descriptivo y el diseño de investigación fue no experimental. La población lo constituye el total de los reservorios elevados de concreto armado de la ciudad de Huancayo, la muestra de la investigación fue el reservorio elevado que se encuentra en el sector de la Esperanza, distrito de El Tambo, provincia de Huancayo en el departamento de Junín. El tipo de muestreo para la selección de la muestra fue no probabilístico por conveniencia. Se tiene como conclusión general que; se realizó el diseño y análisis sísmico del reservorio circular tipo elevado, todos los elementos estructurales de concreto armado de la estructura (reservorio elevado de 1200m<sup>3</sup>), fue diseñado por el método de resistencia última, conocido también como diseño a la rotura. Para ello se hizo uso de los factores de carga y las combinaciones de solicitaciones prescritos por el Reglamento Nacional de Estructuras vigente, así como los diferentes factores de reducción de las resistencias últimas nominales en compresión axial, en flexión, en flexo compresión, en cortante, torsión y adherencia.

**Palabras claves:** Reservorio elevado, Diseño y análisis sísmico.

## **Abstract**

The research was carried out with the general problem: What will be the design and seismic analysis of the 1200m<sup>3</sup> elevated reservoir for the supply of drinking water, La Esperanza sector, Huancayo? The general objective was: Carry out the design and seismic analysis of the elevated reservoir. of 1200m<sup>3</sup> for the supply of drinking water, La Esperanza sector, Huancayo. The research method was scientific with a quantitative approach, the type of research was applied, the level of research was descriptive and the research design was non-experimental. The population is made up of the total of the elevated reinforced concrete reservoirs of the city of Huancayo, the sample of the research was the elevated reservoir located in the Esperanza sector, district of El Tambo, province of Huancayo in the department from Junin. The type of sampling for sample selection was non-probabilistic for convenience. The general conclusion is that: The design and seismic analysis of the elevated circular reservoir was carried out, all the reinforced concrete structural elements of the structure (elevated reservoir of 1200m<sup>3</sup>), were designed by the ultimate resistance method, also known as rupture design. For this, use was made of the load factors and combinations of stresses prescribed by the current National Structure Regulations, as well as the different reduction factors of the nominal ultimate resistances in axial compression, bending, flexural compression, shear, torsion and adhesion.

**Keywords:** Elevated reservoir, Seismic design and analysis.

## **Introducción**

Los reservorios son elementos estructurales cuya función principal es almacenar líquidos, lo que los hace útiles en diversas industrias de ingeniería civil, por lo que se utilizan en procesos como tratamiento de agua, etapas de almacenamiento, control y distribución de flujo y como agente de tratamiento de agua. También se utilizan en edificios para almacenar y distribuir agua potable y fosas sépticas.

Además, dado que recientemente se han observado daños por terremotos en los embalses (principalmente elevados) y el diseño de los bloques de los embalses ahora se realiza de manera muy empírica, ignorando a menudo el análisis dinámico, se considera conveniente desarrollar este tema. Por un lado, es un método que promueve análisis y cálculos adecuados, que me interesan desde la universidad, donde podía asegurarme de que el análisis sísmico de edificios se enseñara sólo con la debida atención y que se tuvieran en cuenta los demás. Para edificaciones más interesantes, como es el caso del llamado depósito elevado, se analizó no sólo la parte estructural sino también la hidráulica.

Para comprender el tema de investigación, el trabajo se desarrolla en varios capítulos, cada uno de los cuales se explica de manera directa y concreta en relación con el tema de investigación. El Capítulo 1 describe el problema, los objetivos, la justificación y la importancia, los límites y las limitaciones. El Capítulo 2 presenta el marco teórico, incluyendo los antecedentes y fundamentos del tema de investigación, así como las bases teóricas de su desarrollo, definición de conceptos, formulación de hipótesis e identificación de variables de investigación. El Capítulo 3 describe la metodología utilizada y describe el método de investigación, tipo, nivel, diseño, población y muestreo, métodos y herramientas de recopilación de datos, procesamiento de información y métodos de análisis de datos. El Capítulo 4 presenta los resultados alcanzados. El capítulo 5 analiza los resultados y la discusión. Finalmente, se encuentran conclusiones, recomendaciones, referencias y apéndices.

*Bach. Luisa Maria Hernandez Lijarza.*



## **CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. Descripción de la realidad problemática**

Los servicios básicos de agua potable en el mundo no satisfacen las necesidades de toda la población, ya que aproximadamente 2.200 millones de personas no tienen acceso a este servicio y aproximadamente 29.700 niños mueren a causa de enfermedades de salud cada año (Naciones Unidas, 2019). Así mismo no todos los ciudadanos tienen acceso al agua ya que solo 7 de cada 10 personas en el mundo cuentan con este servicio y de igual manera 6 de cada 10 personas no cuentan con servicios seguros (drenaje de alcantarillado) lo que resulta en que 1 de cada 10 personas defecan en el baño a cielo abierto (UNESCO, 2019).

Por otro lado, América Latina y el Caribe sufre brechas en el acceso a servicios de agua y drenaje, con solo el 55% de las áreas rurales que tiene acceso a servicios de drenaje (tratamiento de aguas residuales) y solo el 86% en las áreas urbanas que tiene acceso a servicios de drenaje (tratamiento de aguas residuales). En términos de acceso al agua potable, el 97% de las zonas urbanas tienen acceso a agua potable, en comparación con sólo el 80% de las zonas rurales. Además, las enfermedades asociadas con la falta de agua y sistemas de drenaje suelen incluir infecciones gastrointestinales, enfermedades de la piel y enfermedades transmitidas por vectores.

Por lo tanto, el actual deterioro del medio ambiente natural y la continua presión insostenible sobre los recursos hídricos siguen siendo recurrentes. Se espera que para 2050, el 52% de la población mundial, el 50% del PIB mundial y el 40% de la producción mundial estén en riesgo, lo que conducirá a que una población pobre se vea más afectada (UNESCO, 2019). En este sentido, los países en desarrollo no alcanzaron el objetivo global relativo de que el 88% de la población tuviera acceso a una fuente mejorada de agua potable en 2015; sin embargo, el 42% de la población actualmente tiene acceso a agua potable desde 1990 (OMS, 2015).

Actualmente, el 40% de la población mundial que vive en más de 80 países enfrenta escasez de agua (Huaquisto & Chambilla, 2019). Además, se estima que casi dos tercios de los países del mundo enfrentarán estrés hídrico en 2025 (PNUMA, 2002). Asimismo, para 2030, el 56% de la población de los países en desarrollo vivirá en áreas urbanas (División de Población de las Naciones Unidas, 2002; citado en Lee y Schwab, 2005). Esto significa que aumentará la demanda de agua en las zonas urbanas.

En Perú, según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2019), el 9.2% de la población total no tiene acceso a agua potable por lo que se abastece de agua a través de otros medios, como: camiones cisterna (1.2%), pozos (1,6%), agua de manantial (3,5%) y otros (2,8%). Además, según el Ministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano-Rural (2019), solo el 51.7% de los hogares en áreas urbanas tienen acceso a servicios de agua potable, y solo el 2.6% de los hogares en áreas rurales tienen acceso a servicios de agua potable, lo que es por falta de cobertura y gestión del agua potable.

Perú es un país en desarrollo, por lo que en los últimos años ha tratado de cumplir con los estándares de los países desarrollados construyendo infraestructura y mejorando la calidad de vida de sus ciudadanos. Una de las diversas estructuras que faltan en nuestro país y también en Huancayo es el sistema de agua potable. Uno de los elementos más importantes de la estructura es el embalse, que se encarga de garantizar el suministro regular de agua y que debe servir a la población en situaciones de emergencia. eventos sísmicos.

Un depósito es un lugar especial utilizado para almacenar agua (u otros líquidos), que, por un lado, nos permite abastecer de agua a las personas y, por otro, nos permite mantener la presión de conexión y dar un buen servicio. El tanque tiene dos partes: la primera parte sirve como tanque de agua y la segunda parte es una cámara de válvulas que controla las válvulas de entrada y salida de agua.

Los embalses son estructuras críticas según E.030, lo que significa que deben continuar funcionando bajo la demanda sísmica. El rozamiento de las placas sudamericanas se produce, acumula una gran cantidad de energía y la disipa en forma de movimiento sísmico.

Actualmente, a nivel internacional y peruano, la construcción de embalses se realiza sin suficientes estudios preliminares de diseño y con menor énfasis en el análisis sísmico, lo que traerá mayores problemas como grietas, filtraciones, deterioro del concreto, etc. La estructura colapsó en su totalidad, por lo que fue necesario realizar un estudio de diseño previo y el correspondiente análisis dinámico para evitar mayores problemas con la vida de la estructura.

El distrito de El Tambo de acuerdo a la delimitación de a EPS Huancayo S.A., para la distribución de agua potable en el sector La Esperanza se tiene una estación de bombeo que viene operando desde el año 1992, que abastece de agua potable es necesario la proyección del reservorio elevado para la regulación de las presiones hidráulicas de servicio a lo largo de la línea de aducción y la red de distribución de agua potable, además para la compensación las variaciones horarias durante el consumo diario de agua potable de la población y mantener almacenada agua potable para consumo poblacional, emergencias y de reserva. Por lo tanto, la demanda de suministro de agua potable a través de la vía pública es alta en el área de estudio. En este caso se propone dar solución mediante la construcción de un depósito de agua potable con capacidad de almacenamiento suficiente para abastecer a la población de la zona seleccionada, para lo cual en el presente documento se plantea un diseño y análisis sísmico del reservorio elevado de 1200 m<sup>3</sup> para el abastecimiento de agua potable, sector La Esperanza, Huancayo.

## 1.2. Delimitación del problema

### 1.2.1. Espacial

La investigación fue ejecutado sobre el reservorio elevado, ubicado en el Sector de la Esperanza, distrito de El Tambo, en la provincia de Huancayo, en el Departamento de Junín.

**Figura 1.** *Ubicación departamental de la zona de investigación.*



Fuente. Tomado de <https://diadelaindependenciadelperu.com/mapa-del-peru/>

**Figura 2.** *Ubicación provincial de la zona de investigación.*



Fuente. Tomado de [https://www.google.com/search?sca\\_esv=588352402&rlz=1C1GCEA\\_enPE1025PE1025&sxsrf=AM9HkKn39LmRXk1t5P8nw7PwgiWg0MrubA:1701864349140&q=departamento+de+junin&tbm=isch&source=lnms&sa=X&ved=2ahUKEwifzvHf4vqCAxUHrpUCHQEiAmYQ0pQJegQIDRAB&biw=1366&bih=651&dpr=1#imgrc=bfMDgVmob9dZDM](https://www.google.com/search?sca_esv=588352402&rlz=1C1GCEA_enPE1025PE1025&sxsrf=AM9HkKn39LmRXk1t5P8nw7PwgiWg0MrubA:1701864349140&q=departamento+de+junin&tbm=isch&source=lnms&sa=X&ved=2ahUKEwifzvHf4vqCAxUHrpUCHQEiAmYQ0pQJegQIDRAB&biw=1366&bih=651&dpr=1#imgrc=bfMDgVmob9dZDM)

**Figura 3.** Ubicación distrital de la zona de investigación.



Fuente. Tomado de [https://www.google.com/search?q=PROVINCIA+DE+HUANCAYO&tbm=isch&ved=2ahUKEwinyM6yrP6DAxXTCrkGHUAIAFYQ2-cCegQIABAA&oq=PROVINCIA+DE+HUANCAYO&gs\\_lcp=CgNpbWcQAzIECCMQJzIFCAAQgAQyBQgAEIAEMgcIABCABBAYOgYIABAHEB46CAgAEIAE ELEDOgcIIXDqAhAnOgoIABCABBCKBRBDOg0IABCABBCKBRBDELEDOgY IABAFEB5Qtg1Y5jxgzD5oAnAAeAGAAZwDiAHIFpIBCjIwLjQuMS4wLjGYAQ CgAQQgAQtnD3Mtd2l6LWltZ7ABCsABAQ&scient=img&ei=XF-1ZaeqCNOV5OUPwMqAsAU&bih=641&biw=1366&rlz=1C1GCEA\\_enPE1025PE1025#imgrc=wFIF6cY8qKPqLM](https://www.google.com/search?q=PROVINCIA+DE+HUANCAYO&tbm=isch&ved=2ahUKEwinyM6yrP6DAxXTCrkGHUAIAFYQ2-cCegQIABAA&oq=PROVINCIA+DE+HUANCAYO&gs_lcp=CgNpbWcQAzIECCMQJzIFCAAQgAQyBQgAEIAEMgcIABCABBAYOgYIABAHEB46CAgAEIAE ELEDOgcIIXDqAhAnOgoIABCABBCKBRBDOg0IABCABBCKBRBDELEDOgY IABAFEB5Qtg1Y5jxgzD5oAnAAeAGAAZwDiAHIFpIBCjIwLjQuMS4wLjGYAQ CgAQQgAQtnD3Mtd2l6LWltZ7ABCsABAQ&scient=img&ei=XF-1ZaeqCNOV5OUPwMqAsAU&bih=641&biw=1366&rlz=1C1GCEA_enPE1025PE1025#imgrc=wFIF6cY8qKPqLM)

**Figura 4.** Localización del lugar de investigación.



**Vista satelital del área superficial del establecimiento donde se proyecta el reservorio**

Fuente. Vista satelital del área superficial del establecimiento donde se proyecta el reservorio. Tomado de google earth pro.

### **1.2.2. Temporal**

De acuerdo a la Resolución de Decanato N°1605-2022-DFI-UPLA, de la Universidad Peruana los Andes, encarga a la Coordinación de Grados y Títulos el registro en el libro correspondiente estableciendo para el trabajo de investigación como fecha de inicio el 10 de mayo del 2022 y finalizando el 09 de mayo del 2023.

### **1.2.3. Económica**

De acuerdo con la definición de descargo de responsabilidad financiera, se demuestra que el costo de preparación de este trabajo de investigación no ha resultado en pérdida financiera. Todos los costos incurridos en la realización de la investigación corren a cargo del investigador en este trabajo.

## **1.3. Limitaciones**

Principalmente la limitación de la investigación se centró en los escasos trabajos de investigación relacionados al tema tratado y la poca bibliografía que se tiene.

## **1.4. Formulación del problema**

### **1.4.1. Problema general**

¿Cómo será el diseño y análisis sísmico del reservorio elevado de 1200m<sup>3</sup> para el abastecimiento de agua potable, sector la Esperanza, Huancayo?

### **1.4.2. Problemas específicos**

- a) ¿Cómo será el diseño y análisis sísmico de la superestructura del reservorio elevado de 1200m<sup>3</sup> para el abastecimiento de agua potable, sector la Esperanza, Huancayo?
- b) ¿Cómo será el diseño y análisis sísmico de la subestructura del reservorio elevado de 1200m<sup>3</sup> para el abastecimiento de agua potable, sector la Esperanza, Huancayo?

## **1.5. Justificación**

### **1.5.1. Práctica**

Este estudio tiene una justificación práctica, ya que el crecimiento demográfico del Perú y el creciente número de proyectos de saneamiento requieren la construcción de tanques elevados de hormigón armado en áreas de terreno plano para proporcionar servicios de agua potable a estas nuevas instalaciones. Se sabe que el Perú se encuentra en una zona sísmica, por lo que el diseño de este tipo de estructuras debe proporcionar un rendimiento suficiente frente a cargas sísmicas.

### **1.5.2. Teórica**

El estudio tiene una base teórica, ya que los resultados del diseño del embalse elevado y del análisis sísmico garantizarán el buen desempeño de la estructura y promoverán futuras investigaciones. De esta forma, se promoverá su uso en futuros proyectos con las mismas características para ayudar a mejorar el diseño y la tecnología de construcción de embalses elevados y realizar una evaluación efectiva de proyectos similares y diferentes escenarios.



### **1.5.3. Metodológica**

El fundamento metodológico de este estudio es que el estudio pretende ser una guía de aplicación para el análisis y diseño de reservorios elevados de hormigón armado, ya que la normativa peruana no es suficiente para el análisis antes mencionado, por lo que nos basamos en normas extranjeras ACI y de construcción nacional. normativa, este proyecto se presenta y orienta según diversos requerimientos con el objetivo de que futuros estudiantes de tesis, maestría o cualquier profesional de la ingeniería obtengan información directa y específica sobre el análisis y diseño de barras de acero elevadas en depósitos de concreto y las cargas, esfuerzos a los que están sometidos, y analizar el comportamiento y detalles sugeridos en la especificación anterior.

## **1.6. Objetivos**

### **1.6.1. Objetivo general**

Realizar el diseño y análisis sísmico del reservorio elevado de 1200m<sup>3</sup> para el abastecimiento de agua potable, sector la Esperanza, Huancayo.

### **1.6.2. Objetivos específicos**

a) Realizar el diseño y análisis sísmico de la superestructura del reservorio elevado de 1200m<sup>3</sup> para el abastecimiento de agua potable, sector la Esperanza, Huancayo.

b) Realizar el diseño y análisis sísmico de la subestructura del reservorio elevado de 1200m<sup>3</sup> para el abastecimiento de agua potable, sector la Esperanza, Huancayo.

## CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

#### 2.1.1. Nacionales

Rafael (2022), realizaron la tesis titulada: “Diseño y Reforzamiento Estructural del Reservorio 11, Empleando la Geomembrana como Impermeabilizante de Agua en el Sector Río Santa, Distrito de los Olivos, Lima, 2018”, Se ha demostrado que las nuevas tecnologías constructivas resultantes de la infraestructura de obra civil tienen un importante impacto social en las instituciones públicas, es por ello que muchas instituciones públicas se han adaptado a estos cambios y ven la necesidad de diseñar y fortalecer estructuralmente los embalses.

Fernández (2022), en la tesis titulada: “Respuesta Estructural de un Reservorio Elevado Tipo Intze Aporticado Considerando Modelos Matemáticos Simples y Complejos - 2021”, Los reservorios en un sistema de suministro de agua son estructuras destinadas a controlar la variación del flujo diaria, por lo que su operación no se ve afectada por un terremoto. En Perú, debido a su gran riesgo sísmico, aún no se ha establecido un reglamento o norma para las estructuras que contienen agua, lo que obliga a seguir normas internacionales para estos casos.

Ríos y Villalobos (2022), en la tesis titulada: “Diseño sísmico y estructural de un tanque elevado tipo fuste con cimentación flexible, distrito El Porvenir; provincia de Trujillo, 2022”, El propósito de este estudio es desarrollar

Diseño sísmico y estructural de tanques de almacenamiento tipo pozo elevado con cimentaciones flexibles ubicados en los bloques 4A, 4B, 5A y 5B, en el centro poblado de Alto Trujillo. La investigación no es experimental sino descriptiva y comparativa con fines aplicados. El fc del tanque de alto nivel es de 350 kgf/cm<sup>2</sup>, el espesor del eje, la base del cono y el cono es de 30 m, la pared cilíndrica es de 25 m, la fuerza cortante de diseño es de 1229,3052 toneladas, la viga del anillo superior y la parte inferior son de 40 x 60 my 60 x 1,80 m, chimenea 20 m, cúpula y linterna 10 m, cimientos 2,25 m, refuerzo de malla de acero de doble capa.

Cabanillas (2021), realizó la tesis titulada: “Metodología de análisis por desempeño basado en desplazamientos para el comportamiento sísmico en reservorios elevados tipo fuste – Chiclayo.”, El objetivo de esta investigación es verificar la metodología de análisis por desempeño basado en desplazamientos para evaluar el comportamiento sísmico en los reservorios elevados de tipo fuste de Chiclayo. Se utilizó un método de recopilación y evaluación de datos durante un año a través de una investigación aplicada y descriptiva con propuesta. Se contaban con cuatro reservorios elevados en la provincia de Chiclayo, que tenían volúmenes de almacenamiento que oscilaban entre 3000 y 4000 m<sup>3</sup>. El reservorio N° 04 –JLO de 3000 m<sup>3</sup> fue el lugar de estudio para el muestreo no probabilístico-intencional.

Chero (2020), realizó la tesis titulada: “Análisis comparativo del comportamiento del agua en un reservorio elevado durante un evento sísmico”, El objetivo de este trabajo es comparar los métodos actuales para el cálculo de tensiones (desplazamiento, momentos, etc.) y ondas en un yacimiento durante un evento sísmico, en este caso un yacimiento tipo pozo elevado. Los métodos que analizaremos incluyen los métodos de Housner, ACI 360-06 y Navier Stokes. Además, utilizaremos el programa informático SAP 2000 (programa de análisis estructural de Computers & Structures Inc.) para crear el modelo y evaluar los resultados. Veremos un repaso histórico de los eventos sísmicos ocurridos en los últimos años y cómo han afectado estructuralmente al embalse. Calcularemos entonces la capacidad del embalse y comenzaremos a analizar las tres teorías ya mencionadas.

### **2.1.2. Internacionales**

Laura (2022), realizó la tesis titulada: “Diseño y cálculo técnico comparativo de un reservorio de hormigón armado, para el almacenamiento de agua potable con la utilización de programas (softwares).” A través de este trabajo aplicado, brindamos una explicación de los conceptos e ideas básicos relacionados con los tanques, tanques de sedimentación y/o tanques de concreto armado, con el fin de almacenar

agua potable, antes de recolectar información sobre las características y tipos de agua. Yacimiento, externalizando los objetivos de este trabajo aplicado, e introduciendo las bases teóricas del yacimiento o embalse.

Hermosa (2021), realizó la tesis titulada: “Análisis y diseño estructural sísmo resistente de reservorios rectangulares de hormigón armado de gran volumen, con la aplicación de las normativas nec2015 – aci350 y la utilización del programa computacional SAP 2000”. Este trabajo ha desarrollado el análisis estructural y de desempeño de tanques de concreto reforzado simplemente apoyados, donde se ubica Quito, ciudad con alto riesgo sísmico. Actualmente las estructuras de riego sísmico no son estudiadas en profundidad dentro de la normativa ecuatoriana, por lo que incursionar en este ámbito establecería una metodología de diseño aplicable a este tipo de estructuras en el país.

Montero (2021), realizó la tesis titulada: “Análisis comparativo entre el comportamiento estructural de tanques reservorios cilíndricos de hormigón armado mediante el uso de modelos pseudo-estáticos y modelos dinámicos, y diseño sismorresistente con la aplicación de las normativas NEC-15, ACI 350.3 y la utilización del programa SAP2000”. Este artículo proporciona una visión general del contenido teórico relacionado con la susceptibilidad y amenazas sísmicas en tanques de hormigón armado y tanques cilíndricos, así como la teoría del modelo propuesto por Hosner para predecir los efectos de la masa térmica y las vibraciones en las estructuras. Estructura durante un evento sísmico.

Siguencia (2020), realizó la tesis titulada: “Diseño de la captación y reservorio del sistema de agua para la parroquia de Guaytacama, Cantón Latacunga, provincia de Cotopax”. El proyecto fue desarrollado para la Diócesis de Guatakama, que espera utilizar los manantiales naturales de la zona para proporcionar agua a instituciones educativas y mercados de fin de semana en la ciudad de San José Guatakama, especialmente durante la escasez de agua. Para el desarrollo del proyecto se realizaron estudios hidrológicos para determinar el caudal disponible en la zona y determinar

su estabilidad en todos los meses del año. Para ampliar las líneas de suministro es necesario obtener el terreno de la zona. Desde el lugar de instalación hasta el lugar de construcción del tanque de almacenamiento, se requiere transporte con bomba debido a la diferencia de altura.

## **2.2. Bases teóricas o científicas**

### **2.2.1. Reservorios de almacenamiento**

Según (Ministerio de Agua, 2007, pág. 15) sostiene: Los embalses son lugares donde se acumula agua para uso de las personas y pueden ponerse a su disposición en caso de cambios. Estos tanques tienen una función muy importante que es almacenar agua para situaciones de emergencia como incendios y horas pico durante la temporada seca. día, además de mantener la presión adecuada en la red de distribución.

**a.- Volumen de almacenamiento:** Según (Agüero, 2004, pág. 7) sostiene: Para obtener el volumen total del tanque es necesario tener en cuenta parámetros como: volumen de protección contra incendios si es necesario, volumen de regulación, así como volumen de reserva para compensar interrupciones del sistema.

$$\text{Valmac.} = \text{Vreg.} + \text{VCI} + \text{Vres.}$$

Donde:

Vres.: volumen de reserva

Vreg.: volumen de regulación

VCI: volumen contra incendio

**b.- Volumen de regulación:** Según (Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, 2006, pág. 49) Está determinado por un gráfico volumétrico que contiene datos de variación horaria. Si no se dispone de estos datos, se deberá considerar al menos el 25% del caudal máximo diario, siempre que se calcule para funcionamiento de 24 horas. En caso contrario, los cálculos deberán realizarse con base en el calendario de suministro.

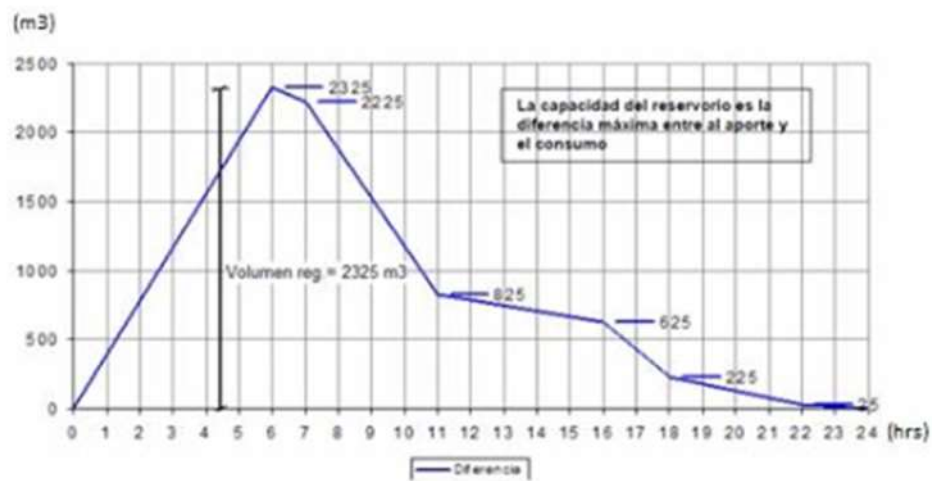
$$V_r = 0.25 * Q_{maxd} * \frac{3600}{1000} * 24\text{Hora}$$

Donde:

$Q_{maxd}$ : caudal máximo diario

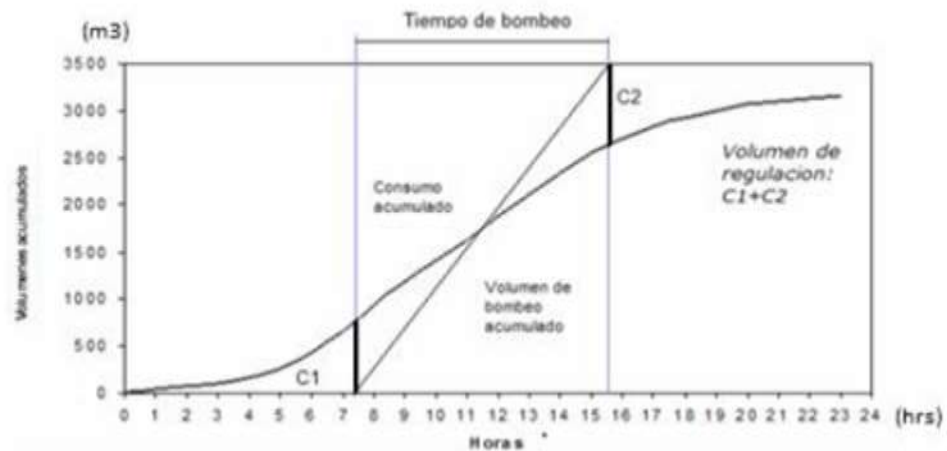
**1.- Método basado en la curva de consumo:** Según (OMS, 2005, pág. 7): Grafica de la curva de los gastos de abastecimientos horarios de los consumos de los días de mayores consumos.

**Figura 5.** Grafica del volumen de regulación de un reservorio.



Fuente. OMS, 2005.

**Figura 6.** Volumen de regulación de un reservorio elevado en el diagrama de masa.



Fuente. OMS, 2005.

**2.- Método empírico:** Según (OMS, 2005, pág. 10) sostiene: Está determinado por un gráfico volumétrico que contiene datos de variación horaria. Si no se dispone de estos datos, se deberá considerar al menos el 25% del caudal máximo diario, siempre que se calcule para funcionamiento de 24 horas. En caso contrario, los cálculos deberán realizarse con base en el calendario de suministro.

$$V_r = C * Q_m$$

Dónde:

C= coeficiente de regulación 0.20 – 0.25.

V<sub>r</sub>= volumen de regulación en m<sup>3</sup>.

Q<sub>m</sub>= consumo promedio diario anual en m<sup>3</sup>.

**c.- Volumen contra incendio:** Según (Ministro de vivienda, construcción y Saneamiento, 2004, pág. 49) Si se tienen en cuenta los requisitos de lucha contra incendios, el tamaño mínimo debe estar determinado por normas; Para un área de 50 m<sup>2</sup> tanto para uso residencial como para uso industrial o comercial, esto deberá ser determinado por el plan de aguas contra incendios, teniendo en cuenta el volumen aparente de incendio de 3000 m<sup>3</sup> y el factor d respectivamente.

$$VCI = 0.50 \left( \frac{P}{1000} \right)^{0.5} * t * \frac{3600}{1000}$$

Dónde:

t= Tiempo que debe durar un incendio máx. Para población 30,000 hab. Se considera t=5horas

P= Población en miles de Hab.

**d.- Volumen de reserva:** Según (Ministro de vivienda, construcción y Saneamiento, 2004, pág. 50)): si existe la necesidad de contar con este volumen, se tiene de justificar de un volumen adicional.

**Tabla 1.** Volumen de reserva.

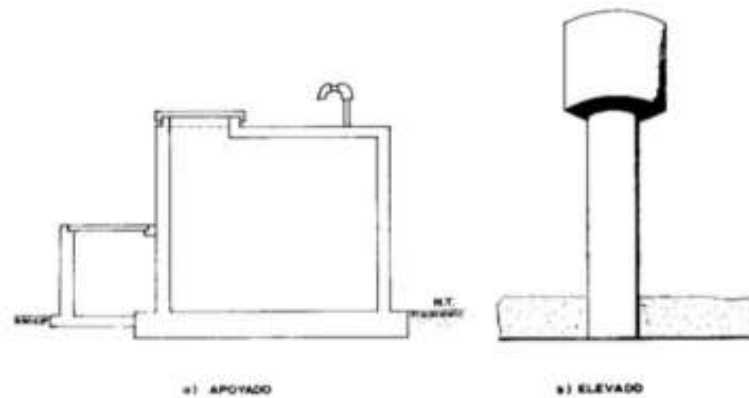
$V_r$
$V_{res} = (V \text{ total}) * 0.25$
$V_{res} = (V \text{ reg.} + V \text{ Inc.}) * 33\%$
$V_{res.} = Q_m * t$ Entre: 2hrs <math>t</math> <math>4\text{hrs.}</math>

Fuente. Vierendel, 2009.

### 2.2.2. Tipos de reservorios

Según (Agüero, 1997, pág. 78) manifiesta: “el tanque o reservorio puede ser diferenciado en tres tipos respecto a sus ubicaciones que son elevado, apoyado y enterrado.

**Figura 7.** Tipos de reservorio apoyado y elevado.



Fuente. Agüero, 1997.

- 1.- Reservorio elevado.
- 2.- Reservorio apoyado.
- 3.- Reservorio enterrado.

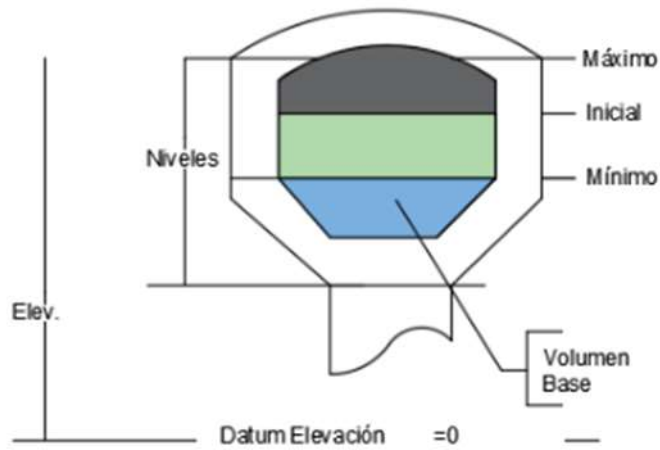
### 2.2.3. Cotas de niveles de agua en reservorios

Según (OMS, 2005, pág. 4) sostiene: La ubicación y nivel de agua del tanque de almacenamiento debe estar en la posición correcta para asegurar que la presión dinámica en la red de distribución esté dentro del rango de servicio. Cuando se trata del nivel inferior, se debe fijar bien su ubicación y se debe asegurar que los



requisitos de presión mínima y máxima estén relacionados con la resistencia de las tuberías de la red de distribución.

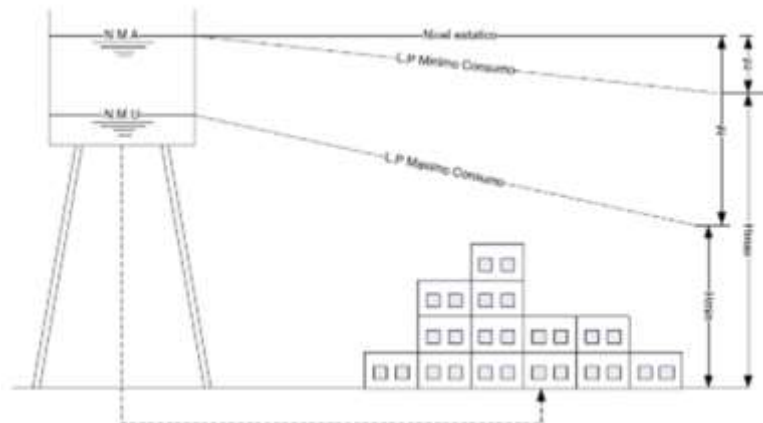
**Figura 8.** Niveles de agua.



Fuente. Vierendel, 2009.

- 1.- Nivel de agua mínima.
- 2.- Nivel de agua inicial o útil.
- 3.- Nivel de agua máxima.

**Figura 9.** Nivel de agua máximo e inicial.



Fuente. OMS, 2005.

Dónde:

N.M. A= Nivel máximo agua

N.M. U= Nivel máximo Útil

#### 2.2.4. Modelos de operación

Según (CEPIS, 2005, pág. 4) manifiesta: La operación es el proceso de actividades operativas que permiten que los embalses y los sistemas de bombeo se almacenen adecuadamente para realizar las funciones previstas.

**1.- Sistema por gravedad:** Respecto (CONAGUA, 2015, pág. 2) Un sistema de gravedad significa que cuando el aumento del nivel del agua en la fuente de suministro de agua es mayor que la elevación del nivel del agua del tanque de almacenamiento de agua (es decir, el punto de suministro de agua), el agua se descarga sin bombear y alcanza un nivel de agua aceptable.

#### 2.- Caudal de abastecimiento:

**Población futura:** Según (Reglamento de sepadal, 2005, pág. 23) La población se estima en función de las conexiones activas pagas entregadas, donde se cuentan 6 residentes por cada conexión activa

#### Método aritmético:

$$Pf = Pa + IN$$

$$I = Pa - \frac{Pi}{n}$$

Dónde:

I: Crecimiento anual promedio

Pi= Población del primer censo

Pa= Población actual (la del último censo)

n= diferencia de tiempo en años entre Pa y Pi

N= periodo de diseño

Pf= Población futura

### Método geométrico:

$$Pf = Pa + Pa \left( \frac{I}{100} \right) * N$$

$$I = \frac{\sum \%incremento}{n}$$

Dónde:

$\Sigma\%in$  : Suma de porcentos decenales

Pa= Población actual (la del último censo)

n= diferencia de tiempo en años entre Pa y Pi

N= periodo de diseño

Pf= Población futura

### Método geométrico logarítmico:

$$Pf = Pa (1 + r)^n$$

Multiplicando con logaritmos, se tiene que:

$$\log(1 + r) = \frac{\log Pf - \log Pa}{n}$$

Luego despejando y expresión queda:

$$\log Pf = \log Pa + n \log (1 + r)$$

Dónde:

Pa= Población actual (último censo)

n= periodo de diseño

Pf= Población futura

r= Taza de crecimiento

### Método geométrico:

$$Pf = Pa(1 + \Delta)^x$$

Dónde:

Pa= Población actual (la del último censo)

n= diferencia de tiempo en años entre Pa y Pi

= promedio de incrementos relativos decenales

x= número de periodos decenales a partir del periodo económico que se fije (año proyectado-año actual, luego dividir entre la decena).

**3.- Dotación:** Respecto (Aguilar, 2007, pág. 52) Es un monto asignado a la unidad consumidora en términos de lt/hab/día. La dotación se refiere a la cantidad de agua que puede consumir una persona en un día. Para establecer la dotación, se deben realizar estudios de demanda de la población. Por otro lado, las normas de diseño especifican por región, por población, por clima, etc.

**Tabla 2.** Dotación por región.

Dotación (l/hab./día)	
Región	Dotación (lt/hab/día)
Sierra	40 – 50
Selva	60 – 70
Costa	50 – 60

Fuente. Ministro de vivienda, construcción y Saneamiento, 2004.

**Tabla 3.** Dotaciones por número de habitantes y clima.

Población (habitantes)	Tipo de clima		
	cálido	Templado	Frio
2 500 – 15 000	150	125	100
15 000 – 30 000	200	150	125
30 000 – 70 000	250	200	175
70 000 – 150 000	300	250	200
150 000 – mas	300	300	250

Fuente. Ministro de vivienda, construcción y Saneamiento, 2004.

**4.- Caudal medio:** Según (Jiménez, 2013, pág. 31) sostiene: Es el agua que un usuario o población necesita para una localidad en un día de consumo promedio.

$$Q_m = \frac{D * P}{86400}$$

Donde:

Q<sub>m</sub>= Caudal medio en l/s

D= Dotación en l/h/d

P= Población futura.

86400= Número de segundos al día

**5.- Caudal máximo diario:** Según (Arocha, 1980, pág. 15) Cuando se registra el consumo máximo en un día, el reservorio debe proporcionarlo. Al variar el consumo anual, se debe encontrar el gasto más alto del día y abastecerlo, de lo contrario, podría haber deficiencias en las redes de distribución.

$$Q_{\max.D} = k1 * Q_m$$

Donde:

$Q_{\max.D}$ . = Caudal máximo Diario, l/s

$Q_m$  = caudal medio en l/s.

$k1$  = Coeficiente de variación.

**Tabla 4.** *Coeficientes de Variación para  $Q_{\max.D}$ .*

Variable	Coeficiente de variación
K1	1.2 – 1.5

Fuente. ASIA, 2015.

Para (Tzatchkov & Alcocer-Yamanaka, 2016, pág. 131) El coeficiente de variación se calcula utilizando la duración del servicio sin tener en cuenta el tiempo de flujo a tubo lleno. Si el volumen proporcionado con el coeficiente de variación CV se define como el gasto medio, en litros por hora, es simplemente:

$$CV = \frac{24}{N}$$

Donde:

C.V. = Coeficiente de variación

N = servicio diario (horas al día)

**6.- Caudal máximo horario:** Según (Arocha, 1980, pág. 16) El caudal máximo por hora se seleccionará como el de mayor consumo del día. El consumo máximo horario se puede encontrar si tomamos la curva correspondiente del consumo que varía constantemente durante todo el día. Esta curva se puede relacionar con el consumo medio ( $Q_m$ ).

$$Q_{\max.H} = k_2 * Q_m$$

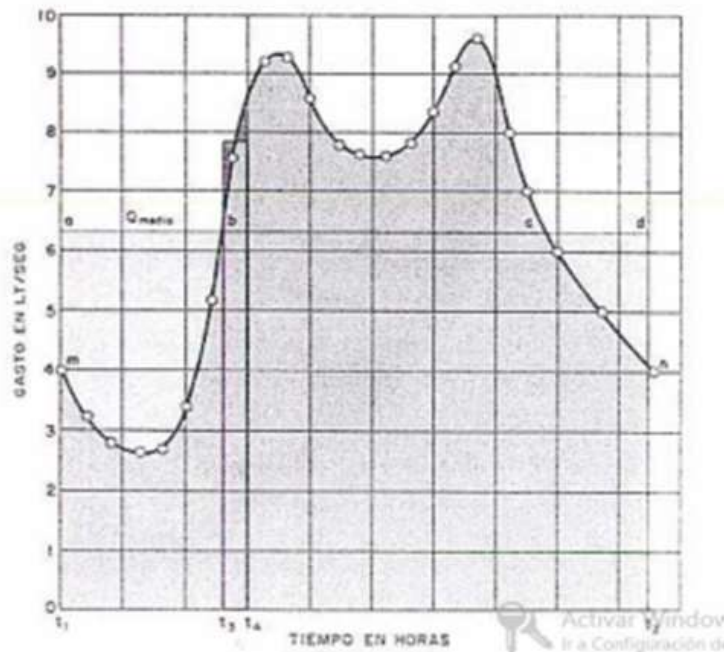
Donde:

$Q_{\max.H}$  = caudal máximo horario, l/s

$K_2$  = Coeficiente de variación.

$Q_m$  = caudal medio en l/s.

**Figura 10.** Curva típica de variaciones horarias.



Fuente. Arocha, 1980.

**Tabla 5.** Coeficientes de Variación para  $Q_{\max.H}$ .

Variable	Coeficiente de variación
$K_2$	1.8 – 2.4

Fuente. ASIA, 2015.

**7.- Caudal máximo diario + caudal contra incendio:** Según (OMS, 2005, pág. 10) manifiesta: En áreas con una población de menos de 10.000 habitantes, el servicio de bomberos es innecesario y antieconómico.

Cuando la ciudad cuenta con más de 10,000 habitantes se elegirá el mayor caudal entre ( $Q_{\max.H}$ ) y ( $Q_{\max.D} + Q_{CI}$ ).

**8.- Consumo máximo de incendio:** Según (Arnal, 2005, pág. 17) sostiene: Caudal máximo contra incendios en áreas comerciales e industriales El consumo máximo contra incendios se puede obtener a partir de la siguiente fórmula:

$$QCI = 15\sqrt{x}$$

Donde:

QCI= Cantidad de agua requerida, en l/s.

X= Población de la ciudad en miles de habitantes

**Tabla 6.** *Tiempo de duración de los incendios.*

Caudal Requerido (l/s)	Duración de Horas
Menor de 30	3
30 a 106	4
106 a 150	5
Mayor de 150	6

Fuente. Arnal, 2005.

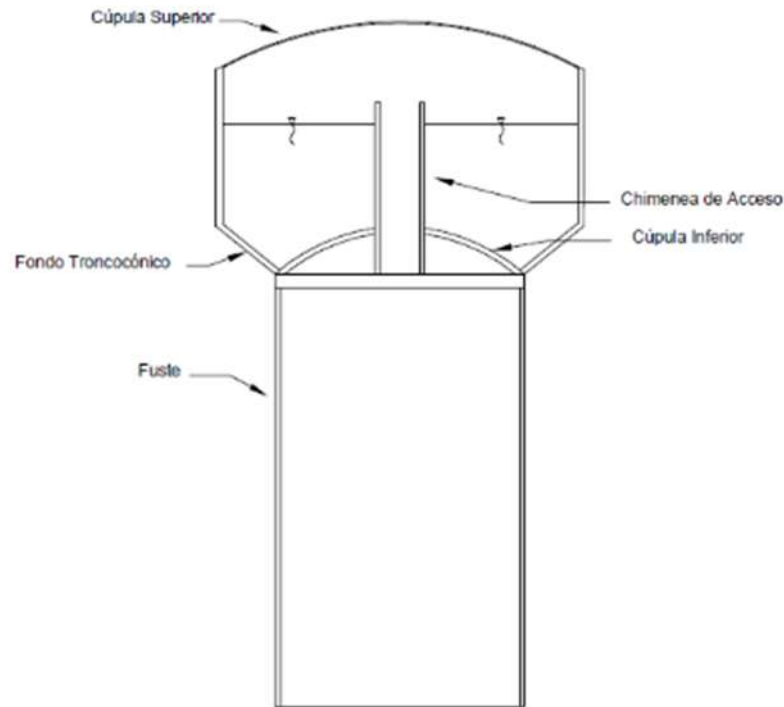
### **2.2.5. Elementos del sistema estructural de reservorios**

Los elementos estructurales que conforman el tanque elevado de concreto armado son:

- ✓ Cúpula esférica superior.
- ✓ Cúpula esférica inferior.
- ✓ Cuba.
- ✓ Fuste cilíndrico.
- ✓ Chimenea de acceso.



**Figura 11.** *Curva típica de variaciones horarias.*



Fuente. Elaboración propia.

### **2.2.6. Parámetros para el diseño según la norma ACI350**

Este tanque de almacenamiento elevado de una sola pieza está diseñado de acuerdo con las regulaciones del American Concrete Institute (ACI), que requieren que la estructura sea flexible y útil, ya que estos factores aseguran que siga siendo confiable en caso de colapso. Asimismo, la norma menciona el diseño sísmico, teniendo en cuenta la aceleración del suelo, las propiedades de masa de la estructura, la rigidez y el amortiguamiento. Por ello, la norma especificará ciertos requisitos para el análisis del comportamiento de la estructura en condiciones de carga o aceleración. ACI establece los límites permisibles para una estructura que es adecuada y el comportamiento de la estructura tampoco se ve alterado por las diversas cargas que actúan sobre ella en un choque.

### **2.2.7. Criterios generales de estructuración**

Este capítulo calculará todas las fuerzas estáticas, masa convectiva, masa de momento, altura de masa convectiva, altura de masa de momento y factores en la estructura y cómo estos factores afectan el análisis sísmico estático y dinámico.

### 2.3. Marco conceptual

**Concreto:** Es una mezcla de cemento de silicato, árido grueso, árido fino, aire y agua en proporciones adecuadas para conseguir determinadas propiedades de fijación, especialmente resistencia, (ROJAS, 2013, pág. 11).

**Combinación de carga:** Salvo lo especificado en las diversas normas para materiales estructurales, se considerará que todas las cargas actúan en las siguientes combinaciones, la que produzca el efecto más adverso sobre los miembros estructurales, teniendo en cuenta la reducción cuando sea necesario, (TAPIA, 2013, pág. 17).

**Presión de suelo:** Se supone que la presión sobre el suelo es uniforme. El área de la cimentación debe ser suficiente para soportar y transferir la carga de la columna y el peso de los elementos de fijación, respetando los límites de presión del suelo admisibles y siempre que el peso se distribuya uniformemente sobre la cimentación, (TAPIA, 2013, págs. II-3).

**Granulometría:** es la distribución de tamaño de las partículas de arena. La distribución de partículas se determina separando una serie de rejillas estandarizadas (ROJAS, 2013, pág. 24).

**Gravas:** Comúnmente conocidos como cantos rodados, se trata de un grupo de pequeños fragmentos de roca formados por la rotura natural de las rocas por el hielo y otros factores atmosféricos. Se encuentra comúnmente de forma natural en canteras sedimentarias y lechos de ríos. (ROJAS, 2013, pág. 26).

**Impermeabilidad:** Es importante destacar que el concreto a menudo se puede mejorar para reducir los huecos y los huecos que quedan en la mezcla por el exceso de agua a medida que se evapora y, si se obstruye, el agua puede filtrarse o atravesar el concreto. (ROJAS, 2013, pág. 58).

**Resistencia al corte:** Para diseños de cortante, la cimentación se puede estudiar como una viga plana y ancha y como una losa con comportamiento bidireccional. El primer caso se llama corte por flexión y el segundo caso se llama corte por punzonado. (TAPIA, 2013, págs. II-3).

**Presión de un fluido:** La presión del fluido se transmite con igual intensidad en todas direcciones y generalmente actúa sobre cualquier superficie plana. En el mismo plano horizontal, el valor de la presión en cualquier punto del fluido es el mismo. Las mediciones de presión se realizan con manómetros, que pueden tener diferentes formas. (RANALD, JACK, & CHENG, 2009, pág. 17).

**Momento flexionante:** La base actúa como una placa que se dobla en dos direcciones. Por tanto, el diseño del refuerzo se ve afectado al considerar la flexión en cada dirección independiente. (TAPIA, 2013, págs. II-5).

**Estudio de suelo:** Un estudio cuidadoso del terreno en el que se construirá el edificio propuesto proporcionará a los ingenieros los datos necesarios para determinar el tipo y diseño de cimientos más adecuados y económicos y garantizar una buena construcción (TAPIA, 2013, págs. I-4).

**Método de la flexibilidad y de la rigidez:** Este método, también conocido respectivamente como acción y desplazamiento, se utiliza habitualmente para todo tipo de estructuras, incluidas las formadas por vigas, columnas, placas, láminas y otros elementos estructurales. (WEAVER, 1972, pág. 59)

## CAPÍTULO III: HIPÓTESIS

### 3.1. Hipótesis general

El diseño y análisis sísmico del reservorio elevado de 1200m<sup>3</sup> para el abastecimiento de agua potable, sector la Esperanza, Huancayo, cumple con los parámetros técnicos normativos.

### 3.2. Hipótesis específicas

- a) El diseño y análisis sísmico de la superestructura del reservorio elevado de 1200m<sup>3</sup> para el abastecimiento de agua potable, sector la Esperanza, Huancayo, cumple con los parámetros técnicos normativos.
- b) El diseño y análisis sísmico de la subestructura del reservorio elevado de 1200m<sup>3</sup> para el abastecimiento de agua potable, sector la Esperanza, Huancayo, cumple con los parámetros técnicos normativos.

### 3.3. Variables

**Variable independiente:** En el desarrollo de la investigación se consideró como variable independiente al marco normativo.

**Variable dependiente:** En el desarrollo de la investigación se consideró como variable dependiente al diseño y análisis sísmico.

### **3.3.1. Definición conceptual de la variable**

En el desarrollo de la investigación se ha considerado las siguientes definiciones conceptuales de las variables independiente y dependiente respectivamente:

**Marco normativo**, la regulación normativa son leyes, reglas, estatutos, reglamentos, etc., obligatorios o prescriptivos. organismo que gobierna un estado, país o institución.

**Diseño y análisis sísmico**, Los análisis sísmicos son subconjuntos de análisis estructurales y son los cálculos de las respuestas de los edificios/puentes o estructuras a terremotos. Son parte de los procesos de diseños estructurales, ingenierías sísmicas o evaluaciones y modernizaciones estructurales en áreas propensas a terremotos.

### **3.3.2. Definición operacional de la variable**

Al desarrollar el estudio se tuvieron en cuenta las siguientes definiciones operativas de las variables independientes y dependientes, respectivamente:

**Marco normativo**, documento que describe el análisis de almacenamiento de fluidos y los procedimientos de diseño para estructuras de hormigón armado sometidas a cargas sísmicas.

**Diseño y análisis sísmico**, los diseños y análisis sísmicos de las estructuras se caracterizan por las determinaciones de diversos períodos de vibraciones característicos de las estructuras en función de sus configuraciones geométricas y matriz de rigidez.

### **3.3.3. Operacionalización de la Variable**

**Tabla 7.** Operacionalización de las variables.

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO
Marco normativo	Un marco normativo es el conjunto de leyes, nomas, decretos, reglamentos, etc., de carácter obligatorio o indicativo que rigen en un país, estado o institución.	Documento que describe el procedimiento para el análisis y diseño de estructuras de concreto armado para el almacenamiento de líquido sometidas a cargas sísmicas).	Comportamiento estructural. Modelamiento software.	en Parámetros sísmicos.	E.030 “Diseño Sismorresistente” del RNE. Norma ACI 350.3
Diseño y análisis sísmico.	El análisis sísmico es un subconjunto de análisis estructural y es el cálculo de la respuesta de un edificio/puente o estructura a los terremotos. Es parte del proceso de diseño estructural, ingeniería sísmica o la evaluación estructural y retrofit en las regiones donde los terremotos son frecuentes.	El diseño y análisis sísmico de una estructura se caracteriza por la definición de los diferentes períodos de vibración característicos de la estructura basada en su configuración geométrica y la matriz de rigideces de la misma.	Elementos estructurales.	Superestructura. Subestructura.	Modelamiento Análisis estático , dinámico con software SAP200

## **CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA**

### **4.1. Método de investigación**

Debido a que el conocimiento científico intenta establecer relaciones causales entre variables expresadas, primero en forma de hipótesis y luego en forma de leyes y teorías, el método científico se utiliza en el desarrollo de la investigación.

### **4.2. Tipo de Investigación**

La definición conceptual del tipo de investigación dado indica que en el desarrollo de la investigación se tiene en cuenta el tipo de investigación aplicada, ya que esta investigación se caracteriza por el interés en la aplicación de conocimientos teóricos en un determinado campo. La investigación aplicada busca la realización, manipulación, construcción y transformación del conocimiento, centrándose en la aplicación directa a situaciones prácticas más que en el desarrollo de conocimiento de valor universal.

### **4.3. Nivel de investigación**

Teniendo en cuenta la definición conceptual del nivel de investigación, cabe mencionar que en el desarrollo de la investigación se ha tenido en cuenta el nivel de investigación descriptiva, ya que el objetivo fue recopilar información sobre el estado actual del campo investigado.

### **4.4. Diseño de investigación**

Considerando la definición conceptual del diseño de investigación, se puede ver que el diseño de investigación fue no experimental porque las variables no fueron manipuladas y el enfoque de la investigación fue el análisis de patrones o niveles de variables.

## **4.5. Población y muestra**

### **4.5.1. Población**

Bajo la definición conceptual de población, se tiene que la población para esta investigación lo constituye el total de los reservorios elevados de concreto armado de la ciudad de Huancayo, cuyas funciones principales son la de almacenamiento y distribución de agua potable para el consumo de la población y mantener la presión de servicio en la red de distribución en las edificaciones.

### **4.5.2. Muestra**

La muestra de la investigación fue el reservorio elevado que se encuentra en el sector de la Esperanza, distrito de El Tambo, provincia de Huancayo en el departamento de Junín. El tipo de muestreo para la selección de la muestra fue no probabilístico por conveniencia.

## **4.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

De la definición de técnicas de recolección de datos, para el desarrollo de la investigación se utilizará se utilizó como **Técnicas de recolección de datos:**

- a. Observación directa: visita al sitio de investigación para realizar reconocimiento visual in situ y obtener información sobre las características propias del sitio de investigación.
- b. Entrevista no estructurada: contacto con la población para obtener información sobre su opinión sobre el suministro de agua potable.

Para el desarrollo de la investigación, se utilizó como de la definición de instrumentos de recolección de datos **Instrumentos de recolección de datos:**



- a. Expediente técnico “Mejoramiento del sistema de agua potable de la ciudad de Huancayo; componentes: (7) reservorio semi-elevado sector La Esperanza, volumen =2.400m<sup>3</sup>; (19) línea de impulsión, pozo La Esperanza – reservorio esperanza, 70 l/s, 250mm, A-7.5, 2.08 km”
- b. Plano topográfico.
- c. Informe de mecánica de suelos.
- d. Uso de software SAP2000.
- e. Artículos, manuales, libros de aplicación.

#### **4.7. Procesamiento de la información**

Los modelos tabulares, numéricos y gráficos, así como los softwares aplicativos de ingeniería donde se consideró, se utilizaron para el análisis y procesamiento de datos.

##### **a) Procedimiento 1:**

- ✓ Caracterización de estudios topográficos.
- ✓ Extracción de datos topográficos del expediente técnico " Mejoramiento del sistema de agua potable de la ciudad de Huancayo; componentes: (7) reservorio semi-elevado sector La Esperanza, volumen =2.400m<sup>3</sup>; (19) línea de impulsión, pozo La Esperanza – reservorio esperanza, 70 l/s, 250mm, A-7.5, 2.08 km".
- ✓ Descripción de la ubicación geográfica y política de la zona de estudio.
- ✓ Identificación y descripción de la topografía, ubicación, cotas, superficies y curvas de nivel de la zona de estudio.
- ✓ Representación de los planos geológicos del área, incluyendo la identificación y descripción del tipo de suelo, calicatas, condiciones del suelo, características y parámetros geotécnicos.

##### **b) Procedimiento 2:**

- ✓ Análisis hidráulico del reservorio.
- ✓ Modelación del reservorio.
- ✓ Toma de datos e información para el procesamiento de cálculo del reservorio.

**c) Procedimiento 3:**

- ✓ Determinación de la alternativa del reservorio.
- ✓ Recopilación de información generada por el modelamiento del reservorio.
- ✓ Diseño del reservorio.
- ✓ Evaluación de la viabilidad técnica – económica y sustentable.

**4.8. Técnicas y análisis de datos**

El análisis estadístico, las funciones de distribución, los métodos de modelos numéricos y los procedimientos estadísticos se utilizaron en esta investigación como análisis técnico y de datos, según la definición de análisis técnico y de datos:

Análisis estadísticos paramétricos y no paramétricos:

- ✓ Modelamiento del reservorio en el SAP2000.

## CAPÍTULO V: RESULTADOS

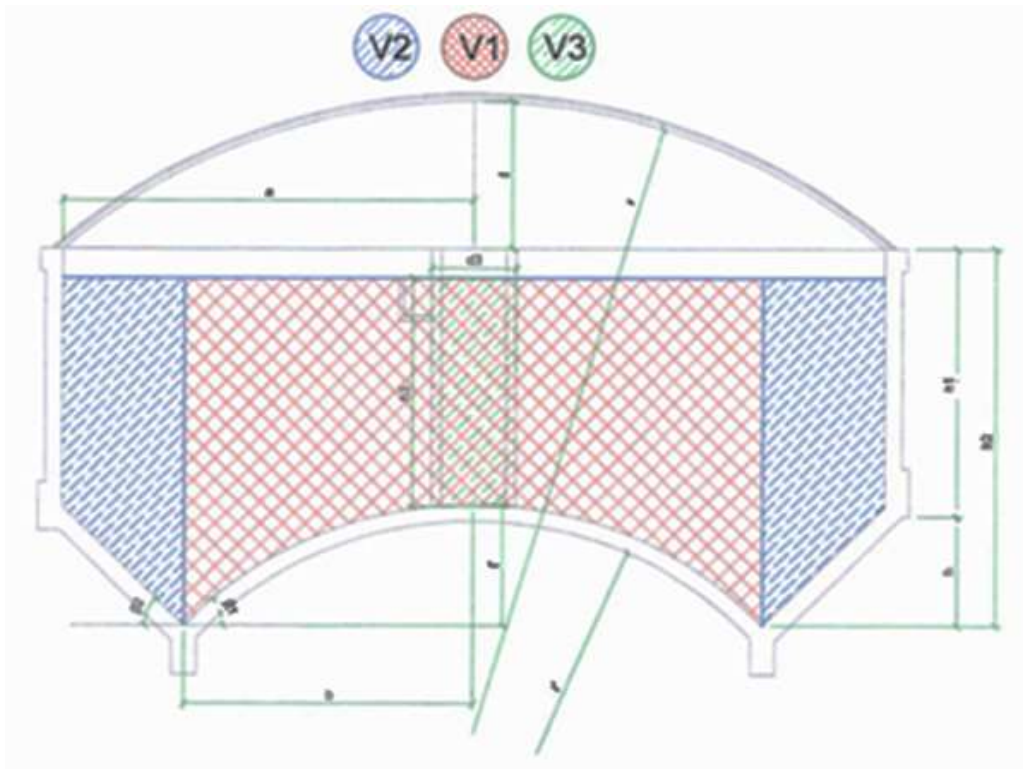
### 5.1. Descripción de resultados

#### 5.1.1. Diseño de la superestructura del reservorio

##### 1.- Criterios de estructuración y predimensionamiento:

1.1.- **Geometría del reservorio:** La geometría del reservorio basado en la compensación de volúmenes, es la que se evidencia en la siguiente figura:

**Figura 12.** *Geometría del reservorio.*



**Fuente:** Elaboración propia.

De la geometría del reservorio, se plantean las siguientes dimensiones:

- ✓  $b = 5.80\text{m}$
- ✓  $h_2 = 7.06\text{m}$
- ✓  $h_1 = 4.53\text{m}$
- ✓  $f' = 2.00\text{m}$
- ✓  $r' = 7.74\text{m}$
- ✓  $a = 8.25\text{m}$
- ✓  $D_1 = 2a = 16.50\text{m}$
- ✓  $d_3 = 1.70\text{m}$
- ✓  $h_3 = 4.623\text{m}$

Para el cálculo de los volúmenes, se aplican las siguientes formulas:

$$V_1 = \pi * b^2 * h_2 - \pi * f' * \left( r' - \frac{f'}{3} \right) \text{ ecuación 1.0}$$

Reemplazando los valores en la ecuación, se tiene que:

$$V_1 = 657,2371 \text{ m}^3$$

$$V_2 = \frac{a-b}{3} * \pi * (h_1 * (2a + b) + h_2 * (2b + a)) \text{ ecuación 2.0}$$

Reemplazando los valores en la ecuación, se tiene que:

$$V_2 = 618,7283 \text{ m}^3$$

$$V_3 = \pi * \frac{d_3^2}{4} * h_3 \text{ ecuación 3.0}$$

Reemplazando los valores en la ecuación, se tiene que:

$$V_3 = 10,5092 \text{ m}^3$$

$$V_t = V_1 + V_2 - V_3 \text{ ecuación 4.0}$$

Reemplazando los valores en la ecuación, se tiene que:

$$V_t = 1265,4562 \text{ m}^3$$

Según el criterio de compensación de volúmenes, las siguientes expresiones deben ser aproximadas:

$$\frac{V_1 - V_3}{\tan(B_1)} \approx \frac{V_2}{\tan(B_2)} \text{ ecuación 5.0}$$

Donde  $B_1$  y  $B_2$  se calculan mediante las siguientes formulas:

$$B_1 = \operatorname{atan}\left(\frac{b}{\sqrt{r^2 - b^2}}\right) \text{ ecuación 6.0}$$

$$B_1 = 48,5345$$

$$B_2 = \operatorname{atan}\left(\frac{h_2 - h_1}{a - b}\right) \text{ ecuación 7.0}$$

$$B_2 = 45,9203$$

Reemplazamos estos valores en la ecuación 5.0 y verificamos:

$$\frac{V_1 - V_3}{\tan(B_1)} = 571,4837 \text{ m}^3$$

$$\frac{V_2}{\tan(B_2)} = 599,1638 \text{ m}^3$$

Los valores son bastantes aproximados, por lo que se puede concluir que la geometría asumida es aceptable. Ta teniendo nuestra geometría establecida, procedemos a calcular la altura equivalente a un reservorio cilíndrico que nos será de utilidad para los cálculos posteriores.

$$H_e = \frac{4 \cdot V_t}{\pi \cdot D_1^2} \text{ ecuación 8.0}$$

$$H_e = 5,91 \text{ m}$$

**1.2.- Metrado de cargas:** El metrado de cargas se resume en la siguiente tabla:

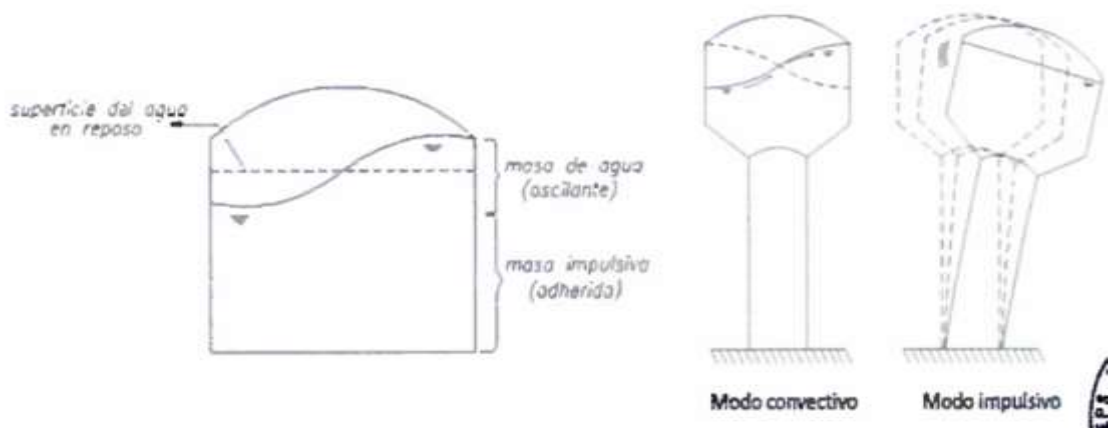
**Tabla 8.** Resumen de metrado de cargas.

Descripción	Volumen $\text{m}^3$	Peso volumétrico $\text{tnf}/\text{m}^3$	Peso $\text{tnf}$
Domo superior	22.54	2.40	54.10
Viga Anillo superior	10.78	2.40	25.88
Pared cilíndrica ext	78.74	2.40	188.98
Pared cilíndrica int	5.55	2.40	13.31
Viga Anillo intermedio	26.62	2.40	63.90
Domo inferior	39.90	2.40	95.77
Fondo troncónico	57.81	2.40	138.75
Viga Anillo interior	18.22	2.40	43.73
Fuste	256.92	2.40	616.61
Agua	1265.46	1.00	1265.46

**Fuente:** Elaboración propia.

**1.3.- Calculo de masas impulsiva y convectiva:** Las paredes de un tanque que contiene un líquido con una superficie libre experimentan aceleraciones horizontales cuando el tanque y su líquido se mueven horizontalmente. El fluido en la parte superior del tanque realiza un movimiento deslizante conocido como masa forzada, mientras que el fluido en el fondo se comporta como una masa rígida unida a la pared del tanque, conocida como masa de momento.

**Figura 13.** Masa impulsiva y masa convectiva.



**Fuente:** Tomado de Fernández-Dávila y otros 2006.

**Masa impulsiva:** El peso impulsivo se calcula con la ecuación 9.0:

$$W_l = \frac{\pi * D^2}{4} * H_l$$

$$W_l = 1263,704 \text{ tnf}$$

$$W_i = W_l * \left( \frac{\tanh\left(0,866 \frac{D}{H_l}\right)}{0,866 * \frac{D}{H_l}} \right)$$

$$W_i = 514,437 \text{ tnf}$$

Donde:

$W_l$  = Peso de liquido

$W_i$  = Peso impulsivo

**Altura de aplicación:** Para calcular la altura de aplicación se debe considerar la siguiente condición:

$$\text{Si } \frac{D}{H_l} < 1.33$$

$$h_i = H_l * \left( 0.5 - 0.009375 * \frac{D}{H_l} \right)$$

$$h_i = 1,408m$$

Caso contrario:

$$h_i = 0,375H_l$$

$$h_i = 2,216m$$

Por lo tanto, se considera la altura de aplicación de la masa impulsiva  $h_i = 2,216m$

**Masa convectiva:** El peso convectivo se calcula con la siguiente ecuación:

$$W_c = W_l * \left( 0.23 * \frac{D}{H_l} * \tanh \left( 3.68 * \frac{H_l}{D} \right) \right)$$

$$W_c = 702,982tnf$$

**Altura de aplicación:** La altura de aplicación de la masa convectiva se calcula con la siguiente ecuación:

$$h_c = H_l \left( 1 - \frac{\cosh \left( 3,68 \frac{H_l}{D} \right) - 1}{3,68 \frac{H_l}{D} \sinh \left( 3,68 \frac{H_l}{D} \right)} \right)$$

$$h_c = 3,32 m$$

#### 1.4.- Cálculo de periodos:

**Cálculo de periodo impulsivo:** Para poder calcular el periodo impulsivo usaremos la siguiente ecuación, el cual es mencionado el código ACI 371R:

$$T_i = 2\pi \sqrt{\frac{W}{gk_s}}$$

Donde:

W = Peso del reservorio + 66% del peso del fuste + masa impulsiva

G = Aceleración de la gravedad

K<sub>s</sub> = Rigidez lateral del soporte

De nuestro metrado de cargas de la tabla N°08, obtenemos el valor del peso de la estructura y el porcentaje correspondiente al fuste:

$$w_e = 1035,49 \text{ tnf}$$

Entonces  $W = W_s + W_i$

$$W = 1551,3 \text{ tnf}$$

El valor de la rigidez se calcula mediante la siguiente ecuación, asumiendo que la estructura se comporta como un péndulo invertido:

$$k_s = \frac{3E_c I}{L^3}$$

Donde:

$$E_c = 2509980 \text{ tnf/m}^2$$

$$L = 23,50 \text{ m}$$

$$I = \pi \frac{(11,90 \text{ m})^4 - (11,30 \text{ m})^4}{64} = 88,874 \text{ m}^4$$

Por lo que:



$$k_s = 51566,185 \text{ tnf/m}$$

$$T_i = 0,348 \text{ s}$$

**Cálculo de periodo convectivo:** El periodo convectivo se calcula con la siguiente ecuación:

$$\lambda = \sqrt{3,68g \tanh\left(3,68\frac{H_i}{D}\right)}$$

$$\lambda = 10,13$$

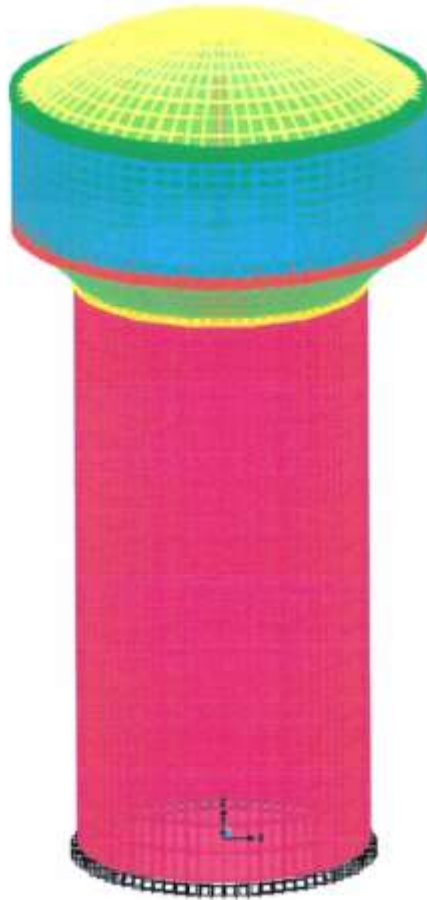
$$T_c = \frac{2\pi}{\lambda}\sqrt{D}$$

$$T_c = 4,563 \text{ s}$$

## 2.- Modelación del reservorio con SAP2000:

**2.1.- Modelo global:** La estructura del reservorio se analizó mediante el programa SAP2000. Analizar estructuras mediante modelos 3D. En el análisis se asumió un comportamiento lineal y elástico. Los elementos de hormigón armado (losas, muros) se modelan utilizando elementos de carcasa, mientras que los anillos (inferior, medio y superior) se modelan utilizando elementos de marco. En este modelo, sólo se consideran elementos estructurales para el análisis, pero los elementos no estructurales se introducen en el modelo como demandas de carga, ya que su contribución a la rigidez y resistencia del yacimiento no es significativa.

**Figura 14.** *Modelo isométrico global.*



**Fuente:** Elaboración propia.

**2.2.- Asignación de cargas:** Se define los patrones de carga que serán utilizados en el software (ver figura 15). En la investigación de usaron los siguientes patrones de carga:

**DEAD:** Contempla el peso propio de todos los elementos modelados.

**SCP:** Contempla la sobrecarga muerta o de piso terminado y se coloca directamente en los elementos del domo superior (ver figura 16).

**P HIDROSTATICA:** Contempla la carga que ejerce el fluido sobre los elementos que lo contienen, se colocara mediante join patterns en la pared cilíndrica y directamente sobre el fondo del reservorio (ver figura 17 y 18).

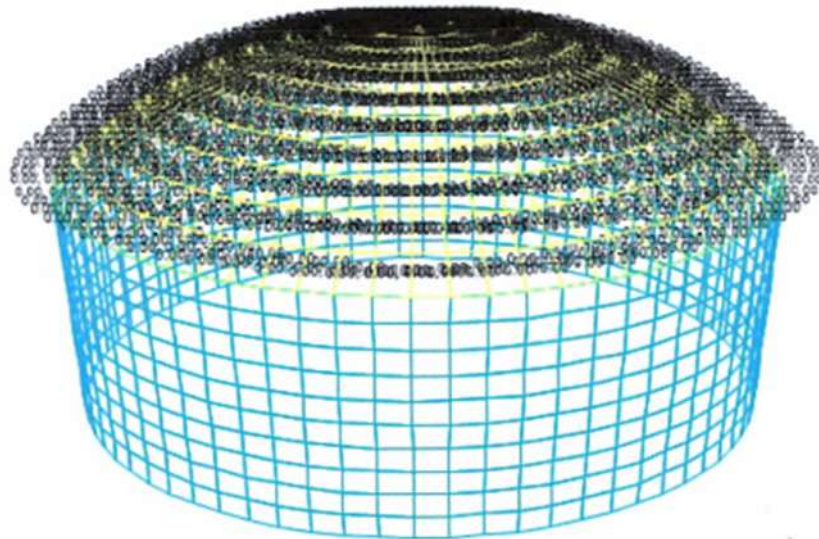
**CV:** Contempla la carga viva, la cual se aplicará en los elementos Shell del domo superior (ver figura 19).

**Figura 15.** *Patrones de carga.*



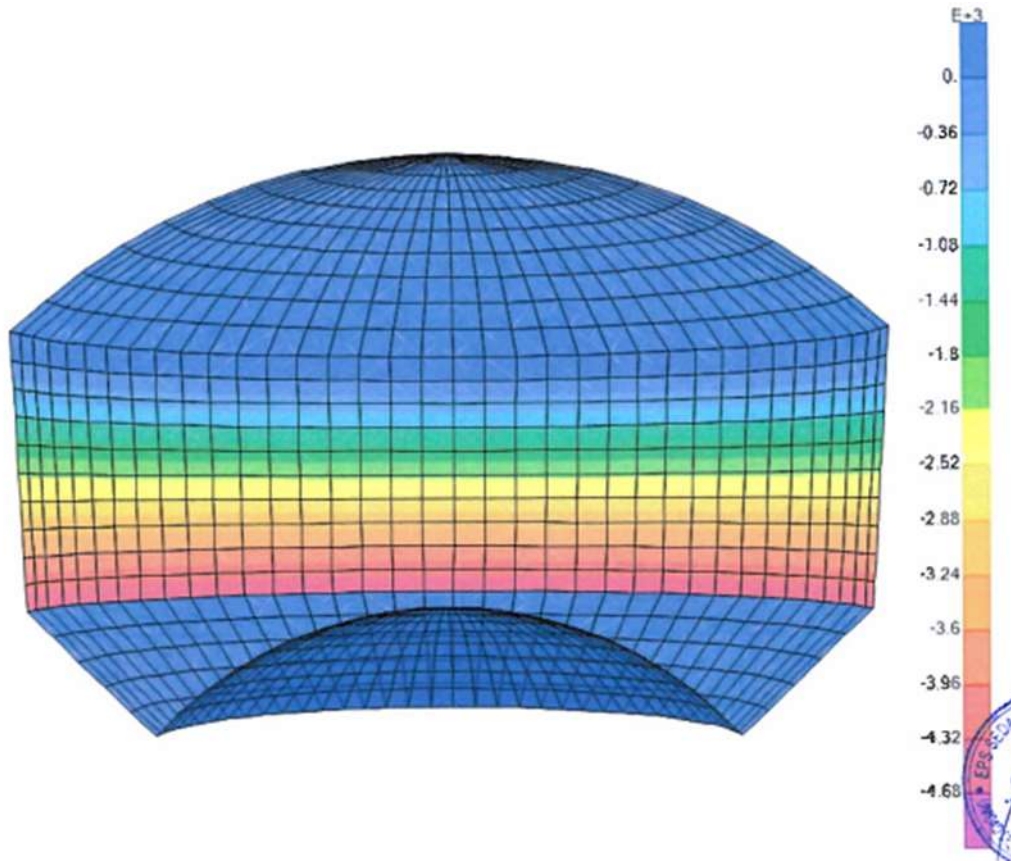
**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 16.** *Sobre carga permanente (SCP).*



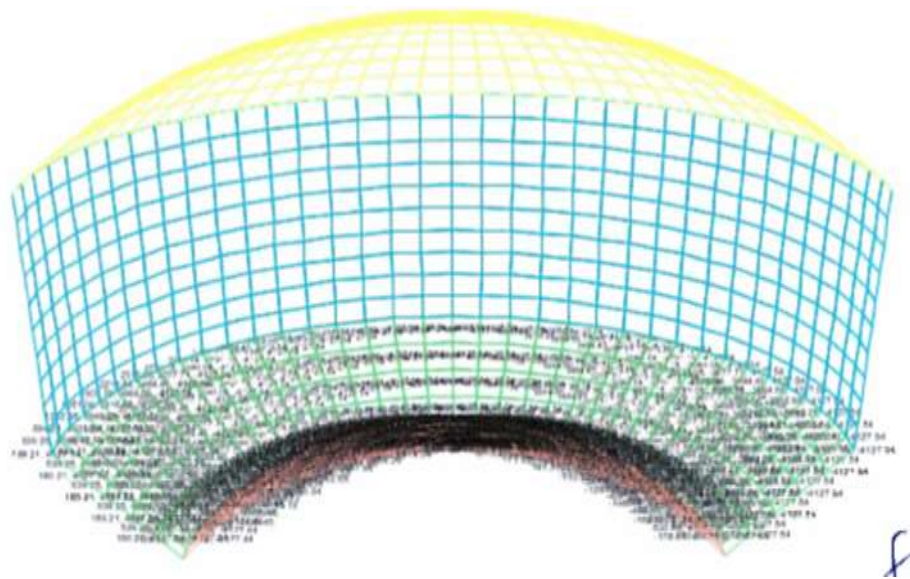
**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 17.** *Presión del fluido sobre la pared cilíndrica.*



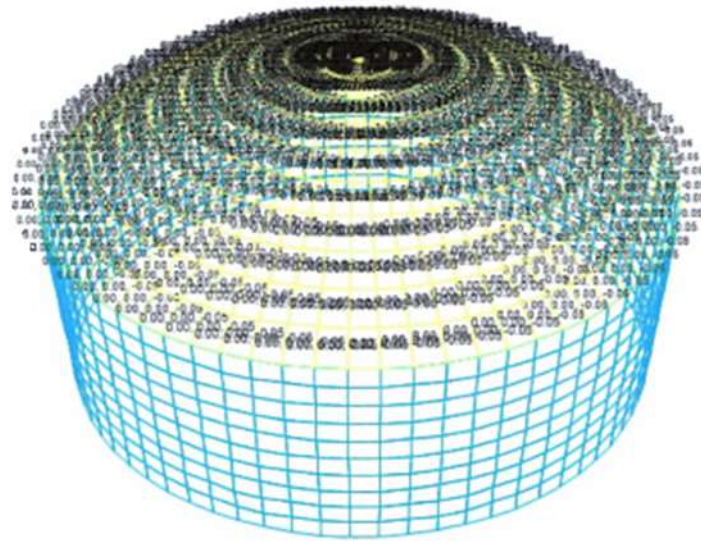
**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 18.** *Presión del fluido sobre la base del reservorio.*



**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 19.** Carga viva (CV).

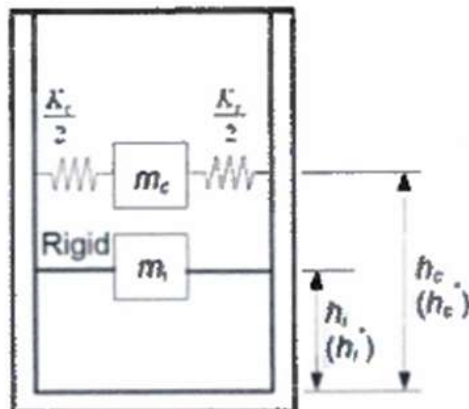


**Fuente:** Elaboración propia.

### 2.3.- Análisis sísmico:

**Asignación de masas (impulsiva y conectiva):** Para la asignación de las masas impulsiva y convectiva y su altura de aplicación en el modelo, se asume el comportamiento planteado por Housner donde se idealiza la masa impulsiva como un elemento rígido unido a las paredes del reservorio, mientras que la masa convectiva se idealiza como un resorte, tal como se puede observar en la figura 20:

**Figura 20.** Idealización de masas impulsiva y convectiva.



**Fuente:** Elaboración propia.

**Masa impulsiva:** Para la colocación de cada una de las masas se utilizó el siguiente criterio:

- ✓ Primero ubicamos la altura de aplicación de la masa impulsiva en el modelo y a partir de esta seleccionamos dos nodos verticales equidistantes a este punto, en nuestro caso son:

Cota del nodo superior  $H_s = 29.03m$

Cota del nodo inferior  $H_i = 27.47m$

Con la diferencia de estas cotas, obtenemos la altura de aplicación que en nuestro caso será:  $H = 1.56m$

- ✓ Seguidamente calculamos el área de aplicación  $A_{aplicación} = L_c * H$ , donde:

$L_c$  = es la longitud de circunferencia

$$L_c = \pi * D = 51,836m$$

Entonces nuestra área de aplicación será:  $A_{aplicación} = 80,865m^2$

- ✓ Convertiremos el peso impulsivo calculado en la ecuación 9.0 a unidades masa, por lo tanto, lo dividimos entre la aceleración de la gravedad, de donde obtendremos el siguiente valor:

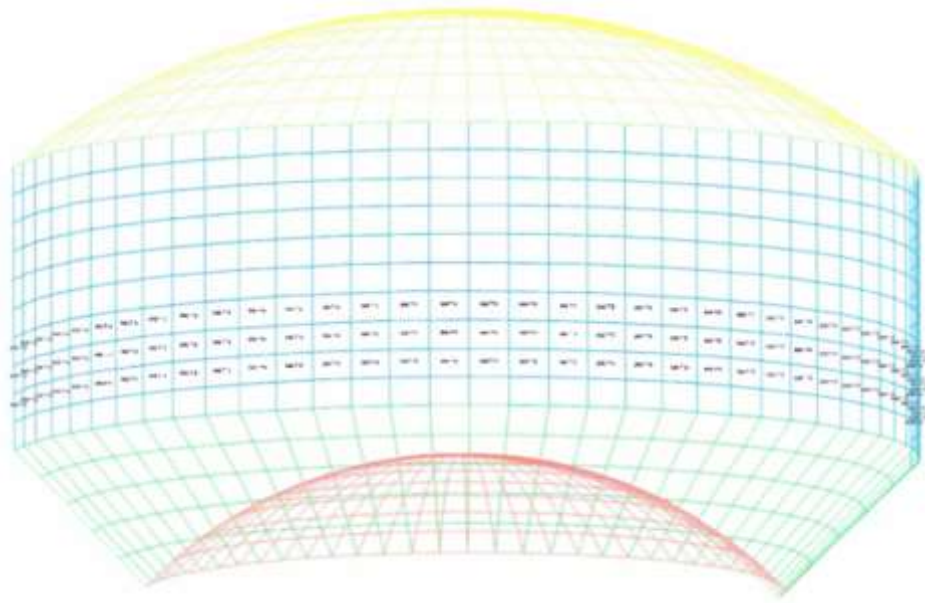
$$m_i = \frac{w_i}{g} = 514436,793 \frac{Kgf s^2}{m}$$

- ✓ Finalmente distribuimos esta masa en nuestra área de aplicación, para la introducción al software:

$$m_{iSAP} = \frac{m_i}{A_{aplic}} = 648,713 \frac{Kgf s^2}{m^3}$$



**Figura 21.** Asignación de la masa impulsiva.



**Fuente:** Elaboración propia.

**Masa convectiva:** En el caso de la masa convectiva usaremos un criterio similar al de la masa impulsiva recordando que en este caso se tendrá que modelar con un resorte, como se muestra en la figura 20.

- ✓ Con el periodo convectivo calculado con la siguiente ecuación, podemos calcular la frecuencia convectiva mediante:

$$w_c = \frac{2\pi}{T_c} = 1,377 \frac{1}{s}$$

- ✓ De la ecuación:

$$w_c = \sqrt{\frac{K}{m_c}}$$

Donde:

K: Rigidez del resorte a idealizar

$m_c$ : Masa convectiva, que obtenemos de dividir el peso convectivo calculado en la siguiente ecuación entre la aceleración de la gravedad:

$$m_c = \frac{W_c}{g}$$

Despejamos el valor de K que representaría la rigidez del resorte:

$$K = 135826,029 \frac{kgf}{m}$$

- ✓ En la presente investigación se modelaron elementos frame con una rigidez global igual a la del resorte, para lo cual: se tiene 210 elementos, 105 por cada lado como se ve en la figura 22, por lo que la rigidez de cada uno de ellos será:

$$K_{SAP} = \frac{K}{210} = 646,791 kgf/m$$

La longitud promedio de estos elementos es:

$$L_{prom} = 7,47 m$$

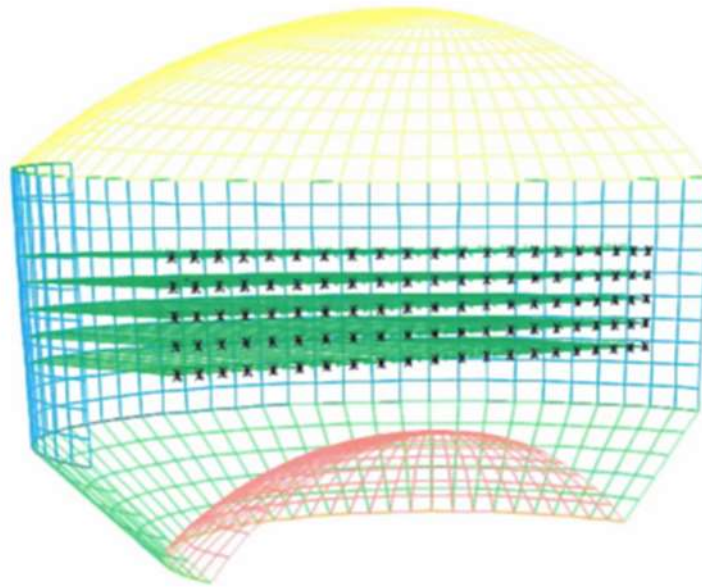
De la ecuación siguiente, despejamos y calculamos el valor de  $A_{sap} = 1,9122mm^2$ , que representaría el área de cada uno de los elementos frame y que, a su vez, considerando que se trata de una sección rectangular sería de lado  $b_f = 1,382mm$ .

- ✓ Las masas convectivas se colocarán en medio de dos elementos frame como se ve en la figura 22 y su valor será:

$$m_{cSAP} = \frac{W_c}{g \cdot 105} = 682,707 \frac{kgf \cdot s^2}{m}$$



**Figura 22.** *Asignación de la masa convectiva.*



**Fuente:** Elaboración propia.

**2.4.- Espectro de diseño:** Para la construcción del espectro de diseño tenemos los siguientes datos:

**Tabla 9.** *Parámetros sísmicos.*

Parametro	Valor
Z: Factor de zona	0.35
U: Categoría de uso	1.50
S: Perfil de suelo	1.15
$R_4$ : Factor de reducción impulsivo	2.00
$R_c$ : Factor de reducción convectivo	1.00

**Fuente:** Elaboración propia.

El coeficiente de ampliación sísmica C que definen la forma del espectro de diseño se calcularan con las siguientes ecuaciones, como indica la E.030 de RNE:

$$\text{Si: } T < T_P$$

$$C = 2,5$$

$$\text{Si: } T_P < T < T_L$$

$$C = 2,5 \left( \frac{T_P}{T} \right)$$

$$\text{Si: } T_P < T < T_L$$

$$C = 2,5 \left( \frac{T_P T_L}{T^2} \right)$$

Además, también se considera un amortiguamiento de la estructura del 0.5% del amortiguamiento crítico para el modo convectivo y un amortiguamiento del 5% del amortiguamiento crítico para el modo impulsivo y como lo indica al ACI 350.3-06 en la subsección R9.4.2 para un amortiguamiento del 0.5% del amortiguamiento crítico se tendrá que amplificar el espectro multiplicando por un factor de 1.5 de un espectro construido con un amortiguamiento del 5% del amortiguamiento crítico. Es decir, la aceleración espectral definida en la E.030 del RNE por la siguiente ecuación, quedará:

$$S_a = \beta \left( \frac{ZUCS}{R} g \right)$$

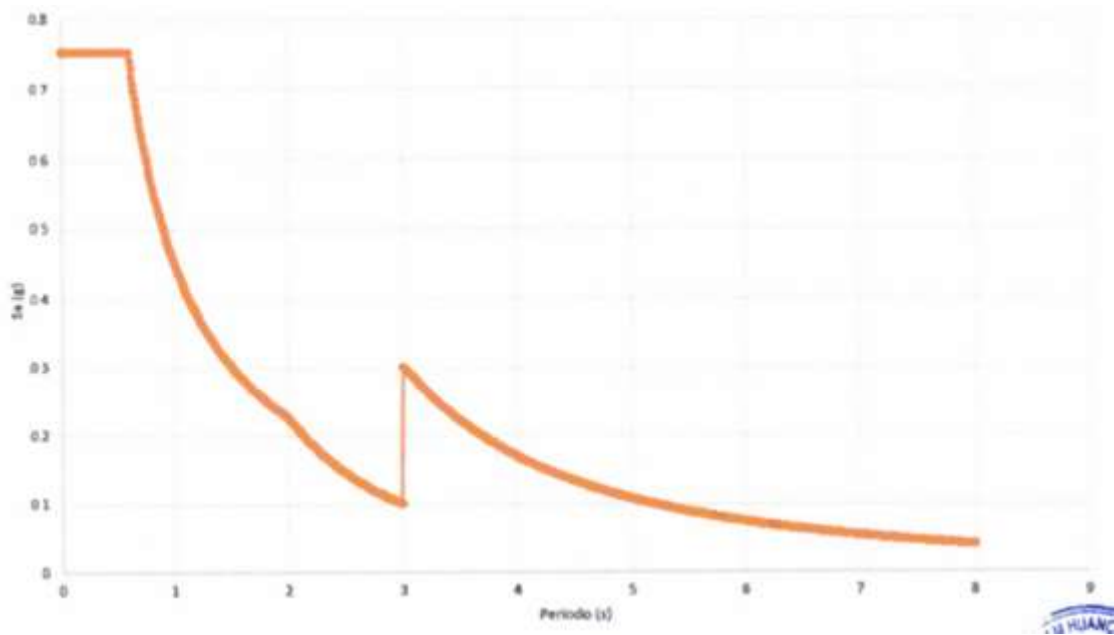
Donde:

B = 1, cuando la estructura se encuentra en modos impulsivos.

B = 1.5, cuando la estructura se encuentra en modos convectivos.

Como se vio anteriormente, nuestro periodo impulsivo es igual a  $T_i = 0.351$  seg, mientras que nuestro periodo convectivo es igual a  $T_c = 4,563$  seg, por lo que para la construcción de nuestro espectro mostrado en la figura 23 consideraremos el valor de  $B=1.5$  a partir de un periodo  $T = 3$  seg.

**Figura 23.** *Espectro de diseño.*

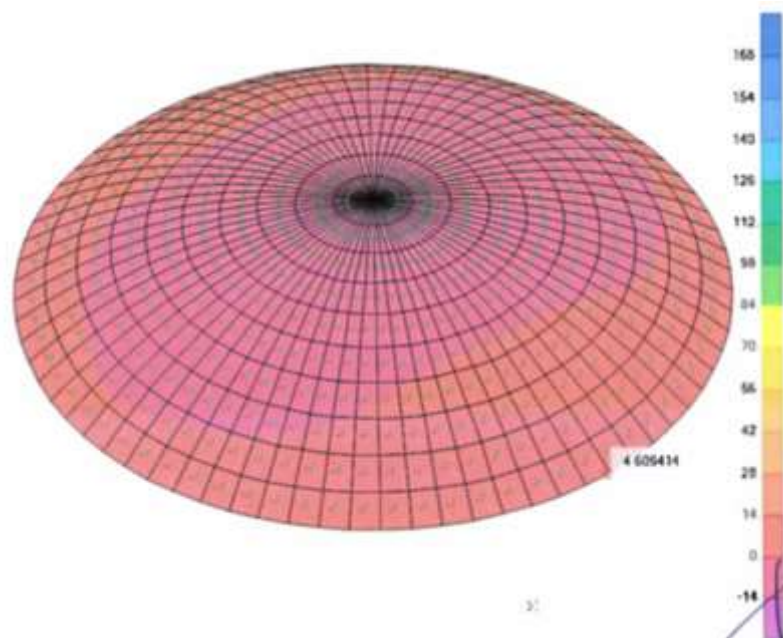


**Fuente:** Elaboración propia.

### 3.- Revisión de los elementos de concreto armado:

#### 3.1.- Diseño del domo superior:

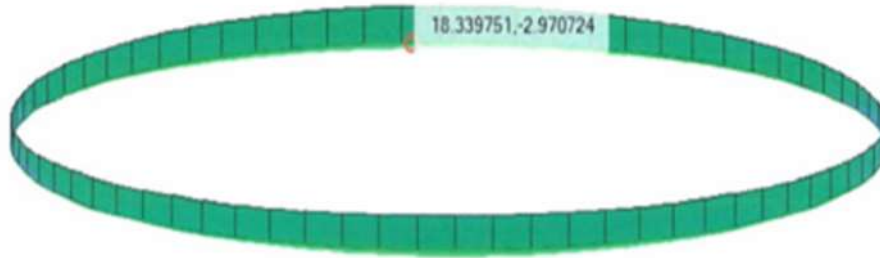
**Figura 24.** *Tracción F11 en el domo superior (tnf/m).*



**Fuente:** Elaboración propia.

### 3.2.- Diseño del anillo superior:

Figura 25. Fuerza axial en anillo superior (tnf).



Fuente: Elaboración propia.

Recordemos las siguientes ecuaciones:

$$b_{v-s} = 45 \text{ cm}$$

$$h_{v-s} = 45 \text{ cm}$$

Además, el área de acero mínimo está dada por:

$$A_{s-min} = 0,0066b_{v-s}h_{v-s}$$

$$A_{s-min} = 12,15 \text{ cm}^2$$

El área de acero a colocar será el mínimo, distribuido de la siguiente forma:

$$A_{s-col} = 4\Phi\left(\frac{5}{8}in\right) + 4\Phi\left(\frac{1}{2}in\right) = 12,98 \text{ cm}^2$$

Por lo que la capacidad de la sección será:

$$P_n = f_y A_{s-col} = 54,5344 \text{ tnf}$$

Y multiplicando esta capacidad por el factor de reducción por tracción de valor 0.9, obtenemos:

$$\phi_t P_n = 49,081 \text{ tnf}$$

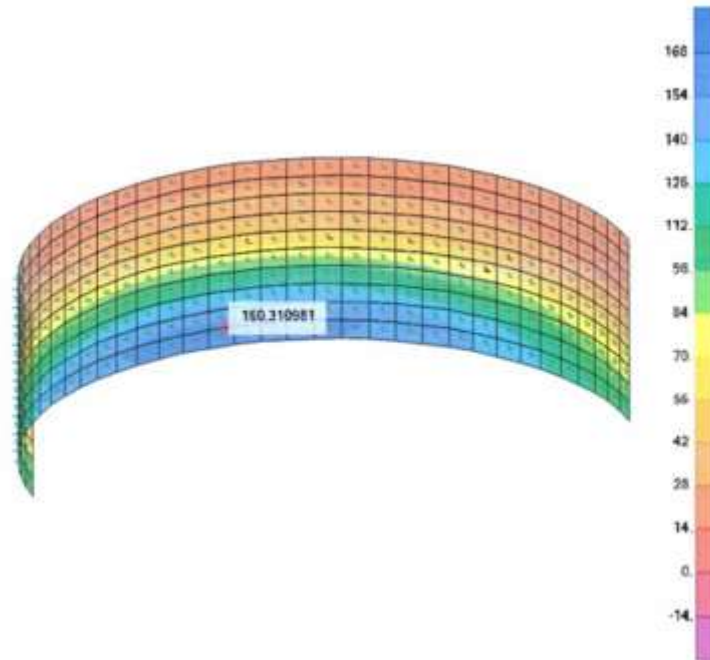
Finalmente comparamos este último valor con la tracción obtenida en el análisis estructural (carga ultima) que se muestra en la figura 25:

$$P_{u-us} = 18,4 \text{ tnf.}$$

Con la cual podemos concluir que el diseño es adecuado.

### 3.3.- Diseño de la pared cilíndrica:

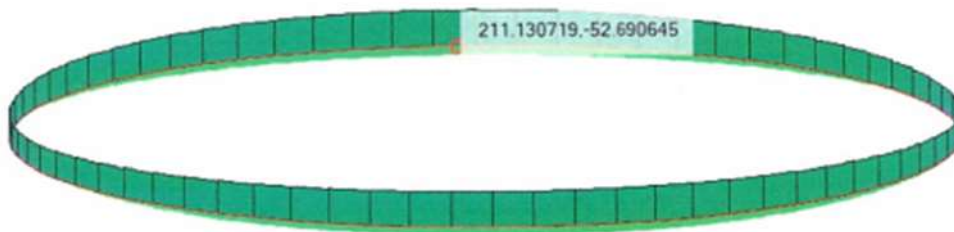
**Figura 26.** Tracción  $F_{11}$  en la pared cilíndrica (tnf/m).



**Fuente:** Elaboración propia.

### 3.4.- Diseño del anillo intermedio:

**Figura 27.** Fuerza axial en anillo intermedio (tnf).



**Fuente:** Elaboración propia.

Recordemos las ecuaciones anteriores:

$$b_{r-int} = 50 \text{ cm}$$
$$h_{r-int} = 100 \text{ cm}$$

Además, el área de acero mínimo está dada por:

$$A_{s-min} = 0,006b_{v-int}h_{v-int}$$

$$A_{s-min} = 30 \text{ cm}^2$$

El area de acero a colocar sera superior al minimo para poder cumplir con la carga ultima solicitada con una cuantia = 0.0115, distribuido de la siguiente forma:

$$A_{s-col} = 8\Phi(1 \text{ in}) + 6\Phi\left(\frac{3}{4} \text{ in}\right) = 57,638 \text{ cm}^2$$

Por lo que la capacidad de la seccion será:

$$P_n = f_y A_{s-col} = 242,08 \text{ tn f}$$

Y multiplicando esta capacidad por el factor de reduccion por traccion con el valo de 0.9, obtenemos:

$$\phi_t P_n = 217,87 \text{ tn f}$$

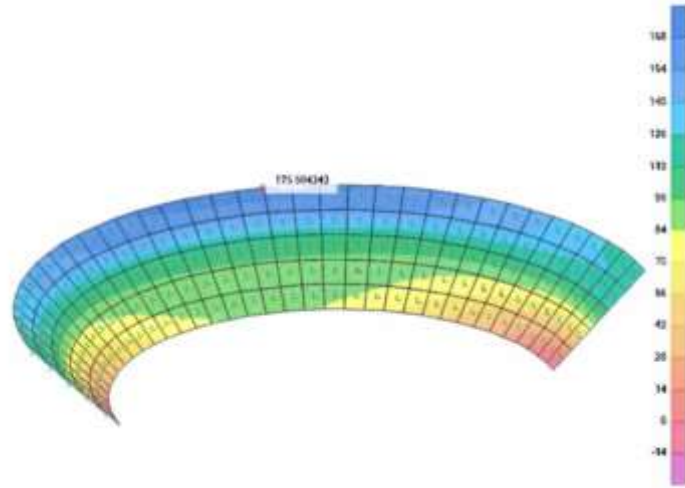
Finalmente comparamos este ultimo valor con la traccion obtenida en el analisis estructural (carga ultima) que se muestra en la figura 27:

$$P_{u-vs} = 211,13 \text{ tn f}.$$

Con lo cual podemos concluir que el diseño es adecuado.

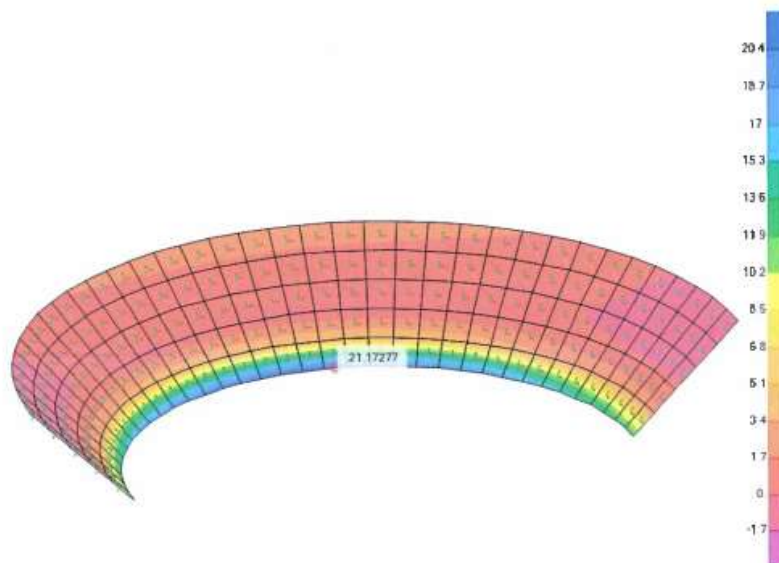
### 3.5.- Diseño de fondo tronconico:

**Figura 28.** Tracción  $F11$  en el fondo tronconico (tnf/m).



Fuente: **Elaboración propia.**

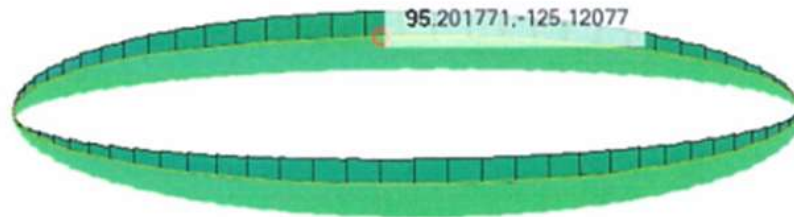
**Figura 29.** Momento flector  $M22$  en el fondo tronconico (tnf – m/m).



Fuente: **Elaboración propia**

### 3.6.- Diseño del anillo inferior:

**Figura 30.** Fuerza axial en anillo inferior (tnf).



Fuente: **Elaboración propia**

Recordemos los siguientes valores:

$$\begin{aligned}b_{v-inf} &= 50 \text{ cm} \\h_{v-inf} &= 100 \text{ cm}\end{aligned}$$

Además, el área de acero mínimo para elementos sometidas a esfuerzos de compresión como las columnas está dada por:

$$\begin{aligned}A_{s-min} &= 0,01b_{v-inf}h_{v-inf} \\A_{s-min} &= 50 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

El área de acero a colocar Sera el mínimo, distribuido de la siguiente forma:

$$A_{s-col} = 4\Phi(1in) + 12\Phi\left(\frac{3}{4}in\right) = 54,47 \text{ cm}^2$$

Por lo que la capacidad de la sección será:

$$P_n = f_y A_{s-col} = 228,78 \text{ tnf}$$

Y multiplicando esta capacidad por el factor de reducción por tracción con el valor de 0.9, obtenemos lo siguiente:

$$\phi_t P_n = 205,90 \text{ tnf}$$

Finalmente comparamos este último valor con la tracción obtenida en el análisis estructural (carga ultima) que se muestra en la figura 30.

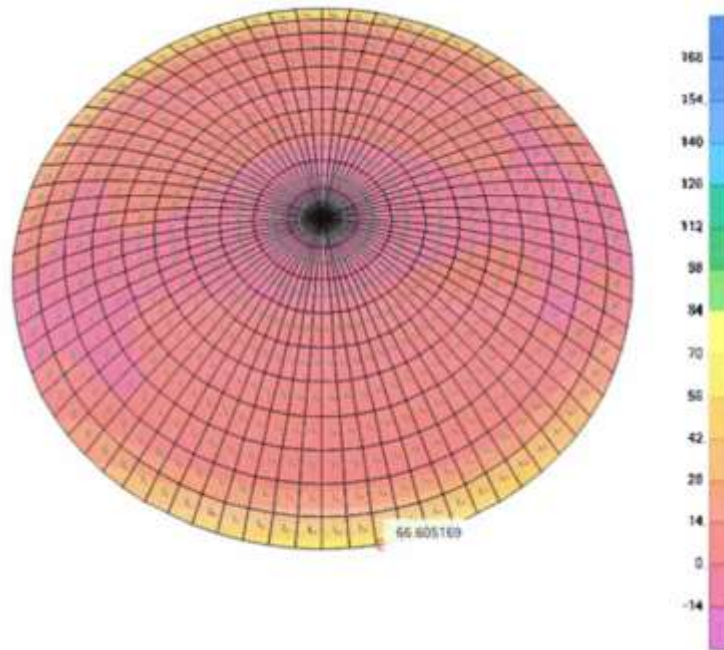
$$P_{u-vs} = 95,20 \text{ tnf.}$$

Con lo cual podemos concluir que el diseño es adecuado.

### 3.7.- Diseño del domo inferior:



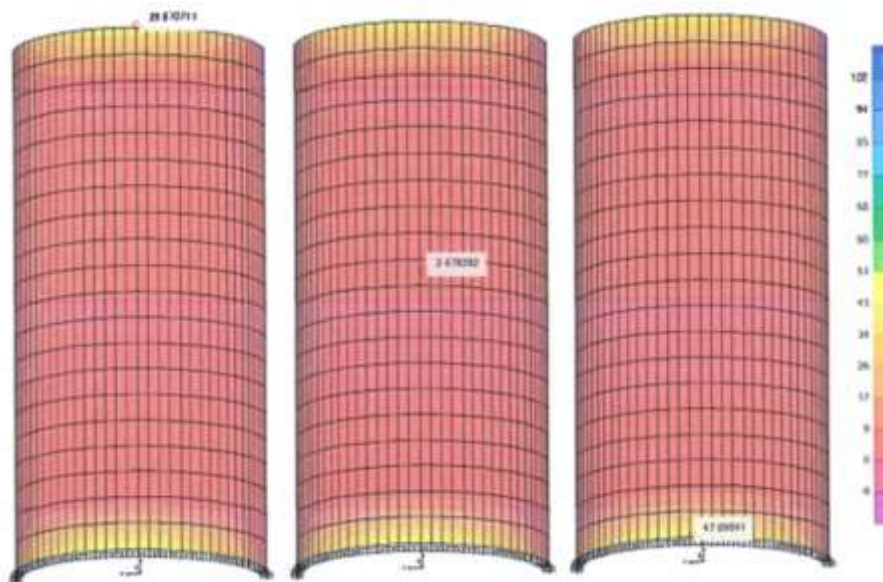
**Figura 31.** Tracción  $F_{11}$  en el domo inferior (tnf/m).



Fuente: **Elaboración propia.**

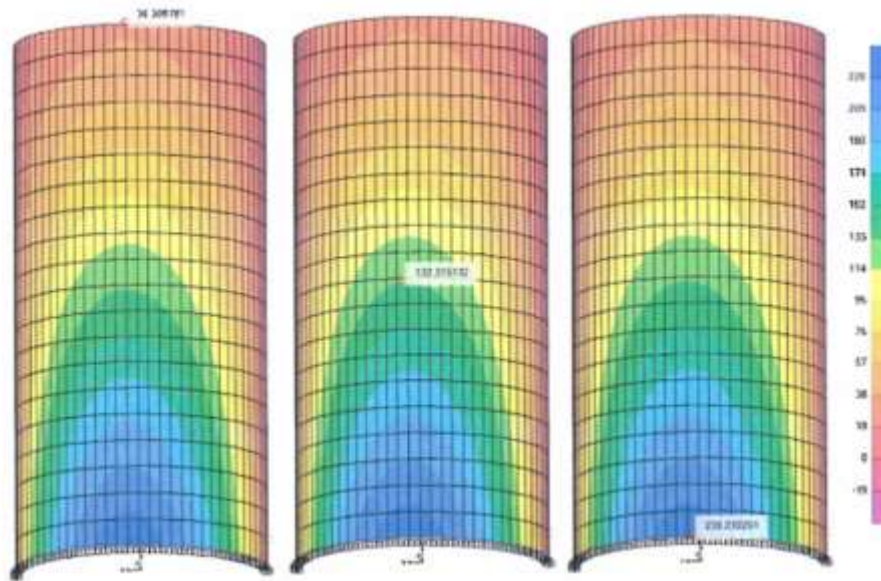
### 3.8.- Diseño del fuste:

**Figura 32.** Tracción  $F_{11}$  en el fuste (tnf/m).



Fuente: **Elaboración propia.**

Figura 33. Tracción F22 en el fuste (tnf/m).



Fuente: Elaboración propia.

#### 4.- Revisión de modos:

Figura 34. Revisión de modos.

Modal Participating Mass Ratios

File View Edit Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted

Filter: Modal Participating Mass Ratios

OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ
	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	4.429130	0.286	0	0	0.286	0	0
MODAL	Mode	2	0.33772	2.478E-19	0.77	7.33E-20	0.286	0.77	7.33E-20
MODAL	Mode	3	0.337126	0.549	1.791E-19	5.968E-19	0.835	0.77	6.701E-19
MODAL	Mode	4	8.141887	1.885E-16	1.185E-18	2.728E-17	0.835	0.77	2.793E-17
MODAL	Mode	5	0.085885	5.744E-14	0.113	1.341E-15	0.835	0.883	1.388E-15
MODAL	Mode	6	0.085885	0.081	8.351E-14	1.128E-15	0.916	0.883	2.494E-15
MODAL	Mode	7	0.084418	1.905E-15	2.822E-17	0.082	0.916	0.883	0.082
MODAL	Mode	8	0.073801	3.377E-14	7.888E-15	1.573E-15	0.916	0.883	0.082
MODAL	Mode	9	8.873881	7.761E-16	2.875E-14	5.377E-17	0.916	0.883	0.082
MODAL	Mode	10	0.073389	2.583E-16	9.834E-17	4.487E-18	0.916	0.883	0.082
MODAL	Mode	11	0.073389	1.678E-16	2.18E-18	8.754E-12	0.916	0.883	0.082
MODAL	Mode	12	0.08807	1.844E-14	2.883E-15	6.285E-14	0.916	0.883	0.082
MODAL	Mode	13	0.080889	4.574E-15	4.882E-15	1.147E-18	0.916	0.883	0.082
MODAL	Mode	14	8.847854	9.113E-15	4.37E-14	9.431E-14	0.916	0.883	0.082
MODAL	Mode	15	0.047834	2.385E-15	1.755E-14	5.551E-15	0.916	0.883	0.082
MODAL	Mode	16	0.044788	3.948E-12	1.658E-14	8.134E-16	0.916	0.883	0.082
MODAL	Mode	17	0.044787	8.235E-18	8.85E-13	1.488E-17	0.916	0.883	0.082
MODAL	Mode	18	8.94295	8.213E-13	2.888E-14	4.837E-18	0.916	0.883	0.082
MODAL	Mode	19	0.04295	3.648E-18	1.878E-13	2.388E-15	0.916	0.883	0.082
MODAL	Mode	20	0.042489	3.932E-17	6.945E-15	3.851E-15	0.916	0.883	0.082

Recent: << < 1 > >> of 58

Add Tables... Done

Fuente: Elaboración propia.

#### 5.- Revisión de cortante basal:

Figura 35. Revisión de cortante basal.

Output Case	Case Type	Step Type	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ	GlobalMX	GlobalMY	GlobalMZ
	Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m
SISMO X	LinRespSpec	Max	1050.6005	0.0191	0.0003091	0.0744	29000.6097	0.00042

Fuente: **Elaboración propia.**

## 6.- Verificación de fisuramiento bajo condiciones de servicio:

### 6.1.- Viga superior:

Figura 36. Fuerza  $F_{11}$  por cargas de servicio en anillo superior.



Fuente: **Elaboración propia.**

La fuerza axial obtenida del análisis estructural para las cargas de servicio es:

$$P_s = 5,95 \text{ tnf}$$

El esfuerzo límite para evaluar la fisuración del concreto estará dado por:

$$N_s = f_t(A_c + A_s n)$$

$$N_s = 17,84 \text{ tnf}$$

Donde:

Resistencia a esfuerzo de tensión del concreto en contacto con el agua:

$$f_t = 0,5\sqrt{f'_c} = 8,366 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Área de concreto:  $A_c$

Área de acero:  $A_s$

Relación para obtener un área equivalente de acero en concreto:

$$n = \frac{E_s}{E_c} = 8,366$$

Resistencia a tracción de la sección concreto en contacto con el agua:  $N_s$

De aquí podemos concluir que el concreto no se fisurará debido a las cargas de servicio.

Procederemos a verificar el esfuerzo del acero de refuerzo, mediante:

$$f_s = \frac{A_c + A_s n}{A_s} f_t$$

$$N_s = 1374,36 \frac{kgf}{cm^2}$$

Recordando que el esfuerzo en el acero máximo para condiciones normales es:

$$f_{smax} = 1400 \frac{kgf}{cm^2}$$

Donde podemos concluir que el esfuerzo en el acero colocado es adecuado.

Finalmente realizaremos la verificación en el caso de estructuras hidráulicas.

$$f_t = 1,3\Phi_2 \sqrt{f'_c}$$

$$f_t = 13,18 \frac{kgf}{cm^2}$$

Donde:

- $\Phi = 0,606$  : Factor de reducción para estructuras hidráulicas
- $f_t$  : Esfuerzo a tracción admisible.

El esfuerzo actuante será:

$$f_{t-act} = \frac{P_s(E_s \epsilon_c f_s)}{A_c F_s + (n - 1) P_s}$$

$$N_s = 4,22 \frac{kgf}{cm^2}$$

Realizando la comparación de estos últimos valores, podemos concluir que el concreto no se va a fisurar.

## 6.2.- Viga intermedia:

**Figura 37.** Fuerza F11 por cargas de servicio en anillo intermedio.



Fuente: **Elaboración propia.**

La fuerza axial obtenida del análisis estructural para las cargas de servicio es:

$$P_s = 72,4 \text{ tnf}$$

El esfuerzo límite para evaluar la fisuración del concreto estará dado por:

$$N_s = f_t(A_c + A_s n)$$
$$N_s = 72,23 \text{ tnf}$$

Donde:

Resistencia a esfuerzo de tensión del concreto en contacto con el agua:

$$f_t = 0,5\sqrt{f'_c} = 8,366 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Área de concreto:  $A_c$

Área de acero:  $A_s$

Relación para obtener un área equivalente de acero en concreto:

$$n = \frac{E_s}{E_c} = 8,366$$

Resistencia a tracción de la sección concreto en contacto con el agua:  $N_s$

De aquí podemos concluir que el concreto se fisurara debido a las cargas de servicio.

Procederemos a verificar el esfuerzo del acero de refuerzo, mediante la siguiente ecuación:

$$f_s = \frac{A_c + A_s n}{A_s} f_t$$

$$N_s = 1253,11 \frac{kgf}{cm^2}$$

Recordando que el esfuerzo en el acero máximo para condiciones normales es:

$$f_{smax} = 1400 \frac{kgf}{cm^2}$$

De donde podemos concluir que el esfuerzo en el acero colocado es adecuado.

Finalmente realizaremos la verificación en el caso de estructuras hidráulicas:

$$f_t = 1,3\Phi_2\sqrt{f'_c}$$

$$f_t = 13,18 \frac{kgf}{cm^2}$$

Donde:

- $\Phi = 0,606$  : Factor de reducción para estructuras hidráulicas
- $f_t$  : Esfuerzo a tracción admisible.

El esfuerzo actuante será:

$$f_{t-act} = \frac{P_s(E_s\epsilon_c f_s)}{A_c F_s + (n-1)P_s}$$

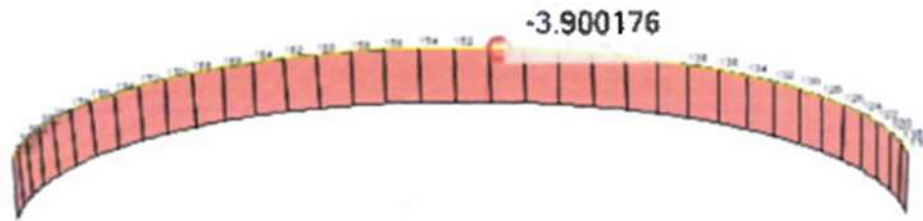
$$N_s = 20,006 \frac{kgf}{cm^2}$$

Realizando la comparación de estos últimos valores, podemos concluir que el concreto no se va a fisurar.

### 6.3.- Viga inferior:



**Figura 38.** Fuerza  $F_{11}$  por cargas de servicio en anillo inferior.



Fuente: **Elaboración propia.**

La fuerza axial obtenida del análisis estructural para las cargas de servicio es:

$$P_s = 46,26,88 \text{ tnf}$$

El esfuerzo límite para evaluar la fisuración del concreto estará dado por:

$$N_s = f_t(A_c + A_s n)$$
$$N_s = 71,88 \text{ tnf}$$

Donde:

Resistencia a esfuerzo de tensión del concreto en contacto con el agua:

$$f_t = 0,5\sqrt{f'_c} = 8,366 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Área de concreto:  $A_c$

Área de acero:  $A_s$

Relación para obtener un área equivalente de acero en concreto:

$$n = \frac{E_s}{E_c} = 8,366$$

Resistencia a tracción de la sección concreto en contacto con el agua:  $N_s$

De aquí podemos concluir que el concreto no se fisurara debido a las cargas de servicio.

Procederemos a verificar el esfuerzo del acero de refuerzo, mediante:

$$f_s = \frac{A_c + A_s n}{A_s} f_t$$

$$N_s = 1319,60 \frac{kgf}{cm^2}$$

Recordando que el esfuerzo en el acero máximo para condiciones normales es:

$$f_{smax} = 1400 \frac{kgf}{cm^2}$$

De donde podemos concluir que el esfuerzo en el acero colocado es adecuado.

Finalmente realizaremos la verificación en el caso de estructuras hidráulicas:

$$f_t = 1,3\Phi_2 \sqrt{f'_c}$$

$$f_t = 13,18 \frac{kgf}{cm^2}$$

Donde:

- $\Phi = 0,606$  : Factor de reducción para estructuras hidráulicas
- $f_t$  : Esfuerzo a tracción admisible.

El esfuerzo actuante será:

$$f_{t-act} = \frac{P_s(E_s \epsilon_{cf} f_s)}{A_c F_s + (n - 1) P_s}$$

$$N_s = 13,00 \frac{kgf}{cm^2}$$

Realizando la comparación de estos últimos valores, podemos concluir que el concreto no se va a fisurar.

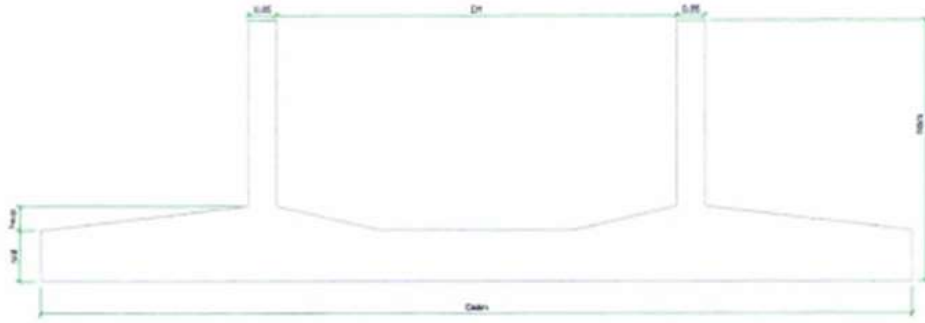
## 5.1.2. Diseño de la subestructura del reservorio

### 1.- Verificación del volteo:

#### Geometría de la cimentación:



**Figura 39.** Geometría de la cimentación.



Fuente: **Elaboración propia.**

Las dimensiones del reservorio son:

$$\begin{aligned}
 D_1 &= 10,75 \text{ m} \\
 D_{cim} &= 25,00 \text{ m} \\
 h_{cim} &= 5,00 \text{ m} \\
 h_{sup} &= 1,00 \text{ m} \\
 h_{inf} &= 1,50 \text{ m}
 \end{aligned}$$

**Verificación:** Datos y consideraciones.

- ✓ Momento de volteo extraído del modelo en software SAP2000:

$$M_{volteo} = 29000,61 \text{ tn.f m}$$

- ✓ Peso total de la estructura sobre la cimentación extraído del modelo en el software SAP2000:

$$P_{total} = 1310,32 \text{ tn.f}$$

- ✓ El relleno con el material propio será:

$$W_{relleno1} = \frac{\pi D_1^2}{4} h_{cim} \gamma_{propio} = 785,096 \text{ tn.f}$$

Del estudio de mecánica de suelos, se tiene el valor del peso específico del material de:

$$\gamma_{propio} = 1,73 \text{ kgf/cm}^3$$

- ✓ Además, se consideró un relleno con material de préstamo de:

$$h_{relleno2} = 4 \text{ m}$$

Cuyo peso específico será como mínimo:

$$\gamma_{relleno2} = 1,8 \text{tnf/m}^3.$$

Por lo tanto, su peso aportante será:

$$W_{relleno2} = \frac{\pi D_1^2}{4} h_{relleno2} \gamma_{relleno2} = 653,491 \text{ tnf}$$

✓ El peso aportante por la propia cimentación será:

$$W_{cim} = \left( \frac{\pi D_{cim}^2}{4} h_{inf} + \frac{h_{sup} \pi}{3} (R_1 + R_{cim} + R_1 R_{cim}) \right) \gamma_c = 2400,316 \text{ tnf}$$

✓ El brazo de palanca para la verificación de volteo es:

$$b_p = \frac{D_{cim}}{2} = 12,5 \text{ m}$$

✓ El momento estabilizador será calculado por:

$$M_{estabilizador} = (P_{total} + W_{relleno1} + W_{relleno2} + W_{cim}) b_p = 64377,734 \text{ tnf m}$$

Ya teniendo el momento de volteo ( $M_{volteo}$ ) y el momento estabilizador ( $M_{estabilizador}$ ), podemos concluir la estabilidad de nuestra estructura mediante:

$$F_s = \frac{M_{estabilizador}}{M_{volteo}} = 2,22 > 2$$

**2.- Verificación de presiones admisibles:** Calculamos la presión que ejerce nuestra estructura sobre el suelo mediante:

$$\sigma_{act} = \frac{P_{total} + W_{relleno1} + W_{relleno2} + W_{cim}}{A_{cim}} = 1,049 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Comparando este de  $\sigma_{act}$  con el valor obtenido del estudio de mecánica de suelos, donde:

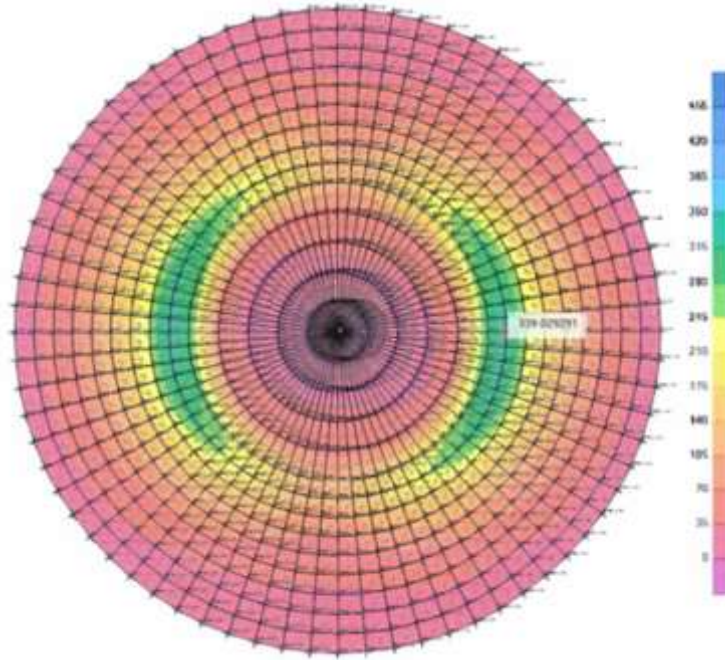
$$\sigma_{adm} = 3,15 \text{kgf/cm}^2$$

Podemos comprobar la estabilidad de nuestra estructura.

### 3.- Diseño en concreto:

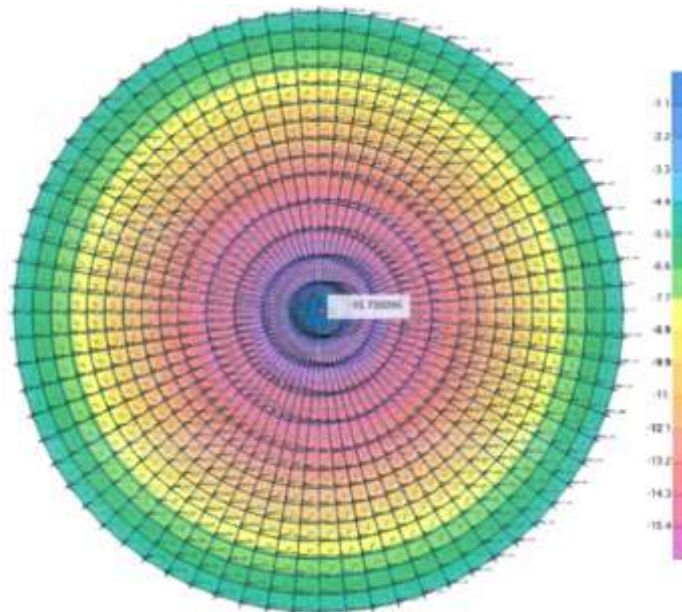
#### 3.1.- Flexión:

**Figura 40.** Momentos  $M_{22}$  en la cimentación.



Fuente: **Elaboración propia.**

**Figura 41.** Punzonamiento en la cimentación.



Fuente: **Elaboración propia.**

## **CAPÍTULO VI: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

### **6.1. Diseño de la superestructura del reservorio**

La investigación consistió en realizar el diseño y análisis sísmico del reservorio elevado de 1200m<sup>3</sup> para el abastecimiento de agua potable, sector la Esperanza, Huancayo.

Para el cumplimiento del objetivo de la investigación, previamente se tuvo que realizar el diseño de la superestructura y subestructura del reservorio elevado de 1200m<sup>3</sup> para el abastecimiento de agua potable, sector la Esperanza, Huancayo. Del diseño y análisis se tiene que el reservorio de 1200m<sup>3</sup> está conformado por los siguientes elementos:

- ✓ Fuste circular de 0.30m de espesor, 11.60m de diámetro (entre ejes de paredes) y 23.50m de altura (medida desde el nivel de terreno). Esta estructura es el soporte del tanque de agua.
- ✓ Anillo inferior con una sección de 0.50x1.00m y que conecta la losa troncocónica y la cúpula inferior con el fuste.
- ✓ Losa troncocónica, de 0.40m de espesor. Se encuentra en la base del tanque.
- ✓ Cúpula inferior, de 0.35m de espesor. El radio de la circunferencia de esta cúpula es de 7.80m. Al igual que la losa troncocónica, se encuentra en la base del tanque. Esta cúpula soporta las cargas de presión inferior ejercidas por la altura del agua. Está apoyada en el anillo inferior y en un anillo circular donde se apoya también la chimenea.

- ✓ Anillo intermedio, con una sección de 0.50x1.00 y que conecta las paredes de la cuba con la losa troncocónica. Este anillo es el más crítico, debido a que en esa zona se concentran los mayores esfuerzos. Fuste circular de 0.30m de espesor, 11.60m de diámetro (entre ejes de paredes) y 23.50m de altura (medida desde el nivel de terreno). Esta estructura es el soporte del tanque de agua.
- ✓ Cuba o pared cilíndrica, de 0.35m de espesor, 16.85m de diámetro (entre ejes de paredes) y 4.25m de altura, son las paredes del tanque elevado. Estas paredes soportan las cargas de presión lateral ejercidas por la altura de agua.
- ✓ Cúpula superior, de espesor variable. El radio de la circunferencia de esta cúpula es de 12.92m. Esta estructura es la tapa del tanque de agua. Está apoyada en el anillo superior que posee una sección de 0.45m x 0.45m y en un anillo circular que corresponde a la linterna.

## **6.2. Diseño de la subestructura del reservorio**

Adicionalmente, este reservorio se apoya en una losa de cimentación circular de 2.50m de espesor y 25.00m de diámetro. Las paredes del fuste se apoyan, en toda su circunferencia, en unos pedestales de concreto armado, de 0.85m de espesor y 2.50m de altura. La profundidad del fondo de cimentación es de 5.00m, con respecto al nivel de terreno.

Todos los elementos estructurales de hormigón armado de la estructura de estudio fueron diseñados utilizando el método de resistencia última, también conocido como diseño de fractura. Para ello se utilizan los factores de carga y combinaciones de tensiones especificados en las normas nacionales de construcción vigentes, así como diversos factores de reducción para la resistencia nominal a falla contra compresión axial, flexión, compresión por flexión, corte, torsión y adherencia.

De nuestra investigación realizada podemos mencionar que el estudio realizado por el Ing. José Roberto Salinas Saavedra en su tesis realizado en la Universidad Nacional de Ingeniería, titulado: ANALISIS Y DISEÑO SISMO RESISTENTE DE UN RESERVORIO ELEVADO CON ESTRUCTURA CILINDRICA DE SOPORTE, Todos los elementos estructurales que intervienen en el embalse

elevado fueron calculados y diseñados utilizando la teoría de rotación de membranas, concluyendo que la mayoría de estos elementos están sometidos a compresión, mientras que los de mayor flexión son vigas de fondo circular. En los estudios realizados en este trabajo se han realizado cálculos mediante el programa SAP2000 (utilizando como método de cálculo el llamado método de elementos finitos), los resultados muestran que las celdas están sometidas a flexopresión y viceversa. En los estudios, esta parte tiene el llamado círculo inferior. La unidad de viga formada es la unidad que muestra la carga máxima. Presumiblemente, esta similitud se encontró en dos estudios.

Así como existen diferentes tipos de reservorios, también existen diferentes tipos de estructuras de soporte para reservorios elevados, una de las cuales es la estructura de fuste cilíndrico utilizada en este artículo, y la otra es la estructura de vigas y columnas de la que estoy hablando actualmente. usando. usando. Optimizar la situación también puede ser una estructura de acero, todo depende de la capacidad del depósito y del costo de los materiales.

Los elementos estructurales redondeados tienen más ventajas que otros elementos perfilados en términos de depósitos, los depósitos redondeados ayudan a fortalecer la estructura, ayudan a absorber los momentos de flexión, por lo que estos elementos sólo se pueden utilizar como se utilizan en el anillo. Esto significa que, en tensión y compresión, además de la viga redonda inferior, que está conectada al eje del cilindro, también se doblará.

Las incorporaciones de los espectros en los análisis dinámicos se realizan para masas convectivas y para masas impulsivas.

Los reservorios tipos elevados, es necesario, para asegurar las presiones mínimas, en las poblaciones demandantes.

El comportamiento de los reservorios elevados durante eventos sísmicos es más crítico que la respuesta de los reservorios apuntalados, por lo que se requiere un análisis de dichos reservorios.

## CONCLUSIONES

1. De acuerdo al objetivo general planteado, que es realizar el diseño y análisis sísmico del reservorio elevado de 1200m<sup>3</sup> para el abastecimiento de agua potable, sector la Esperanza, Huancayo, se concluye que, se realizó el diseño y análisis sísmico del reservorio circular tipo elevado, todos los elementos estructurales de concreto armado de la estructura (reservorio elevado de 1200m<sup>3</sup>), fue diseñado por el método de resistencia última, conocido también como diseño a la rotura. Para ello se hizo uso de los factores de carga y las combinaciones de solicitaciones prescritos por el Reglamento Nacional de Estructuras vigente, así como los diferentes factores de reducción de las resistencias últimas nominales en compresión axial, en flexión, en flexo compresión, en cortante, torsión y adherencia.
2. De acuerdo al primer objetivo específico planteado, que es realizar el diseño y análisis sísmico de la superestructura del reservorio elevado de 1200m<sup>3</sup> para el abastecimiento de agua potable, sector la Esperanza, Huancayo, se concluye que, el diseño de la superestructura del reservorio se realizó con el programa SAP 2000, la estructura fue analizada mediante un modelo tridimensional. En el análisis se supuso un comportamiento lineal y elástico. Los elementos de concreto armado (losa, muros) se modelaron con elementos tipo Shell y los anillos (inferior, intermedio y superior) se modelaron con elementos tipo frame. Debido a que los elementos no estructurales no son significativos para la contribución de rigidez y resistencia del reservorio, los elementos no estructurales se incluyeron en el modelo como solicitaciones de carga.
3. De acuerdo al segundo objetivo específico planteado, que es realizar el diseño y análisis sísmico de la subestructura del reservorio elevado de 1200m<sup>3</sup> para el abastecimiento de agua potable, sector la Esperanza, Huancayo, se concluye que, en el diseño de la subestructura (cimentación) del reservorio se tuvo en cuenta la verificación del volteo, con la cual se pudo verificar la estabilidad del reservorio elevado, también se realizó la verificación de presiones admisibles, con la cual se pudo comprobar la estabilidad del reservorio elevado y finalmente se realizó el diseño en concreto a flexión y punzonamiento, con la cual se determinó que el

reservorio elevado se apoyara en una losa de cimentación circular de 2.50m de espesor y 25.00m de diámetro. Las paredes del fuste se apoyan, en toda su circunferencia, en unos pedestales de concreto armado, de 0.85m de espesor y 2.50m de altura. La profundidad del fondo de cimentación es de 5.00m, con respecto al nivel de terreno.



## **RECOMENDACIONES**

1. Sobre el objetivo general, se recomienda promover el desarrollo de estudios de análisis sísmico de alto nivel de reservorios, porque son de gran utilidad aún hoy en día, debido a que la demanda de este tipo de estudios está aumentando en los últimos años, son interesantes porque a la hora de diseñar es necesario analizar la estructura en sí y el agua utilizada, así como el comportamiento entre ambos durante un terremoto.
2. Sobre el objetivo específico 01, el Reglamento Nacional de Edificaciones RNE debe considerar un capítulo sobre pautas y consideraciones para el diseño de estructuras especiales como reservorios elevados.
3. Sobre el objetivo específico 02, el método dinámico utilizado en el estudio fue la combinación espectral mediante espectros de aceleración. Luego se propuso desarrollar un análisis historia temporal utilizando al menos 5 niveles de registros de aceleración.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARIAS, F. (1999). *El proyecto de investigación, guía para su elaboración*. 3ra. Edición: Episteme Oriol Ediciones. 980-07- 3868-1
- ARIAS, J. (2020). *El proyecto de investigación, guía para su elaboración*. 1ra. Edición: José Luis Arias Gonzales. 978-612-00-5416-1
- ARIAS, J. (2012). *El proyecto de investigación, guía para su elaboración*. 6ta. Edición: Episteme. 980-07-8529-9
- BAVARESCO, A. (2001). *Proceso metodológico en la investigación*. 4ta. Edición: Imprenta Internacional, CA. 978-980-12-6758-4
- BERNAL, C. (2016). *Metodología de la investigación*. 4ta. Edición: Pearson. 978-958-699-309-8
- CARRASCO, S. (2006). *Metodología de la investigación científica*. 1ra. Edición: San Marcos. 9972-34-242-5
- CABANILLAS, L. (2021). *Metodología de análisis por desempeño basado en desplazamientos para el comportamiento sísmico en reservorios elevados tipo fuste – Chiclayo, 2018*. Chiclayo-Perú. [Tesis].
- CHERO, P. (2020). *Análisis comparativo del comportamiento del agua en un reservorio elevado durante un evento sísmico*. Lima-Perú. [Tesis].
- ESPINOZA, C. (2014). *Metodología de investigación tecnológica*. 2da. Edición: Soluciones graficas SAC. 978-612-00-1667-1
- FRACICA, N. (1988). *Modelo de simulación en muestreo*. Bogotá, Universidad de La Sabana.
- FERNANDEZ, B. (2022). *Respuesta Estructural de un Reservorio Elevado Tipo Intze Aporticado Considerando Modelos Matemáticos Simples y Complejos - 2021*. Huánuco-Perú. [Tesis].

- HERNÁNDEZ, R. & FERNÁNDEZ, C. & BAPTISTA M. (2010). *Metodología de la Investigación* (4ta edición). Naucalpan, México.
- HERNÁNDEZ, R. & FERNÁNDEZ, C. & BAPTISTA M. (2014). *Metodología de la Investigación* (6ta edición). Naucalpan, México.
- HERMOSA, E. (2021). *Análisis y diseño estructural sismo resistente de reservorios rectangulares de hormigón armado de gran volumen, con la aplicación de las normativas nec2015 – aci350 y la utilización del programa computacional SAP 2000*. Quito-Ecuador. [Tesis].
- JANY, E. Y JOSÉ, N. (1994). *Investigación integral de mercados*. Bogotá, Mc-Graw-
- LAURA, G. (2022). *Diseño y cálculo técnico comparativo de un reservorio de hormigón armado, para el almacenamiento de agua potable con la utilización de programas (softwares)*. La Paz-Bolivia. [Tesis].
- MOHAMED, H. ET AL (2023). *Metodología de la investigación guía para el proyecto de tesis*. 1ra. Edición: Editorial: Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú S.A.C. ISBN: 978-612-5069-63-4
- MORENO, A. (1999). *Aprende a investigar*. 3ra. Edición: Arfo editores LTDA. 958-9279-14-7
- MONTERO, D. (2021). *Análisis comparativo entre el comportamiento estructural de tanques reservorios cilíndricos de hormigón armado mediante el uso de modelos pseudo-estáticos y modelos dinámicos, y diseño sismorresistente con la aplicación de las normativas NEC-15, ACI 350.3 y la utilización del programa SAP2000*. Quito-Ecuador. [Tesis].
- MUNCH, L. Y ÁNGELES, E. (2009). *Métodos y técnicas de investigación*. 4ta. Edición: Trillas. 978-607-17-0306-4.
- NIÑO, V. (2011). *Metodología de la investigación: diseño y ejecución*. 1ra. Edición: Ediciones de la U. ISBN. 978-958-8675-94-7

- PALELLA, S. Y MARTINS, F. (2012). *Metodología de la investigación cuantitativa*. 3ra. Edición: Fedupel.
- PIMIENTA, J. Y DE LA ORDEN, A. (2012). *Metodología de la investigación: competencias + aprendizaje + vida*. 1ra. Edición: Pearson Educación. 978-607-32-1027-0
- QUEZADA, N. (2015). *Metodología de la investigación; estadística aplica en la investigación*. 1ra. Edición: Macro. 978-612-3045-76-0
- RAFAEL, H. (2022). *Diseño sísmico y estructural de un tanque elevado tipo fuste con cimentación flexible, distrito El Porvenir; provincia de Trujillo, 2022*. Trujillo-Perú. [Tesis].
- RIOS, L.Y VILLALOBOS, L. (2022). *Diseño y reforzamiento estructural del reservorio 11, empleando la geomembrana como impermeabilizante de agua en el sector Río Santa, distrito de los Olivos, Lima, 2018*. Lima-Perú. [Tesis].
- STANOVICH, K. (2007) *How to think straight about psychology*. Boston, Estados Unidos.
- SIGUENCIA, R. (2020). *Diseño de la captación y reservorio del sistema de agua para la parroquia de Guaytacama, Cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi*. Quito-Ecuador. [Tesis].
- TAFUR, R. (1995). *La tesis universitaria*. Lima: Mantaro. 429p
- UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS (2009). *Manual para elaborar los trabajos de investigación de los cursos de proyectos de sistemas de información I y II*. Perú: Lima. 43p

## **ANEXOS**

ANEXO 01 – Matriz de consistencia.

ANEXO 02 – Matriz de operacionalización de variables.

ANEXO 03 – Estudio de mecánica de suelos.

ANEXO 04 – Planos del reservorio.



**Anexo 01: Matriz de consistencia**

PROBLEMA	II. OBJETIVO	III. HIPÓTESIS	IV: VARIABLES	V. METODOLOGÍA
<p><b>PROBLEMA GENERAL</b></p> <p>¿Cómo será el diseño y análisis sísmico del reservorio elevado de 1200m<sup>3</sup> para el abastecimiento de agua potable, sector la Esperanza, Huancayo?</p> <p><b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b></p> <p>a) ¿Cómo será el diseño de la superestructura del reservorio elevado de 1200m<sup>3</sup> para el abastecimiento de agua potable, sector la Esperanza, Huancayo?</p> <p>b) ¿Cómo será el diseño de la subestructura del reservorio elevado de 1200m<sup>3</sup> para el abastecimiento de agua potable, sector la Esperanza, Huancayo?</p>	<p><b>OBJETIVO GENERAL</b></p> <p>Realizar el diseño y análisis sísmico del reservorio elevado de 1200m<sup>3</sup> para el abastecimiento de agua potable, sector la Esperanza, Huancayo.</p> <p><b>OBJETIVOS ESPECÍFICO</b></p> <p>a) Realizar el diseño de la superestructura del reservorio elevado de 1200m<sup>3</sup> para el abastecimiento de agua potable, sector la Esperanza, Huancayo.</p> <p>b) Realizar el diseño de la subestructura del reservorio elevado de 1200m<sup>3</sup> para el abastecimiento de agua potable, sector la Esperanza, Huancayo.</p>	<p><b>HIPÓTESIS GENERAL</b></p> <p>El diseño y análisis sísmico del reservorio elevado de 1200m<sup>3</sup> para el abastecimiento de agua potable, sector la Esperanza, Huancayo, cumple con los parámetros técnicos normativos.</p> <p><b>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</b></p> <p>a) El diseño de la superestructura del reservorio elevado de 1200m<sup>3</sup> para el abastecimiento de agua potable, sector la Esperanza, Huancayo, cumple con los parámetros técnicos normativos.</p> <p>b) El diseño de la subestructura del reservorio elevado de 1200m<sup>3</sup> para el abastecimiento de agua potable, sector la Esperanza, Huancayo, cumple con los parámetros técnicos normativos.</p>	<p><b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b></p> <p>X = Marco normativo.</p> <p><b>VARIABLE DEPENDIENTE</b></p> <p>Y = Diseño y análisis sísmico.</p>	<p><b>METODO GENERAL:</b> Científico, con enfoque cuantitativo.</p> <p><b>TIPO DE INVESTIGACION:</b> Aplicada</p> <p><b>NIVEL DE INVESTIGACION:</b> Descriptivo.</p> <p><b>DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN:</b> No experimental.</p>

### Anexo 02: Matriz de operacionalización de las variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO
Marco normativo	Un marco normativo es el conjunto de leyes, normas, decretos, reglamentos, etc., de carácter obligatorio o indicativo que rigen en un país, estado o institución.	Documento que describe el procedimiento para el análisis y diseño de estructuras de concreto armado para el almacenamiento de líquido sometidas a cargas sísmicas).	Comportamiento estructural. Modelamiento en software.	Parámetros sísmicos.	E.030 “Diseño Sismorresistente” del RNE. Norma ACI 350.3
Diseño y análisis sísmico.	El análisis sísmico es un subconjunto de análisis estructural y es el cálculo de la respuesta de un edificio/puente o estructura a los terremotos. Es parte del proceso de diseño estructural, ingeniería sísmica o la evaluación estructural y retrofit en las regiones donde los terremotos son frecuentes.	El diseño y análisis sísmico de una estructura se caracteriza por la definición de los diferentes períodos de vibración característicos de la estructura basada en su configuración geométrica y la matriz de rigideces de la misma.	Elementos estructurales.	Superestructura. Subestructura.	Modelamiento Análisis estático , dinámico con software SAP200