



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Diseño y análisis estructural de tanque elevado Intze: Estudio comparativo de diferentes cargas y condiciones con SAP2000, Puno,

2023

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**Ingeniero Civil**

**AUTOR:**

Mayta Arnao, Maxbrayam Percy ([orcid.org/0009-0002-8285-1783](https://orcid.org/0009-0002-8285-1783))

**ASESOR(A):**

Mg. Arevalo Vidal, Samir Augusto ([orcid.org/0000-0002-6559-0334](https://orcid.org/0000-0002-6559-0334))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño Sísmico y Estructural

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

HUARAZ — PERÚ

2024

## **Dedicatoria**

A mis queridos padres, Percy y Luzdelia quienes con su inquebrantable esfuerzo me han enseñado la virtud de la perseverancia y la constancia en la vida. A mi amada hermana, Gaby, quienes han sido mi apoyo constante a lo largo de los años y a la persona que amo Erika. Gracias a todos por ser mi Nota de amor y fortaleza.

## **Agradecimiento**

Deseo expresar mi más profundo agradecimiento a Dios por ser mi guía constante, a mi familia, por su amor incondicional y apoyo inquebrantable, a mi universidad por proporcionarme educación y oportunidades que han moldeado mi crecimiento académico y personal.

## Declaratoria de Autenticidad del Asesor



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

## Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, AREVALO VIDAL SAMIR AUGUSTO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - HUARAZ, asesor de Tesis titulada: "Diseño y análisis estructural de tanque elevado Intze : estudio comparativo de diferentes cargas y condiciones con SAP2000, Puno,2023.", cuyo autor es MAYTA ARNAO MAXBRAYAM PERCY, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 19%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

HUARAZ, 18 de Marzo del 2024

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
SAMIR AUGUSTO AREVALO VIDAL DNI: 46000342 ORCID: 0000-0002-6559-0334	Firmado electrónicamente por: SAAREVALOV el 18- 03-2024 15:55:28

Código documento Trilce: TRI - 0740514

## Declaratoria de Originalidad del Autor



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

### Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, MAYTA ARNAO MAXBRAYAM PERCY estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - HUARAZ, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Diseño y análisis estructural de tanque elevado Intze : estudio comparativo de diferentes cargas y condiciones con SAP2000, Puno,2023.", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
MAXBRAYAM PERCY MAYTA ARNAO DNI: 73273521 ORCID: 0009-0002-8285-1783	Firmado electrónicamente por: MPMAYTA el 18-03- 2024 22:20:21

Código documento Trilce: TRI - 0740513

## Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Declaratoria de Autenticidad del Asesor .....	iv
Declaratoria de Originalidad del Autor.....	v
Índice de contenidos .....	vi
Índice de tablas .....	vii
Índice de figuras .....	x
Resumen.....	xv
Abstract.....	xvi
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	6
III. METODOLOGÍA.....	33
III.1. Tipo y diseño de investigación .....	33
III.2. Variables y operacionalización.....	35
III.3. Población, muestra y muestreo.....	37
III.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	39
III.5. Procedimientos .....	42
III.6. Método de análisis de datos .....	42
III.7. Aspectos éticos.....	44
IV. RESULTADOS .....	45
V. DISCUSIÓN.....	126
VI. CONCLUSIONES.....	129
VII. RECOMENDACIONES .....	132
VIII. REFERENCIAS .....	134
IX. ANEXOS .....	140

## Índice de tablas

Tabla 1	: Técnicas de recolección de datos en ingeniería estructural.....	40
Tabla 2	: Instrumentos de recolección de datos en ingeniería.....	41
Tabla 3	: Procedimiento por etapas. ....	42
Tabla 4	: Método de análisis de datos .....	43
Tabla 5	: Vías de acceso .....	47
Tabla 6	: Datos obtenidos en la prueba de penetración respecto al número de golpes estándar (SPT). ....	50
Tabla 7	: Datos censales de la población por localidades .....	56
Tabla 8	: Población del ámbito de jurisdicción de la localidad de Puno – 2017	56
Tabla 9	: Proyección de la población – Localidad de Puno.....	57
Tabla 10	: Densidad Poblacional por localidad.....	58
Tabla 11	: PROYECCIÓN DE LA POBLACION SERVIDA DE AGUA POTABLE POR LOCALIDAD .....	59
Tabla 12	: PROYECCIÓN DE LAS CONEXIONES DE AGUA POTABLE POR LOCALIDAD.....	60
Tabla 13	: DEMANDA DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE DE LA LOCALIDAD DE PUNO	61
Tabla 14	: DESCRIPCIÓN DE LOS RESERVORIOS – PUNO .....	62
Tabla 15	: TANQUES ELEVADOS PROYECTADOS.....	63

Tabla 16 : MEDIDAS DE PREDIMENSIONAMIENTO DE LOS TANQUES ELEVADOS64

Tabla 17 : DATOS PARA EL DISEÑO..... 66

Tabla 18 : Predimensionamiento de espesores y dimensiones de los elementos  
67

Tabla 19 : PESOS DE LOS ELEMENTOS DEL RESERVORIO ..... 74

Tabla 20 : DATOS SEGÚN LA NORMA E.030 Y ACI 350.01: ..... 77

Tabla 21 : Resultados de los pesos sismicos ..... 84

Tabla 22 : DISTRIBUCIÓN DE FUERZAS ESTÁTICAS EN LA ALTURA ..... 85

Tabla 23 : Datos para la distribución de acero ..... 108

Tabla 24 : Ensanche de cobertura..... 109

Tabla 25 : Datos generales..... 111

Tabla 26 : Distribución del acero ..... 111

Tabla 27 : Datos generales..... 112

Tabla 28 : Distribución del acero ..... 112

Tabla 29 : Distribución del acero horizontal..... 113

Tabla 30 : Datos generales..... 113

Tabla 31 : Calculo de cantidad de acero ..... 113

Tabla 32 : Datos generales..... 114

Tabla 33 : Distribución del acero ..... 115

Tabla 34 : Distribución del acero ..... 116



Tabla 35	: Distribución del acero .....	117
Tabla 36	: Distribución del acero .....	118
Tabla 37	: Datos generales.....	118
Tabla 38	: Distribución del acero .....	118
Tabla 39	: Datos generales.....	119
Tabla 40	: Distribución del acero .....	119
Tabla 41	: Distribución del acero .....	120
Tabla 42	: Datos generales.....	120
Tabla 43	: Distribución del acero vertical.....	121
Tabla 44	: Distribución del acero horizontal.....	121
Tabla 45	: Evaluación de normalidad.....	122
Tabla 46	: Prueba de hipótesis .....	122
Tabla 47	: Evaluación de normalidad.....	123
Tabla 48	: Prueba de hipótesis .....	124
Tabla 49	: Evaluación de normalidad.....	124
Tabla 50	: Prueba de hipótesis .....	125

## Índice de figuras

Figura 1	: Movimiento del fluido dentro del Reservorio.....	19
Figura 2	: Sistema Mecánico Equivalente de Housner, Modelo dinámico de masas y resortes. ....	20
Figura 3	: Modelo Dinámico de masas y resortes en un Reservorio Elevado.	21
Figura 4	: Diagrama de flujo para un diseño no experimental.....	34
Figura 5	: Localización geográfica .....	46
Figura 6	: Croquis de ubicación .....	47
Figura 7	: VISTA SATELITAL .....	48
Figura 8	: Tanque elevado rectangular .....	48
Figura 9	: Ensayo SPT.....	49
Figura 10	: Ensayo SPT.....	49
Figura 11	: Datos obtenidos del número de golpes en la prueba de penetración estándar (SPT).....	51
Figura 12	: Datos obtenidos del número de golpes en la prueba de penetración estándar (SPT).....	52
Figura 13	: Determinación del contenido de humedad y granulometría.....	53
Figura 14	: Determinación del contenido de humedad y granulometría.....	53
Figura 15	: Determinación del contenido de humedad y granulometría.....	54
Figura 16	: Descripción del perfil de estratos del ensayo SPT.....	55
Figura 17	: CURVA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL LOCALIDAD PUNO...58	

Figura 18	: MODELO DEL TANQUE ELEVADO .....	65
Figura 19	: Definición de materiales Concreto 280 kg/cm <sup>2</sup> .....	67
Figura 20	: Definición de materiales Acero 4200 kg/cm <sup>2</sup> .....	68
Figura 21	: Definición de secciones – Cúpula superior.....	68
Figura 22	: Definición de secciones – Viga anillo superior.....	69
Figura 23	: Definición de secciones – Muro.....	69
Figura 24	: Definición de secciones – Viga anillo inferior.....	70
Figura 25	: Definición de secciones – Muro tronco cónico.....	70
Figura 26	: Definición de secciones – Cúpula inferior.....	71
Figura 27	: Definición de secciones – Cúpula inferior.....	71
Figura 28	: Definición de secciones – Viga anillo inferior Cúpula .....	72
Figura 29	: Definición de secciones – Fuste .....	72
Figura 30	: Modelado 3d- Sap 2000 .....	73
Figura 31	: DIVISION POR ELEMENTOS DEL RESERVORIO .....	73
Figura 32	: Pesos de los elementos del reservorio.....	74
Figura 33	: ZONAS SISMICAS DEL PERU .....	77
Figura 34	FACTORES DE ZONA “Z”.....	78
Figura 35	CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR “U” .....	78
Figura 36	: CLASIFICACIÓN DE LOS PERFILES DE SUELO.....	79
Figura 37	: Factor de suelo.....	79
Figura 38	: Periodos .....	80

Figura 39	: Periodo del tanque.....	80
Figura 40	: FACTOR DE RESPUESTA MODIFICADO R.....	81
Figura 41	RESULTADOS DEL PERIODO CONVECTIVO Y PERIODO IMPULSIVO .....	81
Figura 42	: Coeficiente $C_w$ para tanques circulares del ACI 350.01 .....	83
Figura 43	: DISTRIBUCIÓN DE CADA FUERZA ESTÁTICA .....	86
Figura 44	: DISTRIBUCIÓN DE CADA MASA EN SAP 2000 .....	86
Figura 45	: MAYOR DEFORMACIÓN DEL TANQUE ES DE 2.72 cm .....	87
Figura 46	: FUERZA CORTANTE EN LA BASE DEL ANÁLISIS ESTÁTICO... ..	87
Figura 47	: ESFUERZOS DE TRACCIÓN VS ESFUERZOS DE COMPRESIÓN .....	88
Figura 48	COEFICIENTE DE REDUCCIÓN DE LAS FUERZAS SÍSMICAS R .....	88
Figura 49	: Espectro de aceleración considerando $R_c = 1.00$ .....	90
Figura 50	: Espectro de aceleración considerando $R_i = 3.00$ .....	91
Figura 51	: Asignación del espectro de aceleración $R_i = 3.00$ en SAP2000 .....	91
Figura 52	: Asignación de masas hasta la altura impulsiva 22.2m .....	92
Figura 53	: Asignación de masas hasta la altura impulsiva 22.2m .....	93
Figura 54	: Asignación de el resorte en el eje local X.....	94
Figura 55	: Dibujo del resorte en SAP2000.....	95
Figura 56	: Asignación de masa convectiva.....	96
Figura 57	: Medida del nivel de agua máximo en el tanque.....	97

Figura 58	: Medida de la altura total .....	98
Figura 59	: Modelo idealizado para cálculo de presiones ( $\gamma$ agua = 9.81 KN/m <sup>3</sup> ) .....	99
Figura 60	: Altura cúpula inferior a la base del fuste 20.95 m.....	100
Figura 61	: Altura desde la cúpula inferior a el nivel máximo de agua.....	100
Figura 62	: Asignación de constantes para el muro.....	101
Figura 63	: Presiones en la cuba desde 6.96 a 82.89 KN/m <sup>2</sup> .....	102
Figura 64	: Presiones en la cúpula inferior desde 60.94 a 82.89 KN/m <sup>2</sup> .....	102
Figura 65	: Combinación U1 .....	104
Figura 66	: Combinación U2 .....	104
Figura 67	: Combinación U3 .....	105
Figura 68	: Combinación U4 .....	105
Figura 69	: Combinación U5 .....	106
Figura 70	: Combinación Envolvente .....	106
Figura 71	: Combinación Envolvente con factor de durabilidad $S_d=1.3$ .....	107
Figura 72	: Combinación Envolvente con factor de durabilidad $S_d=1.65$ .....	107
Figura 73	: Acero requerido .....	109
Figura 74	: Dimensiones para el ensanche de la cuba .....	110
Figura 75	: Esfuerzo máximo con la envolvente a tracción.....	110
Figura 76	: Presión admisible en el muro.....	111
Figura 77	: Cuantía mostrada por SAP2000 sometido a flexión .....	112

Figura 78	: Esfuerzo originado en la viga inferior.....	114
Figura 79	: Cuantía de acero horizontal.....	115
Figura 80	: Cuantía de acero vertical inferior .....	116
Figura 81	: Cuantía de acero vertical superior .....	117
Figura 82	: Esfuerzo en la viga de fondo sometido a tracción .....	119
Figura 83	: Cuantía de acero en el fuste.....	120

## Resumen

La tesis "Diseño y análisis estructural de tanque elevado Intze: estudio de diferentes cargas y condiciones con SAP2000, Puno, 2023" tiene como objetivo principal desarrollar un diseño estructural óptimo del tanque elevado Intze mediante el uso del software SAP2000. Se enfoca en consideraciones específicas para el suministro de agua en Puno, buscando asegurar la robustez y durabilidad del tanque para soportar diversas cargas y condiciones, garantizando así un suministro de agua confiable y eficiente. La metodología aplicada es de naturaleza aplicada, Con un enfoque de investigación no experimental de tipo transversal y una población conformada por un tanque elevado Intze de 1200 m<sup>3</sup>. Se obtuvieron los hallazgos que incluyen las medidas de los componentes estructurales y la disposición del material de acero, utilizando modelos geométricos de Otto Intze, el modelo matemático de G.W. Housner y la norma extranjera ACI 350-01. Se eligió esta norma debido a la limitación de la norma peruana E.030 en estructuras contenedoras de líquido. El modelamiento se realizó con el software SAP2000 v25, obteniendo resultados favorables para cada elemento estructural. En conclusión, la investigación logró un análisis y diseño adecuado del tanque elevado Intze.

**Palabras clave:** Suministro de agua, Sap2000, tanque elevado, análisis y diseño.

## **Abstract**

The thesis "Design and Structural Analysis of Intze Elevated Tank: Study of Different Loads and Conditions with SAP2000, Puno, 2023" aims to develop an optimal structural design for the Intze elevated tank using the SAP2000 software. It focuses on specific considerations for water supply in Puno, aiming to ensure the tank's robustness and durability to withstand various loads and conditions, thereby guaranteeing a reliable and efficient water supply. The applied methodology is of an applied nature, with a non-experimental cross-sectional research design, and the study population consists of an Intze elevated tank with a capacity of 1200 m<sup>3</sup>. The research results provide dimensions of structural elements and steel distribution, utilizing geometric models by Otto Intze, the mathematical model by G.W. Housner, and the foreign standard ACI 350-01. This standard was chosen due to the limitations of the Peruvian standard E.030 for liquid-containing structures. The modeling was carried out using SAP2000 v25 software, yielding favorable results for each structural element. In conclusion, the research successfully achieved a proper analysis and design of the Intze elevated tank.

**Keywords:** Water supply, Sap2000, elevated tank, analysis and design.



## I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, la Organización Mundial de la Salud (OMS) afirma que existe un grave problema con la disponibilidad de agua potable en todo el mundo, ya que se calcula que 2.200 millones de personas carecen de acceso a ella. Esto supone una grave amenaza para la salud pública y la sostenibilidad (OMS, 2020). Según ONU-Agua (2021), esta deficiencia no sólo repercute en el bienestar de las comunidades, sino que también puede hacerlas más vulnerables a emergencias sanitarias internacionales como la actual epidemia de COVID-19. La necesidad urgente de abordar esta cuestión se ve acentuada por el hecho de que un acceso inadecuado al agua y al saneamiento puede aumentar los riesgos de propagación de enfermedades y dificultar la ejecución de medidas preventivas eficaces.

A nivel nacional, el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) informa que, en el caso particular de Perú, se ha producido una mejora en la disponibilidad de agua potable en las áreas metropolitanas. Sin embargo, aún existen grandes disparidades en la accesibilidad y calidad de los servicios, particularmente en las zonas rurales y periurbanas (INEI, 2021). El Perú es una de las naciones del área con mayores brechas de acceso a agua potable y saneamiento básico, según un estudio realizado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Esto repercute negativamente en la salud y el nivel de vida de la población (BID, 2020). Estas diferencias ponen de relieve lo vital que es contar con leyes e iniciativas que proporcionen un acceso justo y a largo plazo al agua potable para todos los peruanos.

A nivel local, según datos del Gobierno Regional de Puno, la mayoría de la población, especialmente en las zonas periféricas y rurales, sufre el crítico problema de no tener acceso a agua potable y saneamiento adecuado en la ciudad (Gobierno Regional de Puno, 2021). Sólo el 52% de la población de Puno tiene acceso a agua potable, y sólo el 19% cuenta con saneamiento básico, según datos del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2021). Estas cifras son significativamente inferiores al promedio nacional. Esta circunstancia pone de manifiesto la urgente necesidad de que la ciudad de Puno ponga en marcha medidas eficaces para mejorar la infraestructura y garantizar el acceso equitativo a los servicios esenciales de agua y saneamiento.

Dadas estas circunstancias, para el diseño y análisis estructural de un tanque elevado del tipo Intze, se recomienda un estudio que emplee el software de análisis estructural SAP2000. El objetivo principal es analizar las diferentes cargas y factores de diseño pertinentes para el abastecimiento de agua de Puno. Con el propósito de abordar la cuestión de la carencia de acceso al agua potable para los residentes de Puno, este estudio pretende dar una evaluación exhaustiva de la viabilidad y eficacia del tanque elevado Intze, ofreciendo datos vitales para la toma de decisiones en materia de infraestructura hídrica.

La justificación teórica de este estudio se fundamenta en la necesidad de desarrollar nuevas tecnologías para el procesamiento del agua, mejorar la efectividad de su distribución y explorar nuevas teorías sobre la gestión hídrica, como señalan Chow, Maidment y Mays en "Hidrología Aplicada". El análisis hidrológico no se reduce a una mera documentación técnica, sino que demanda un

enfoque innovador y teóricamente sólido que vaya más allá de los métodos convencionales. Por consiguiente, este estudio busca ofrecer un aporte teórico de relevancia al fusionar métodos innovadores con enfoques tradicionales, con el propósito de comprender y resolver eficaz y sosteniblemente problemas relacionados con el agua, lo que contribuirá al avance del conocimiento y a la mejora de las prácticas de gestión del agua a nivel local, regional y global.

La razón práctica de este estudio surge de la necesidad de resolver ciertos problemas, como la falta de acceso de las zonas rurales al agua potable o la insuficiencia de los sistemas actuales para dar cabida a una población en expansión. Estos desafíos representan obstáculos significativos para el bienestar y desarrollo de las comunidades afectadas, y requieren soluciones efectivas y sostenibles para garantizar un acceso equitativo y seguro al agua potable. En este contexto, el diseño y análisis estructural del tanque elevado tipo Intze se presenta como una opción viable para mejorar la infraestructura hídrica en áreas como la ciudad de Puno, ofreciendo una respuesta concreta a la demanda de servicios de agua en condiciones adversas y promoviendo el desarrollo sostenible de la región.

La justificación social de este estudio se fundamenta en los beneficios significativos que proporciona el suministro de agua potable en términos de salud y bienestar de la población, especialmente en la prevención de enfermedades transmitidas por el agua. Además, el acceso al agua potable desempeña un papel crucial en el desarrollo económico y social de una ciudad, ya que es un requisito fundamental para la generación de empleo, la educación y la inversión. Además de elevar el nivel de vida de los habitantes de Puno, garantizar un suministro suficiente de agua

potable también contribuye a fortalecer el marco social y económico de la región, fomentando un crecimiento más equitativo y sostenible.

La metodología empleada para llevar a cabo este estudio se basará en una revisión exhaustiva de la literatura pertinente, el análisis detallado de diversas alternativas de diseño, así como en la simulación y análisis estructural mediante el software SAP2000. El objetivo general de esta investigación es diseñar y realizar un análisis estructural del tanque elevado tipo Intze para el suministro de agua en la ciudad de Puno. Con el propósito de mejorar el diseño y la resistencia del tanque elevado tipo Intze, se han definido objetivos específicos. Entre ellos se encuentra un análisis exhaustivo de la distribución del esfuerzo cortante basal para señalar los lugares cruciales en el plan estructural. Además, se emplea el espectro de diseño conforme a la norma E030 para garantizar una evaluación precisa de la pseudoaceleración necesaria para el estudio estructural del depósito, especialmente en lo que respecta a las tensiones sísmicas. Además, se considera crucial la evaluación de la distribución de las presiones del líquido sobre la cuba, ya que este factor es fundamental para un análisis estructural completo y preciso del tanque, permitiendo una evaluación más precisa de su estabilidad y resistencia ante diversas condiciones de carga.

La hipótesis general de esta investigación postula que el diseño y análisis estructural demostrarán que el tanque elevado tipo Intze constituye una alternativa viable y sostenible para el suministro de agua potable en la ciudad de Puno. Se anticipa que los resultados obtenidos de este estudio contribuirán a mejorar la calidad y accesibilidad del servicio de agua potable en la ciudad, al tiempo que ayudarán a reducir las desigualdades en la distribución del recurso, teniendo un

impacto positivo en la salud y bienestar de la población. Además, se espera que esta investigación sienta las bases para futuros estudios y proyectos de infraestructura para el suministro de agua en otras zonas del país y de la región.

## II. MARCO TEÓRICO

Como precursores nacionales en este estudio, Quezada y Salinas (2014), El propósito era investigar la respuesta ante sismos de los Reservorios Tipo Fuste mediante el uso del software SAP2000 en su versión 16 y el Método de Housner. La metodología es de tipo aplicada con enfoque cuantitativo y diseño no experimental. Incluyó el cálculo de las masas Impulsiva y Convectiva, aplicando los parámetros especificados en la norma ACI 350.3-01. Se utilizó el software SAP2000 Versión 16 para realizar el Análisis Estático y Dinámico de los Reservorios Tipo Fuste, y se demostró que estas herramientas son adecuadas para llevar a cabo el análisis. El comportamiento sísmico de los reservorios tipo fuste y su relación con la ingeniería hidráulica y civil quedaron demostrados por los resultados del estudio estático y dinámico. En conclusión, el estudio demostró la importancia de considerar estos factores para un análisis sísmico completo de los Reservorios Tipo Fuste.

Coral y Fernandez (2018), tuvieron como objetivo realizar un análisis y diseño sismorresistente adecuado para tanques elevados de almacenamiento de agua en una zona sísmica en Perú. Para lograrlo, utilizaron una metodología de tipo aplicada con enfoque cuantitativo y diseño no experimental, que incluyó normas internacionales (ACI 350.3-06 y ASCE 7-05) junto con la Norma de Diseño Sismorresistente y la Norma de Diseño de Concreto Armado del Reglamento Nacional de Edificaciones. También se usó el modelo de interacción líquido-estructura propuesto por G.W. Housner y el software de elementos finitos SAP2000 Versión 25 para el modelamiento. Los resultados incluyen el cálculo de un espectro de respuesta sísmico y una cortante para la ubicación en Lima y el tipo de suelo

rígido, así como la propuesta del uso de anillos deflectores en la cuba como un sistema de amortiguamiento sísmico que puede reducir las fuerzas producidas por la masa del agua. En conclusión, se propuso un diseño sismorresistente adecuado para tanques elevados de almacenamiento de agua en una zona sísmica en Perú, que incluye el uso de anillos deflectores en la cuba como un sistema de amortiguamiento sísmico.

Choque (2020) realizó una investigación con la finalidad de analizar y construir un tanque elevado, de acuerdo a la norma ACI 350.3-06, con la finalidad de adquirir agua de calidad en la Asociación Juan Velazco Alvarado, Espinar Cusco-2019. La metodología empleada se aplicó en un escenario de diseño no experimental utilizando un enfoque cuantitativo. Para el diseño sísmico y estructural del tanque se siguió el reglamento internacional ACI 350.3-06, mientras que para la captación del líquido crucial se empleó el método de Housner. Para calcular los desplazamientos, tensiones y periodos se utilizó el software SAP 21.01. Los resultados obtenidos indicaron momentos y tensiones cortantes máximas, así como una tensión anular óptima, todo ello dentro de las limitaciones de la norma ACI 350.3-06. En definitiva, era concebible.

Seguidamente los antecedentes internacionales como Soto (2019), cuyo objetivo fue abordar el cálculo y diseño estructural del reservorio elevado haciendo uso de estructuras de hormigón armado tipo cáscara, la cual se encuentra compuesta por una superestructura y un sistema de fundación a través de una platea circular. La metodología es de tipo aplicada con enfoque cuantitativo y diseño no experimental, que consiste en llevar a cabo un análisis estructural en dos etapas: un análisis ante cargas estáticas y un análisis sismorresistente. Para ello se emplea un método

tradicional de cálculo como es el Método de las Fuerzas y el Método de Elementos Finitos. Los resultados mostraron que el método de las Fuerzas resultó ventajoso en el cálculo de estructuras de hormigón armado tipo cáscara debido a que proporcionó datos confiables y permitió obtener secciones óptimas y de buen comportamiento ante cargas gravitacionales. Por otro lado, el Método de elementos finitos permitió modelar estructuras de forma detallada y ahorró tiempo en su aplicación, pero requiere de experiencia para obtener resultados precisos y es sensible a la variación en el mallado. La comparación de los resultados obtenidos con ambos métodos permitió verificar la proporcionalidad entre el momento meridional y el momento paralelo. Se concluye que el cálculo sismorresistente se basó en el modelo matemático de Housner para representar de manera más cercana a la realidad el comportamiento físico de la estructura con el líquido que contiene. Es importante tener en cuenta el control de fisuración en la elección de la sección de acero y recubrimiento para que la cáscara verifique dicho control. Finalmente, se recomienda la elección de una platea de gran altura, ya que esto aumenta la estabilidad y rigidez en la estructura y disminuye el precio de la sección de acero requerida.

Niño (2016), su objetivo era diseñar físicamente un soporte de acuerdo con la Norma Colombiana de Construcción Sismorresistente NSR-10 para un tanque elevado de 30 metros de altura. Siguiendo los pasos descritos en el capítulo A de la NSR-10, se aplicó la metodología utilizando un enfoque cuantitativo y un diseño no experimental. Estos pasos incluían el predimensionamiento, la coordinación con otros profesionales, la evaluación de las tensiones definitivas, la determinación del nivel de peligrosidad sísmica y los parámetros  $A_a$  y  $A_v$ , el diseño de los movimientos sísmicos, la identificación de las fuerzas sísmicas y el análisis sísmico de la



estructura, entre otras cosas. Los resultados indicaron que las cargas sísmicas y de peso propio fueron las más importantes, y que los cinco primeros niveles de la estructura no se vieron afectados significativamente por el terremoto. Debido a la singular capacidad de disipación de energía y a la relevancia de la IV, la estructura reforzada tuvo una mayor participación del refuerzo, lo que permitió que la ductilidad del elemento desempeñara un papel significativo. Se concluye que el análisis dinámico es más completo para este tipo de estructuras que el enfoque de cortante basal, y que el diseño estructural del soporte se completó de acuerdo con los criterios de la NSR-10. Además, en lugar de responder a las solicitaciones de carga creadas por el propio peso de la estructura, las dimensiones sugeridas en el diseño cumplen el requisito de rigidizar la estructura.

Hernández, Arce y Huergo (2017) en México, se investigó el comportamiento sísmico de un tanque elevado con alto grado de agrietamiento. El objetivo principal fue analizar el tanque elevado utilizando un software basado en el método de elementos finitos. La muestra consistió en un tanque elevado de concreto armado con una sección cilíndrica, ubicado en una zona altamente sísmica y con agrietamiento en sus elementos estructurales. Los resultados obtenidos llevaron a la conclusión de que, bajo las condiciones actuales y considerando las características sísmicas de la zona, no es recomendable utilizar este tipo de tanques elevados. El modelo analizado, configurado con las características físicas y químicas actuales, como dimensiones, espesores y resistencia del concreto, mostró un comportamiento sísmico inadecuado, evidenciando torsión debido a la excentricidad accidental.

Seguidamente los antecedentes en otros idiomas como Neelesh, et al (2020) aimed to design an Intze-type tank that would meet the water demand for the "AXIS COLLEGES, (ROOMA) KANPUR" school. The methodology used was the "Working Stress Method" and M-20 grade concrete and HYSD steel bars were used. The results showed that the upper dome has 8 mm diameter bars at 160 mm c/c in both directions of M20 concrete and HYSD bars, the upper ring beam has 8 mm diameter bars at 300 mm c/c of M20 concrete and HYSD bars, and the cylindrical wall has rings at 120 mm c/c for the next height of 1 m and at 95 mm c/c for the last height of 1 m (from 4 m to 5 m) of M20 concrete and HYSD bars. It was concluded that water storage in circular tanks is gaining importance in modern life. The Intze tank is a modified circular tank designed to minimize the project cost. The design of the Intze tank is a tedious method and is done manually. Detailed drawings are prepared in AutoCAD software, and seismic and wind effects are taken into account. This proposed site will work to fulfill both current demand needs and future needs.

Venkata (2019), aimed to analyze and design an elevated Intze water tank subjected to seismic loading using STAAD Pro software. The study aimed to draw conclusions about the base shear, maximum moments, axial force, shear force, and displacement of the tank in different seismic zones. The methodology involved using STAAD for building structures as per IS: 1893 (Part 1) 2002. The study was conducted using normal staging arrangements, twelve columns, and an h/d ratio of 0.558. The results showed that the empty and full water conditions of the tank had high base shear values in seismic zone IV compared to zone III. Similarly, the maximum values of moments, axial forces, and shear forces were high for seismic zone IV compared to zone III, for both empty and full water conditions. However, the maximum displacement values were high for seismic zone III compared to zone IV

for empty and full water conditions. The study concluded that the Limit State Design of Reinforced Concrete Elevated Intze water tank using STAAD PRO software is economical. The reinforcement in the elevated Intze water structure can be reduced because the moments obtained in the analysis are high. However, the study highlighted the importance of not over-reinforcing the structure to maintain its economic viability.

Nitesh & Mohammad (2015) The objective of the study was to analyze different designs of Intze water tanks for different seismic zones and wind speeds according to Indian codes. The authors used the response spectrum method to evaluate seismic forces and compared wind forces at different speeds. The study results indicate that as wind speed and seismic zone increase, the volume of concrete and steel quality for the same load capacity also increase. It was also observed that wind load on the support structure increases as wind speed increases, while seismic load increases almost three times in case 4 compared to case 1 for full tank condition, and four times for empty tank condition. The authors found that moments on the face of the supports and torsional moments increase as wind speed increases, while total load on the first floor columns and total moments on the first floor columns and the slab foundation also increase with increasing wind speed. Finally, it was observed that the manually calculated wind moment and the moment analyzed by Staad Pro software differ by 4-5% in each case as wind speed changes or increases. This study provides valuable information for the design and analysis of Intze water tanks in different seismic and wind conditions according to Indian codes.

Los antecedentes de artículos científicos de esta investigación según Restrepo y Hernandez (2017) con el fin de mejorar el diseño de estos edificios y ofrecer un

mejor servicio de distribución de agua potable, incluso durante los terremotos, el objetivo de este estudio fue examinar la respuesta estática y sísmica de los tanques de distribución de agua potable en México. Los tanques de agua potable fueron sometidos a evaluaciones sísmicas y estáticas utilizando el software de análisis estructural Larsa 4D. Para conocer las VARIACIONES de las tensiones a las que se ven sometidas las estructuras en distintas situaciones de trabajo, se compararon los resultados de las dos modalidades de estudio. Se descubrió que había un aumento de casi 453 kgf en la descarga axial sobre las columnas principales de la torre, pasando de 1,8 toneladas en el análisis estático a 2,25 toneladas en el análisis sísmico. Además, las paredes del depósito incluían una fuerza de 420 kgf que, en caso de terremoto, se distribuiría entre dos apoyos laterales; sin embargo, el análisis estático reveló que se distribuiría una carga de 7200 kgf entre cuatro apoyos. El estudio concluyó que es importante realizar análisis sísmicos en las estructuras de los tanques de agua potable, dado que México es un país propenso a los sismos. Los resultados de los análisis estáticos y sísmicos proporcionan una base para diseñar estructuras que puedan soportar mejor las cargas durante los sismos, asegurando así que el suministro de agua potable no se interrumpa durante estos eventos. Además, se destaca la importancia de la simulación en el proceso de diseño de las estructuras.

Wang & Liu (2019) realizaron un estudio titulado "Seismic analysis and design of elevated reinforced concrete water tanks" publicado en la revista Engineering Structures. En este artículo, se examina el análisis y diseño sísmico de tanques elevados de agua de concreto armado. Se abordan aspectos como la respuesta dinámica, la capacidad de carga y los criterios de diseño sísmico, proporcionando recomendaciones para mejorar la resistencia sísmica de estos tanques.

Dababneh & Al-Gburi (2017) presentaron el artículo "Seismic design and behavior of elevated concrete water tanks: State-of-the-art review" en la revista *Engineering Structures and Technologies*. En esta obra se presenta un amplio análisis del comportamiento sísmico y la construcción de depósitos de agua elevados de hormigón. Se discuten diversas estrategias de diseño, técnicas de análisis y requisitos de diseño sísmico, además de casos prácticos y consejos útiles.

Al-Azzawi (2015) publicó el artículo "Dynamic analysis of elevated water tanks with different support conditions" en la revista *Journal of Civil Engineering and Architecture*. En esta investigación se realiza un análisis dinámico de tanques elevados de agua con diferentes condiciones de apoyo. Se investigan los efectos de las distintas configuraciones de soporte en la respuesta sísmica de los tanques, presentando resultados y conclusiones relevantes para el diseño y optimización de estos sistemas.

Lee & Lee (2013) abordaron el tema en su artículo "Seismic response analysis of elevated water tanks considering fluid-structure interaction", publicado en la revista *Nuclear Engineering and Design*. Este estudio se centra en el análisis de la respuesta sísmica de tanques elevados de agua teniendo en cuenta la interacción entre el fluido y la estructura. Se examinan los efectos dinámicos del agua en el comportamiento estructural durante un terremoto, ofreciendo resultados y recomendaciones para el diseño sísmico de estos tanques.

Como bases teóricas, los reservorios de agua, vitales para mantener un suministro constante y equilibrado, son estructuras diseñadas con el propósito de almacenar líquidos y asegurar una presión estable en la distribución. Funcionan como un

mecanismo para mitigar los picos de consumo diario o estacional, proporcionando una reserva que permite mantener un flujo continuo incluso durante paradas programadas o emergencias. Para garantizar su eficacia, es esencial que estos tanques sean construidos con atención meticulosa, asegurando su impermeabilidad y controlando la formación de grietas en el concreto mediante el uso de juntas apropiadas y una correcta distribución del refuerzo estructural. (Sebastián, R. 2018).

En el ámbito del diseño de tanques de almacenamiento, se han propuesto diferentes enfoques, como el agrietamiento y el enfoque elástico respaldado por el American Concrete Institute (ACI), que ofrecen alternativas viables para controlar la tensión del acero y garantizar la integridad estructural de las construcciones. Los reservorios circulares, a pesar de presentar ventajas como menor área de paredes y simplificación en el diseño, pueden enfrentar desafíos en la construcción debido a la necesidad de encofrados costosos. Según la Organización Panamericana de la Salud (2005) y la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento SUNASS (2004), los tanques de almacenamiento son esenciales para el suministro de agua potable de la ciudad porque almacenan y distribuyen el agua tratada a los hogares u otros puntos de consumo. También mantienen la presión adecuada dentro de la ciudad.

Según Chacaltana, Franco y Reyes (2011), los depósitos elevados son componentes cruciales de una infraestructura de abastecimiento de agua que sirven de apoyo a las redes de distribución y bombeo y se utilizan para la gestión y el almacenamiento de líquidos. Estos tanques se clasifican en función del material de construcción, la geometría y la ubicación. Los materiales más comunes

utilizados son la mampostería, el concreto armado, el concreto pre tensado y el acero, mientras que las formas más comunes son las rectangulares y las circulares. Según la Organización Panamericana de la Salud (OPS, 2005), los tanques pueden funcionar como cabecera o flotantes, y su diseño puede ser elevado, apoyado o semienterrado, dependiendo de las condiciones topográficas de la ciudad a abastecer (Agüero, 1997).

Los tanques elevados se clasifican en función de su material, forma y ubicación. Son partes cruciales de las redes de suministro de agua. Se utilizan materiales como mampostería, concreto armado, concreto pre tensado y acero, y pueden adoptar formas rectangulares o circulares. Su diseño varía entre elevado, apoyado o semienterrado, dependiendo de la topografía local. Estos tanques se dividen en tres categorías principales: tanques elevados o apoyados, que son una alternativa a los tanques enterrados en situaciones en las que la excavación es costosa o es necesario mantener una altura de presión; tanques elevados, que se construyen encima de torres o pilotes para aumentar la altura de presión del agua en el sistema de distribución; y tanques enterrados, o cisternas, que no están conectados directamente al sistema de distribución y pueden plantear riesgos cuando están vacíos.(OPS, 2005)

El tipo más común de estructura de tanque elevado es el Intze, diseñado de manera óptima para maximizar la capacidad de almacenamiento y las dimensiones de cada elemento estructural. Estos tanques, denominados así en honor al ingeniero alemán Otto Intze, presentan componentes diversos, como una fuente de luz superior, una cúpula superior en forma esférica, una viga anular superior, una pared

cilíndrica o un muro de contención, una viga inferior en forma de anillo circular, un fondo en forma cónica, una losa de base del contenedor o una cúpula inferior, una abertura de acceso, una viga circular en la base de la abertura, una viga de base o anillo circular en la base del contenedor, y una columna cilíndrica o muro columnar. Cada elemento estructural se diseña considerando los esfuerzos a los que estará expuesto, utilizando resistencias específicas del concreto. Durante el diseño y la construcción de la fuente de luz superior, la cúpula superior en forma de esfera, la viga anular superior, la pared cilíndrica, la viga anular circular inferior, el fondo en forma de cono, la losa base del contenedor o la cúpula inferior, la chimenea de acceso, la viga inferior circular de la chimenea, la viga inferior o la viga inferior circular anular y el eje cilíndrico se tienen en cuenta diversos factores, como la flexión, la tensión y la compresión. Se utiliza hormigón de alta resistencia para garantizar la durabilidad y la capacidad estructural. Estos tanques se clasifican en tres categorías principales: los enterrados, las cisternas, los superficiales o apoyados y los elevados, cada uno con características y aplicaciones específicas en la gestión del agua y la distribución del líquido almacenado. (Alcántara, H. 2014).

Una evaluación estructural es un conjunto de procesos destinados a determinar las condiciones estructurales actuales de una edificación específica. La American Society of Civil Engineers (ASCE, 2017) establece un concepto similar al afirmar que una evaluación sísmica estructural implica llevar a cabo procedimientos para estudiar cómo una edificación se comporta frente a terremotos, considerando sus características y deficiencias. (Dueñas , 2020)

El enfoque propuesto por Dueñas se divide en cuatro fases distintas: inspección en el sitio, verificación de planos, investigaciones de campo y análisis estructural. En



la etapa final, se lleva a cabo un examen exhaustivo del comportamiento de la estructura mediante la utilización de un modelo matemático que incorpora los datos recolectados en los pasos previos. En esencia, se realiza una simulación estructural de la edificación considerando las condiciones reales encontradas en el campo (Dueñas, 2020).

El análisis estructural se define como el proceso de predecir la respuesta de las estructuras ante cargas externas específicas. Durante la fase inicial del diseño estructural, se lleva a cabo una estimación de las posibles cargas externas y se determina el dimensionamiento de los elementos interconectados de la estructura en función de dichas cargas estimadas. (Udoeyo, 2020, p 3-15)

El análisis estructural puede clasificarse en estático o dinámico, y la principal distinción entre ambos radica en el factor tiempo. Cuando la carga se aplica de forma gradual y los efectos de la inercia no son significativos, se emplea un análisis estático. En contraste, el análisis dinámico se enfoca en situaciones que ocurren rápidamente, como impactos, así como en las vibraciones que se producen en un periodo de tiempo determinado. ( Skotny, A. 2019, p 87-94)

Un recurso ampliamente utilizado para facilitar el análisis estructural en estructuras complejas es el software SAP2000. Este software es ampliamente adoptado por diseñadores y profesionales debido a su versatilidad y su interfaz amigable, ya que permite realizar análisis y diseño estructural con eficiencia.(Baldissera y Palomino, 2020, p 521-535)

El estudio comparativo de diferentes cargas implica evaluar y comparar los efectos de distintas cargas en el diseño y análisis de tanques elevados. Esto incluye considerar cargas estáticas, como el peso del agua y la carga de viento, así como

cargas dinámicas, como las provocadas por movimientos sísmicos. El objetivo es determinar las cargas críticas y sus efectos en la estabilidad y resistencia del tanque. (González, J. R., & Smith, A. ,2018 , p 301-315).

Desde la perspectiva del diseño estructural, es esencial clasificar las cargas en tres categorías: variables, accidentales y permanentes, basadas en su duración e impacto. Las acciones variables, como las cargas vivas y la presión del agua en tanques elevados, requieren consideraciones específicas para garantizar la resistencia de la estructura. Las acciones accidentales, como terremotos e incendios, deben abordarse para mitigar riesgos y asegurar la integridad del tanque. Por último, las acciones permanentes, que incluyen la carga muerta y el peso propio de la estructura , son cruciales para calcular la estabilidad a largo plazo. El diseño y la evaluación de tanques elevados deben tener en cuenta estas cargas para garantizar su seguridad y rendimiento adecuado.( Pérez, M., & Martínez, L. ,2017, p 201-215)

La norma ACI 350.01 y el análisis sísmico hidrodinámico hacen hincapié en que el movimiento sísmico a través del suelo o la base, en el caso de depósitos apoyados, o las vibraciones de la torre de apoyo, en el caso de depósitos elevados, podrían tener un impacto en los depósitos durante un terremoto. Las fuerzas sísmicas están vinculadas a las masas implicadas y al nivel de amortiguamiento en el sistema. Es esencial tener en cuenta tanto la masa del recipiente como la del líquido contenido para calcular las fuerzas horizontales. En los tanques de concreto armado, se determina la masa total dividiendo su peso entre la aceleración gravitacional. Durante un movimiento sísmico, las paredes experimentan aceleraciones cuando el tanque se encuentra colmado o parcialmente colmado, lo que ocasiona

movimientos inerciales del líquido. Esto genera fuerzas impulsivas contra las paredes del tanque, mientras que en la parte superior del agua se producen movimientos oscilatorios que resultan en presiones convectivas. Este comportamiento dinámico se puede visualizar con una masa fija unida a las paredes del tanque y una masa móvil que oscila sobre ella.

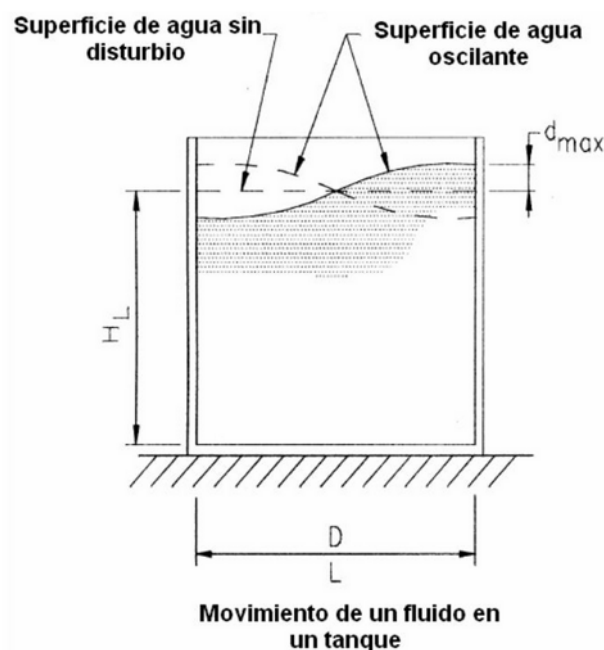


Figura 1 : Movimiento del fluido dentro del Reservorio.

*Nota: Análisis sísmico de reservorios rectangulares*

La Interacción Hidrodinámica líquido-estructura comprende los efectos de la fuerza del agua golpeando las paredes del tanque, generando presiones impulsivas y convectivas, que deben ser consideradas como elementos integrales del análisis estructural. El Código ACI 350.3-06 ofrece modelos dinámicos basados en el Sistema Mecánico Equivalente (SME) de George W. Housner. Este sistema incluye una masa estática o impulsiva que se sujeta a las paredes inferiores del tanque y una masa convectiva o móvil ubicada encima de la masa impulsiva. Los modelos

utilizan resortes para conectar estas masas a las paredes del tanque, representando adecuadamente la interacción entre el líquido y la estructura. Es esencial considerar estos efectos hidrodinámicos en el diseño estructural para garantizar la integridad y estabilidad del tanque durante eventos sísmicos.

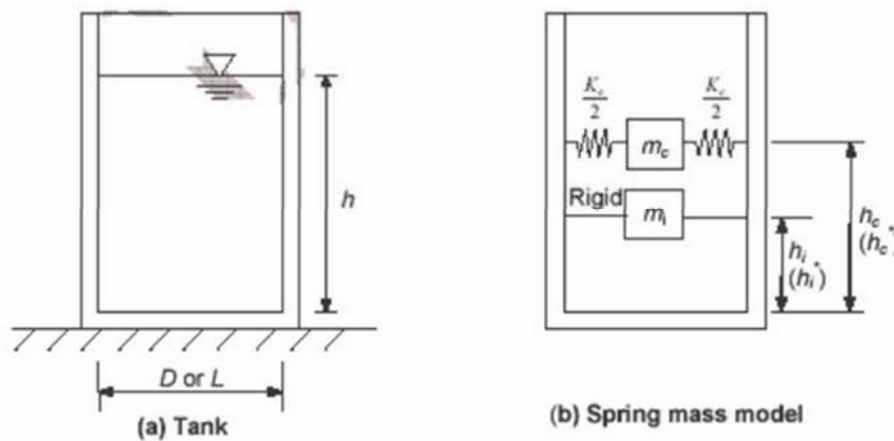


Figura 2 : Sistema Mecánico Equivalente de Housner, Modelo dinámico de masas y resortes.

*Nota: ANÁLISIS sísmico de reservorios rectangulares*

Al diseñar reservorios, es crucial considerar la configuración y geometría en función de criterios específicos. Aunque el Sistema Mecánico Equivalente de Housner fue desarrollado para reservorios abiertos, Julio Ribera Feijoo (2001), señala que el comportamiento de los reservorios completamente llenos y cubiertos con una tapa rígida difiere. No obstante, si hay un pequeño espacio entre la superficie del líquido y la tapa (aproximadamente el 2% del volumen del reservorio), las presiones sobre las paredes serán prácticamente equivalentes a las de los reservorios abiertos.

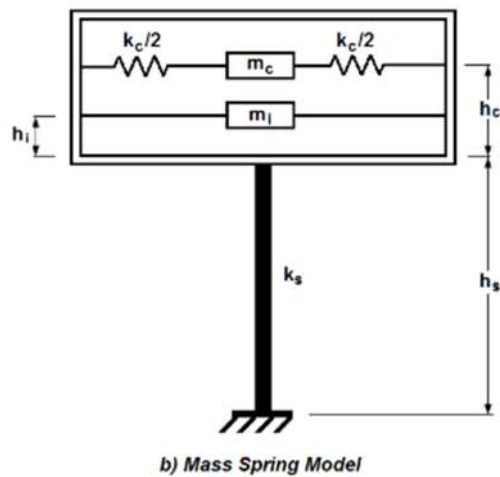


Figura 3 : Modelo Dinámico de masas y resortes en un Reservorio Elevado

*Nota: ANÁLISIS sísmico de depositos*

Las consideraciones de diseño para el suministro de agua en la ciudad de Puno abarcan aspectos como la disponibilidad y calidad del agua, las necesidades poblacionales, las condiciones geográficas y climáticas, así como las normativas aplicables. Según la RNE OS.100, los parámetros de diseño incluyen proyectar la población futura considerando el crecimiento poblacional en consonancia con el plan urbanístico y los planes de desarrollo regional. Se recomienda una densidad habitacional mínima de seis personas por vivienda para nuevas zonas residenciales. El método para calcular la población futura varía, pudiendo basarse en datos censales, proyecciones oficiales u otros datos confiables. Se pueden emplear modelos matemáticos como el método aritmético, aunque estos enfoques teóricos rara vez representan exactamente el crecimiento real de la población.

La ecuación empleada para este método es la siguiente:

$$Pf = Po + r * t$$

Dónde:

Pf = Poblacion futura (hab.)

Po= Poblacion actual (hab.)

r = Tasa de crecimiento (%)

t = Periodo de diseño (años)

El metodo geometrico, afirma la premisa de que el crecimiento poblacional guarda relación directa con su tamaño presente. Por esta razon, la tendencia de crecimiento es similar al utilizado en el método aritmético. El procedimiento para estimar la población venidera se realiza mediante la siguiente ecuacion, que se basa en el método geométrico:

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

Dónde:

Pf = Poblacion futura (hab.)

Po= Poblacion actual (hab.)

r = Tasa de crecimiento (%)

t = Periodo de diseño (años)

El metodo exponencial parte del supuesto de que el crecimiento de la población sigue un patrón exponencial, y la población proyectada se puede calcular mediante la siguiente ecuación. La aplicación de este método requiere tener al menos tres censos disponibles, ya que se necesitan al menos dos valores para calcular el valor promedio de "k".

$$Pf = Po(e)^{k*t}$$

Pf = Poblacion futura (hab.)

Po= Poblacion actual (hab.)

k = Constante

t = Periodo de diseño (años)

La determinación del período de diseño se basa en diversos factores para garantizar la viabilidad económica y operativa del proyecto. Se considera la durabilidad de las instalaciones, la factibilidad de construcción, las posibilidades de expansión y las tendencias de crecimiento poblacional, así como las opciones de financiamiento disponibles. Esto conduce a la selección de períodos de diseño específicos: 20 años para el tanque de almacenamiento, 10 años para los dispositivos de bombeo y 20 años para la tubería de impulsión. Estos períodos se eligen para asegurar la eficiencia y rentabilidad del proyecto a lo largo del tiempo. (Metcalf & Eddy, Inc. ,1991)

La dotación o demanda per cápita, medida en litros por habitante por día, es crucial para determinar el consumo de agua y el tamaño del reservorio de almacenamiento. Según las normas RNE 08100, en ausencia de estudios específicos, se establecen dotaciones mínimas de 180 litros por habitante por día en climas fríos y 220 litros en climas templados y cálidos para sistemas con conexiones domiciliarias. Estas cifras se utilizan para calcular el consumo promedio diario anual y determinar el consumo máximo horario.

Para proporcionar un suministro de agua eficiente, es crucial que cada componente del sistema debe estar en consonancia con las necesidades efectivas de la

población y pueda adaptarse a las VARIACIONES periódicas en el consumo. Variables como el tipo de actividad, los comportamientos de los habitantes y el clima tienen impacto en la demanda de agua, por lo que es esencial considerarlos al diseñar y gestionar el sistema de suministro de agua. El consumo promedio diario anual ( $Q_p$ ) se calcula para estimar el consumo per cápita durante el período de diseño, garantizando así un servicio continuo y eficiente a lo largo del tiempo.

$$Q_p = \frac{P_f * dotacion (d)}{86400 \text{ s/dia}}$$

Dónde:

$Q_p$  = Consumo promedio diario (l/s)

$P_f$  = Poblacion futura (hab.)

$d$  = Dotacion (lt/Hab/dia)

El consumo maximo diario ( $Q_{md}$ ) y horario ( $Q_{mh}$ ) se refiere al volumen más alto de agua consumido en un solo día a lo largo del año, considerando los 365 días. Por otro lado, el consumo máximo horario se refiere al caudal máximo registrado durante una hora en el día de mayor consumo.

Para determinar el consumo máximo diario, se tomará en cuenta un valor equivalente a 1,3 veces el consumo promedio diario durante todo el año.

$$Q_{md} = 1.3 * Q_m$$

Para calcular el consumo máximo por hora, se utilizará un rango que varía entre 1.8 y 2.5 veces el consumo promedio diario anual, según lo establecido en la Reglamentación Nacional de Edificaciones (RNE).



$$Q_{mh} = 2.5 * Q_m$$

Respecto al consumo máximo por hora ( $Q_{mh}$ ), se determinará tomando el 100% del promedio diario ( $Q_m$ ). No obstante, en áreas urbanas o con alta concentración de población, se recomienda no exceder el 150% de acuerdo a las pautas del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) actual. Para calcularlo, se puede emplear la ecuación siguiente:

$$K = 2.75 - \frac{0.75 * P_f}{1000}$$

Dónde:

K: factor de consumo máximo horario

Pf: Población futura

Entonces

$$Q_{mh} = k * Q_m$$

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) OS 0.30, el volumen del reservorio se compone de tres elementos principales: el volumen de regulación, el volumen contra incendios y el volumen de reserva. El volumen de regulación se calcula considerando las fluctuaciones en la demanda a lo largo del día o, en su defecto, se asigna al menos el 25% del promedio anual de la demanda. El volumen contra incendios se determina según criterios específicos, asignando un mínimo de 50 m<sup>3</sup> para áreas residenciales. Por último, el volumen de reserva se justifica para cubrir posibles pérdidas durante el funcionamiento del reservorio en situaciones eventuales, asegurando así un suministro continuo y eficiente de agua.

Como enfoques conceptuales, se tiene el espectro de respuesta, se refiere a la representación gráfica de las amplitudes de vibración de una estructura en función de la frecuencia, proporcionando información sobre cómo la estructura responde a diferentes frecuencias de excitación sísmica (Chopra, 2005).

Las fuerzas sísmicas son las cargas generadas por los terremotos que actúan sobre una estructura. Estas fuerzas son proporcionales a la aceleración sísmica y pueden causar DEFORMACIONES y daños en la estructura (Prieto, 2017).

La carga de viento se refiere a las fuerzas que actúan sobre una estructura debido al viento. Estas fuerzas pueden generar momentos, fuerzas laterales y cargas de succión que deben tenerse en cuenta en el diseño estructural (American Society of Civil Engineers, 2016).

El momento torsional es el momento que tiende a hacer girar una sección transversal de una estructura alrededor de un eje longitudinal. Este momento puede provocar torsión y debe considerarse en el diseño para garantizar la estabilidad de la estructura (Hibbeler, 2014).

La calidad del concreto se refiere a las propiedades físicas y químicas del concreto utilizado en la construcción de una estructura. Estas propiedades incluyen la capacidad de soporte de carga, la resistencia a la COMPRESIÓN y la durabilidad. (American Concrete Institute, 2017).

El diseño estructural se refiere al proceso de determinar la configuración y dimensiones de una estructura para garantizar su resistencia, estabilidad y seguridad bajo las cargas esperadas. Esto incluye la selección de materiales y la especificación de detalles constructivos (McCormac & Brown, 2014).

La zona sísmica es un área geográfica Dónde existe la posibilidad de que ocurran terremotos. La clasificación de una zona sísmica se basa en la actividad sísmica histórica y la probabilidad de terremotos futuros (International Building Code, 2018).

El comportamiento estructural se refiere al modo en que una estructura responde y se comporta bajo las cargas y sollicitaciones a las que está sometida. Esto incluye la capacidad de resistir cargas, DEFORMACIONES, vibraciones y otras acciones que pueden afectar su integridad y estabilidad (Smith & Coull, 2016).

El análisis estático es un método utilizado para determinar las fuerzas y los momentos en una estructura en equilibrio bajo cargas estáticas. Este análisis se basa en las leyes de la estática y no tiene en cuenta los efectos dinámicos (Wang, 2013).

El análisis dinámico es un método utilizado para estudiar el comportamiento de una estructura bajo cargas dinámicas, como las generadas por terremotos o viento. Este análisis tiene en cuenta la respuesta dinámica de la estructura, incluyendo las vibraciones y las aceleraciones (Chopra, 2005).

La resistencia estructural hace referencia a la capacidad de una estructura, en este caso el tanque elevado tipo Intze, para resistir las cargas y sollicitaciones a las que está expuesta sin experimentar fallas o colapsos. El diseño estructural del tanque debe asegurar una resistencia adecuada, durabilidad y garantizar la seguridad de la estructura durante su vida útil (Smith & Johnson, 2018).

El factor de seguridad es un valor utilizado en el diseño estructural para tener en cuenta la incertidumbre en las cargas, las propiedades de los materiales y los métodos de análisis. Se emplea para garantizar que la infraestructura del tanque

cuenta con una capacidad de carga suficiente en comparación con las cargas y solicitudes previstas, asegurando así un margen de seguridad (Brown & Lee, 2016).

La durabilidad se refiere a la capacidad de la infraestructura del tanque elevado para resistir los efectos de la exposición a factores ambientales y condiciones adversas a lo largo del tiempo. La durabilidad del tanque se relaciona con la selección adecuada de materiales, el diseño apropiado de los elementos estructurales y la implementación de medidas de protección y mantenimiento para asegurar una vida útil prolongada (ACI Committee 201, 2017).

Las cargas estáticas son las fuerzas que actúan sobre la estructura del tanque elevado tipo Intze de manera constante, como el peso propio de la estructura, el peso del agua almacenada, las cargas muertas (equipamiento, accesorios, etc.) y las cargas vivas (personas, equipos de mantenimiento, etc.). Estas cargas se consideran en el análisis estático y son fundamentales para el diseño de los elementos estructurales (McCormac & Brown, 2017).

Las cargas dinámicas son las fuerzas que actúan sobre la estructura del tanque elevado tipo Intze de manera variable en el tiempo, como los movimientos sísmicos y las cargas de viento. Estas cargas se consideran en el análisis dinámico y requieren un análisis más detallado para evaluar el comportamiento y la respuesta del tanque ante eventos dinámicos (Chopra, 2012).

Los materiales utilizados en la construcción del tanque elevado tipo Intze deben ser seleccionados cuidadosamente para asegurar la resistencia, durabilidad y firmeza de la estructura. Los materiales comúnmente utilizados incluyen concreto armado o pretensado para los elementos estructurales, acero de refuerzo, impermeabilizantes, entre otros (American Concrete Institute, 2014).

Existen normas y códigos de diseño específicos que establecen los criterios y requisitos para el diseño y construcción de estructuras, incluyendo tanques elevados. En el caso del tanque elevado tipo Intze, se deben seguir las normativas pertinentes, como las normas de diseño y códigos de diseño sísmico de estructuras de concreto (International Code Council, 2018).

La estabilidad estructural se refiere a la capacidad de la estructura del tanque elevado tipo Intze para mantener su equilibrio y resistir las fuerzas y momentos que actúan sobre ella. El análisis de estabilidad se realiza para garantizar que la estructura sea capaz de soportar las cargas y solicitaciones esperadas sin experimentar movimientos excesivos o fallas estructurales (McCormac, 2019).

Las infraestructuras adecuadas para el suministro de agua potable se refieren a las instalaciones, sistemas y estructuras necesarias para garantizar el suministro de agua potable de manera eficiente, segura y continua. Incluye la red de distribución, plantas de tratamiento, tanques de almacenamiento y cualquier otra infraestructura relacionada con la captación, tratamiento y distribución del agua potable (World Health Organization, 2017).

La distribución equitativa del agua potable significa garantizar que todos los individuos, sin importar su localización geográfica, nivel socioeconómico o cualquier otra característica, tengan acceso igualitario al suministro de agua potable. Se busca evitar la discriminación y garantizar que todas las comunidades y sectores de la población tengan acceso adecuado al recurso hídrico (United Nations, 2015).

La potabilidad del agua se refiere a las características físicas, químicas y microbiológicas del agua que la hacen apta para el consumo humano sin representar riesgos para la salud. La calidad del agua potable está determinada por parámetros como la presencia de contaminantes, la concentración de sustancias químicas y la ausencia de microorganismos patógenos (World Health Organization, 2017).

El impacto positivo del suministro de agua potable se refiere a los beneficios que trae consigo el acceso al agua potable para la salud y bienestar de la población. Esto incluye la reducción de enfermedades relacionadas con el consumo de agua contaminada, mejoras en la higiene personal y el saneamiento, y el desarrollo de una comunidad más saludable y productiva (United Nations, 2015).

El desarrollo económico y social hace referencia a los efectos positivos que tiene el suministro de agua potable en el crecimiento económico y el progreso social de una comunidad o ciudad. Esto incluye la creación de empleos en el sector del agua, el impulso de la actividad económica, el acceso a oportunidades educativas y el fomento de la inversión en infraestructura y servicios básicos (World Bank, 2019).

El análisis estático y sísmico se refiere al análisis de las fuerzas y cargas que operan sobre una estructura en condiciones estáticas (sin movimiento) y sísmicas (sismo o terremoto). El análisis estático evalúa el comportamiento de la estructura bajo cargas constantes, mientras que el análisis sísmico considera las fuerzas dinámicas generadas por los movimientos sísmicos para determinar la respuesta y la capacidad de resistencia de la estructura (Chopra, 2012).

Los esfuerzos en las estructuras son las fuerzas internas que actúan dentro de una estructura debido a la aplicación de cargas externas. Estos esfuerzos incluyen la compresión, la tracción, la flexión, el corte y el momento. El análisis de los esfuerzos es fundamental para garantizar que la estructura pueda resistir las cargas y mantener su integridad y estabilidad (McCormac & Brown, 2017).

La hidráulica de tanques se refiere al estudio de los principios y fenómenos relacionados con el flujo de agua dentro y fuera del tanque elevado tipo Intze. Esto incluye el análisis de la entrada y salida de agua, la distribución del flujo dentro del tanque, la presión del agua y otros aspectos hidráulicos relevantes (Chaudhry, 2014).

El comportamiento sísmico se refiere al estudio de cómo las estructuras, en este caso el tanque elevado tipo Intze, responden a los movimientos sísmicos. Esto implica analizar la aptitud de la estructura para soportar las fuerzas sísmicas, evaluar su comportamiento dinámico y considerar medidas de mitigación para reducir los daños durante un sismo (Chopra, 2012).

En el diseño del tanque elevado tipo Intze, es importante considerar la estabilidad del terreno en el que se construirá el tanque. Esto implica realizar un análisis de estabilidad de taludes para evaluar la capacidad del terreno para soportar el peso del tanque y evitar deslizamientos o colapsos del terreno circundante (Bowles, 2009).

Dado que el tanque elevado tipo Intze se encuentra en una zona sísmica, es necesario aplicar técnicas y criterios de diseño estructural antisísmico. Esto implica considerar la resistencia y rigidez de los elementos estructurales, así como la

distribución adecuada de las fuerzas sísmicas a través del sistema estructural del tanque (American Society of Civil Engineers, 2017).

En la construcción del tanque elevado tipo Intze, es esencial implementar protocolos de aseguramiento de calidad para garantizar que se cumplan los estándares de construcción y se garantice la durabilidad y seguridad de la estructura. Esto implica la realización de pruebas de calidad del concreto, inspecciones de soldaduras, verificación de la impermeabilización, entre otros aspectos relevantes (American Concrete Institute, 2018).



### **III. METODOLOGÍA**

#### **III.1. Tipo y diseño de investigación**

##### **Tipo de investigación**

El tipo de investigación es de naturaleza aplicada. Según Hernández Sampieri et al. (2014), la investigación aplicada busca resolver problemas prácticos y proporcionar recomendaciones o soluciones concretas para situaciones específicas. En este caso, se utilizarán los conocimientos y la metodología existente en el campo de la ingeniería estructural para analizar y comparar los tanques elevados. Además, se realizarán evaluaciones prácticas y se buscará proporcionar recomendaciones concretas para mejorar la infraestructura de suministro de agua en la ciudad de Puno.

##### **Nivel de investigación**

En cuanto al nivel de la investigación que se llevará a cabo en este proyecto es de carácter descriptivo y exploratorio. Según Hernández Sampieri et al. (2014), la investigación descriptiva tiene como objetivo principal describir características, fenómenos o variables, mientras que la investigación exploratoria busca familiarizarse con un tema poco conocido o poco estudiado. En este caso, se busca describir y comparar las diferentes cargas y consideraciones de diseño en los tanques elevados tipo Intze utilizando el software de análisis estructural SAP2000. A través de este enfoque, se recopilarán datos relevantes y se realizará un análisis detallado de las variables involucradas en los tanques elevados, con el objetivo de generar información precisa y detallada sobre su comportamiento y desempeño.

## Diseño de investigación

El presente proyecto de investigación se basa en una metodología no experimental de diseño transversal. Siguiendo esta aproximación, se recopilarán datos en un solo momento para examinar las diferentes consideraciones de diseño y cargas aplicadas en el estudio comparativo de tanques elevados tipo Intze utilizando el software de análisis estructural SAP2000 en la ciudad de Puno. De acuerdo con Hernández Sampieri et al. (2014), en un enfoque transversal se busca analizar las relaciones o diferencias entre variables de interés en un momento específico, sin manipulación directa de las mismas. Esto nos permitirá obtener una visión detallada y comparativa de las cargas y consideraciones de diseño empleadas en los tanques elevados, brindando información relevante para mejorar la infraestructura de suministro de agua en la ciudad de Puno.

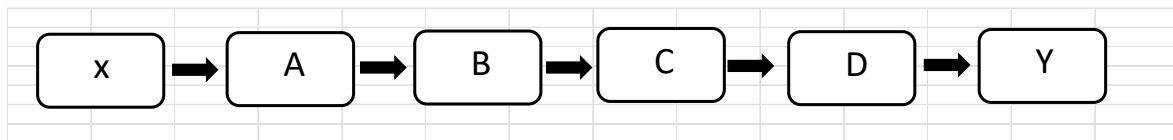


Figura 4 : Diagrama de flujo para un diseño no experimental.

*Nota: Elaboración propia*

X: Problemática de la investigación a resolver con los estudios.

A: Diseño de la investigación.

B: Identificación del problema de investigación.

C: Revisión de la literatura.

D: Recopilación y análisis de información.

Y: Resumen de hallazgos.

## **Enfoque de investigación**

El enfoque de investigación que se utilizará en este proyecto es principalmente cuantitativo. Según Creswell (2014), la investigación cuantitativa se centra en la recopilación y análisis de datos numéricos para describir y explicar fenómenos. En este proyecto de investigación sobre el diseño y análisis estructural de los tanques elevados tipo Intze, se recopilarán y analizarán datos cuantitativos relacionados con las cargas y consideraciones de diseño. Esto incluirá información numérica sobre los diferentes parámetros estructurales, como las cargas aplicadas, las dimensiones de los tanques y los resultados de los análisis estructurales realizados con el software SAP2000. Estos datos cuantitativos permitirán realizar comparaciones objetivas y generar conclusiones basadas en evidencia.

### **III.2. Variables y operacionalización**

#### **Variables**

##### **Variable independiente**

Diseño y análisis estructural de un tanque elevado tipo Intze utilizando el software de análisis estructural SAP2000.

##### **Definición conceptual**

Se refiere a las decisiones y consideraciones tomadas durante el proceso de diseño y análisis estructural del tanque elevado tipo Intze. Incluye aspectos como la geometría, el tipo de material, las conexiones estructurales, los refuerzos, entre otros, y se utiliza el software SAP2000 como herramienta para realizar el análisis.

### **Definición operacional**

Para operacionalizar esta variable, se registrarán y analizarán las características y parámetros específicos del diseño del tanque elevado tipo Intze, como las dimensiones, el tipo y espesor del material, las conexiones utilizadas, los refuerzos empleados, entre otros. Además, se utilizará el software SAP2000 para modelar y simular el comportamiento estructural del tanque, considerando diferentes configuraciones y condiciones.

### **Variable dependiente**

Resistencia y estabilidad del tanque elevado frente a diferentes cargas y condiciones.

### **Definición conceptual**

Se refiere a la capacidad del tanque elevado tipo Intze para resistir las cargas aplicadas y mantener su estabilidad bajo diferentes condiciones y escenarios. Incluye aspectos como la capacidad de carga, la deformación estructural, la resistencia a la fatiga, la estabilidad ante cargas sísmicas y de viento, entre otros.

### **Definición operacional**

Para operacionalizar esta variable, se realizarán pruebas y análisis para evaluar la resistencia y estabilidad del tanque elevado. Esto puede incluir la imposición de diversas cargas, como el peso del líquido almacenado, la presión hidrostática, las cargas sísmicas y de viento, entre otras, y se registrarán y analizarán los resultados obtenidos. Se medirán parámetros como la resistencia estructural, las DEFORMACIONES, las tensiones generadas y la estabilidad del tanque frente a las diferentes condiciones.

### **III.3. Población, muestra y muestreo**

#### **Población**

La población de análisis para este estudio estará conformada por los 18 reservorios que conforman el Plan Maestro Optimizado Emsa Puno 2021-2051, los cuales tienen una capacidad total de 13400 m<sup>3</sup>, con 01 reservorio de tipo elevado y 17 reservorios de tipo apoyado, además de los que se planean construir en un futuro en el Distrito de Puno. Estos diseños se fundamentarán en normas y códigos extranjeros reconocidos en el ámbito de la ingeniería estructural. Según el libro "Diseño Estructural en Acero" de Alberto Gómez Gutiérrez (2015), la aplicación de normas internacionales en el diseño de estructuras proporciona una base sólida para garantizar la seguridad y eficiencia de las construcciones. Los diseños futuros en Puno buscarán adaptar y aplicar las mejores prácticas de diseño en relación con los reservorios, asegurando su adecuada funcionalidad y durabilidad.

La selección de esta población se basa en la relevancia y pertinencia de los diseños futuros de reservorios en Puno, ya que estos se basarán en normas internacionales reconocidas para garantizar la seguridad y la eficiencia de las construcciones. Según Hernández Sampieri en su obra "Metodología de la Investigación" (Hernández Sampieri et al., 2014), la identificación clara de la población objetivo es fundamental en un proyecto de investigación. En este caso, la población objetivo son los reservorios y sus diseños en el Distrito de Puno, los cuales serán analizados para evaluar la aplicabilidad de normas internacionales en su diseño.

#### **Muestra**

La selección de la muestra para este estudio se basa en un enfoque no probabilístico dirigido, lo que implica que los integrantes no son elegidos

aleatoriamente, sino de manera intencional, considerando características específicas necesarias para la investigación. Aunque esta estrategia de muestreo no permite generalizar los resultados a toda la población, proporciona información valiosa para comprender y analizar el fenómeno en estudio (Hernández Sampieri et al., 2014). Este enfoque se elige para asegurar la representación de casos relevantes y permitir una exploración en profundidad de las variables de interés dentro del contexto específico de la investigación.

En el contexto de esta investigación, la muestra seleccionada se centra en el diseño del tanque elevado que se construirá para satisfacer las necesidades del suministro de agua en la ciudad de Puno. El propósito de este estudio es examinar en profundidad las características y variables asociadas al diseño de este tipo de estructura, considerando aspectos técnicos, normativos y funcionales.

### **Muestreo**

La muestra seleccionada para este estudio sigue un enfoque no probabilístico espontáneo, donde la elección de participantes se realiza de manera voluntaria por parte de aquellos individuos que deciden participar en el diseño de un reservorio circular tipo elevado en un ámbito de estudio específico. Este tipo de muestreo no se somete a un procedimiento de selección aleatorio, pero permite obtener información detallada y contextualizada de aquellos sujetos que muestran interés y disponibilidad para colaborar en el estudio. Aunque los hallazgos alcanzados no pueden generalizarse a toda la población, brindarán una visión significativa y representativa del diseño del reservorio dentro del ámbito de estudio correspondiente (Hernández Sampieri et al., 2014).

En el marco de este proyecto de investigación, se ha seleccionado 01 tanque elevado de la ciudad de Puno como muestreo para llevar a cabo el estudio.

#### **III.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

##### **Técnicas de recolección de datos**

El uso de normas internacionales reconocidas, como el ACI (American Concrete Institute), es fundamental en el campo de la ingeniería estructural para obtener datos relacionados con los materiales y sus propiedades (González, 2018). Estas normas proporcionan parámetros relevantes para el diseño sísmico de estructuras de almacenamiento de agua. Además, se hace uso de la regulación nacional peruana E.060 para adquirir los factores de amplificación de carga requeridos en la planificación, junto con las normativas E.030 y ACI 350.3-01 para obtener los factores empleados en el proceso de determinación de los parámetros sísmicos del espectro de respuesta de diseño. Estas normas garantizan que se sigan estándares reconocidos internacionalmente, asegurando la calidad y confiabilidad de los datos utilizados en el diseño de las estructuras.

Tabla 1 : Técnicas de recolección de datos en ingeniería estructural

<i>TECNICAS DE RECOLECCION DE DATOS</i>	<i>DESCRIPCIÓN</i>
<i>Recopilación de documentos</i>	<i>Consiste en recopilar información relevante de Notas existentes, como normas técnicas, manuales, informes técnicos, literatura científica y documentos legales. Proporciona datos históricos, teorías, métodos de diseño y especificaciones de materiales y componentes estructurales.</i>
<i>Recopilación de datos</i>	<i>Implica obtener datos directamente de Notas primarias, como registros. Permite obtener información sobre características del sitio, datos geotécnicos, datos climáticos y datos de carga, entre otros.</i>
<i>Observación</i>	<i>Consiste en la observación detallada y sistemática de fenómenos, comportamientos, condiciones o eventos relacionados con la estructura en estudio. Puede realizarse de forma presencial o mediante el uso de tecnologías como cámaras de video o sensores.</i>
<i>Ensayos de laboratorio</i>	<i>Implica realizar ensayos específicos en el laboratorio para obtener datos sobre las propiedades y comportamiento de los materiales utilizados en la construcción, como hormigón, acero, madera, suelos, entre otros. Se siguen normas internacionales reconocidas para garantizar la precisión y confiabilidad de los resultados.</i>

### **Instrumentos de recolección de datos**

La recopilación de información es fundamental en todo tipo de proyecto de investigación, especialmente en el campo de la ingeniería. Para garantizar la precisión y confiabilidad de la información recopilada, se emplean diversos instrumentos. Los libros y archivos se utilizan como valiosas Notas de referencia, proporcionando datos históricos, teorías y antecedentes relevantes para el estudio. Además, se lleva a cabo la obtención de datos de campo mediante observaciones directas, mediciones y registros en el lugar de investigación. Estos datos brindan información detallada sobre las condiciones ambientales, geotécnicas y topográficas, entre otros aspectos cruciales. Por otro lado, los instrumentos de laboratorio juegan un papel crucial al permitir la realización de ensayos y análisis de muestras. Estos ensayos proporcionan datos específicos y detallados sobre las propiedades y características de los materiales involucrados en el proyecto.



Tabla 2 : Instrumentos de recolección de datos en ingeniería

HERRAMIENTAS DE RECOPIACION DE DATOS	DESCRIPCIÓN
Libros y archivos	Se utilizan como Notas de referencia para obtener datos históricos, teorías, antecedentes y especificaciones técnicas relevantes para el estudio. Estos documentos proporcionan información documentada y confiable sobre el tema de investigación.
Datos de campo	Implica la obtención directa de información en el lugar de estudio mediante observaciones, mediciones y registros. Se recolectan datos relevantes sobre las características del sitio, condiciones ambientales, geotécnicas, topográficas y cualquier otro dato pertinente al estudio.
Instrumentos de laboratorio	Permiten realizar ensayos y análisis de muestras en un entorno controlado. Estos instrumentos son utilizados Para adquirir información exacta y fiable acerca de las propiedades químicas, mecánicas y físicas de los materiales utilizados en el proyecto de ingeniería. Se emplean técnicas y equipos específicos según los requerimientos de la investigación.

### **Validez del instrumento**

Según Sampieri et al. (2010), se define la validez como aquel grado en el que un instrumento mide la variable que se aspira a medir. Los instrumentos de investigación en esta investigación, se confirmaron a través de la evaluación de especialistas. Además, Sampieri et al. (p. 204) menciona que el face validity es aquella validez en la que relacionamos el supuesto grado de medición de una variable mediante el uso de un instrumento; se encuentra ligada a la validez de contenido y, de hecho.

### **Confiabilidad del instrumento**

La confiabilidad se define generalmente con la determinación del Alfa de Cronbach. Según Palella y Martins (2012), se define la confiabilidad como aquella carencia de error aleatorio que presenta un instrumento de recopilación de datos; es el grado en que toda medición está exedita de desviaciones producto de errores causales.

### III.5. Procedimientos

En el marco de este proyecto de investigación, se seguirán los siguientes procedimientos para obtener los datos necesarios:

Tabla 3 : Procedimiento por etapas.

PROCEDIMIENTOS	DESCRIPCIÓN
ETAPA 1: IDENTIFICACION DEL LUGAR	Visitare el lugar Dónde hare el diseño del tanque reservorio, para realizar el estudio de suelos, obtener información de la ubicación que será en la provincia de Puno, Distrito de Puno, Departamento de Puno.
ETAPA 2: ENSAYO DE SUELOS.	Se realizará los ensayos correspondientes de SPT, en tres puntos para obtener los datos del suelo.
ETAPA 3: DISEÑO DEL TANQUE	Utilizando la información sobre la población y las necesidades de consumo de agua, se llevará a cabo una estimación inicial del tamaño del depósito, con el fin de obtener detalles sobre sus dimensiones.
ETAPA 4: ANÁLISIS ESTRUCTURAL CON SAP 2000	Mediante el software SAP2000 se moderará el tanque diseñado. Aplicará las diferentes cargas y condiciones al modelo. Realizara análisis estructurales para cada conjunto de cargas y condiciones. Registrar y tabular los resultados obtenidos.
ETAPA 5: RESULTADOS	Hare el análisis estructural con el software SAP2000, los resultados se revisarán en detalle, los desplazamientos y otros parámetros relevantes para evaluar el comportamiento del tanque ante distintas cargas. Los datos obtenidos serán tabulados y registrados para identificar patrones y discrepancias

### III.6. Método de análisis de datos

La revisión de los datos recopilados en esta iniciativa será realizada utilizando los siguientes procedimientos:

Tabla 4 : Método de análisis de datos

PROCEDIMIENTOS	DESCRIPCIÓN
PROCESAMIENTO DE DATOS:	Se utilizará una hoja de cálculo Excel y el software estructural SAP2000 para procesar y analizar los datos obtenidos durante el estudio. Estas herramientas permitirán realizar cálculos, generar gráficos y realizar simulaciones para evaluar el comportamiento de las estructuras de almacenamiento de agua.
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN:	Se seguirá un proceso general basado en el reglamento ACI 350.3-01, que incluye la tabulación de datos, la representación de esfuerzos y DEFORMACIONES, así como la comprensión de esfuerzos y desplazamientos. Este análisis e interpretación de datos brindará una comprensión más profunda del comportamiento estructural y permitirá tomar decisiones informadas durante el diseño del proyecto.

El proceso general se organiza en los siguientes pasos:

- Cálculo de volumen de reservorio: Se determinará el volumen necesario para el almacenamiento de agua, considerando aspectos como la demanda y las condiciones geográficas.
- Predimensionamiento de reservorio: Se realizará un predimensionamiento inicial de la estructura del reservorio, teniendo en cuenta factores como la capacidad de carga y las restricciones de diseño.
- Proceso general de acuerdo al código ACI 350.3-01: Se aplicarán los procedimientos y recomendaciones establecidos en el código ACI 350.3-01 para realizar un análisis dinámico y estático de la estructura del reservorio.
- Tabulación de datos: Se organizarán los datos recopilados en tablas para facilitar su análisis y referencia.
- Generación de gráficos de esfuerzos y DEFORMACIONES: Se crearán gráficos que representen visualmente los esfuerzos y DEFORMACIONES esperados en la estructura del reservorio bajo diferentes condiciones y cargas.
- Proceso para el diseño de la cimentación: Se llevará a cabo el diseño de la cimentación del reservorio, considerando los parámetros geotécnicos y las cargas aplicadas.
- Diseño de los elementos: Se realizará el diseño detallado de los elementos estructurales del reservorio, como las paredes, losas y refuerzos, garantizando su adecuación a las normas y códigos aplicables.

### **III.7. Aspectos éticos**

Dentro del ámbito del diseño y evaluación estructural de un depósito elevado de tipo Intze mediante la utilización del programa de análisis estructural SAP2000, es fundamental abordar tanto los aspectos técnicos como los éticos de la investigación. En cuanto al aspecto técnico, es necesario seguir los lineamientos y regulaciones establecidas en el campo de la ingeniería estructural y la seguridad de las estructuras. Esto implica aplicar las normas y estándares de construcción relevantes para garantizar la integridad de la estructura y la seguridad de las personas y propiedades involucradas. Según Robson (2011), es importante cumplir con las pautas establecidas por los códigos de construcción para asegurar que el diseño y análisis del tanque elevado sean acordes con las mejores prácticas y se cumplan los requisitos de resistencia, estabilidad y durabilidad.

Por otro lado, en términos del aspecto ético, es fundamental respetar los derechos de autor y citar adecuadamente las Notas utilizadas en la investigación. Esto implica evitar el plagio y dar crédito a los autores cuyos trabajos han sido consultados. Según Robson (2011), el cumplimiento de estas normas éticas asegura la integridad académica y la originalidad de la investigación, así como contribuye a la confianza y credibilidad de los resultados obtenidos. Adicionalmente, se debe obtener el consentimiento adecuado y seguir los principios de confidencialidad y privacidad al utilizar información de Notas confidenciales o datos de terceros.

## IV. RESULTADOS

### Desarrollo del procedimiento de la investigación

#### ETAPA 1: IDENTIFICACIÓN DEL LUGAR

Generalidades del proyecto.

Denominación de la tesis:

“Diseño y análisis estructural de tanque elevado Intze: estudio comparativo de diferentes cargas y condiciones con SAP2000, Puno, 2023”.

Ubicación política

Este proyecto se sitúa en Puno, una localidad ubicada en la provincia y departamento homónimos, con una altitud de 3827 metros sobre el nivel del mar. Su área comprende desde el centro poblado de Uros Chulluni en el noreste, la zona urbana del distrito de Paucarcolla al norte, la urbanización Ciudad de la Humanidad Totorani al noroeste (carretera a Arequipa), hasta el centro poblado de Ichu al sur y la comunidad "Mi Perú" al suroeste (carretera a Moquegua).

Ubicación geográfica

Localidad : Puno

Provincia : Puno

Departamento : Puno

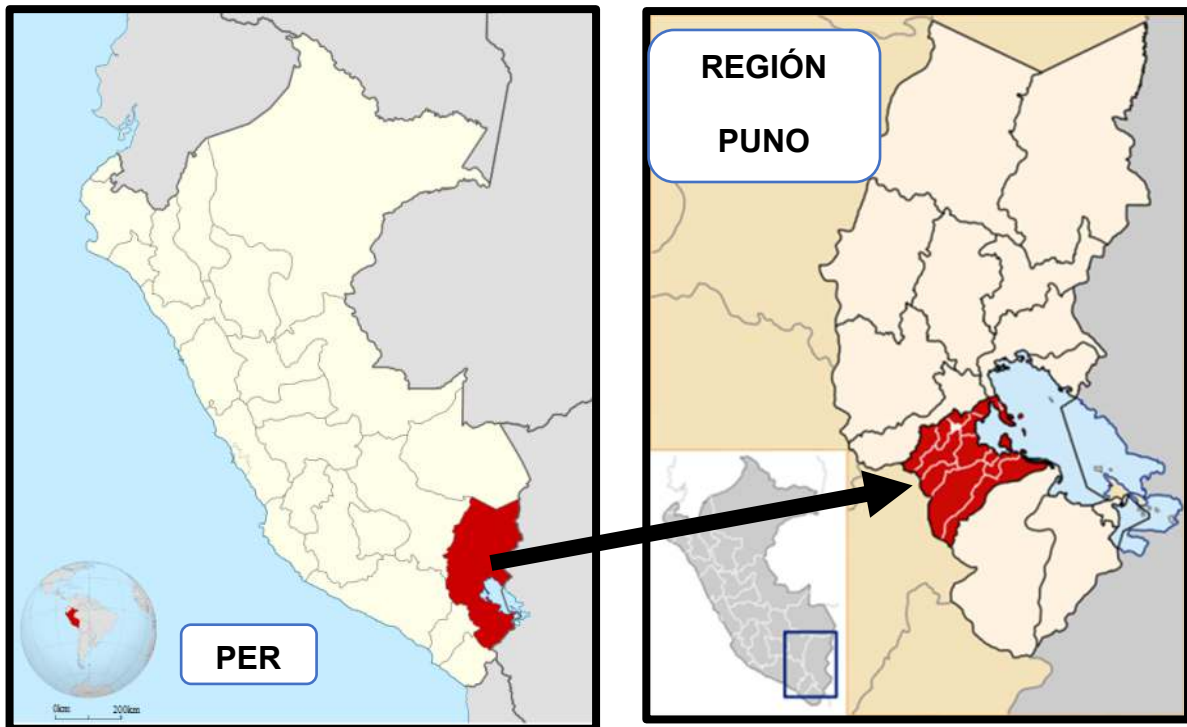


Figura 5 : Localización geográfica

*Nota: Elaboración propia*

Vías de acceso:

Con el objetivo de llegar a la Ciudad de Puno desde diversas áreas que tienen carreteras principales, tal como se muestra en el cuadro anterior.

Referente a la movilidad en la zona de la ciudad mayormente el transporte es mediante las Combis colectivas en la que se trasladan.

Tabla 5 : Vías de acceso

<b>DESDE</b>	<b>A</b>	<b>MEDIO DE TRANSPORTE</b>	<b>Km.</b>	<b>TIEMPO</b>
Tacna	Puno	Vehicular	410 00	6.00 horas
Cusco	Puno	Vehicular	350.00	5.00 horas
Arequipa	Puno	Vehicular	387 00	5.00 horas

Lugar de propuesta de tanque elevado:

Se tomo en cuenta la ubicación de un tanque elevado anterior Dónde se harán los ensayos de suelos.

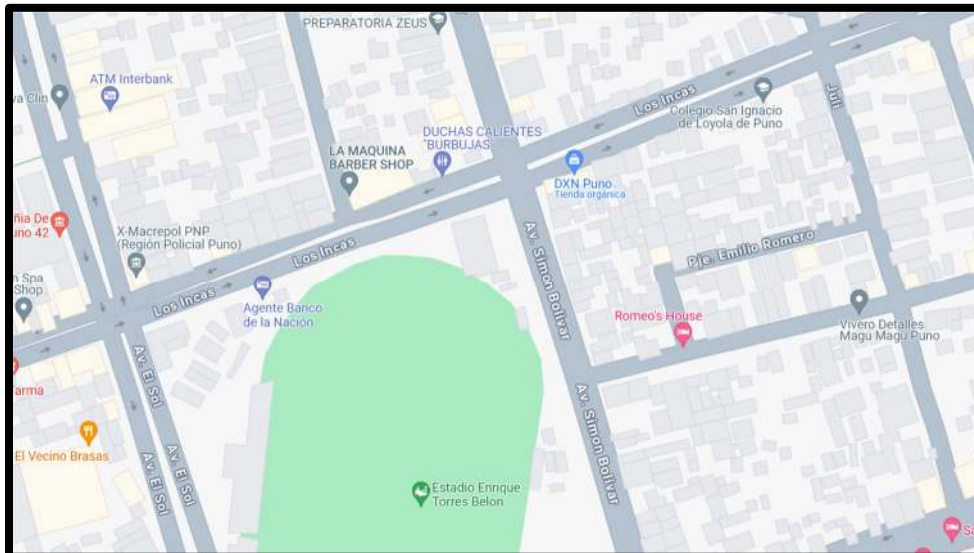


Figura 6 : Croquis de ubicación

Nota: Google maps



Figura 7 : VISTA SATELITAL

Nota: Google maps



Figura 8 : Tanque elevado rectangular

Nota: elaboración propia



**ETAPA 2: ENSAYO DE SUELOS**

A continuación, se presentan los resultados adquiridos a través de la prueba estándar de penetración SPT.



Figura 9 : Ensayo SPT.

Nota: elaboración propia



Figura 10 : Ensayo SPT

Nota: elaboración propia

Tabla 6 : Información recabada durante el ensayo de penetración referente al conteo de impactos estándar (SPT).

PROFUNDIDAD		SPT		
		N1	N2	N3
0.00	0.45	1	4	5
0.45	0.90	4	7	9
0.90	1.35	7	6	3
1.35	1.80	3	2	1
1.80	2.25	1	1	1
2.25	2.70	2	1	2
2.70	3.15	3	3	4
3.15	3.60	4	6	5
3.60	4.05	6	6	6
4.05	4.50	4	1	2
4.50	4.95	1	2	3
4.95	5.40	3	5	4
5.40	5.85	5	5	4
5.85	6.30	4	5	4
6.30	6.75	2	2	2
6.75	7.20	2	3	2
7.20	7.65	3	3	8
7.65	8.10	7	6	5
8.10	8.55	6	5	3
8.55	9.00	3	3	3

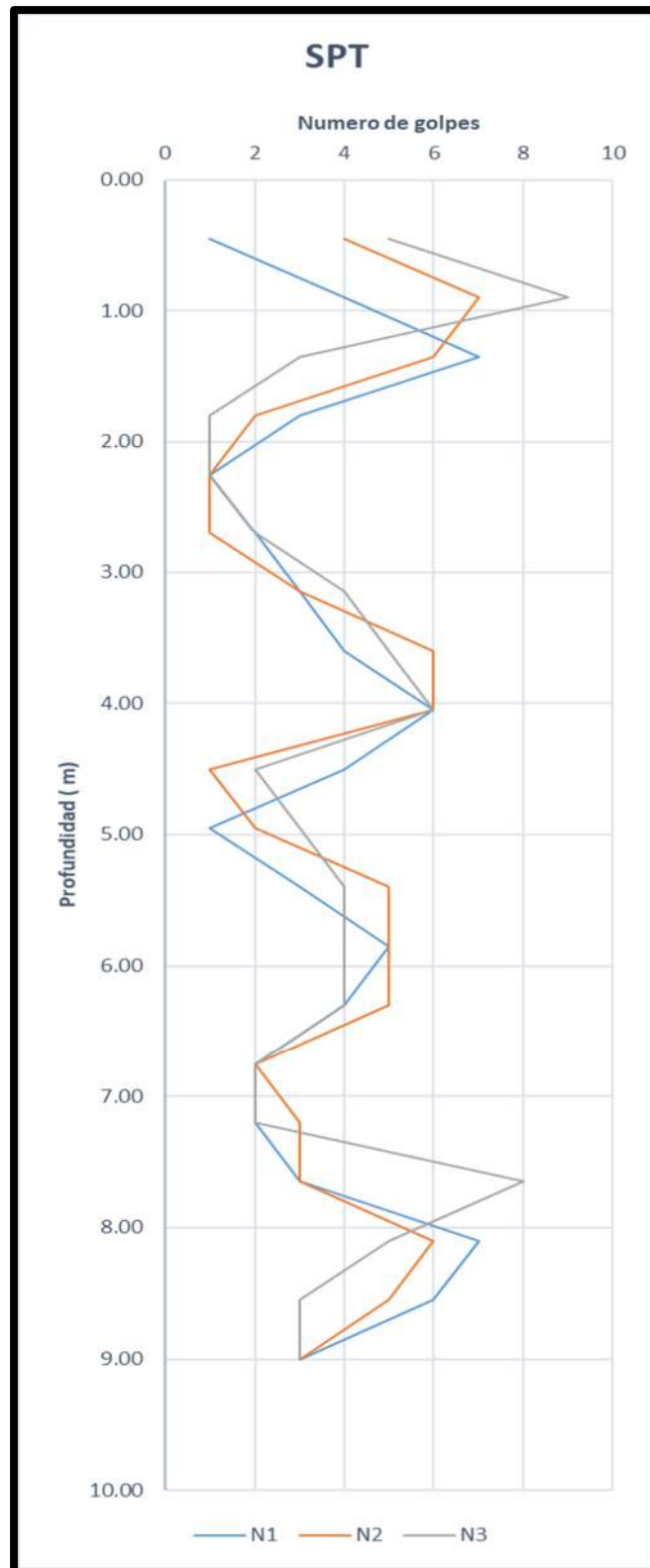


Figura 11 : Información adquirida a partir del recuento de impactos en la prueba estándar de penetración (SPT).

Nota: Elaboración propia

PROFUNDIDAD		SPT
		N(60)
0.00	0.45	6
0.45	0.90	11
0.90	1.35	6
1.35	1.80	2
1.80	2.25	1
2.25	2.70	2
2.70	3.15	6
3.15	3.60	9
3.60	4.05	10
4.05	4.50	3
4.50	4.95	4
4.95	5.40	9
5.40	5.85	9
5.85	6.30	9
6.30	6.75	4
6.75	7.20	5
7.20	7.65	10
7.65	8.10	10
8.10	8.55	8
8.55	9.00	6

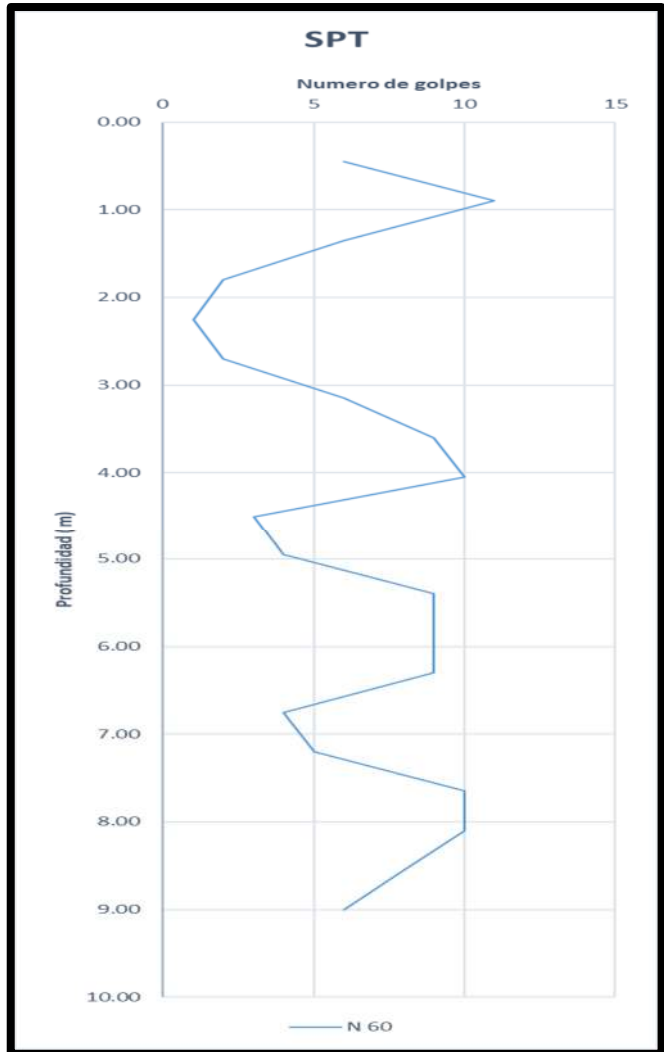


Figura 12 : Información adquirida a partir del recuento de impactos en la prueba estándar de penetración (SPT).

Nota: elaboración propia

#### INTERPRETACIÓN:

En este trabajo de investigación, se llevaron a cabo análisis de granulometría, límites de consistencia y determinación del contenido de humedad, los cuales fueron utilizados para la clasificación de suelos.

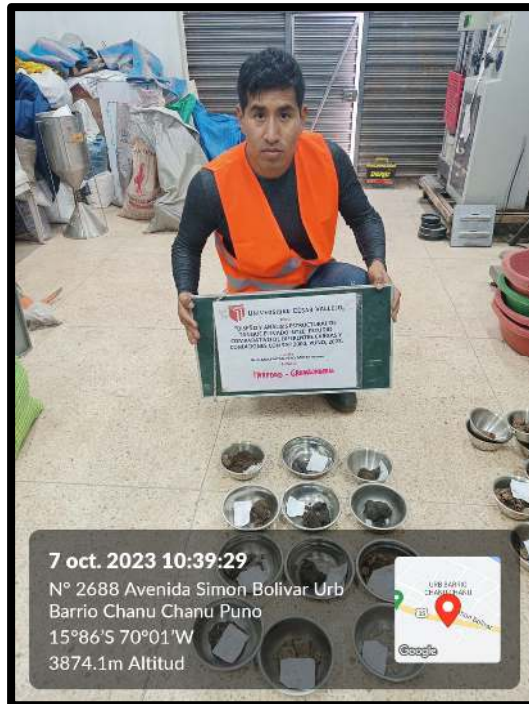


Figura 13 : Medición de la humedad y análisis de la granulometría

Nota: elaboración propia



Figura 14 : Medición de la humedad y análisis de la granulometría

Nota: elaboración propia



Figura 15 : Medición de la humedad y análisis de la granulometría

Nota: elaboración propia

PROFUNDIDAD (m)		ESTRATO h (m)	MUESTRA	DESCRIPCION DEL ESTRATO	DESIGNACION (SUCS)
0.15	0.6	0.45	M-1	Arena arcillosa, contiene 14.7 % de grava gruesa a fina, semiangular, semicompacto, Baja Plasticidad, dilatancia rápida moderada, tenacidad mediana y con tamaño máximo de 3/4", contiene 40.1 % de arena gruesa a fina y 45.2 % de finos (L.L.=32, L.P.=23 e I.P.=9), con un contenido de humedad de 22.2 %.	SC
0.6	1.8	1.2	M-2	Grava arcillosa con arena, contiene 45.5 % de grava gruesa a fina, semiangular, semicompacto, Baja Plasticidad, dilatancia rápida moderada, tenacidad baja y con tamaño máximo de 1 1/2", contiene 28.1 % de arena gruesa a fina y 26.4 % de finos (L.L.=35, L.P.=23 e I.P.=12), con un contenido de humedad de 12.5 %.	GC
1.8	2.4	0.6	M-3	Limo arenoso de baja plasticidad, contiene 14 % de grava gruesa a fina, semiangular, blando, Baja Plasticidad, dilatancia lenta, tenacidad mediana alta y con tamaño máximo de 1", contiene 29.3 % de arena gruesa a fina y 56.7 % de finos (L.L.=46, L.P.=28 e I.P.=18), con un contenido de humedad de 33.7 %	ML
2.4	3	0.6	M-4	Arcilla arenosa de baja plasticidad, contiene 0.7 % de grava gruesa a fina, semiangular, blando, Baja Plasticidad, dilatancia nula, tenacidad mediana alta y con tamaño máximo de 1/2", contiene 32.5 % de arena gruesa a fina y 66.8 % de finos (L.L.=45, L.P.=21 e I.P.=24), con un contenido de humedad de 44.3 %.	CL
3	4.05	1.05	M-5	Arcilla de alta plasticidad, contiene 0.1 % de grava gruesa a fina, semiangular, blando, Baja Plasticidad, dilatancia nula, tenacidad mediana alta y con tamaño máximo de 3/8", contiene 9.9 % de arena gruesa a fina y 90 % de finos (L.L.=56, L.P.=26 e I.P.=30), con un contenido de humedad de 39.9 %	CH
4.05	4.45	0.4	M-6	Arena pobremente gradada, contiene 13.6 % de grava gruesa a fina, semiangular, semicompacto, No Plástico, dilatancia rápida moderada, tenacidad mediana y con tamaño máximo de 1/2", contiene 82.1 % de arena gruesa a fina y 4.3 % de finos (L.L.=29, L.P.=27 e I.P.=2), con un contenido de humedad de 26.4 %.	SP
4.45	4.8	0.35	M-7	Limo de baja plasticidad, contiene 0.4 % de grava gruesa a fina, semiangular, blando, Baja Plasticidad, dilatancia lenta, tenacidad mediana alta y con tamaño máximo de 3/8", contiene 12.1 % de arena gruesa a fina y 87.6 % de finos (L.L.=39, L.P.=26 e I.P.=13), con un contenido de humedad de 48.8 %.	ML
4.8	5.1	0.3	M-8	Arcilla arenosa de baja plasticidad, contiene 9.3 % de grava gruesa a fina, semiangular, blando, Baja Plasticidad, dilatancia nula, tenacidad mediana alta y con tamaño máximo de 3/4", contiene 40.7 % de arena gruesa a fina y 50 % de finos (L.L.=33, L.P.=21 e I.P.=12), con un contenido de humedad de 46.4 %.	CL
5.1	5.4	0.3	M-9	Arcilla arenosa de baja plasticidad, contiene 3.5 % de grava gruesa a fina, semiangular, blando, Baja Plasticidad, dilatancia nula, tenacidad mediana alta y con tamaño máximo de 1/2", contiene 31.2 % de arena gruesa a fina y 65.3 % de finos (L.L.=36, L.P.=21 e I.P.=15), con un contenido de humedad de 32.9 %.	CL
5.4	6.6	1.2	M-10	Arcilla de baja plasticidad con arena, contiene 2 % de grava gruesa a fina, semiangular, blando, Baja Plasticidad, dilatancia nula, tenacidad mediana alta y con tamaño máximo de 1/2", contiene 18.6 % de arena gruesa a fina y 79.4 % de finos (L.L.=43, L.P.=24 e I.P.=19), con un contenido de humedad de 38 %	CL
6.6	6.9	0.3	M-11	Arena limosa con grava, contiene 24.4 % de grava gruesa a fina, semiangular, semicompacto, Baja Plasticidad, dilatancia rápida moderada, tenacidad mediana y con tamaño máximo de 3/4", contiene 44.9 % de arena gruesa a fina y 30.7 % de finos (L.L.=36, L.P.=27 e I.P.=9), con un contenido de humedad de 27.8 %.	SM
6.9	7.55	0.65	M-12	Limo de alta plasticidad con arena, contiene 1.8 % de grava gruesa a fina, semiangular, blando, Baja Plasticidad, dilatancia nula o lenta, tenacidad baja a media y con tamaño máximo de 3/8", contiene 26.6 % de arena gruesa a fina y 71.7 % de finos (L.L.=61, L.P.=35 e I.P.=26), con un contenido de humedad de 42.4 %	MH
7.55	7.8	0.25	M-13	Arena limosa con grava, contiene 16.1 % de grava gruesa a fina, semiangular, semicompacto, Baja Plasticidad, dilatancia rápida moderada, tenacidad mediana y con tamaño máximo de 1/2", contiene 64.6 % de arena gruesa a fina y 19.3 % de finos (L.L.=30, L.P.=24 e I.P.=6), con un contenido de humedad de 24.2 %.	SM
7.8	8.25	0.45	M-14	Arena limosa con grava, contiene 19.8 % de grava gruesa a fina, semiangular, semicompacto, Baja Plasticidad, dilatancia rápida moderada, tenacidad mediana y con tamaño máximo de 1", contiene 54.1 % de arena gruesa a fina y 26.1 % de finos (L.L.=33, L.P.=24 e I.P.=9), con un contenido de humedad de 26.7 %.	SM
8.25	8.4	0.15	M-15	Limo arenoso de baja plasticidad, contiene 2.3 % de grava gruesa a fina, semiangular, blando, Baja Plasticidad, dilatancia lenta, tenacidad mediana alta y con tamaño máximo de 1/2", contiene 33.6 % de arena gruesa a fina y 64.1 % de finos (L.L.=38, L.P.=25 e I.P.=13), con un contenido de humedad de 36.1 %.	ML
8.4	9	0.6	M-16	Arena limosa, contiene 9.5 % de grava gruesa a fina, semiangular, semicompacto, Baja Plasticidad, dilatancia rápida moderada, tenacidad mediana y con tamaño máximo de 3/4", contiene 65.1 % de arena gruesa a fina y 25.4 % de finos (L.L.=31, L.P.=26 e I.P.=5), con un contenido de humedad de 29.2 %.	SM

Figura 16 : Descripción del perfil de estratos del ensayo SPT

NOTA: elaboración propia

### ETAPA 3 : DISEÑO DEL TANQUE

#### CÁLCULO DEL VOLUMEN DE RESERVORIO

##### Estimación de la población

La proyección de la población total, se realizó en base a los datos oficiales obtenidos de los Censos Nacionales 2017 – XII de población, VII de Vivienda y III de Comunidades realizado en el año 2017, por el Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI.

Tabla 7 : Datos censales de la población por localidades

LOCALIDAD	POBLACION URBANA CENSADA				
	1972	1981	1993	2007	2017
PUNO	47405.00	76836.00	91877.00	120667.00	130445.00

Cabe precisar que, para la localidad de Puno se ha considerado la población urbana y población rural, a la que se proyecta atender a futuro.

Tabla 8 : Población del ámbito de jurisdicción de la localidad de Puno – 2017

LOCALIDAD	AREA	POBLACION 2017
PUNO	URBANO	125,018
JAYLLIHUAYA	URBANO	3,619
TOTORANI	URBANO	1,164
UROS CHULLUNI ( SANTA MARIA CUCHO)	RURAL	230
CHIMU CENTRAL	RURAL	182
UROS CHULLUNI (ORCONPLAYA)	RURAL	160
SAN SALVADOR	RURAL	72
TOTAL (hab.)		130,445



## MÉTODOS PARA EL CÁLCULO DE LA PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN

La técnica utilizada para estimar la población futura implica diversos modelos matemáticos que extrapolan el crecimiento demográfico a partir de los datos censales. Se han evaluado varias proyecciones utilizando métodos como el intercensal, aritmético, geométrico, parabólico, exponencial, de incremento de variables y de interés simple. Tras una evaluación exhaustiva, se optó por el método aritmético para la estimación de la población en la localidad de Puno.

Tabla 9 : Proyección de la población – Localidad de Puno

AÑOS	INTERCENSAL	ARITMETICO	GEOMETRICO	PARABOLICO	EXPONENCIAL	INCREMENTO VARIABLE	INTERES SIMPLE
2021	134575	136873	138346	134147	143004	136432	153485
2022	135627	138480	140395	134983	146313	137979	159244
2023	136668	140087	142475	135783	149692	139545	165004
2024	137757	141694	144585	136547	153143	141131	170764
2025	138835	143301	146726	137275	156667	142737	176524
2026	139921	144908	148899	137968	160267	144362	182284
2027	141015	146515	151105	138625	163943	146008	188044
2028	142118	148122	153343	139246	167697	147673	193804
2029	143230	149729	155614	139831	171532	149358	199564
2030	144350	151336	157919	140380	175448	151063	205324
2031	145480	152943	160258	140893	179447	152788	211083
2032	146618	154550	162631	141371	183532	154533	216843
2033	147764	156157	165040	141813	187704	156297	222603
2034	148920	157764	167484	142218	191964	158082	228363
2035	150085	159371	169965	142588	196315	159886	234123
2036	151259	160978	172482	142923	200759	161710	239883
2037	152442	162585	175037	143221	205298	163553	245643
2038	153635	164192	177629	143484	209933	165417	251403
2039	154836	165799	180260	143710	214667	167300	257163
2040	156048	167406	182930	143901	219501	169204	262922
2041	157268	169013	185639	144056	224439	171127	268682
2042	158498	170620	188388	144175	229481	173069	274442
2043	159738	172227	191179	144259	234439	175032	280202
2044	160988	173834	194010	144306	239891	177015	285962
2045	162247	175441	196884	144318	245263	179017	291722
2046	163516	177048	199800	144294	250749	181039	297482
2047	164795	178655	202759	144234	256352	183081	303242
2048	166084	180262	205762	144138	262074	185143	309002
2049	167383	181869	208809	144007	267918	187225	314761
2050	168693	183476	211902	143839	273887	189326	320521

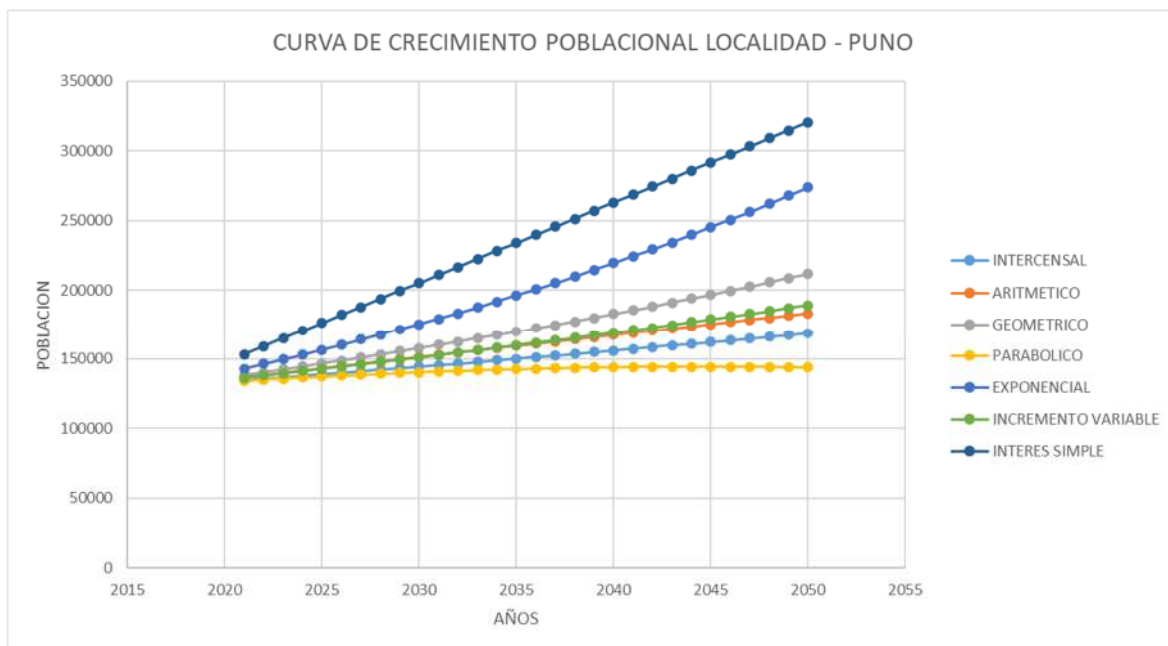


Figura 17 : CURVA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL – LOCALIDAD PUNO

NOTA: Elaboración propia

### Densidad Poblacional

La cantidad de residentes por hogar ha sido calculada según los datos proporcionados por el Censo XLL de Población y VII de Vivienda 2017 del INEI, como se presenta en la tabla siguiente:

Tabla 10 : Densidad Poblacional por localidad

LOCALIDAD	POBLACION TOTAL	TOTAL DE VIVIENDAS OCUPADAS	DENSIDAD POBLACIONAL (hav. / viv.)
Puno	130,445	43,800	2.98

Estimación de la población servida de agua potable:

Utilizando información del suministro de agua proporcionada por la entidad EMSA PUNO, se ha calculado multiplicando el objetivo de alcance de suministro de agua potable por el número de habitantes.

Tabla 11 : *Estimación de la población beneficiada con el suministro de agua potable por zona*

AÑO	PUNO		
	POBLACION TOTAL (hab.)	COBERTURA (%)	POBLACION SERVIDA (hab.)
2021	136873	85.91%	117588
2022	138480	88.22%	122173
2023	140087	89.24%	125014
2024	141694	90.25%	127879
2025	143301	91.23%	130726
2026	144908	91.23%	132192
2027	146515	91.23%	133658
2028	148122	91.23%	135124
2029	149729	91.23%	136590
2030	151336	91.23%	138056
2031	152943	91.23%	139522
2032	154550	91.23%	140988
2033	156157	91.23%	142454
2034	157764	91.23%	143920
2035	159371	91.23%	145386
2036	160978	91.23%	146852
2037	162585	91.23%	148318
2038	164192	91.23%	149784
2039	165799	91.23%	151250
2040	167406	91.23%	152716
2041	169013	91.23%	154182
2042	170620	91.23%	155648
2043	172227	91.23%	157114
2044	173834	91.23%	158580
2045	175441	91.23%	160046
2046	177048	91.23%	151512
2047	178655	91.23%	162978
2048	180262	91.23%	164444
2049	181869	91.23%	165910
2050	183476	91.23%	167376

Tabla 12 : ESTIMACIÓN DE LAS CONEXIONES DE AGUA POTABLE POR ÁREA GEOGRÁFICA

AÑO	LOCALIDAD
	PUNO
Año 1	41791
Año 2	43406
Año 3	44421
Año 4	45436
Año 5	46451
Año 6	48778
Año 7	51105
Año 8	53432
Año 9	54447
Año 10	55462
Año 11	56477
Año 12	57492
Año 13	58507
Año 14	59522
Año 15	60537
Año 16	61552
Año 17	62567
Año 18	63582
Año 19	64597
Año 20	65612
Año 21	66627
Año 22	67642
Año 23	68657
Año 24	69672
Año 25	70687
Año 26	71702
Año 27	72717
Año 28	73732
Año 29	74747
Año 30	75762

Cantidad de agua necesaria para el servicio de suministro de agua potable

La evaluación del volumen de agua potable necesario para los usuarios, fue en base a las conexiones y el consumo medio por conexión, dichas proyecciones incluyen las pérdidas técnicas y no técnicas.

Tabla 13 : DEMANDA DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE DE LA LOCALIDAD DE PUNO

AÑO	AÑO	CONSUMO DEMANDADO M3/ AÑO	PERIDAS NO TECNICAS m3/año	POBLACION NO SERVIDA m3/año	PERDIDAS TECNICAS m3/año	DEMANDA TOTAL m3/año	DEMANDA PROMEDIO ANUAL Qp lps	DEMANDA MÁXIMA DIARIA Qmd lps	DEMANDA MÁXIMA HORARIA Qmh lps
2021	AÑO 1	4696568	506549	175979	1681616	6882448	218	284	393
2022	AÑO 2	5049690	453869	148805	1778688	7279737	231	300	416
2023	AÑO 3	6072289	444456	137544	1744431	8257458	262	340	471
2024	AÑO 4	6623840	394926	126063	1691842	8706336	276	359	497
2025	AÑO 5	7221010	335956	114744	1722902	9274993	294	382	529
2026	AÑO 6	7777205	276893	116031	1732474	9781044	310	403	558
2027	AÑO 7	8310470	289539	117317	1740580	10334351	328	426	590
2028	AÑO 8	8879530	302960	118604	1743295	10918775	346	450	623
2029	AÑO 9	9486728	317156	119891	1739936	11536028	366	476	658
2030	AÑO 10	10134609	332224	121178	1729768	12187967	386	502	696
2031	AÑO 11	10825862	348222	122464	1846596	13011140	413	536	743
2032	AÑO 12	11563352	365212	123751	1971224	13889274	440	573	793
2033	AÑO 13	12350131	383258	125038	2104168	14825996	470	611	846
2034	AÑO 14	13189452	402433	126325	2245975	15825173	502	652	903
2035	AÑO 15	14084779	422810	127611	2397231	16890923	536	696	964
2036	AÑO 16	15039805	444469	128898	2558558	18027636	572	743	1029
2037	AÑO 17	16058462	467495	130185	2730620	19239985	610	793	1098
2038	AÑO 18	17144942	491978	131472	2914123	20532953	651	846	1172
2039	AÑO 19	18303708	518016	132758	3109822	21911846	695	903	1251
2040	AÑO 20	19539517	545711	134045	3318517	23382316	741	964	1335
2041	AÑO 21	20857435	575172	135332	3541064	24950388	791	1029	1424
2042	AÑO 22	22262859	606516	136619	3778374	26622475	844	1097	1520
2043	AÑO 23	23761540	639868	137905	4031416	28405414	901	1171	1621
2044	AÑO 24	25359603	675360	139192	4301224	30306486	961	1249	1730
2045	AÑO 25	27063573	713134	140479	4588899	32333445	1025	1333	1846
2046	AÑO 26	28880400	753340	141766	4895613	34494554	1094	1422	1969
2047	AÑO 27	30817489	796140	143052	5222615	36798615	1167	1517	2100
2048	AÑO 28	32882727	841702	144339	5571236	39255002	1245	1618	2241
2049	AÑO 29	35084514	890212	145626	5942892	41873702	1328	1726	2390
2050	AÑO 30	37431801	941861	146913	6339095	44665352	1416	1841	2549

## VOLUMEN DE REGULACIÓN DEL RESERVORIO (M3)

$$V = 0.25 \times Q_p \times 86400/1000 = 19,461.60 \text{ m}^3$$

$$\text{VOLUMEN CONTRA INCENDIO (M3)} = 50.00 \text{ M3}$$

$$\text{VOLUMEN DE RESERVA (M3)} = 10.00 \text{ M3}$$

$$\text{VOLUMEN TOTAL DEL RESERVORIO} = 19521.60 \text{ M3}$$

Nota: Por criterios técnicos el nuevo volumen de almacenamiento total será de 19,525 m<sup>3</sup>

$$\text{VOLUMEN TOTAL DE ALMACENAMIENTO} = 19,525 \text{ m}^3$$

Según el Plan Maestro Optimizado Emsa Puno S.A. 2021-2051. La capacidad de almacenamiento actual en la localidad de Puno, está conformada por 18 reservorios que tienen una capacidad total de 13440 m<sup>3</sup>, con 01 reservorio de tipo elevado y 17 reservorios de tipo apoyado.

Tabla 14 : DESCRIPCION DE LOS RESERVORIOS – PUNO

IDENTIFICACION	CAPACIDAD (m3)	TIPO	ESTADO DE CONSERVACION	OPERATIVO (SI /NO)	UBICACIÓN
R-01	300	APOYADO	REGULAR	SI	VILLA PAXA
R-02/EB	660	APOYADO	REGULAR	SI	SAN MIGUEL
R-03	850	APOYADO	REGULAR	SI	RICARDO PALMA
R-04/ EB	660	APOYADO	REGULAR	SI	MANTO NORTE
R-05	850	APOYADO	REGULAR	SI	VERTIENTE EL MANTO - SALCEDO
R-250	250	APOYADO	REGULAR	SI	RICARDO PALMA
R-300	300	APOYADO	REGULAR	SI	SAN JUAN DE DIOS - SALCEDO
R-850	850	APOYADO	REGULAR	SI	PARQUE INDUSTRIAL
R-2000	2000	APOYADO	REGULAR	SI	JALLIHUAYA
RA-02	320	APOYADO	REGULAR	SI	CHANU CHANU
RA-03/EB	2500	APOYADO	REGULAR	SI	CHACARILLA
RA-05	1175	APOYADO	REGULAR	SI	TALLER MANTO
RA-06	1325	APOYADO	REGULAR	SI	TOTORANI - LAS CRUCES
RA-07	225	APOYADO	REGULAR	SI	ARACMAYO - I
RA-07	125	APOYADO	REGULAR	SI	ARACMAYO - II
RAE-06 CRH	250	APOYADO	BUENO	SI	HABITAT TOTORANI
R - Elevado	300	ELEVADO	REGULAR	SI	AZIRUNI- SALCEDO
R- (Metalico)	500	APOYADO	BUENO	SI	ARACMAYO - III
Capacidad Total	13440				

Por esta razón se hará el descuento en base a la capacidad de almacenamiento existente.

Volumen total de almacenamiento – volumen de almacenamiento existente: 6,085 m<sup>3</sup>

En el proceso de elección del depósito de almacenamiento para satisfacer la demanda estimada, se optó por un tanque elevado de 1200 m<sup>3</sup> en un suelo blando. Esta elección se fundamenta en la adaptación de la capacidad a la demanda estimada, asegurando una eficiente utilización de recursos y facilitando una distribución equitativa de la carga en suelos blandos. Además, la capacidad reducida del tanque no solo optimiza la construcción, mantenimiento y operación, sino que también se alinea con las consideraciones económicas y temporales del proyecto.

Tabla 15 : TANQUES ELEVADOS PROYECTADOS

IDENTIFICACION	CAPACIDAD (m <sup>3</sup> )	TIPO	UBICACIÓN
TE-1	1200	ELEVADO	ESTADIO ENRIQUE TORRES BELON
TE-2	1400	ELEVADO	ESTADIO ENRIQUE TORRES BELON
TE-3	1600	ELEVADO	ESTADIO ENRIQUE TORRES BELON
TE-4	1885	ELEVADO	ESTADIO ENRIQUE TORRES BELON
Capacidad Total	6085		

PREDIMENSIONAMIENTO DE LOS DIFERENTES TANQUES ELEVADOS

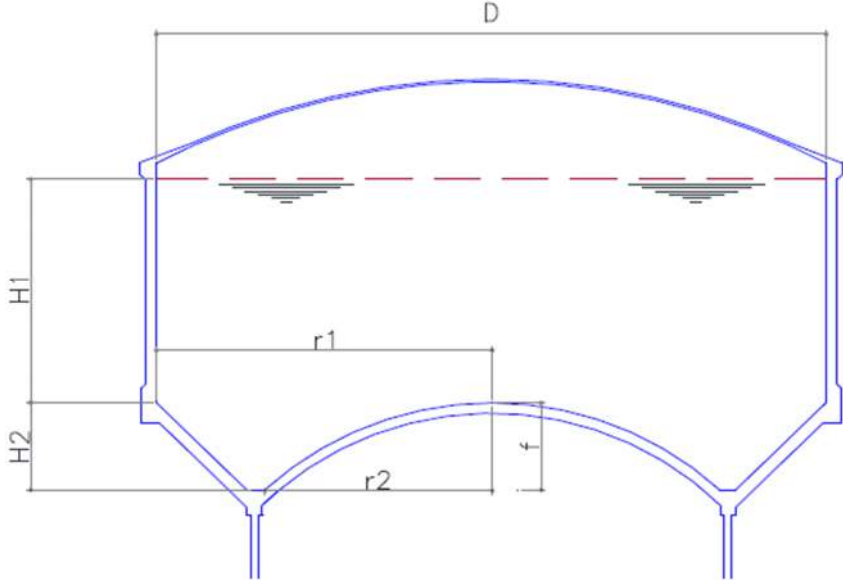


Tabla 16 : MEDIDAS DE PREDIMENSIONAMIENTO DE LOS TANQUES ELEVADOS

TANQUE	a (m)	b (m)	h1 (m)	h2 (m)	f (m)	v1 (m3)	v2 (m3)	V ch (m3)	V.A. (m3)
TE-1	7.5	5	6	2.3	2.95	694.423	506.464	16.13	1200.887
TE-2	8.25	5.5	4.7	4.31	4.23	797.249	602.99	12.63	1400.239
TE-3	8.7	5.8	4.82	4.5	4.5	914.159	686.511	12.96	1600.67
TE-4	9	6	6.3	2.3	1.93	1042.38	842.799	16.93	1885.179
								Capacidad Total	6086.975

Dónde:

a = Radio mayor del tanque

b = Radio menor del cono

h1 = Altura del muro



$h_2$  = Altura del tronco cónico

$f$  = Flecha cúpula inferior

$V_{ch}$  = Volumen de chimenea

Para todos los casos se considerará la altura de fuste de 18 m.

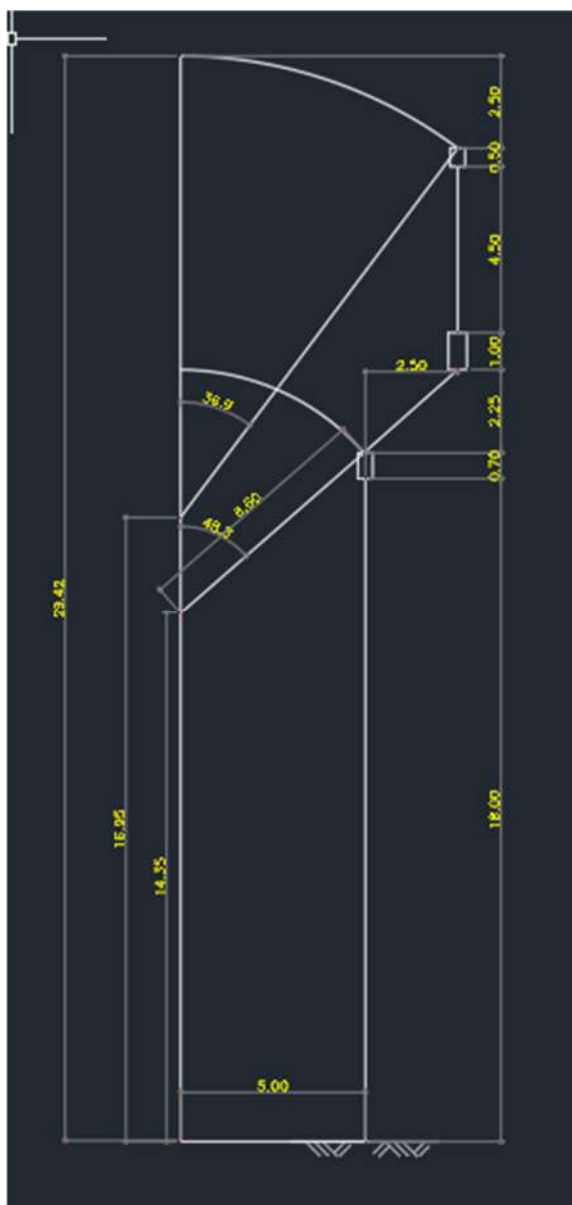


Figura 18 : MODELO DEL TANQUE ELEVADO

NOTA: Elaboración Propia

PARAMETROS SISMICOS:

Tabla 17 : DATOS PARA EL DISEÑO

PARA CONCRETO 280 KG/CM2		
fcr =	280	kg/cm <sup>2</sup>
fct =	28	kg/cm <sup>2</sup>
Fy=	4200	kg/cm <sup>2</sup>
Es =	2000000	kg/cm <sup>2</sup>
Ec =	250998	kg/cm <sup>2</sup>
n =	8	cm
$\gamma_{H^A}$ =	2500	kg/m <sup>3</sup>

Dónde:

fcr = Esfuerzo a compresión del concreto

fct = Esfuerzo a tracción del concreto

Ec = Modulo de elasticidad del concreto

Es = Modulo de elasticidad del acero

Fy = Fluencia del acero

$\gamma_{H^A}$ = Modulo de poisson

n = Relación de módulos

Tabla 18 : Estimación inicial de los espesores y tamaños de los componentes

ESPESOR DE ELEMENTOS h		Cuantias	b ancho [m]*	Ac [cm <sup>2</sup> ]	n As	P [tn]
espesor cupula superior =	7 cm	0.004	1.000	700	22.4	20
espesor viga anillo superior =	40 cm	0.008	0.500	2,000	128	60
espesor de muro =	30 cm	0.018	1.000	3,000	432	96
espesor viga anillo inferior =	50 cm	0.018	1.000	5,000	720	160
espesor de muro tronco conico =	35 cm	0.025	1.000	3,500	700	118
espesor de cupula inferior =	30 cm	0.010	1.000	3,000	240	91
espesor anillo inferior cupula =	40 cm	0.010	0.700	2,800	224	85
espesor fuste =	22.5 cm	0.003	1.000	2,250	54	65

Dónde:

P = Resistencia a la tracción en servicio.

Para obtener los pesos de los elementos estructurales haremos uso del software SAP2000. Se hará 30 particiones de 12° para obtener 360° después, procedemos a determinar las fuerzas de reacción en cada punto.

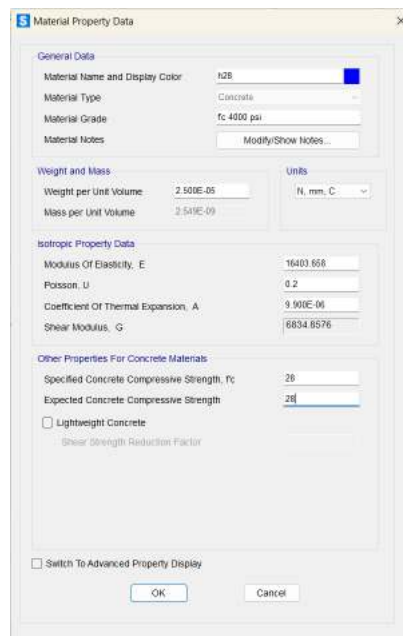


Figura 19 : Definición de materiales Concreto 280 kg/cm<sup>2</sup>

Nota: elaboración propia



Figura 20 : Definición de materiales Acero 4200 kg/cm2

Nota: elaboración propia

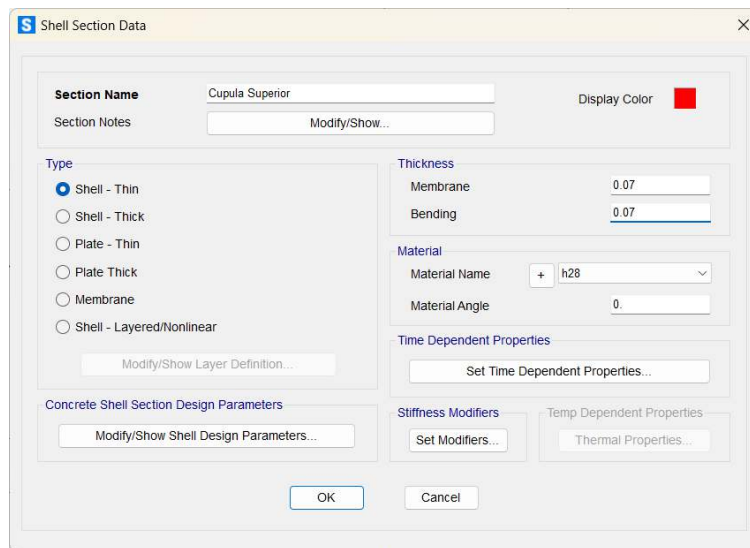


Figura 21 : Determinación de secciones – Cúpula superior

Nota: elaboración propia

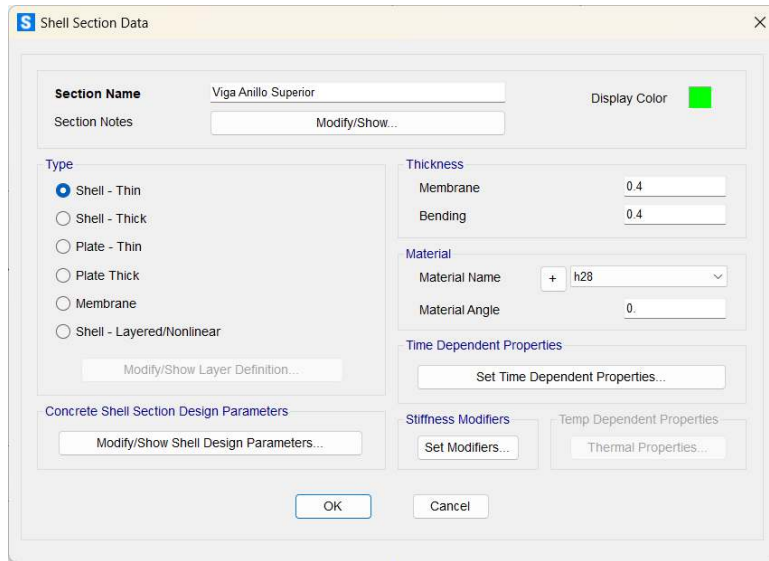


Figura 22 : Determinación de secciones – Viga anillo superior  
 Nota: elaboración propia

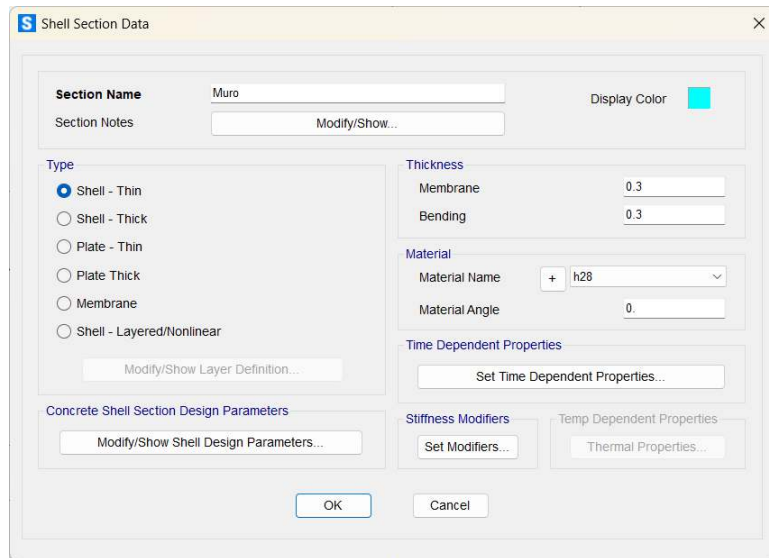


Figura 23 : Definición de secciones – Muro  
 Nota: elaboración propia

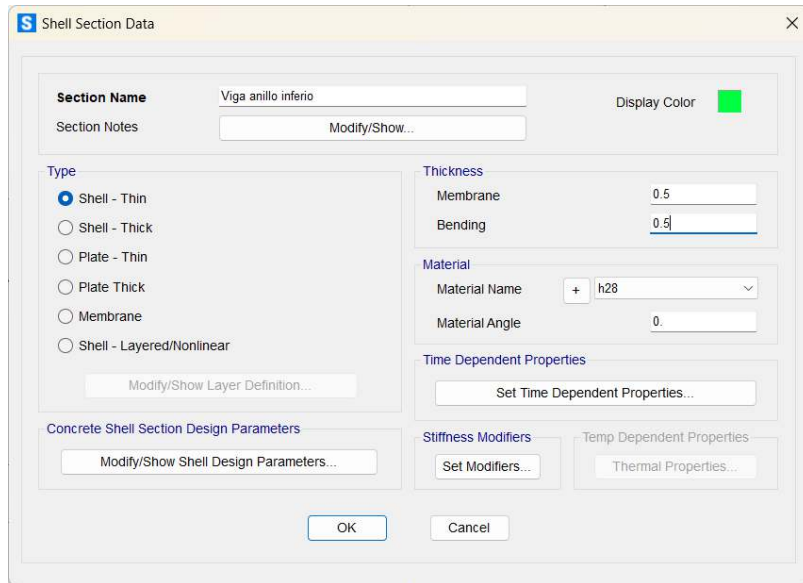


Figura 24 : Determinación de secciones – Viga anillo inferior

Nota: elaboración propia

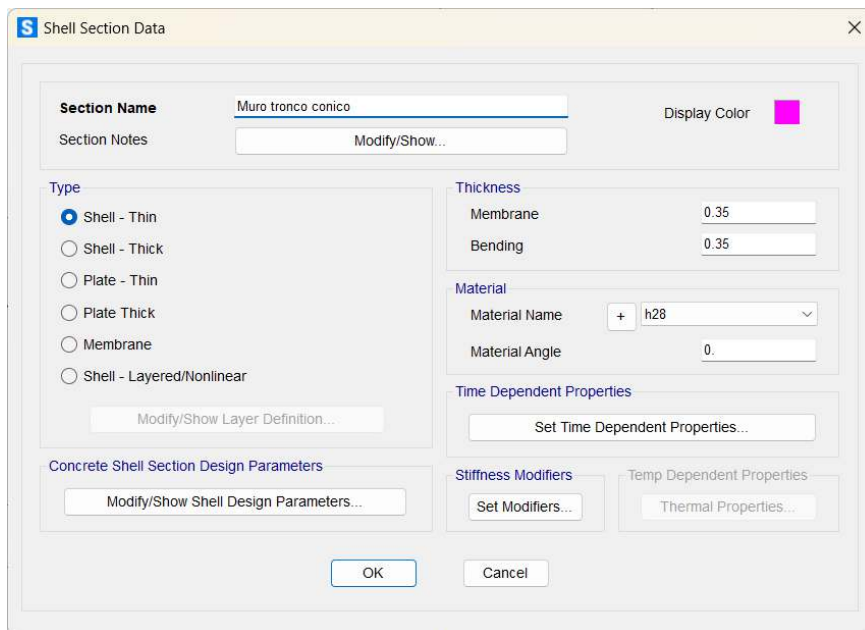


Figura 25 : Definición de secciones – Muro tronco cónico

Nota: elaboración propia

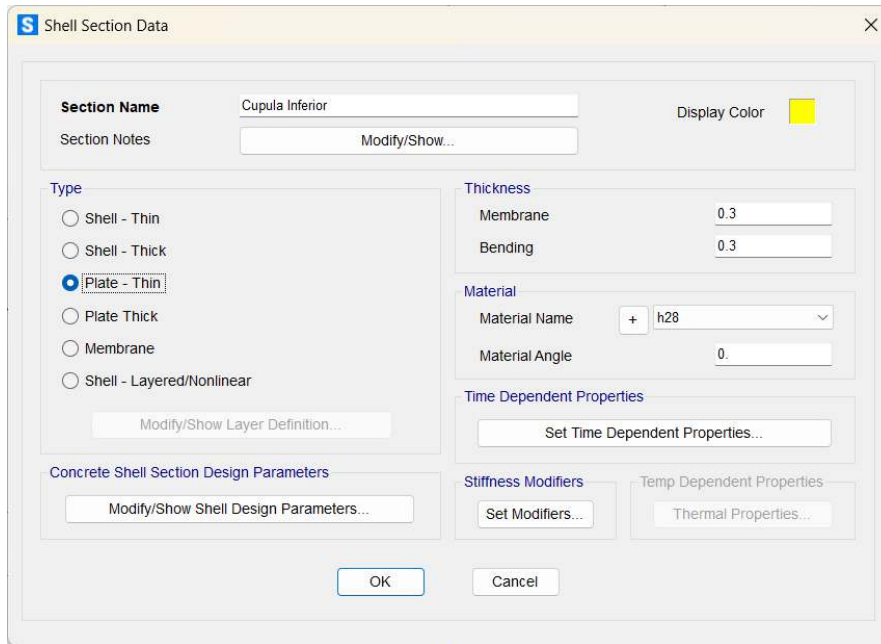


Figura 26 : Determinación de secciones – Cúpula inferior

Nota: elaboración propia

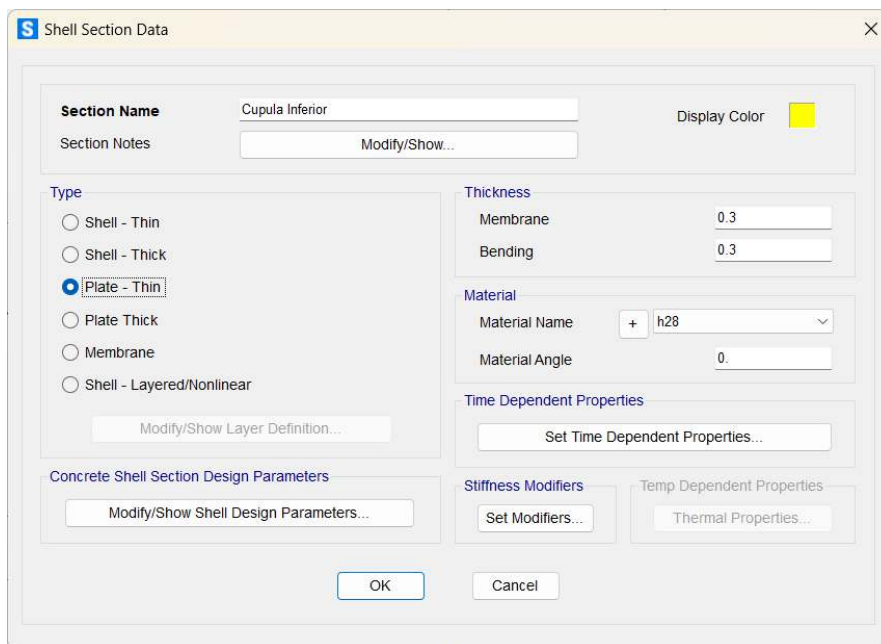


Figura 27 : Determinación de secciones – Cúpula inferior

Nota: elaboración propia

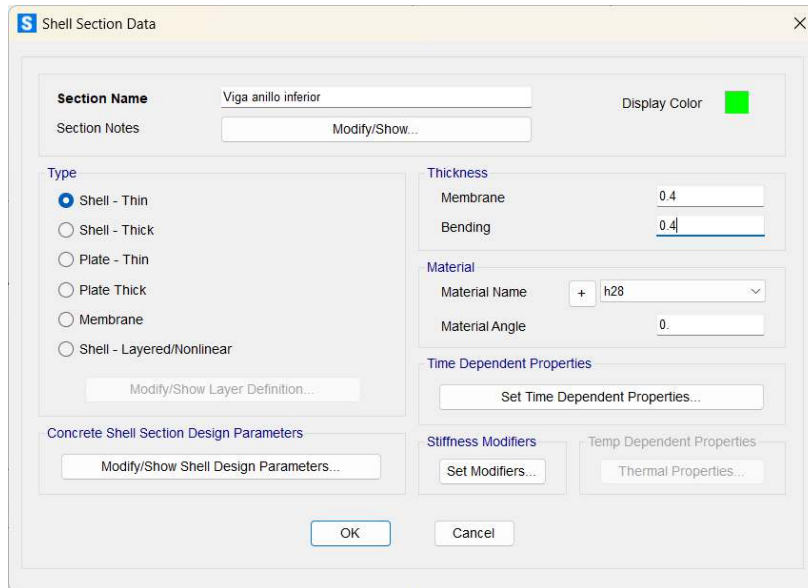


Figura 28 : Determinación de secciones – Viga anillo inferior Cúpula

Nota: elaboración propia

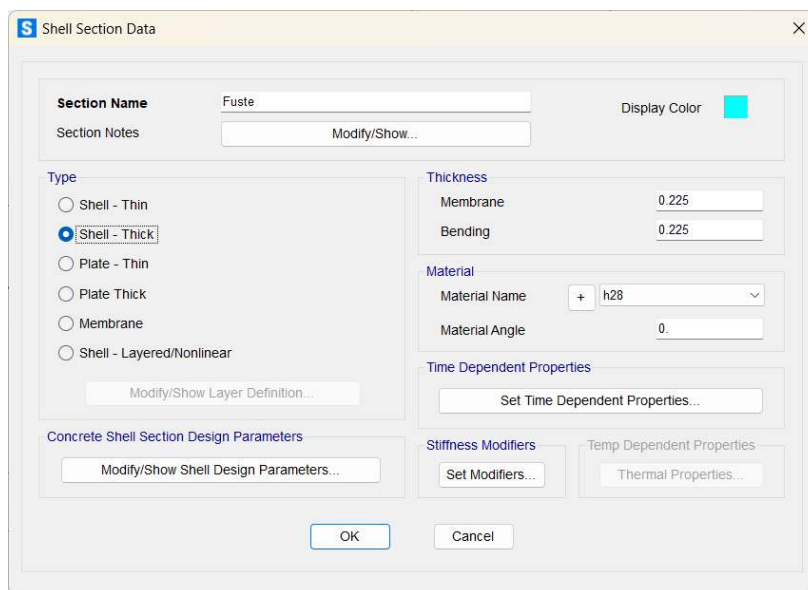


Figura 29 : Determinación de secciones – Fuste

Nota: elaboración propia



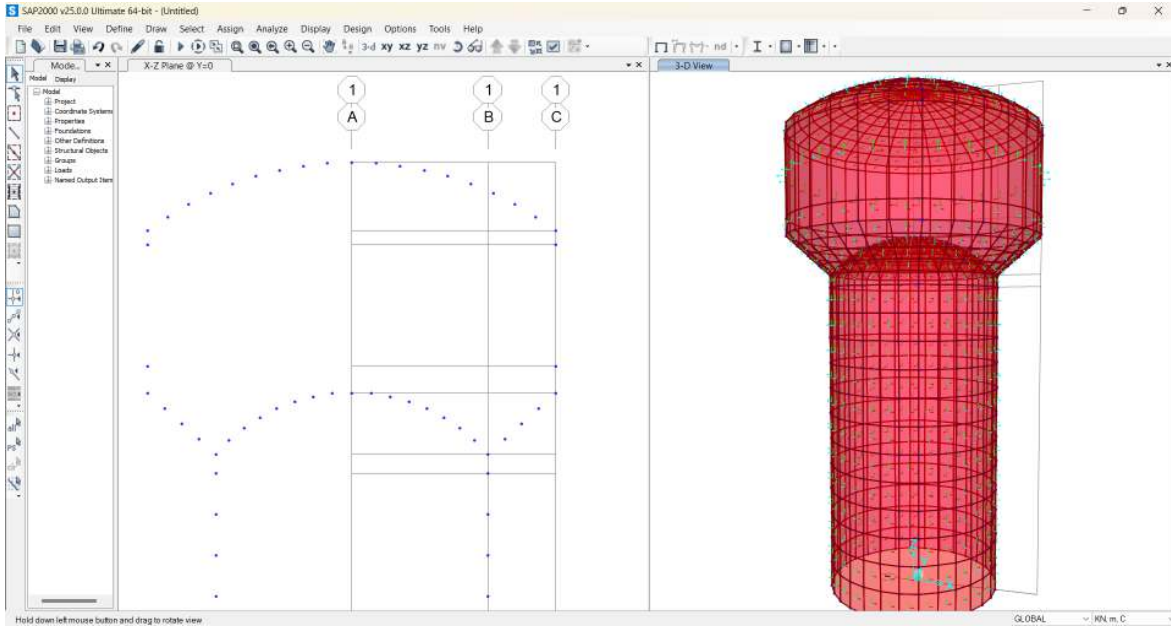


Figura 30 : Modelado 3d- Sap 2000

Nota: elaboración propia

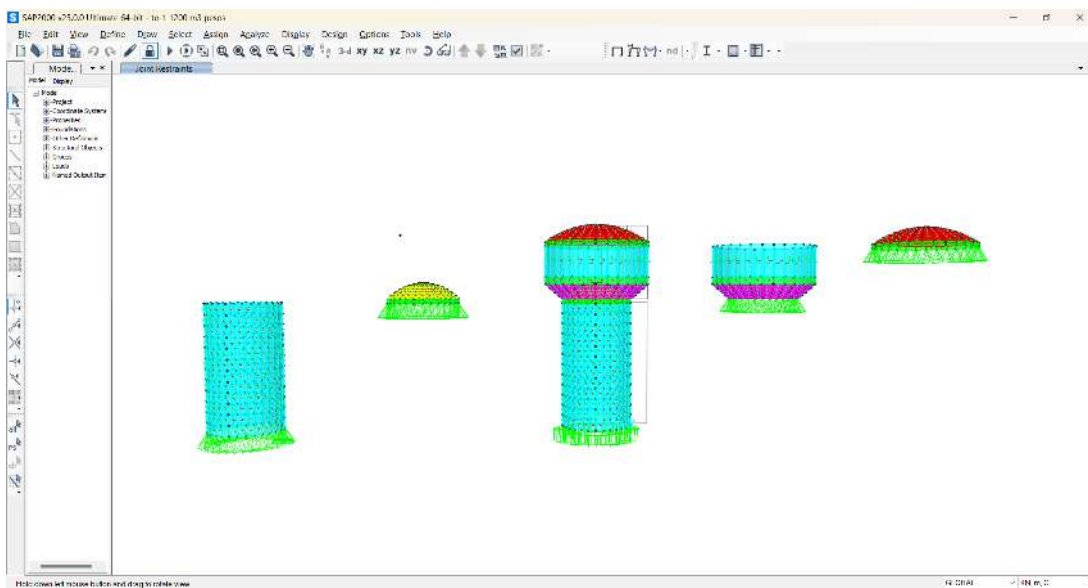


Figura 31 : DIVISION POR ELEMENTOS DEL RESERVORIO

NOTA: ELABORACIÓN PROPIA

Tabla 19 : PESOS DE LOS ELEMENTOS DEL RESERVORIO

Elementos	n° reacciones	KN	Total (KN)
Peso cupula superior y viga superior.	30	19.22	576.60
Peso del muro, viga inferior y muro tronco conico	30	110.78	3323.40
Peso de la cupula inferior y viga de la cupula inferior	30	28.75	862.50
Peso del fuste	30	105.84	3175.20

#### ETAPA 4: ANÁLISIS ESTRUCTURAL CON SAP 2000

##### ANÁLISIS ESTÁTICO:

Determinación del peso completo de la cuba del depósito:

PESOS DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES		
Peso propio Cúpula Sup=	576.6	[KN]
Peso propio Muro=	3323.4	[KN]
Peso propio Cúpula Inf=	862.5	[KN]
peso propio fuste=	3175.2	[KN]
Peso Carga viva en Cúpula=	97.5	[KN]
Peso total sobre muro=	4860	[KN]

Figura 32 : Pesos de los elementos del reservorio

NOTA: ELABORACIÓN PROPIA

#### CALCULO DEL FACTOR DE REDUCCION DEL PESO DE LOS MUROS

Se determinará el coeficiente de ajuste del peso de las paredes considerando el efecto de la carga.

Ecuación del factor de corrección 
$$\epsilon = \left[ 0.0151 \left( \frac{D}{H_L} \right)^2 - 0.1908 \left( \frac{D}{H_L} \right) + 1.021 \right] \leq 1.0$$

D=	15	[m]	Diametro interior del reservorio
Hl=	6.80	[m]	Altura maxima del agua almacenada en el reservorio
Pr=	47.12	[m]	Perímetro del reservorio
Wl=	11780.70	[KN]	Peso del agua en el reservorio
ε=	0.6734	< 1	cumple !!!
Ww=	2238.03	[KN]	
Wet=	6901.08	[KN]	peso del tanque corregido

### CALCULO DE PESOS EFECTIVOS, IMPULSIVAS Y CONVECTIVAS:

Wl= 11780.70 [KN] peso del agua en el reservorio

Formula relación pesos impulsivo y convectivo:

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

$$\frac{W_c}{W_L} = 0.230(D/H_L) \tanh[3.68(H_L/D)]$$

Dónde:

WL = La masa completa del agua guardada en el depósito

W.C. = Peso convectivo

Wi = Peso impulsivo

Wi=	5899.30	[KN]	mi=	601.356	[kN-s2/m]
Wc=	5569.22	[KN]	mc=	567.708	[kN-s2/m]

### CALCULO DE LA RIGIDEZ DEL RESORTE:

Formula de la rigidez de resorte:  $K = 45 * \left(\frac{W_c}{W_L}\right)^2 * \left(\frac{H_L}{D}\right)^2 * \left(0.5 \frac{W_L}{H_L}\right)$

K= 1789.150 [KN/m]

Localización del centro de masa de las cargas gravitacionales del fluido almacenado.

Tomando los criterios del ACI. Para  $h_i$  (elevación de la masa impulsiva)

For tanks with  $\frac{D}{H_L} < 1.333$ ,

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

For tanks with  $\frac{L}{H_L} \geq 1.333$ ,

$$\frac{h_i}{H_L} = 0.375$$

Para  $h_c$  (elevación de la masa convectiva).

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

$$D/H_L = 2.207$$

$h_i = 2.55$  m elevación de la masa impulsiva

$h_c = 4.01$  m elevación de la masa convectiva

**DETERMINACIÓN DE CARGAS SÍSMICAS ESTÁTICAS:**

Z = FACTOR DE ZONA

Tabla 20 : DATOS SEGÚN LA NORMA E.030 Y ACI 350.01:

Z	0.35
U	1.50
C	2.50
S	1.20
Tp	1.00
Tl	1.60
T	0.49
Ri	3.00
Rc	1.00

NOTA: Elaboración propia



Figura 33 : ZONAS SÍSMICAS DEL PERU

NOTA: Norma E 030. Diseño sismorresistente

Tabla N° 1 FACTORES DE ZONA "Z"	
ZONA	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10

Figura 34 FACTORES DE ZONA "Z"

NOTA: Norma E 030. Diseño sismorresistente

U = FACTOR DE IMPORTANCIA O USO

Tabla N° 5 CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR "U"		
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
A Edificaciones Esenciales	A1: Establecimientos del sector salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud.	Ver nota 1
	A2: Edificaciones esenciales para el manejo de las emergencias, el funcionamiento del gobierno y en general aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre. Se incluyen las siguientes edificaciones: - Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1. - Puertos, aeropuertos, estaciones ferroviarias de pasajeros, sistemas masivos de transporte, locales municipales, centrales de comunicaciones. - Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía. - Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua. - Instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades. - Edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos. - Edificios que almacenen archivos e información esencial del Estado.	1,5
B Edificaciones Importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de buses de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas. También se consideran depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.	1,3
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	1,0
D Edificaciones Temporales	Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.	Ver nota 2

Figura 35 CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR "U"

NOTA: Norma E 030. Diseño sismorresistente

C = FACTOR DE AMPLIFICACION SÍSMICA

$$T < T_P \quad C = 2,5$$

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

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

S = PARÁMETRO DE SITIO

Tabla N° 2 CLASIFICACIÓN DE LOS PERFILES DE SUELO			
Perfil	$\bar{V}_s$	$\bar{N}_{60}$	$\bar{s}_v$
S <sub>0</sub>	> 1500 m/s	-	-
S <sub>1</sub>	500 m/s a 1500 m/s	> 50	> 100 kPa
S <sub>2</sub>	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 kPa a 100 kPa
S <sub>3</sub>	< 180 m/s	< 15	25 kPa a 50 kPa
S <sub>4</sub>	Clasificación basada en el EMS		

Figura 36 : CLASIFICACIÓN DE LOS PERFILES DE SUELO

NOTA: Norma E 030. Diseño sismorresistente

TP = PARÁMETRO DE SITIO

TL = PARÁMETRO DE SITIO

Tabla N° 3 FACTOR DE SUELO "S"				
SUELO ZONA	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
Z <sub>4</sub>	0,80	1,00	1,05	1,10
Z <sub>3</sub>	0,80	1,00	1,15	1,20
Z <sub>2</sub>	0,80	1,00	1,20	1,40
Z <sub>1</sub>	0,80	1,00	1,60	2,00

Figura 37 : Factor de suelo

Nota: Norma E.030 Diseño Sismorresistente

Tabla N° 4 PERÍODOS “ $T_P$ ” Y “ $T_L$ ”				
	Perfil de suelo			
	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
$T_P$ (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
$T_L$ (s)	3,0	2,5	2,0	1,6

Figura 38 : Periodos

Nota: Norma E.030 Diseño Sismorresistente

T = PERIODO DEL TANQUE

$$T = \frac{h_n}{C_T}$$

- CT = 35 para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean únicamente pórticos.
- CT = 45 para edificios de concreto armado cuyos elementos sismorresistentes sean pórticos y las cajas de ascensores y escaleras.
- CT = 60 para estructuras de mampostería y para todos los edificios de concreto armado cuyos elementos sismorresistentes sean fundamentalmente muros de corte.

Figura 39 : Periodo del tanque

Nota: Norma E.030 Diseño Sismorresistente

R<sub>i</sub> = FACTOR R PARA LA COMPONENTE IMPULSIVA

R<sub>c</sub> = FACTOR R PARA LA COMPONENTE CONVECTIVA



**Table 4(d)—Response modification factor  $R_w$**

Type of structure	$R_{wi}$ on or above grade	Buried*	$R_{wc}$
(a) Anchored, flexible-base tanks	4.5	4.5 <sup>†</sup>	1.0
(b) Fixed- or hinged-base tanks	2.75	4.0	1.0
(c) Unanchored, contained, or uncontained tanks <sup>‡</sup>	2.0	2.75	1.0
(d) Elevated tanks	3.0	—	1.0

\*Buried tank is defined as a tank whose maximum water surface at rest is at or below ground level. For partially buried tanks, the  $R_{wi}$  value may be linearly interpolated between that shown for tanks on grade, and for buried tanks.

<sup>†</sup> $R_{wi} = 4.5$  is the maximum  $R_{wi}$  value permitted to be used for any liquid-containing concrete structure.

<sup>‡</sup>Unanchored, uncontained tanks may not be built in Zones 2B or higher.

Figura 40 : FACTOR DE RESPUESTA MODIFICADO R

NOTA: ACI 350.01

$h_n =$	29.42	[m]
$D/HL =$	2.21	
$c_w =$	0.158	
$c_i =$	0.0100	
$\omega_i =$	150.36	[rad/seg]
$E_c =$	25,099,800.8	[KN/m <sup>2</sup> ]
$T_i =$	0.042	[seg]
$\lambda =$	5.798	
$\omega_c =$	1.497	[rad/seg]
$T_c =$	4.20	[seg]
$C_i =$	2.29	
$C_c =$	0.34	

Figura 41 RESULTADOS DEL PERIODO CONVECTIVO Y PERIODO IMPULSIVO

NOTA: Elaboración propia

DÓNDE:

hn = Valor de altura total más fuste.

D/HL = Relación de altura con el largo.

ci,cw= coeficientes para determinar la frecuencia fundamental del líquido dentro del tanque

$$C_w = 9.375 \times 10^{-2} + 0.2039\left(\frac{H_L}{D}\right) - 0.1034\left(\frac{H_L}{D}\right)^2 - 0.1253\left(\frac{H_L}{D}\right)^3 + 0.1267\left(\frac{H_L}{D}\right)^4 - 3.186 \times 10^{-2}\left(\frac{H_L}{D}\right)^5$$

$$C_i = C_w \times \sqrt{\frac{t_w}{10R}}$$

Ti= Periodo del tanque con las consideraciones de masa impulsiva

$$T_i = \frac{2\pi}{\omega_i}$$

wi= frecuencia del componente impulsivo del líquido almacenado

$$\omega_i = C_i \times \frac{1}{H_L} \sqrt{\frac{10^3 E_c}{\rho_c}}$$

wc= frecuencia del componente convectivo del líquido almacenado

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

Tc= Periodo del tanque con las consideraciones de masa convectiva

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

C<sub>i</sub>, C<sub>c</sub>= factor de amplificación sísmica considerando las componentes convectivas e impulsivas

C<sub>i</sub> shall be determined as follows

For T<sub>i</sub> ≤ 0.31 s,

$$C_i = \frac{2.75}{S}$$

For T<sub>i</sub> > 0.31 s,

$$C_i = \frac{1.25}{T_i^{2/3}} \leq \frac{2.75}{S}$$

C<sub>c</sub> shall be determined as follows

For T<sub>c</sub> ≥ 2.4 s,

$$C_c = \frac{6.0}{T_c^2}$$

**COEFFICIENT C<sub>w</sub>**

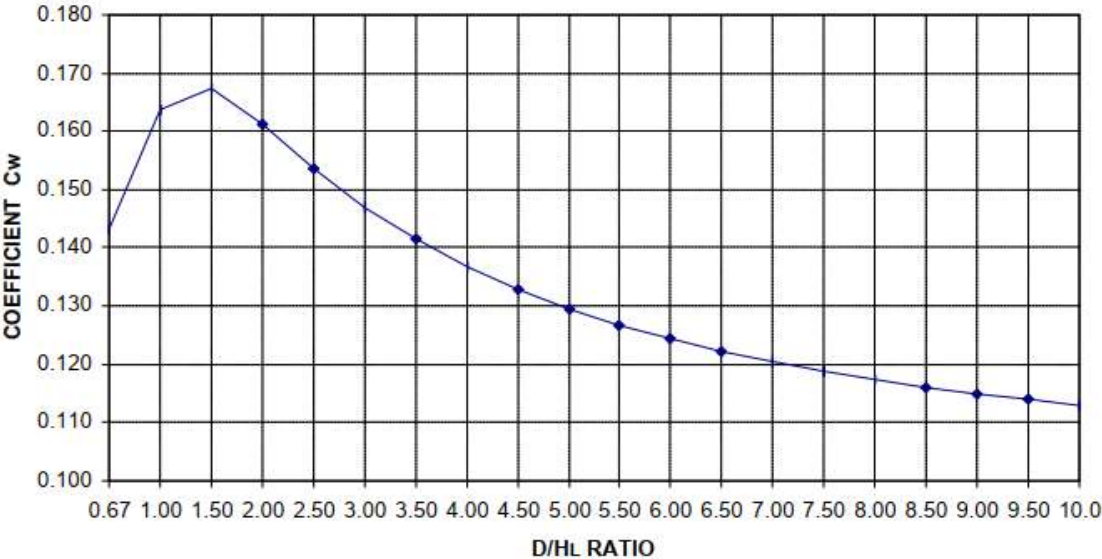


Figura 42 : Coeficiente C<sub>w</sub> para tanques circulares del ACI 350.01

NOTA: ACI.350.01

## DETERMINACIÓN DE PESOS SISMICOS:

Según la Norma E.030, se considera la siguiente fórmula para el cálculo de cortante basal.

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot P$$

Según la norma ACI.350.01, se tiene las siguiente formulas.

$$P_w = ZSIC_i \times \frac{\varepsilon W_w}{R_{wi}}$$

$$P_r = ZSIC_i \times \frac{W_r}{R_{wi}}$$

$$P_c = ZSIC_c \times \frac{W_c}{R_{wc}}$$

$$P_i = ZSIC_i \times \frac{W_i}{R_{wi}}$$

La ventaja de estas es que consideran al factor R de respuesta en funcion de la masa convectiva y masa impulsiva.

Tabla 21 : Resultados de los pesos sismicos

<b>Pw=</b>	<b>3321.14649</b>	<b>[kN]</b>	Peso de inercia lateral de la aceleración del muro
<b>Pc=</b>	<b>1195.04766</b>	<b>[kN]</b>	Peso total de la fuerza convectiva
<b>Pi=</b>	<b>2839.03722</b>	<b>[kN]</b>	Peso total de la fuerza impulsiva

## DETERMINACIÓN DE LA FUERZA CORTANTE EN LA BASE:

Mediante la siguiente formula:

$$V = \sqrt{(P_i + P_w + P_r)^2 + P_c^2}$$

Dónde:

P<sub>i</sub> = Fuerza debido al peso impulsivo

P<sub>w</sub> = Fuerza debido al peso de las paredes del reservorio

P<sub>r</sub> = Fuerza debido al peso de la cúpula

P<sub>c</sub> = Fuerza debido al peso convectivo del liquido

Fuerza cortante en la base                      V=                      **6275.03**                      [KN]

Tabla 22 : DISTRIBUCIÓN DE FUERZAS ESTÁTICAS EN LA ALTURA

NIVEL	PESO	H <sub>i</sub>	P <sub>i</sub> H <sub>i</sub>	F <sub>i</sub>	W= F <sub>i</sub> /L
	[KN]	[m]	[KN-m]		[KN/m]
H convectiva	5569.22	23.67	131814.8	2240.6	47.547
Cupula + muro	2863.383622	22.48	64381.59	1094.364	23.223
H impulsiva	5899.30	22.20	130980.5	2226.419	47.246
Cup inf+ A inv	862.50	18.7	16128.75	274.158	5.818
Fuste 7	453.600	16.5	7484.4	127.2205	3.115
Fuste 6	453.600	13.5	6123.6	104.0895	2.549
Fuste 5	453.600	10.5	4762.8	80.95851	1.982
Fuste 4	453.600	7.5	3402	57.82751	1.416
Fuste 3	453.600	4.5	2041.2	34.6965	0.850
Fuste 2	453.600	3	1360.8	23.131	0.566
Fuste 1	453.600	1.5	680.4	11.5655	0.283
<b>TOTAL</b>	<b>18369.60</b>		<b>369160.9</b>	<b>6275.03</b>	<b>134.595</b>

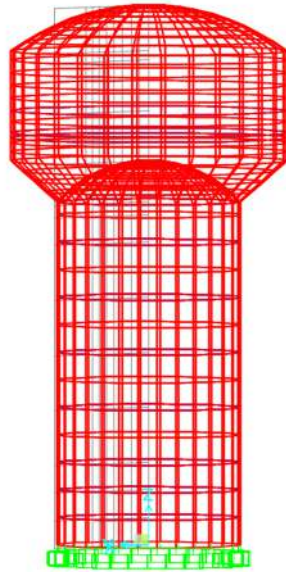


Figura 43 : DISTRIBUCIÓN DE CADA FUERZA ESTÁTICA  
 NOTA: Elaboración propia

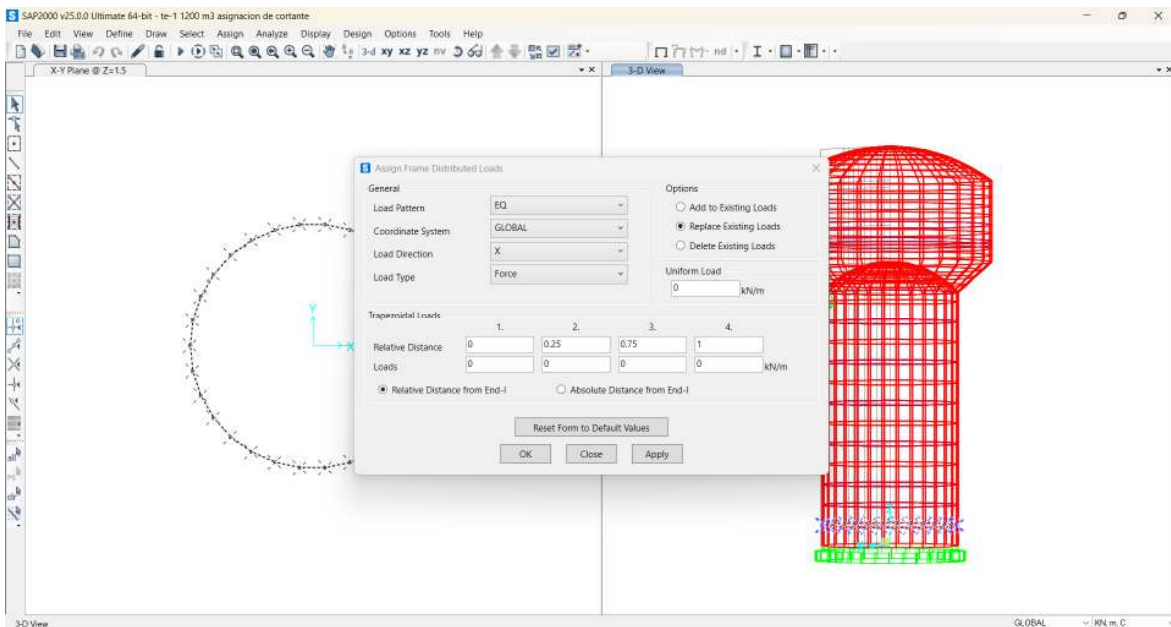


Figura 44 : DISTRIBUCIÓN DE CADA MASA EN SAP 2000  
 NOTA: Elaboración propia

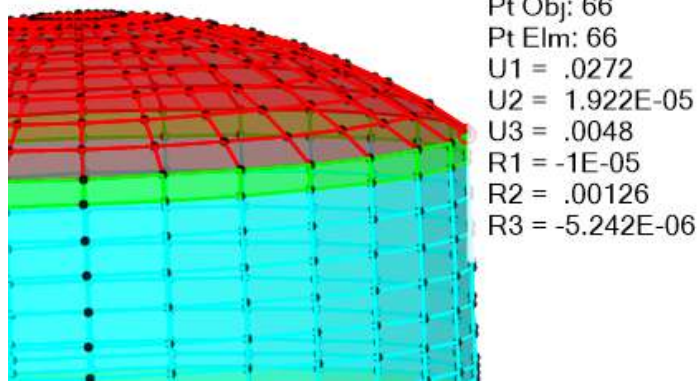


Figura 45 : MAYOR DEFORMACIÓN DEL TANQUE ES DE 2.72 cm  
 NOTA: ELABORACIÓN PROPIA

S Base Reactions									
File View Edit Format-Filter-Sort Select Options									
Units: As Noted								Base Reactions	
Filter:									
	OutputCase Text	CaseType Text	GlobalFX KN	GlobalFY KN	GlobalFZ KN	GlobalMX KN-m	GlobalMY KN-m	GlobalMZ KN-m	
▶	EQ	LinStatic	-6071.107	-1.81E-10	2.188E-09	6.692E-09	-134105.159	-1.523E-08	

Figura 46 : FUERZA CORTANTE EN LA BASE DEL ANÁLISIS ESTÁTICO

NOTA: ELABORACIÓN PROPIA

Cortante basal =  $V = 6071 \text{ KN}$

Momento de volteo =  $M_{vol} = 134105.159 \text{ KN-m}$

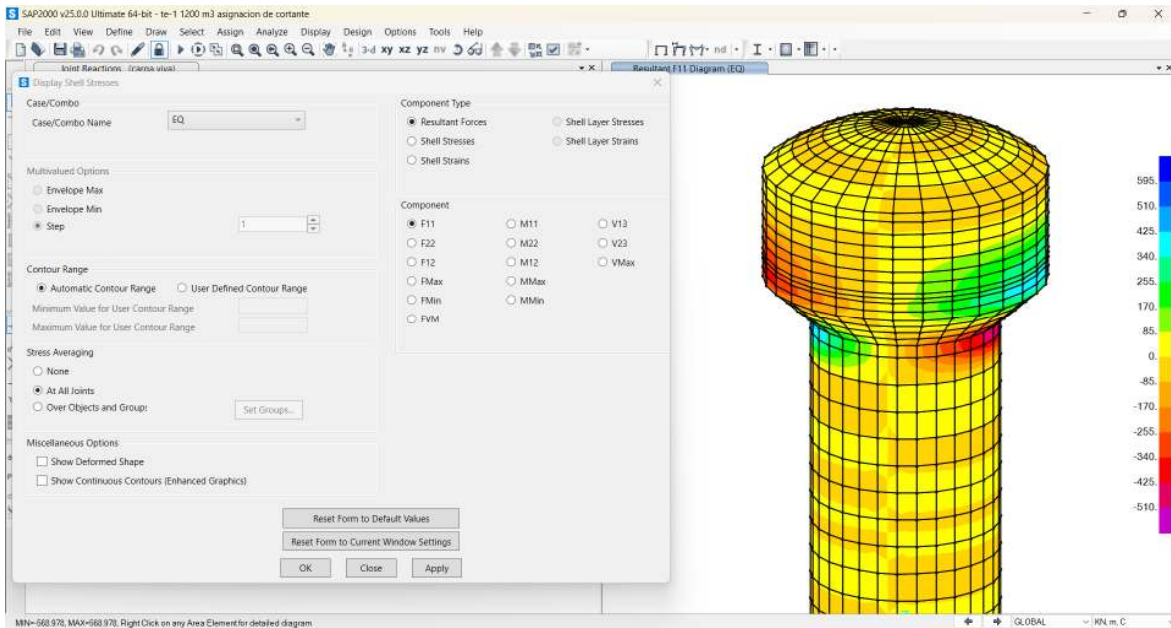


Figura 47 : ESFUERZOS DE TRACCIÓN VS ESFUERZOS DE COMPRESIÓN

NOTA: Elaboración propia

## ANÁLISIS DINÁMICO:

### DEFINICIÓN DE ESPECTRO

Examinamos para cada masa, teniendo en cuenta en la norma ACI 350.01, el coeficiente de comportamiento o respuesta según la tabla correspondiente:

Type of structure	$R_{wi}$ on or above grade	Buried*	$R_{wc}$
(a) Anchored, flexible-base tanks	4.5	4.5 <sup>†</sup>	1.0
(b) Fixed- or hinged-base tanks	2.75	4.0	1.0
(c) Unanchored, contained, or uncontained tanks <sup>‡</sup>	2.0	2.75	1.0
(d) Elevated tanks	3.0	—	1.0

Figura 48 : COEFICIENTE DE RESPUESTA DE LAS FUERZAS SISMICAS R

NOTA: Tabla 4(d) – RESPONSE MODIFICATION FACTOR  $R_w$



Se define el espectro asignando un periodo, factor de amplificación sísmico, con la siguiente formula:

$$S_a = \frac{ZUCS}{R} \cdot g$$

Dónde:

S<sub>a</sub> = Espectro de aceleración

R = Coeficiente de reducción de la fuerza sísmica para masa impulsiva y convectiva.

g = Gravedad (9.81 m/s<sup>2</sup>)

Z = Factor de zona

U = Factor de importancia

C = Factor de amplificación sísmica

S = Factor de Suelo

Para establecer el espectro de aceleración, tomo en consideración un periodo que no exceda los 5 segundos, empleando dos coeficientes de reducción, R<sub>i</sub> = 3.00 y R<sub>c</sub> = 1.00, según lo indicado en la norma ACI 350.01, además de los factores obtenidos de la Norma E.030 de diseño sismorresistente del año 2018.

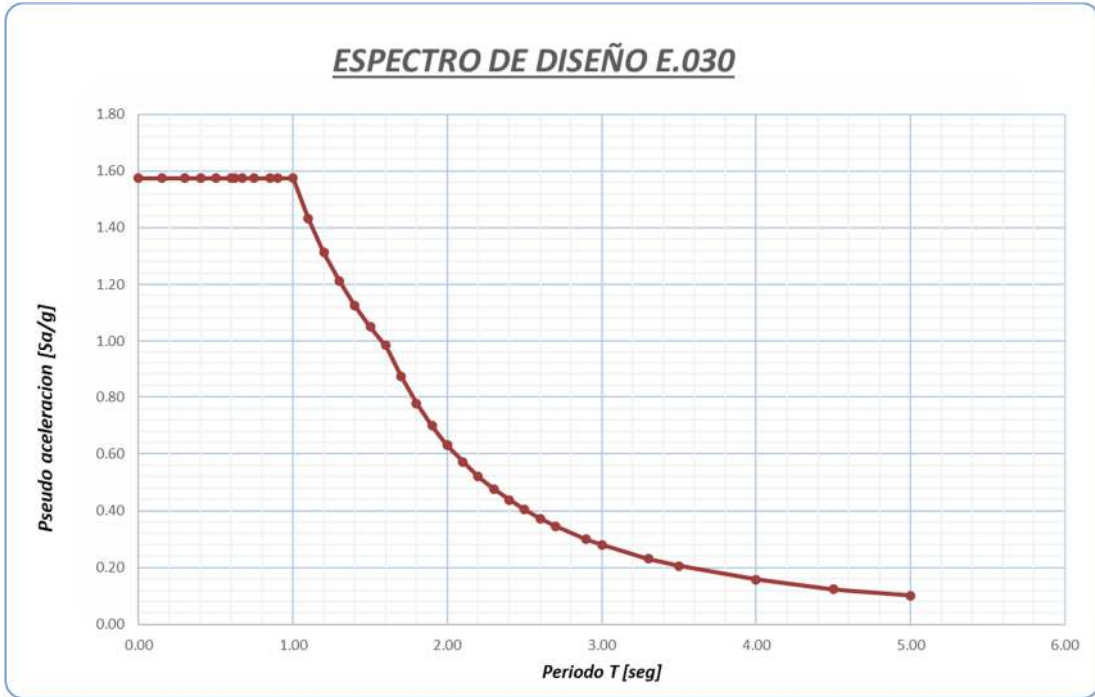


Figura 49 : Espectro de aceleración considerando  $R_c = 1.00$

NOTA: Elaboración propia

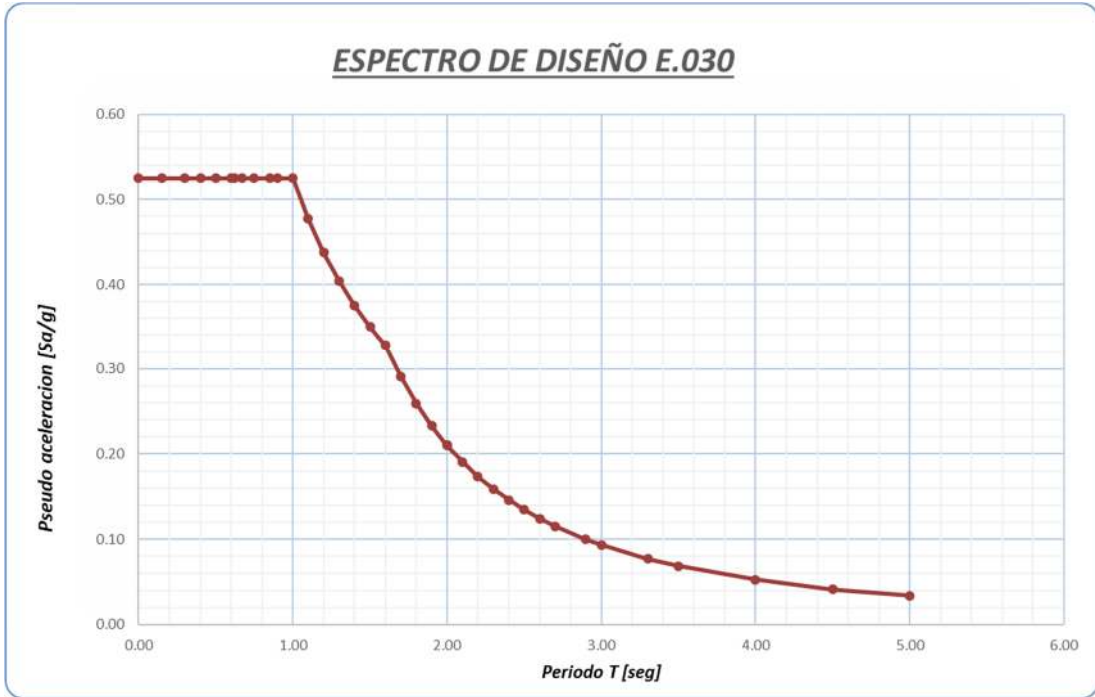


Figura 50 : Espectro de aceleración considerando  $R_i = 3.00$

NOTA: Elaboración propia

ASIGNACIÓN DE MASA IMPULSIVA

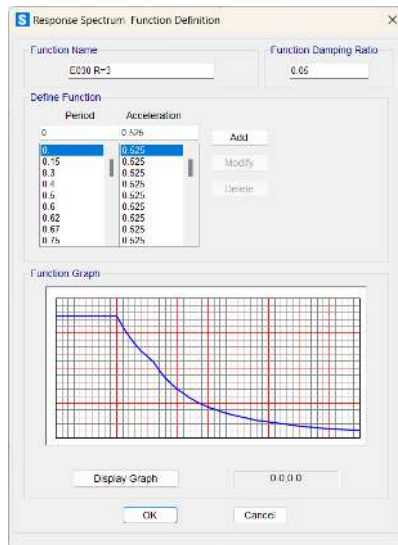


Figura 51 : Asignación del espectro de aceleración  $R_i = 3.00$  en SAP2000

NOTA: Elaboración propia

Asignamos las masas hasta la altura impulsiva que es de  $H= 22.2$ . Por lo que seleccionando la cantidad de puntos fraccionando el muro del tanque resultan 60 puntos.

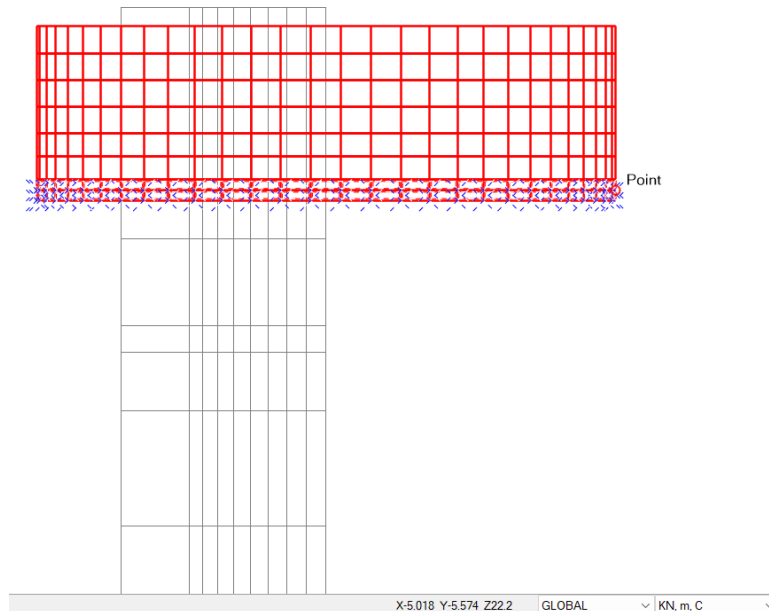


Figura 52 : Asignación de masas hasta la altura impulsiva 22.2m

NOTA: elaboración propia

La masa impulsiva calculada es de  $601.356 \text{ KN-s}^2/\text{m}$ , dividiendo entre la cantidad de puntos que son 60 resultan,  $10.0226 \text{ KN-s}^2/\text{m}$ , la cual será asignada a cada punto de la altura seleccionada.

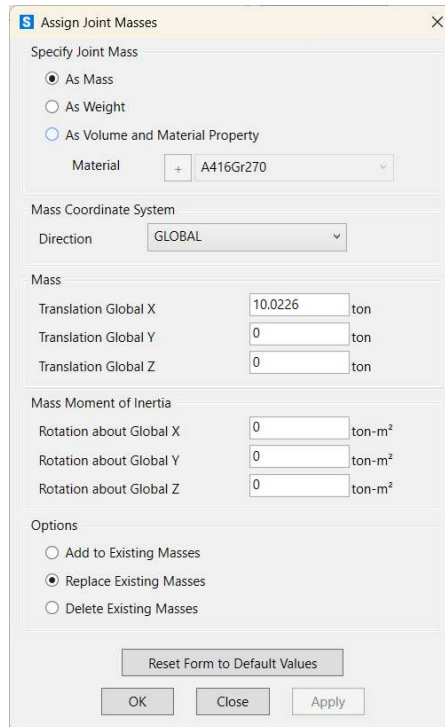


Figura 53 : Asignación de masas hasta la altura impulsiva 22.2m

NOTA: elaboración propia

## ASIGNACIÓN DE MASA CONVECTIVA

### ASIGNACIÓN DE LA RIGIDEZ

Previamente se hizo el cálculo de la rigidez, que era de  $K= 1789.150 \text{ KN/m}$ . En el nivel convectivo tenemos un  $R=1$ , el resorte debe dividirse entre el número de nodos asignados, el espectro de aceleración sísmico considerado en el modelo SAP 2000 es de  $R=3$ . Por lo que al momento de multiplicar por 3 la aceleración sísmica previamente considerada nos da como resultado un  $R=1$ . De esta manera, se estaría asignando a la masa convectiva un espectro de aceleración sísmico de  $R=1$  solo el nivel local de la masa convectiva.

Por lo que el nuevo resorte será

$$K = (1789.150 / 30) * 3 \text{ (KN/M)} = 178.915 \text{ KN/M}$$

Dónde:

30 es el número de puntos a asignar del modelo sap 2000

3 es el coeficiente a multiplicar para asignar un espectro de aceleración R=1

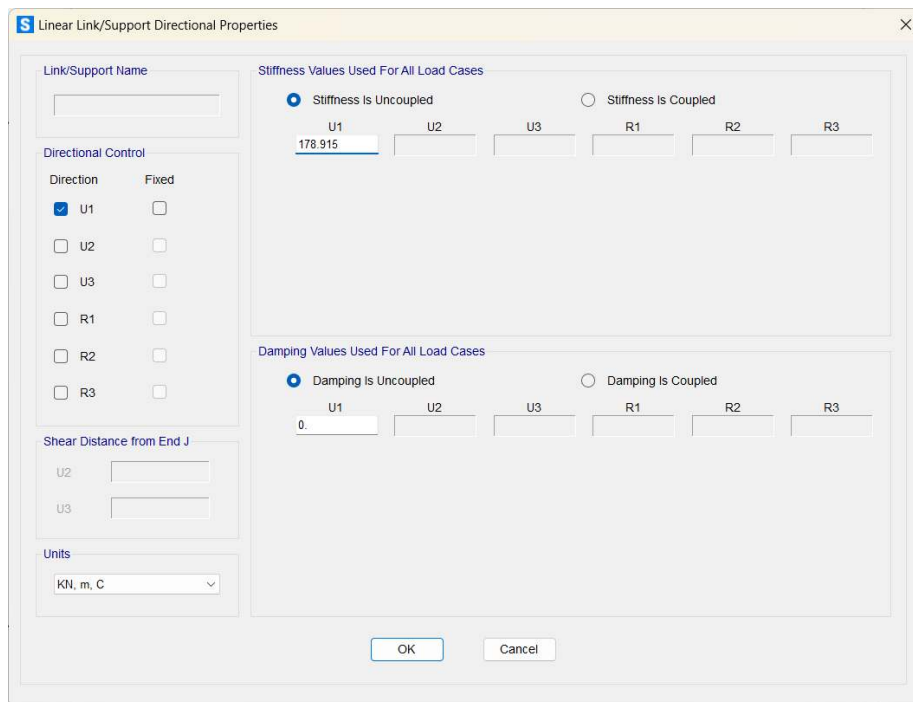


Figura 54 : Asignación de el resorte en el eje local X

NOTA: Elaboración Propia

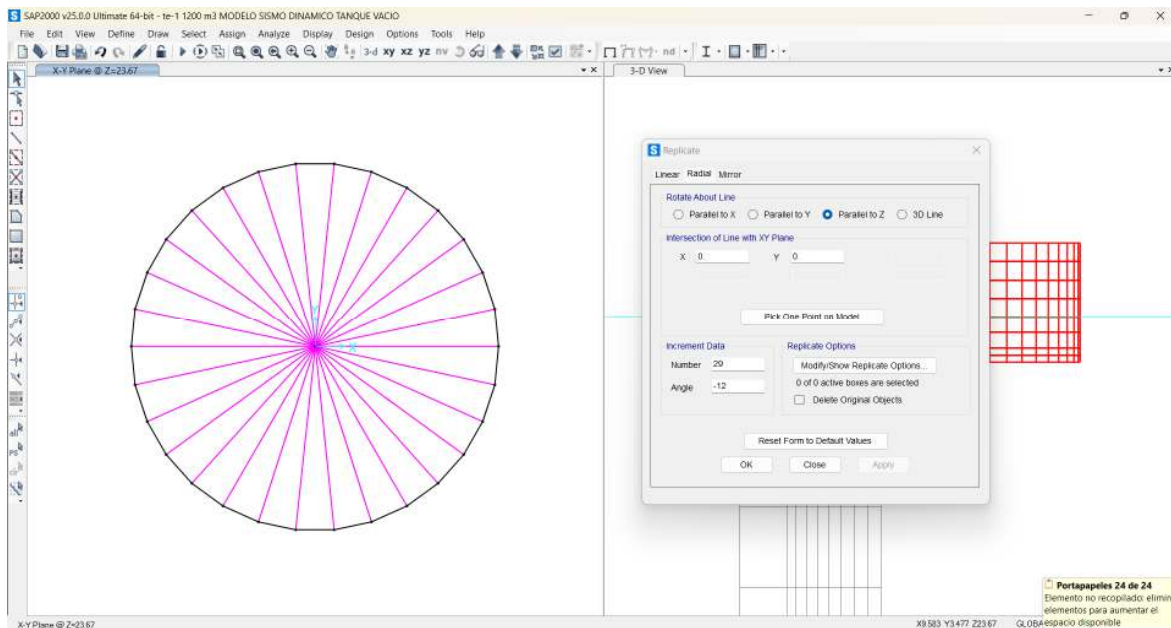


Figura 55 : Dibujo del resorte en SAP2000

NOTA: Elaboración Propia

## MASA CONVECTIVA

La masa convectiva se encuentra en el punto central, por lo que se selecciona el punto medio y asigna la masa convectiva.  $M_c = 567.708 \text{ KN-s}^2/\text{m}$ , que de la misma manera que el Resorte se multiplica por 3.  $M_c = 1703.124 \text{ KN-s}^2/\text{m}$ .

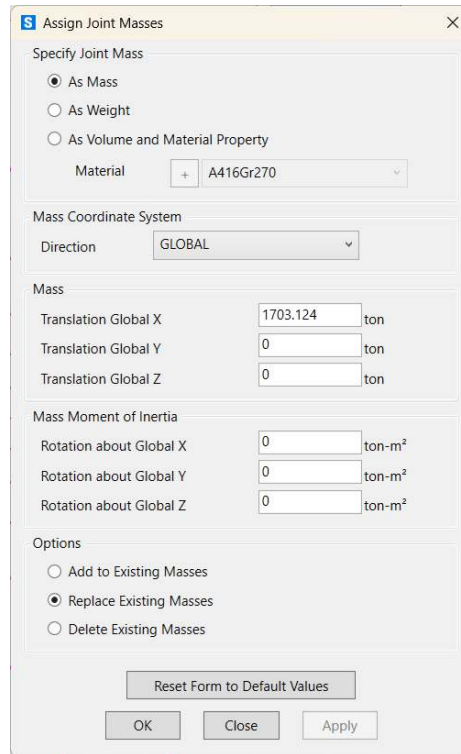


Figura 56 : Asignación de masa convectiva

NOTA: Elaboración Propia

#### ALTURA MÁXIMA DEL AGUA:

De acuerdo al predimensionamiento y a la sección del tanque elevado tenemos como altura máxima el valor de 8.25 m, sin embargo, se debe estimar una altura contra rebalse que a criterio técnico será de 0.20 m, es decir que la altura de nivel de agua máxima será de 8.45 m.



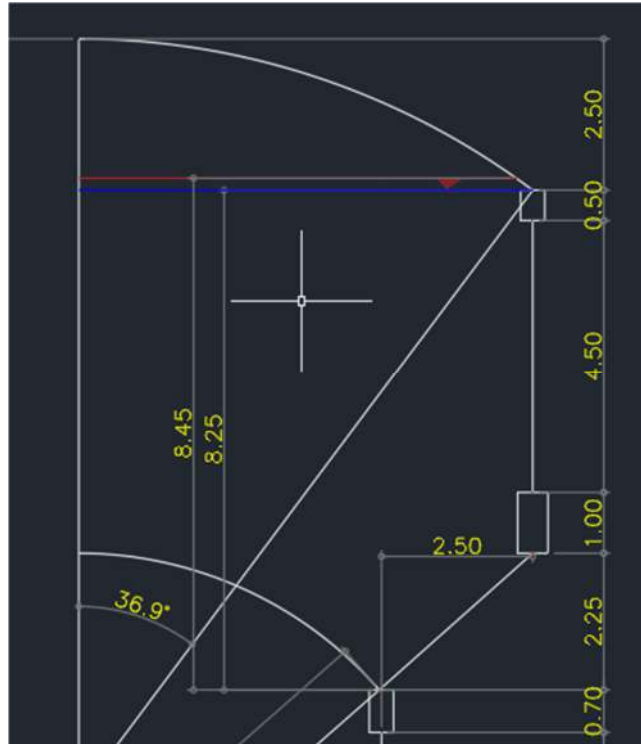


Figura 57 : Medida del nivel de agua máximo en el tanque

NOTA: Elaboración propia

Por lo que la altura total desde la base del fuste a la altura máxima del agua es de 27.15 m.

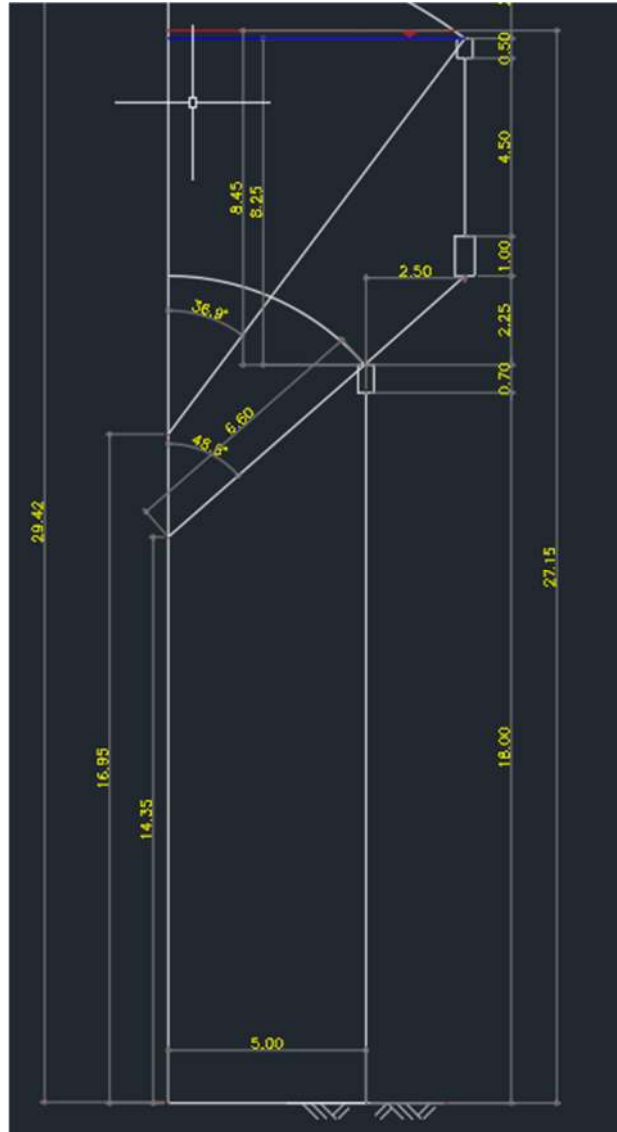


Figura 58 : Medida de la altura total

NOTA: Elaboración Propia

## PRESIONES EN LOS MUROS DE LA CUBA

Asumimos según el método de Housner, que la cuba es una figura cilíndrica con superficie plana, tomando la geometría del reservorio.

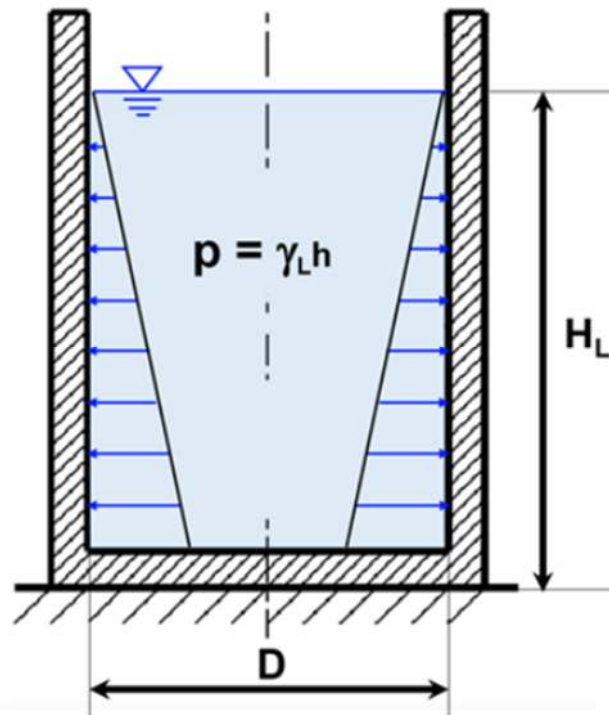


Figura 59 : Modelo idealizado para cálculo de presiones ( $\gamma$  agua = 9.81 KN/m<sup>3</sup>)

NOTA: Modelo matemático

El resultado en la pared cilíndrica y tronco cónico es  $p = 82.89$  KN/m<sup>2</sup>

COEFICIENTES DE VARIACIÓN:

$$C(Z) + D = P$$

Dónde:

Z = es el eje local que partirá desde 0 hasta alcanzar 27.15 m que es la altura total.

$$C(18.7) + D = 82.89$$

$$C(27.15) + D = 0$$

Entonces:  $C = -9.81$  y  $D = 266.34$

# PRESIONES EN LA CUPULA INFERIOR

Para la cúpula inferior:

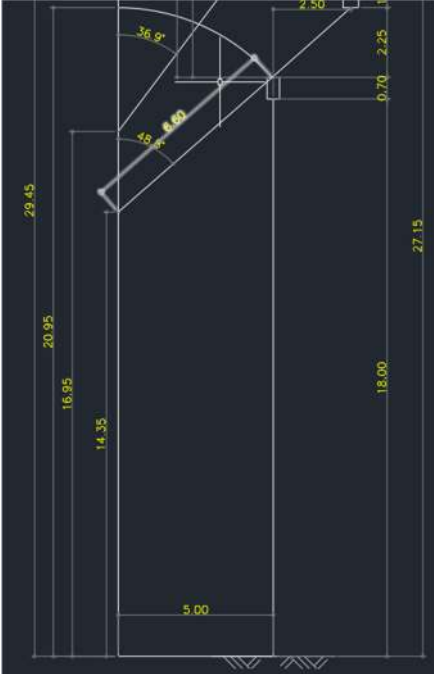


Figura 60 : Altura cúpula inferior a la base del fuste 20.95 m

NOTA: Elaboración propia

Por lo que la altura desde la cúpula inferior a la altura máxima es de 6.2 m.

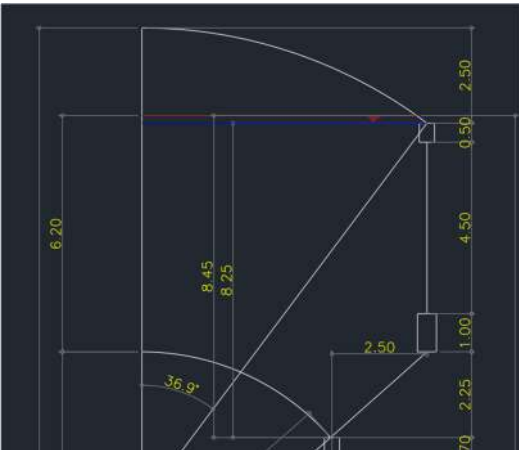


Figura 61 : Altura desde la cúpula inferior a el nivel máximo de agua

NOTA: Elaboración propia

Se tiene dos presiones en la base y en la cima.

Cima  $P_1 = 60.82 \text{ KN/m}^2$

Base  $P_2 = 82.89 \text{ KN/m}^2$

COEFICIENTES DE VARIACIÓN:

$$C(Z) + D = P$$

Dónde:

Z = es el eje local que partirá desde 0 hasta alcanzar 27.15 m que es la altura total.

$$C(20.95) + D = 60.82$$

$$C(18.70) + D = 82.89$$

Entonces:  $C = -9.81$  y  $D = 266.34$ .

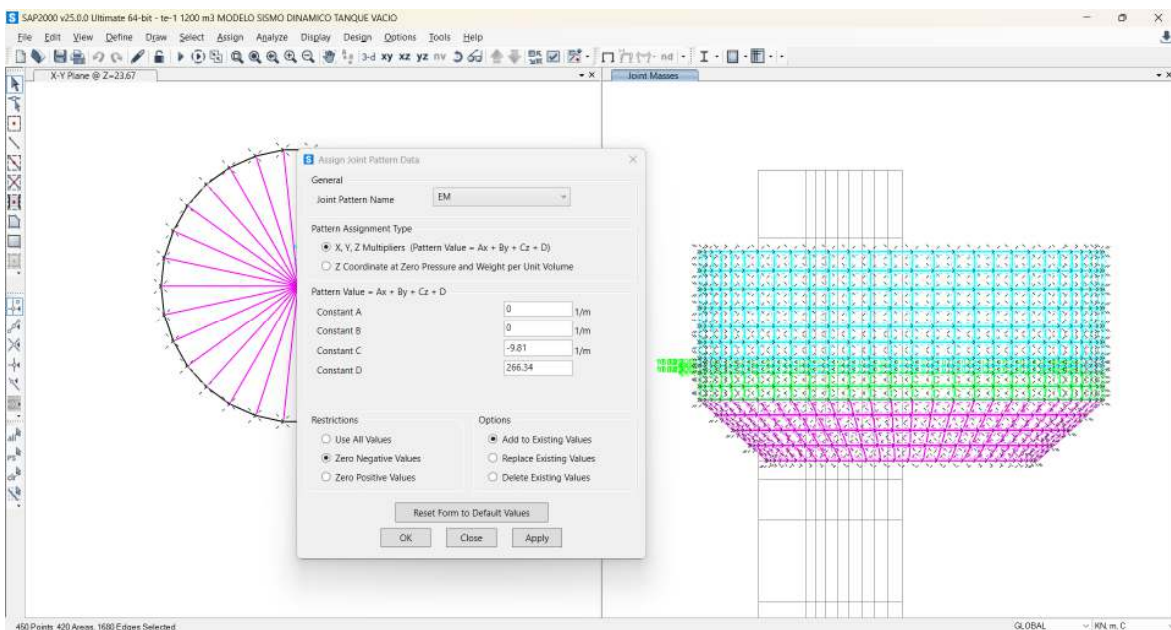


Figura 62 : Asignación de constantes para el muro

NOTA: Elaboración propia

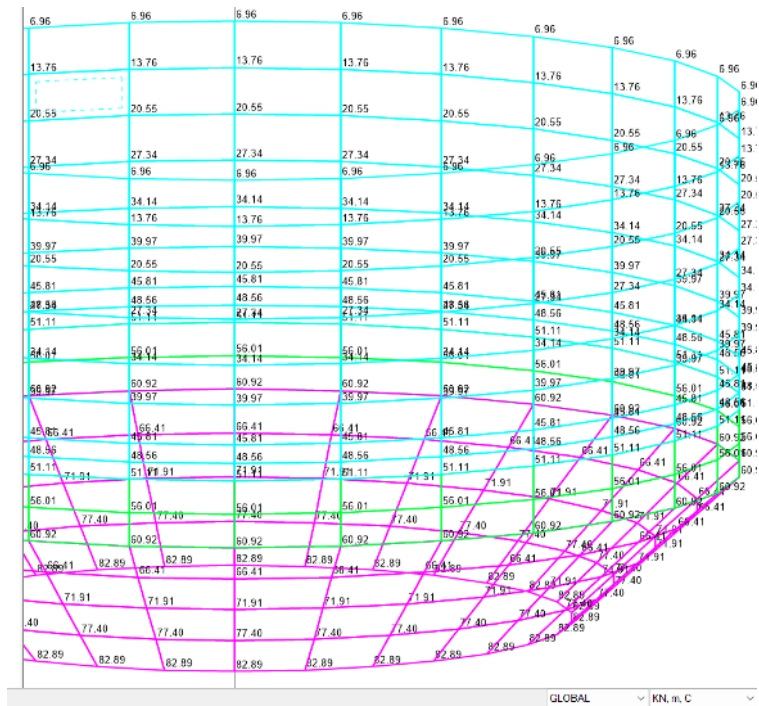


Figura 63 : Presiones en la cuba desde 6.96 a 82.89 KN/m<sup>2</sup>

NOTA: Elaboración propia

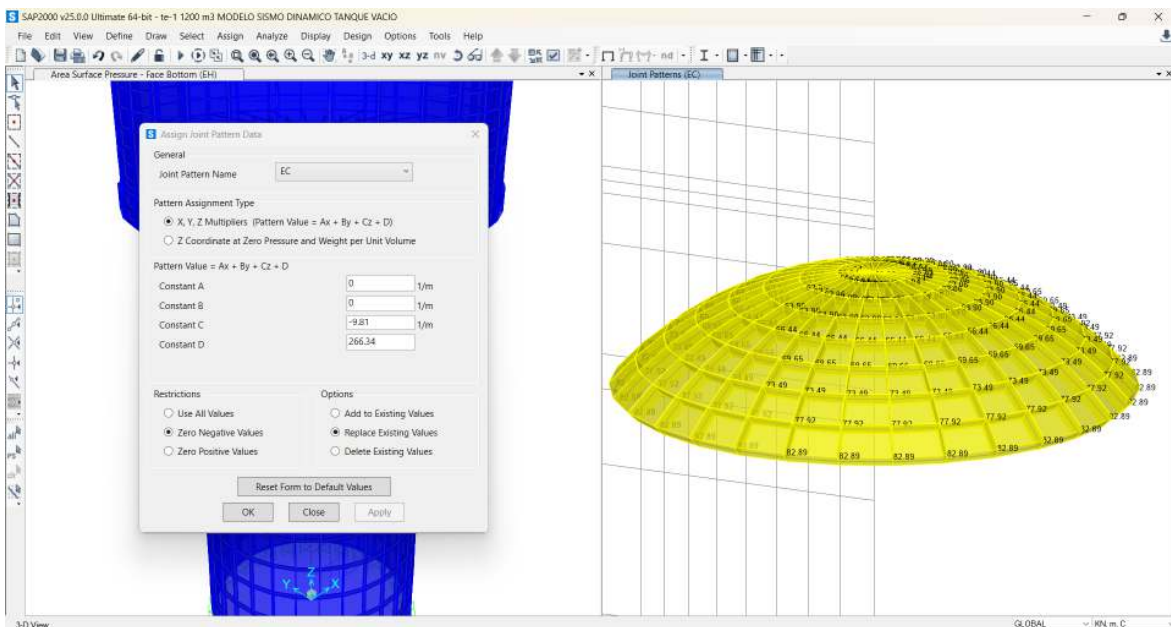


Figura 64 : Presiones en la cúpula inferior desde 60.94 a 82.89 KN/m<sup>2</sup>

NOTA: Elaboración propia

## DISEÑO DE LOS COMPONENTES ESTRUCTURALES

### Combinaciones de cargas

Se utiliza el enfoque de coeficientes de resistencia y carga de conforme al estándar ACI-350-06. En este proceso, se determina la resistencia necesaria, denotada como U, o la combinación de cargas, multiplicando los coeficientes de resistencia por las cargas de servicio. Estos conjuntos contemplan la posibilidad de concurrencia al mismo tiempo de esfuerzos máximos. Además, se integra la carga sísmica, determinada en función de su capacidad de resistencia. En relación a los coeficientes de carga para eventos sísmicos, se establece que son equivalentes a la unidad, tal como lo especifica la normativa E.060 (2020) sobre concreto armado.

$$U1 = 1.4 D + 1.7L$$

$$U2 = 1.4 D + 1.7L + 1.7EH$$

$$U3 = 0.9 D + 1.7LEH$$

$$U4 = 0.75 (1.4D + 1.7L + 1.87S)$$

$$U5 = 0.9D + 1.43S$$

Para determinar la resistencia necesaria de la cuba, se ha tomado en cuenta multiplicar la combinación anterior de factores por el coeficiente de durabilidad sanitaria, Sd, según lo establecido en el ACI 350-01 (2001). Para flexión, se ha considerado un valor de Sd = 1.3, para tracción directa Sd = 1.65, y para compresión se ha establecido S = 1.0

**Load Combination Data**

**Load Combination Name** (User-Generated)

Notes

**Load Combination Type**

**Options**

**Define Combination of Load Case Results**

Load Case Name	Load Case Type	Mode	Scale Factor
PM	Linear Static		1.4
carga viva	Linear Static		1.7

Figura 65 : Combinación U1

NOTA : Elaboración propia

**Load Combination Data**

**Load Combination Name** (User-Generated)

Notes

**Load Combination Type**

**Options**

**Define Combination of Load Case Results**

Load Case Name	Load Case Type	Mode	Scale Factor
PM	Linear Static		1.4
carga viva	Linear Static		1.7
EH	Linear Static		1.7

Figura 66 : Combinación U2

NOTA: Elaboración propia



**S** Load Combination Data

Load Combination Name (User-Generated) U3

Notes

Load Combination Type Linear Add

Options

Define Combination of Load Case Results

Load Case Name	Load Case Type	Mode	Scale Factor
PM	Linear Static		0.9
PM	Linear Static		0.9
EH	Linear Static		1.7

Figura 67 : Combinación U3

NOTA: Elaboración propia

**S** Load Combination Data

Load Combination Name (User-Generated) U4

Notes

Load Combination Type Linear Add

Options

Define Combination of Load Case Results

Load Case Name	Load Case Type	Mode	Scale Factor
PM	Linear Static		1.05
PM	Linear Static		1.05
carga viva	Linear Static		1.275
SISMO DINAMICO	Response Spectrum		1.4025

Figura 68 : Combinación U4

NOTA: Elaboración propia

**S** Load Combination Data

Load Combination Name (User-Generated) U5

Notes

Load Combination Type Linear Add

Options

Define Combination of Load Case Results

Load Case Name	Load Case Type	Mode	Scale Factor
PM	Linear Static		0.9
SISMO DINAMICO	Response Spectrum		1.43

Figura 69 : Combinación U5

NOTA: Elaboración propia

**S** Load Combination Data

Load Combination Name (User-Generated) ENVOLVENTE

Notes

Load Combination Type Linear Add

Options

Define Combination of Load Case Results

Load Case Name	Load Case Type	Mode	Scale Factor
U1	Combination		1.
U1	Combination		1.
U2	Combination		1.
U3	Combination		1.
U4	Combination		1.
U5	Combination		1.

Figura 70 : Combinación Envolverte

NOTA: Elaboración propia

The screenshot shows the 'Load Combination Data' dialog box. The 'Load Combination Name' is 'ELU FLEXION' (User-Generated). The 'Load Combination Type' is 'Linear Add'. Under 'Define Combination of Load Case Results', there is a table with the following data:

Load Case Name	Load Case Type	Mode	Scale Factor
ENVOLVENTE	Combination		1.3
ENVOLVENTE	Combination		1.3

Buttons for 'Add', 'Modify', and 'Delete' are visible to the right of the table. 'OK' and 'Cancel' buttons are at the bottom.

Figura 71 : Combinación Envolvente con factor de durabilidad  $S_d=1.3$

NOTA: Elaboración propia

The screenshot shows the 'Load Combination Data' dialog box. The 'Load Combination Name' is 'ELU TRACCION' (User-Generated). The 'Load Combination Type' is 'Linear Add'. Under 'Define Combination of Load Case Results', there is a table with the following data:

Load Case Name	Load Case Type	Mode	Scale Factor
ENVOLVENTE	Combination		1.65
ENVOLVENTE	Combination		1.65

Buttons for 'Add', 'Modify', and 'Delete' are visible to the right of the table. 'OK' and 'Cancel' buttons are at the bottom.

Figura 72 : Combinación Envolvente con factor de durabilidad  $S_d=1.65$

NOTA: Elaboración propia

## DISEÑO DE CADA ELEMENTO ESTRUCTURAL

### CUPULA SUPERIOR

Aplicaremos la teoría de membranas para analizar las tensiones que afectan la cúpula, tomando en cuenta su propia carga. Además, se contemplará un esfuerzo en vivo de 50 kg/cm<sup>2</sup> y se evaluarán los impactos de la flexión generada por la viga superior.

Tabla 23 : Datos para la distribución de acero

DATOS		
FC=	280	[kg/cm <sup>2</sup> ]
F22	2.42	[ton/m]
e1	10	[cm]
Ancho tributario	100	[cm]
p min	0.003	
p min * e=	0.03	[cm]
Ab 1/2"	1.27	[cm <sup>2</sup> ]
espaciamento	30	[cm]
Ab/esp	0.042	[cm]
distribución del acero = $\varnothing$ 3/4" @ 0.30 m		

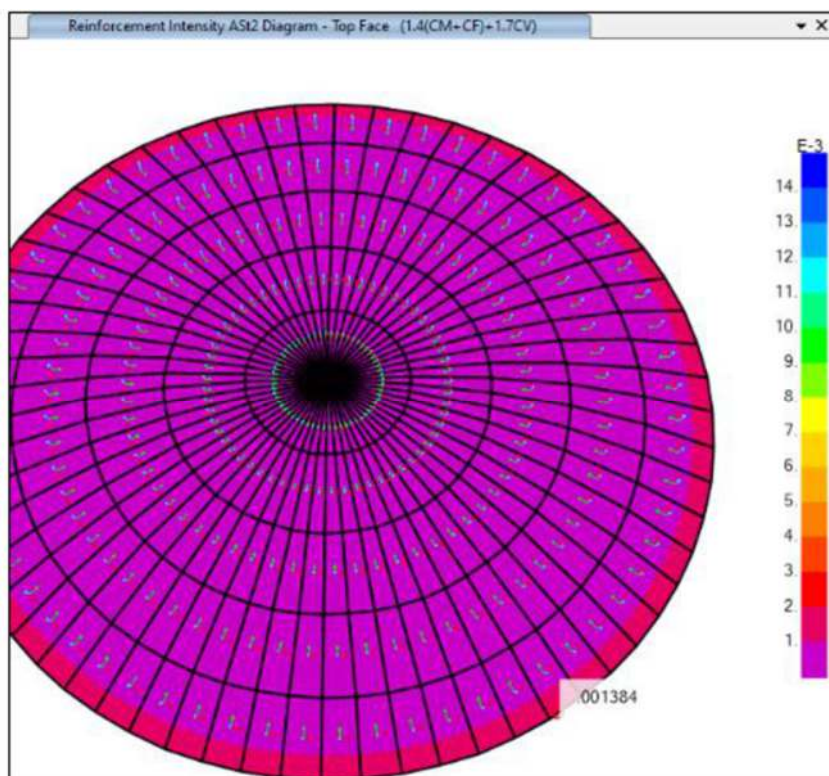


Figura 73 : Acero requerido

NOTA: Elaboración propia

Tabla 24 : Ensanche de cobertura

ENSANCHE DE COBERTURA		
$h = t = e1$	10	[cm]
$L = 16 * h$	160	[cm]
$e = 2h$	20	[cm]

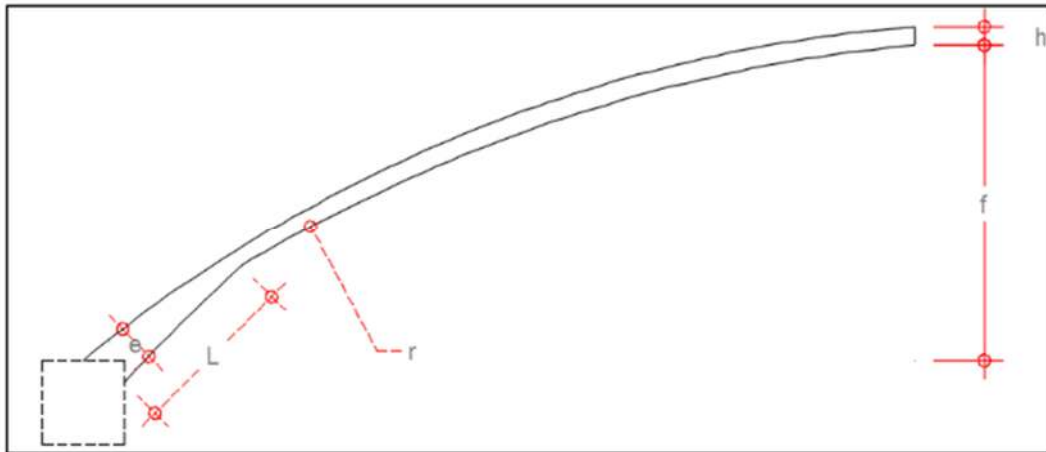


Figura 74 : Medidas para la ampliación de la cubeta

NOTA: Elaboración propia

### VIGA SUPERIOR

Cuando la cúpula adquiere la configuración de un casquete esférico y su margen paralelo muestra un ángulo inferior a  $90^\circ$ , las tensiones de membrana en dicho margen no son perpendiculares. Por consiguiente, se precisa una viga en el borde capaz de absorber la parte horizontal de las tensiones a lo largo del meridiano.

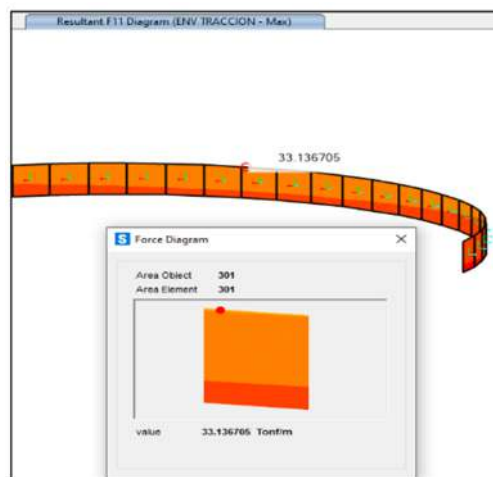


Figura 75 : Esfuerzo máximo con la envolvente a tracción

NOTA: Elaboración propia

Tabla 25 : Datos generales

DATOS		
FC=	280	[kg/cm <sup>2</sup> ]
FY	4200	[kg/cm <sup>2</sup> ]
sección viga	40 x 50	[cm <sup>2</sup> ]
b	40	[cm]
h	50	[cm]
r	6	[cm]
P adm TRACCIÓN F11	33.13	[TNf]

Tabla 26 : Distribución del acero

AREA DE ACERO		
Ab	1.99	[cm <sup>2</sup> ]
Ac	2000	[cm <sup>2</sup> ]
As = 6* Ab	11.876	[cm <sup>2</sup> ]
distribución del acero =6 ø 5/8" y estribos ø 1/2" @ 0.30 m		

## DISEÑO DE PARED CILINDRICA

Para el acero vertical.

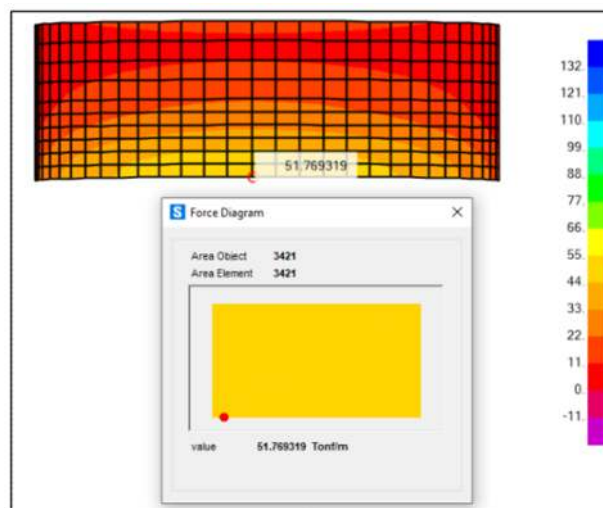


Figura 76 : Presión admisible en el muro

NOTA: Elaboración propia

Tabla 27 : Datos generales

DATOS		
FC=	280	[kg/cm <sup>2</sup> ]
FY	4200	[kg/cm <sup>2</sup> ]
sección muro	1.00 x 0.3	[m <sup>2</sup> ]
b	30	[cm]
h	100	[cm]
r	6	[cm]
P adm tracción F11	51.76	[TNf]

Tabla 28 : Distribución del acero

AREA DE ACERO		
Ab	1.99	[cm <sup>2</sup> ]
Ac	3000	[cm <sup>2</sup> ]
As = 7* Ab	13.855	[cm <sup>2</sup> ]
distribución del acero =7 ø 5/8" @ 0.25 m		

Mediante SAP2000 se determinará la cuantía para el acero horizontal:

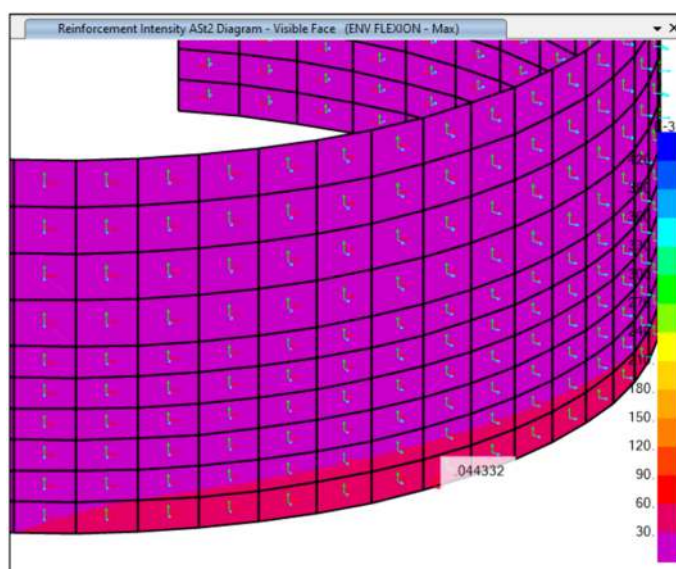


Figura 77 : Cuantía mostrada por SAP2000 sometido a flexión

NOTA: Elaboración propia



Tabla 29 : Distribución del acero horizontal

AREA DE ACERO		
$p_{min} = (0.003*b)/2$	0.045	[cm <sup>2</sup> ]
Ab	1.27	[cm <sup>2</sup> ]
espaciamiento ( e )	0.25	[cm]
Ab /e	0.051	[cm]
Distribución del acero = $\varnothing$ 1/2" @ 0.25 m		

## DISEÑO DE CHIMENEA DE ACCESO

La estructura está sometida por el agua contenida en la cuba.

Tabla 30 : Datos generales

DATOS		
FC=	280	[kg/cm <sup>2</sup> ]
FY	4200	[kg/cm <sup>2</sup> ]
sección muro	1.00 x 0.2	[m <sup>2</sup> ]
b	20	[cm]
h	100	[cm]
r	6	[cm]
d	14	[cm]

Tabla 31 : Calculo de cantidad de acero

AREA DE ACERO		
$As_{min} = \frac{0.7\sqrt{f'c}*b*d}{Fy}$	4.37	[cm <sup>2</sup> ]
Distribución del acero = $\varnothing$ 1/2" @ 0.20 m		

## VIGA INFERIOR

Todas las cargas que afectan a la viga inferior serán tenidas en cuenta, lo que incluye el peso de la cubierta, la carga proveniente de la viga superior y la carga de la pared cilíndrica.

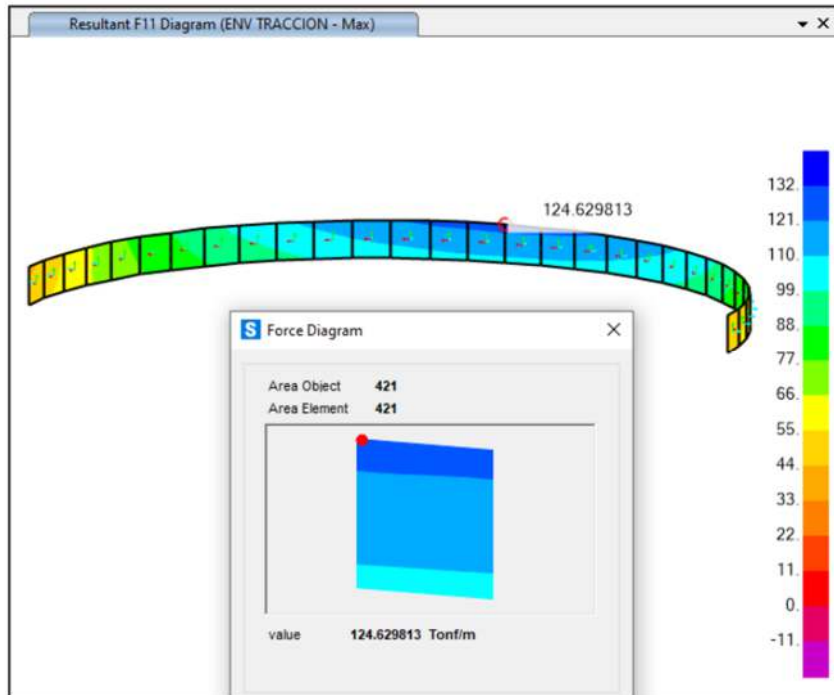


Figura 78 : Esfuerzo originado en la viga inferior

NOTA: Elaboración propia

Tabla 32 : Datos generales

DATOS		
FC=	280	[kg/cm <sup>2</sup> ]
FY	4200	[kg/cm <sup>2</sup> ]
sección muro	0.7 x 0.5	[m <sup>2</sup> ]
b	70	[cm]
h	50	[cm]
r	6	[cm]
d	14	[cm]

Tabla 33 : Distribución del acero

AREA DE ACERO		
Ab 3/4"	2.84	[cm <sup>2</sup> ]
Ac	3500	[cm <sup>2</sup> ]
As = 12* Ab	34.203	[cm <sup>2</sup> ]
distribución del acero =12 $\varnothing$ 3/4" y estribos $\varnothing$ 5/8" @ 0.30 m		

### DISEÑO DEL FONDO CONICO

Se usará las cuantías del SAP2000 para el diseño del acero horizontal, acero vertical superior y acero vertical inferior.

Acero horizontal

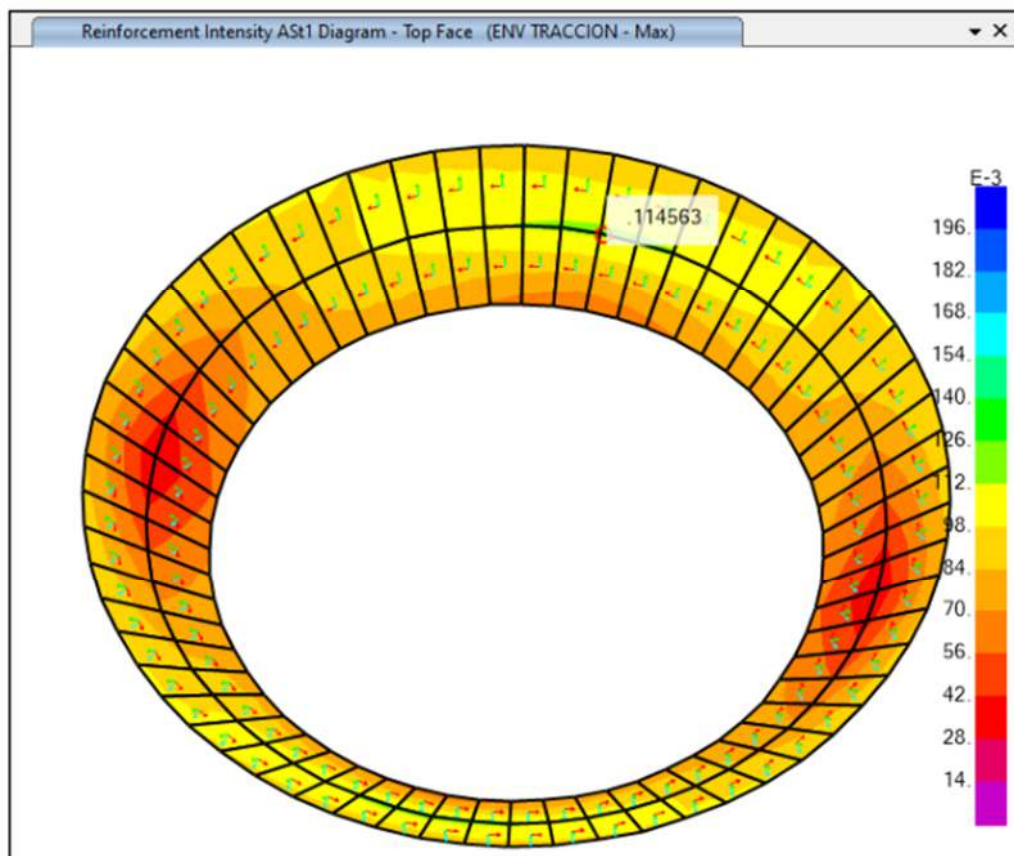


Figura 79 : Cuantía de acero horizontal

NOTA: Elaboración propia

Tabla 34 : Distribución del acero

AREA DE ACERO		
p	0.114	[cm <sup>2</sup> ]
Ab 3/4"	2.84	[cm <sup>2</sup> ]
espaciamiento ( e )	20	[cm]
Ab /e	0.143	[cm]
Distribución del acero = $\varnothing$ 3/4" @ 0.20 m		

Acero vertical inferior

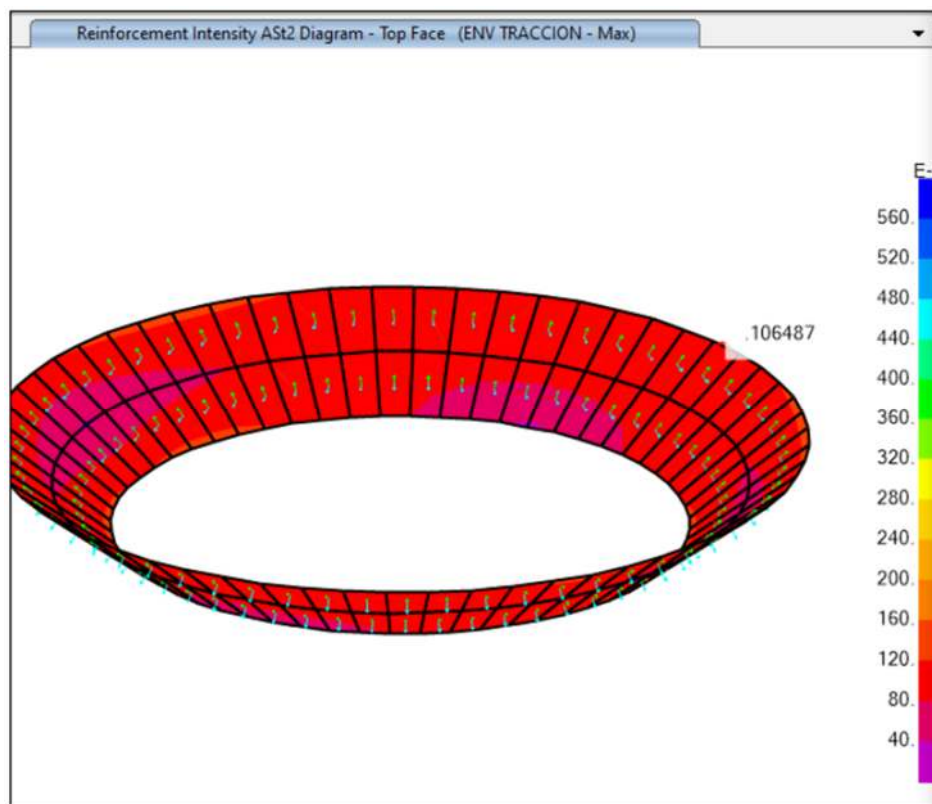


Figura 80 : Cuantía de acero vertical inferior

NOTA: Elaboración propia

Tabla 35 : Distribución del acero

AREA DE ACERO		
p	0.106	[cm <sup>2</sup> ]
Ab 3/4"	2.84	[cm <sup>2</sup> ]
espaciamiento ( e )	25	[cm]
Ab /e	0.114	[cm]
Distribución del acero = $\varnothing$ 3/4" @ 0.25 m		

Acero vertical superior

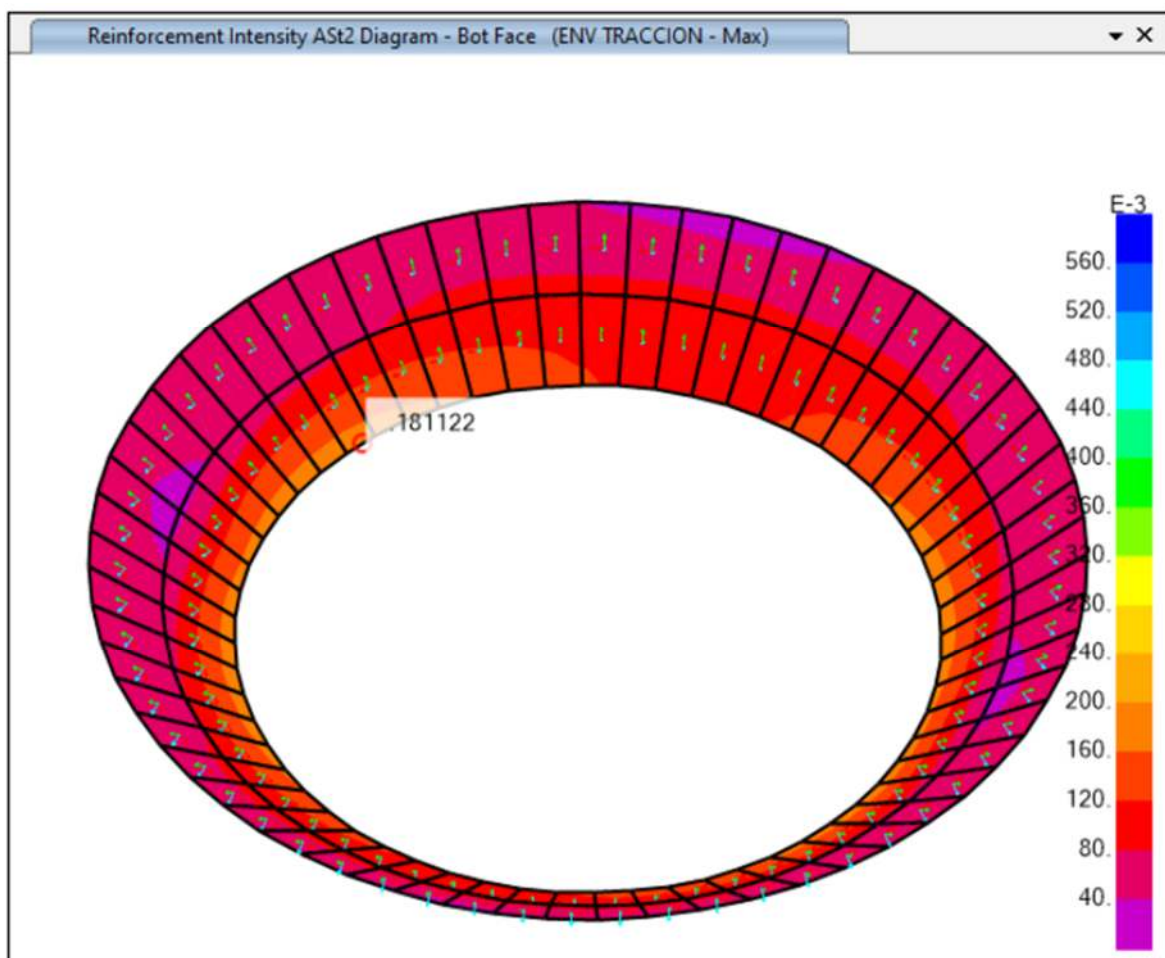


Figura 81 : Cuantía de acero vertical superior

NOTA: Elaboración propia

Tabla 36 : Distribución del acero

AREA DE ACERO		
p	0.181	[cm <sup>2</sup> ]
Ab 3/4"	2.84	[cm <sup>2</sup> ]
espaciamiento ( e )	15	[cm]
Ab /e	0.19	[cm]
Distribución del acero = $\varnothing$ 3/4" @ 0.15 m		

## DISEÑO DE CUPULA INFERIOR

La estructura debe soportar las cargas derivadas de su propia masa, el peso del líquido contenido en su interior y la carga de la chimenea de acceso.

Tabla 37 : Datos generales

DATOS		
FC=	280	[kg/cm <sup>2</sup> ]
FY	4200	[kg/cm <sup>2</sup> ]
e	30	[cm]
r	6	[cm]
p min	0.003	[cm]

Tabla 38 : Distribución del acero

AREA DE ACERO		
p min *e =	0.09	[cm <sup>2</sup> ]
Ab 3/4"	2.84	[cm <sup>2</sup> ]
Ab/es	0.095	[cm]
distribución del acero = $\varnothing$ 3/4" @ 0.30 m		

## VIGA DE CUPULA INFERIOR

La viga de base sostiene las fuerzas compresivas procedentes del fondo en forma cónica y la parte inferior de la cúpula. Estos esfuerzos se transfieren a la viga de la cúpula inferior, los cuales no son perpendiculares. La viga de base asume las partes horizontales de tracción y compresión.

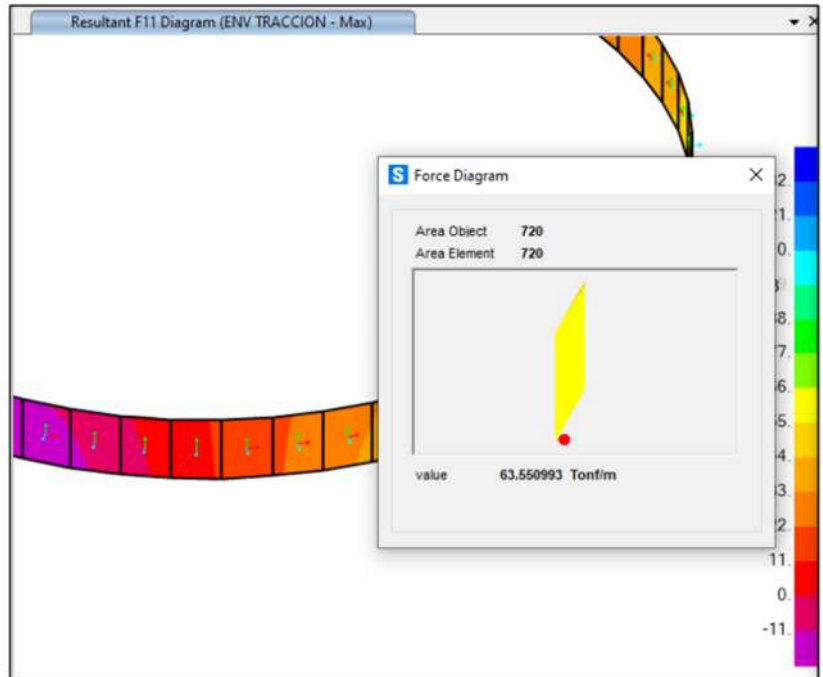


Figura 82 : Tensión en la viga de base bajo tracción

NOTA: Elaboración propia

Tabla 39 : Datos generales

DATOS		
FC=	280	[kg/cm <sup>2</sup> ]
FY	4200	[kg/cm <sup>2</sup> ]
sección muro	0.7 x 0.5	[m <sup>2</sup> ]
b	70	[cm]
h	50	[cm]
r	6	[cm]
P adm tracción	63.55	[TNf]

Tabla 40 : Distribución del acero

AREA DE ACERO		
Ab 5/8"	1.99	[cm <sup>2</sup> ]
Ac	3500	[cm <sup>2</sup> ]
As = 10* Ab	19.793	[cm <sup>2</sup> ]
Distribución del acero =10 $\varnothing$ 5/8" y estribos $\varnothing$ 1/2" @ 0.30 m		

Para los componentes bajo fuerzas de compresión:

Tabla 41 : Distribución del acero

AREA DE ACERO		
$A_s = 0.01 * A_c$	35	[cm <sup>2</sup> ]
$A_b$	2.84	[cm <sup>2</sup> ]
$A_s / A_b$	12.28	
Distribución del acero =13 $\varnothing$ 3/4" y estribos $\varnothing$ 5/8" @ 0.30 m		

## DISEÑO DE FUSTE

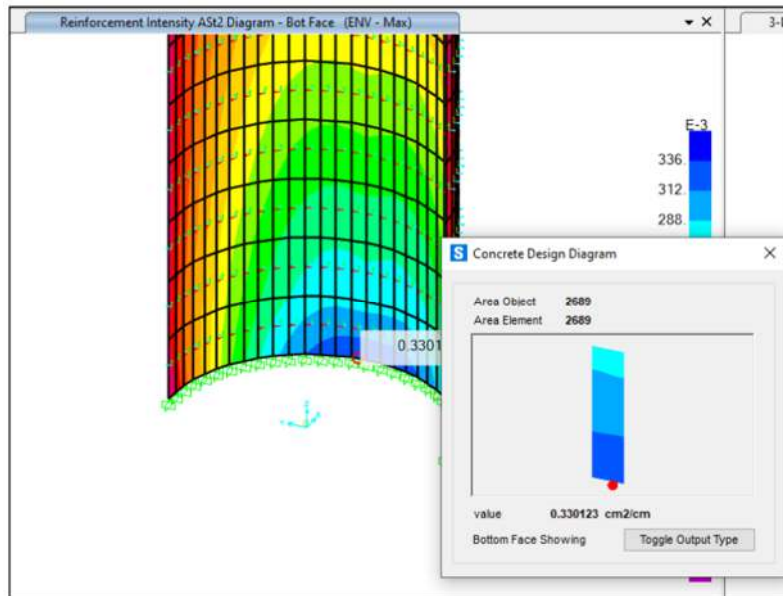


Figura 83 : Cuantía de acero en el fuste

NOTA: Elaboración propia

Tabla 42 : Datos generales

DATOS		
FC=	280	[kg/cm <sup>2</sup> ]
FY	4200	[kg/cm <sup>2</sup> ]
sección muro	0.7 x 0.5	[m <sup>2</sup> ]
b	100	[cm]
r (radio)	6.59	[m]
t (espesor)	25	[cm]



Tabla 43 : Distribución del acero vertical

AREA DE ACERO		
p	0.33	[cm]
Ab 1"	5.07	[cm <sup>2</sup> ]
espaciamiento ( e )	15	[cm]
Ab /e	0.338	[cm]
Distribución del acero = $\varnothing$ 1" @ 0.15 m		

Para el acero horizontal se hará la cuantía mínima.

Tabla 44 : Distribución del acero horizontal

AREA DE ACERO		
p min	0.0025	[cm]
As min	6.25	[cm <sup>2</sup> ]
Distribución del acero = $\varnothing$ 5/8" @ 0.15 m		

Contrastación de la hipótesis:

Hipótesis específica 1.

H0: La distribución de la cortante basal en el tanque elevado tipo Intze no permitirá identificar puntos críticos en el diseño estructural.

H1: La distribución de la cortante basal en el tanque elevado tipo Intze permitirá identificar puntos críticos en el diseño estructural.

Tabla 45 Evaluación de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
ALTURA	,139	11	,200*	,919	11	,313
CORTANTE	,359	11	,000	,658	11	,000

\*. Esto es representa un umbral mínimo de la significación verdadera.

a. Ajuste de relevancia de Lilliefors

Los datos, al ser menores de 50, fueron sometidos al test de Shapiro-Wilk. Si el nivel de significancia es superior a 0.05, los datos siguen una distribución paramétrica; si es inferior a 0.05, la distribución es no paramétrica. Dado que el nivel de significancia supera 0.05, podemos inferir que los datos presentan una distribución normal, lo que implica el uso de estadísticas paramétricas.

Tabla 46 Prueba de hipótesis

		ALTURA	CORTANTE
ALTURA	Correlación de Pearson	1	,764**
	Sig. (bilateral)		,006
	N	11	11
CORTANTE	Correlación de Pearson	,764**	1
	Sig. (bilateral)	,006	
	N	11	11

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

La prueba de correlación de Pearson establece que cuando  $P < 0.05$ , se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa; mientras que si  $P > 0.05$ , se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa. Con  $P = 0.000$ , que es menor que  $0.05$ , se concluye que se acepta la hipótesis alternativa.

Hipótesis específica 2.

H0: La asignación del espectro de diseño según la Norma E030 no garantiza la adecuada determinación de la pseudoaceleración para el análisis estructural.

H1: La asignación del espectro de diseño según la Norma E030 garantiza la adecuada determinación de la pseudoaceleración para el análisis estructural.

Tabla 47 Evaluación de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
PERIODO	,073	37	,200*	,954	37	,127
PSEUDO_AC	,203	37	,001	,853	37	,000

\*. Esto es representa un umbral mínimo de la significación verdadera.

a. Ajuste de relevancia de Lilliefors

Los datos, al ser menores de 50, fueron sometidos al test de Shapiro-Wilk. Si el nivel de significancia es superior a  $0.05$ , los datos siguen una distribución paramétrica; si es inferior a  $0.05$ , la distribución es no paramétrica. Dado que el nivel de significancia es menor a  $0.05$ , se concluye que los datos tienen una distribución no normal, lo que implica el uso de estadísticas no paramétricas.

Tabla 48 Prueba de hipótesis

			PERIODO	PSEUDO_AC
Rho de Spearman	PERIODO	Coeficiente de correlación	1,000	-,983**
		Sig. (bilateral)	.	,000
		N	37	37
	PSEUDO_AC	Coeficiente de correlación	-,983**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	.
		N	37	37

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

El valor de P calculado es de 0.000, que es inferior a 0.01, lo que implica el rechazo de la hipótesis nula y la aceptación de la hipótesis alternativa. Además, el coeficiente de Spearman (rho) es de -0.983, lo que sugiere una relación inversa altamente significativa entre las variables.

Hipótesis específica 3.

H0: La distribución de las presiones del líquido sobre la cuba carece de relevancia para un mejor análisis estructural.

H1: La distribución de las presiones del líquido sobre la cuba resulta ser de importancia para un mejor análisis estructural.

Tabla 49 Evaluación de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
altura_tanque	,081	15	,200*	,974	15	,915
fuerza_cortante	,081	15	,200*	,974	15	,915

\*. Esto es representa un umbral mínimo de la significación verdadera.

a. Ajuste de relevancia de Lilliefors

Los datos, al ser menores de 50, fueron sometidos al test de Shapiro-Wilk. Si el nivel de significancia es superior a 0.05, los datos siguen una distribución paramétrica; si es inferior a 0.05, la distribución es no paramétrica. Dado que el nivel de significancia es mayor a 0.05, se concluye que los datos tienen una distribución normal, lo que implica el uso de estadísticas paramétricas.

Tabla 50 Prueba de hipótesis

		altura_tanque	fuerza_cortante
altura_tanque	Correlación de Pearson	1	-1,000**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	15	15
fuerza_cortante	Correlación de Pearson	-1,000**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	15	15

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

La prueba estadística de correlación de Pearson establece que cuando  $P < 0.05$ , se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa; mientras que si  $P > 0.05$ , se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa. Con  $P = 0.000$ , que es menor que 0.05, se concluye que se acepta la hipótesis alternativa.

## V. DISCUSIÓN

Durante el proceso de diseño y análisis estructural del tanque elevado tipo Intze, con una capacidad de 1200 m<sup>3</sup> y ubicado en el estadio Enrique Torres Belón de la ciudad de Puno, nos hemos orientado utilizando los fundamentos teóricos establecidos en las directrices de ACI 350.3-06 y las regulaciones del reglamento nacional de edificaciones. Utilizando el software computacional SAP2000, hemos realizado tanto el análisis dinámico como el análisis estático, evaluando los esfuerzos presentes en cada componente estructural y siguiendo los criterios mínimos de diseño para la distribución del acero. Además, hemos observado que, según las conclusiones de Lazo (2011), la viga de la cúpula inferior es el elemento que experimenta las cargas de flexión más significativas

Esto es coherente, ya que las dimensiones satisfacen los requisitos mínimos de un depósito elevado de tipo Intze.

El enfoque metodológico seleccionado ha sido adecuado, ya que ha facilitado la determinación de las dimensiones de cada componente estructural.

Durante el predimensionamiento del diseño del tanque de 1200 m<sup>3</sup>, este estudio se apoya en el modelo geométrico introducido por el ingeniero hidráulico Otto Intze. Este experto ha desarrollado relaciones geométricas específicas con el propósito de garantizar que los elementos estructurales operen principalmente bajo compresión. Este enfoque, a su vez, facilita la optimización de la capacidad de almacenamiento y de los espesores de los componentes. Como consecuencia de esta optimización, se consigue reducir las fuerzas de empuje sobre la viga de la cúpula inferior, la cual conecta la cúpula inferior con el muro tronco cónico, en concordancia con las observaciones realizadas por Quezada y Salinas (2014).

Esto es coherente, dado que las dimensiones se ajustan a las especificaciones típicas de un prediseño de un tanque elevado de tipo Intze.

El enfoque metodológico utilizado resulta adecuado, pues ha permitido llevar a cabo tanto el análisis dinámico como estático del tanque elevado de tipo Intze.

El análisis dinámico y estático del depósito elevado tipo Intze abordado en esta investigación, se ha examinado la interacción entre el líquido contenido y la estructura, siguiendo el enfoque propuesto por G.W. Housner. Este modelo divide el líquido en dos partes: una masa convectiva y una masa impulsiva. Para modelar el tanque, se ha utilizado el software SAP 2000 versión 25, junto con un espectro de respuesta sísmica que generó resultados con un período de  $T_c = 4.2$  segundos. La fuerza cortante basal del componente estático se calculó en 6275.03 KN. Se emplearon coeficientes de reducción de respuesta  $R_c=3$  para la masa convectiva y  $R_i=1$  para la masa impulsiva, de acuerdo con las pautas del ACI 350-01. Además, se integró la rigidez del resorte en la evaluación dinámica, con una inclinación de 12° con relación al eje x y ampliando por 3 el factor de disminución. La masa

convectiva se asignó y distribuyó en 30 segmentos iguales entre los resortes. Para determinar la clasificación del suelo, se tomó en cuenta la posición en el estadio Enrique Torres Belón, lo que resultó en un S3, clasificado como suelo blando, en concordancia con los estudios de Coral y Fernández (2018).

Esto es consistente, dado que los hallazgos se ajustan a los requisitos típicos de un análisis dinámico y estático para un tanque elevado Intze.

El enfoque metodológico utilizado es adecuado, ya que ha permitido realizar tanto el análisis dinámico como estático del tanque elevado Intze.



## VI. CONCLUSIONES

Se destaca la importancia de evaluar la distribución de la cortante basal en el diseño del tanque elevado tipo Intze, ya que esta evaluación resulta fundamental para identificar puntos críticos en la estructura. Este análisis exhaustivo y preciso se ve respaldado por la prueba estadística de correlación de Pearson. En nuestro caso, al obtener un valor de  $P=0.000 < 0.05$ , se determina que la hipótesis planteada es válida, lo que subraya la relevancia de este análisis en el diseño del tanque.

Por otro lado, la aplicación del espectro de diseño según la Norma E030 emerge como un método sólido para determinar la pseudoaceleración necesaria en el análisis estructural del tanque. Con un valor de  $P=0.000$ , por debajo de  $0.01$ , se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, lo que respalda la eficacia de este enfoque. Además, el coeficiente de Spearman ( $\rho$ ) de  $-0.983$  refuerza esta validez al indicar una relación inversa altamente significativa entre las variables, consolidando así su relevancia en el análisis del tanque.

Considerar la distribución de las presiones del líquido sobre la cuba emerge como un factor crítico para un análisis estructural más detallado y preciso del tanque. El resultado del test de Shapiro-Wilk, que revela un nivel de significancia superior a  $0.05$ , sugiere que los datos siguen una distribución paramétrica, lo que respalda la pertinencia del uso de estadísticas paramétricas en el análisis. Este hallazgo subraya la importancia de este aspecto en la evaluación estructural del tanque elevado tipo Intze.

Utilizando la geometría propuesta por el ingeniero Otto Intze, se determinaron las dimensiones iniciales del depósito elevado de tipo Intze, que incluyen un volumen de 1200 m<sup>3</sup>, un radio interior de la cuba cilíndrica ( $r_1$ ) de 7.5 m, un radio medio del fuste cilíndrico ( $r_2$ ) de 5 m, un diámetro de la chimenea ( $r_c$ ) de 1.85 m, una flecha interior de la cúpula superior de 2.5 m, una flecha exterior de la cúpula inferior ( $f'$ ) de 2.25 m, una altura efectiva de la cúpula ( $h_e$ ) de 6.8 m y una altura total de la cuba ( $H$ ) de 8.3 m. Además, se consideraron otros parámetros como los radios de las cúpulas superior ( $r$ ) e inferior ( $r'$ ), los espesores de las diferentes secciones estructurales, como las cúpulas, vigas y muros, apoyándonos en el método de predimensionamiento.

Los resultados del análisis estático y dinámico del tanque elevado Intze mostraron fuerzas cortantes basales de 6275.03 KN y 7382.38 KN, respectivamente. Se notó que el 90% de la cortante basal en el análisis estático es menor que la obtenida en el análisis dinámico, lo cual está en línea con las disposiciones de la norma E.030. Se logró este cumplimiento al adherirse a las directrices establecidas en la normativa técnica peruana y la norma ACI 350.01, y al emplear el programa de análisis estructural SAP2000.

El proceso de diseño de cada componente estructural del tanque elevado tipo requirió establecer medidas particulares para cada uno de ellos. Para la cúpula superior, se decidió un grosor de 10 cm, con barras de acero  $\varnothing 1/2"$  colocadas cada 0.30 m en ambas direcciones. La viga anular superior se diseñó con una anchura de 40 cm y una altura de 50 cm, utilizando barras de acero  $\varnothing 5/8"$  dispuestas longitudinalmente, junto con estribos de  $\varnothing 1/2"$  cada 0.30 m. En cuanto a la pared cilíndrica, de 30 cm de espesor, se emplearon barras de acero  $\varnothing 5/8"$  a 0.20 m en

una sección y el resto a 0.25 m. La chimenea de acceso, con un grosor de 20 cm, se diseñó con barras de acero  $\varnothing 1/2''$  a cada 0.20 m. Por otro lado, la viga anular inferior, de dimensiones 70 cm de ancho y 50 cm de alto, utilizó barras de acero  $\varnothing 3/4''$  y estribos de  $\varnothing 5/8''$  cada 0.30 m. Para el fondo cónico, con un grosor de 30 cm, se utilizaron barras de acero  $\varnothing 3/4''$  a 0.20 m en ambas direcciones y  $\varnothing 3/4''$  a 0.25 m. En relación con la cara superior del fondo, con una forma de cúpula esférica y un grosor de 30 cm, se emplearon barras de acero  $\varnothing 3/4''$  a cada 0.30 m en ambas direcciones. La viga de fondo, con dimensiones de 70 cm de ancho y 50 cm de alto, se diseñó con barras de acero  $\varnothing 3/4''$  y estribos de  $\varnothing 5/8''$  cada 0.30 m. Finalmente, el fuste, con un espesor de 25 cm, se proyectó con barras de acero  $\varnothing 1''$  cada 0.15 m en ambas direcciones y barras de  $\varnothing 5/8''$  a cada 0.15 m en una disposición de doble malla.

## VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda para futuros diseños de tanques elevados considerar la normativa internacional ACI 350-01, dado que el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) no proporciona suficiente información para estimar parámetros necesarios para un diseño óptimo de este tipo de estructuras. Además, es fundamental considerar el modelo matemático sugerido por G.W. Housner, Dónde distingue entre dos masas de líquido, una impulsiva y otra convectiva.

En futuros diseños, se recomienda considerar el diseño geométrico sugerido por el ingeniero hidráulico alemán Otto Intze como punto de referencia. Intze ha establecido disposiciones geométricas para los elementos estructurales, garantizando su funcionamiento bajo condiciones de compresión. Esto facilita mejorar la capacidad de retención y ajustar los grosores de manera óptima, de manera que las fuerzas totales de empuje se dirijan hacia la viga de la cúpula inferior, que conecta el muro tronco cónico con la cúpula inferior.

Se sugiere realizar estudios más extensos sobre estructuras contenedoras de líquidos con el objetivo de mejorar la metodología establecida en la norma E.030. Este esfuerzo busca asegurar un factor de seguridad adecuado en estas estructuras especializadas. Asimismo, es recomendable aprovechar la utilización de programas informáticos con el fin de mejorar y acelerar el procedimiento de diseño de los tanques.

Se sugiere realizar un análisis dinámico más detallado que considere una gama más amplia de cargas y escenarios, incluyendo cargas sísmicas y vibraciones

inducidas por el viento. Esto permitirá una evaluación más precisa de la respuesta estructural del depósito ante eventos extremos y condiciones adversas, lo que podría conducir a refinamientos en el diseño para mejorar su resistencia y estabilidad.

Se propone investigar el uso de materiales y técnicas constructivas innovadoras que puedan ofrecer ventajas en términos de resistencia, durabilidad y costo. Esto podría incluir el uso de materiales compuestos, sistemas de construcción prefabricados o técnicas de fabricación avanzadas que optimicen el proceso de construcción y mejoren el rendimiento a largo plazo del depósito.

Se sugiere integrar criterios de diseño que promuevan la sostenibilidad ambiental, como la inclusión de sistemas para recoger y tratar las aguas de lluvia, la implementación de técnicas de captación de energía renovable o la utilización de materiales reciclados y de bajo impacto ambiental. Esto contribuirá a hacer del depósito elevado tipo Intze una infraestructura más respetuosa con el medio ambiente y adaptable a futuros desafíos climáticos.

## VIII. REFERENCIAS

- Alemán-Álvarez, M. F. y Castro-García, D. 2018.** Análisis estructural de un edificio de acero mediante modelado tridimensional en ETABS. *Jóvenes en la Ciencia*. [En línea] 2018. <https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/1810/1314>.
- American Concrete Institute. 2018.** *ACI 318-14: Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary*. s.l. : American Concrete Institute, 2018.
- American Society of Civil Engineers. 2016.** *ASCE 7-16: Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures*. s.l. : American Society of Civil Engineers, 2016.
- Banco Interamericano de Desarrollo. 2017.** Brechas en el acceso a servicios básicos en América Latina y el Caribe. [En línea] 2017. <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Brechas-en-el-acceso-a-servicios-basicos-en-America-Latina-y-el-Caribe.pdf>.
- Bowles, J. E. 2009.** *Foundation Analysis and Design (5th ed.)*. s.l. : McGraw-Hill, 2009.
- Chaudhry, M. H. 2014.** *Open-Channel Flow: Numerical Methods and Computer Applications*. s.l. : Springer, 2014.
- Chopra, A. K. 2005.** *Dynamics of Structures: Theory and Applications to Earthquake Engineering (3rd ed.)*. s.l. : Prentice Hall, 2005.
- Choque, F. D. S. 2019.** Evaluación de la calidad del agua en el río Silco y su influencia en el diseño de un sistema de tratamiento para el consumo humano en la provincia de Puno. Tesis de maestría, Universidad Católica de Santa María. [En línea] 2019.

[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/97822/Choque\\_FDS-SD.pdf?sequence=1](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/97822/Choque_FDS-SD.pdf?sequence=1).

**Collado, Carlos, Lucio , Pilar y Sampieri, Roberto. 2010.** *Metodología de la Investigación*. Mexico : s.n., 2010. Vol. 5ta Edicion.

**Coral, C. K. 2019.** Análisis de confiabilidad de un sistema de agua potable usando el enfoque de los nodos consecutivos. Tesis de maestría, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. [En línea] 2019. [https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/624599/Coral\\_CK.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/624599/Coral_CK.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

**Creswell, J. W. 2014.** *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. s.l. : Sage Publications, 2014.

**Flores Bruno, Miguel Angel y Valdivia Cántaro, Carlos Miguel. 2019.** Diseño estructural de un hotel de concreto armado. *ALICIA* . [En línea] 2019. [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RPUC\\_1bf127e83555e5a921d63b23b7b6dec2](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RPUC_1bf127e83555e5a921d63b23b7b6dec2).

**Gobierno Regional de Puno. 2021.** Plan de Desarrollo Regional Concertado. [En línea] 2021. <https://www.regionpuno.gob.pe/portal/documentos/pdrc/pdrc.pdf>.

**Gómez Gutiérrez, A. 2015.** *Diseño Estructural en Acero*. s.l. : Instituto de Ingeniería, UNAM, 2015.

**Gonzalez, R. 2018.** *Normas Técnicas para el Diseño de Estructuras de Concreto Armado*. s.l. : Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, 2018.

**Haseeb, M., y otros. 2015.** Structural analysis of a residential building. *International Journal of Research in Engineering and Technology (IJRET)*. 4(9), 297-308. [En línea] 2015. <https://ijret.org/volumes/2015v04/i09/IJRET20150409054.pdf>.

**Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. 2014.** *Metodología de la investigación (6ta ed.)*. s.l. : McGraw-Hill Education, 2014.

- Hibbeler, R. C. 2019.** *Structural Analysis (10th ed.)*. s.l. : Pearson, 2019.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. 2019.** Encuesta Nacional de Hogares. [En línea] 2019. [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1663/index.html](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1663/index.html).
- International Building Code (IBC). 2018.** *International Code Council*. 2018.
- McCormac, J. C. y Brown, R. H. 2017.** *Design of Reinforced Concrete (10th ed.)*. s.l. : Wiley, 2017.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. 2021.** Informe Nacional del Estado de los Servicios de Saneamiento 2020. [En línea] 2021. <https://www.gob.pe/institucion/vivienda/documentos/358811-informe-nacional-del-estado-de-los-servicios-de-saneamiento-2020>.
- Neville, A. M. y Brooks, J. J. 2010.** *Concrete Technology (2nd ed.)*. s.l. : Pearson, 2010.
- Niño Iñarrieta, J. D. 2017.** Análisis estructural y diseño de un tanque a presión para almacenamiento de agua potable. Tesis de pregrado, Universidad Militar Nueva Granada. [En línea] 2017. <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/15664/NI%c3%91OLIZARAZOJOSEDAVID2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- PALELLA, Santa y MARTINS, Feliberto. 2012.** *Metodología de la Investigación Cuantitativa*. Caracas : s.n., 2012. Vol. 1.
- Prieto, M. M. 2017.** *Introducción al análisis y diseño estructural sísmico*. s.l. : Universidad Politécnica de Madrid, 2017.
- Quezada, W. y Salinas, A. 2018.** Diseño y análisis estructural de un reservorio tipo fuste de 300 m<sup>3</sup> en Trujillo. Tesis de pregrado. *Universidad Privada Antenor Orrego*. [En línea] 2018. [https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/20.500.12759/687/1/REP\\_ING\\_CIVIL\\_WILDER.QUEZADA\\_ANGELA.SALINAS\\_DISE%c3%91O.ANALISIS.RESERVORIO.TIPO.FUSTE.300.M3.TRUJILLO.pdf](https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/20.500.12759/687/1/REP_ING_CIVIL_WILDER.QUEZADA_ANGELA.SALINAS_DISE%c3%91O.ANALISIS.RESERVORIO.TIPO.FUSTE.300.M3.TRUJILLO.pdf).



- Robson, C. 2011.** *Real World Research: A Resource for Social Scientists and Practitioner-Researchers (3rd ed.)*. s.l. : Wiley, 2011.
- Salazar Crispín, Junio Romario y Guillen Bernuy, Gerardo Enrique. 2020.** Diseño estructural de edificio multifamiliar de concreto armado. *ALICIA CONCYTEC*. [En línea] 2020. [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RPUC\\_13a6e4b1f61c964ace68eafc779ce561](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RPUC_13a6e4b1f61c964ace68eafc779ce561).
- Salud, Organización Mundial de la. 2019.** Agua y saneamiento. [En línea] 2019. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/water-sanitation-hygiene-and-health>.
- Sivapriya, P. y Kowsalya, V. 2020.** Analysis and design of residential building. *International Journal of Scientific Research (IJSR)*. 10(3), 312-315. [En línea] 2020. <https://www.ijsr.net/archive/v10i3/SR21304202006.pdf>.
- Smith, S. T. y Coull, A. . 2016.** *Structural Steel Design to Eurocode 3 and AISC Specifications (2nd ed.)*. s.l. : Wiley, 2016.
- Taranath, B. S. 2010.** *Structural Analysis and Design of Tall Buildings: Steel and Composite Construction*. s.l. : CRC Press, 2010.
- UN Water. 2020.** Water and COVID-19. [En línea] 2020. <https://www.unwater.org/water-and-covid-19/>.
- United Nations Development Programme. 2021.** Sustainable Development Goals. [En línea] 2021. <https://www.undp.org/sustainable-development-goals>.
- United Nations. 2010.** Human Rights and Access to Safe Drinking Water and Sanitation. [En línea] 2010. [https://www.un.org/waterforlifedecade/human\\_right\\_to\\_water.shtml](https://www.un.org/waterforlifedecade/human_right_to_water.shtml).
- United Nations.2015.** Sustainable Development Goals. [En línea] 2015. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/water-and-sanitation/>.

**Universidad Católica de Salta.** (s.f.). *Repositorio Institucional*. [En línea] [https://bibliotecas.ucasal.edu.ar/opac\\_css/index.php?lvl=cmspage&pageid=24&id\\_notice=66529](https://bibliotecas.ucasal.edu.ar/opac_css/index.php?lvl=cmspage&pageid=24&id_notice=66529).

**Verma, R. 2020.** Análisis y diseño estructural de un edificio residencial de 12 pisos utilizando software ETABS. *International Journal of Creative Research Thoughts (IJCRT)*, 8(1), 2023-2030. [En línea] 2020. <https://ijcrt.org/papers/IJCRT2006368.pdf>.

**Wang, C. M. 2013.** *Statics and Mechanics of Structures*. s.l. : Routledge, 2013.

**World Bank. 2019.** Water Supply, Sanitation, and Hygiene (WASH). [En línea] 2019. <https://www.worldbank.org/en/topic/water-supply-sanitation-and-hygiene>.

**Sebastián, R. 2018.** Manual de diseño de tanques para almacenamiento de agua. Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería civil y Ambiental, Bogotá, Colombia.

**Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1988).** Hidrología aplicada. McGraw-Hill.

**Agüero, V. (1997).** Agua y saneamiento ambiental. Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados.

**Chacaltana, J., Franco, J., & Reyes, R. (2011).** "Sistema de distribución de agua potable en zonas periurbanas de Lima." *Ingeniería Civil*, 16(31), 69-80.

**Alcántara, H. (2014).** "Tipos de tanques elevados y su diseño estructural." *Revista de Ingeniería Civil*, 20(1), 45-60.

**Udoeyo, O. (2020).** "Structural Analysis: An Overview." En *Handbook of Structural Engineering*, editado por W.F. Chen y E.M. Lui, 3-15. CRC Press.

**Skotny, A. (2019).** "Understanding Structural Analysis: Static vs. Dynamic." *Journal of Structural Engineering*, 45(2), 87-94.

**Baldissera, L., & Palomino, R. (2020).** "Advancements in Structural Analysis Software: A Review of SAP2000." *International Journal of Civil Engineering*, 30(4), 521-535.

**González, J. R., & Smith, A. (2018).** "Comparative Study of Different Loads on Elevated Tanks." *Journal of Structural Engineering*, 42(3), 301-315.

**Pérez, M., & Martínez, L. (2017).** "Classification of Loads in Structural Design." *International Journal of Civil Engineering Research*, 5(3), 201-215.

**Metcalf & Eddy, Inc. (1991).** *Ingeniería de aguas residuales: Tratamiento, vertido y reutilización.* McGraw-Hill Interamericana.

# ANEXO 1: OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

Título: Diseño y análisis estructural de tanque elevado Intze: estudio de diferentes cargas y condiciones con SAP2000, Puno, 2023

AUTOR : MAXBRAYAM PERCY MAYTA ARNAO

## OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLE (S)	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	MEDICION
<b>Variable I:</b> Diseño y análisis estructural de un tanque elevado tipo Intze utilizando el software de análisis estructural SAP2000 (Variable Independiente)	El diseño y análisis estructural es el proceso de determinar la <b>geometría, materiales y especificaciones técnicas necesarias</b> para construir un tanque elevado tipo Intze y analizar su resistencia y estabilidad frente a diferentes cargas y condiciones. (Fuente: McCormac, J. C., & Nelson, J. K. (2010). Análisis y diseño de estructuras).	El diseño y análisis estructural de un tanque elevado tipo Intze se define como el proceso mediante el cual se determina la geometría, los materiales y las especificaciones técnicas necesarias para construir el tanque, y se realiza un análisis estructural utilizando el software SAP2000 para evaluar la resistencia y estabilidad del tanque frente a <b>diferentes cargas y condiciones, diferentes cargas y consideraciones a usar.</b>	GEOMETRIA	ALTURA DE TANQUE	MEDICION DIRECTA (mts)
				DIAMETRO DE TANQUE	MEDICION DIRECTA (mts)
				ESPESOR DEL MATERIAL	MEDICION DIRECTA (mts)
			MATERIALES	TIPO DE MATERIAL UTILIZADO	OBSERVACION DIRECTA
				RESISTENCIA DEL MATERIAL	MEDICION DIRECTA (kg/cm2)
ESPECIFICACIONES TECNICAS	ESPECIFICACIONES DE DISEÑO DEL TANQUE	NORMA E.030 Y ACI 350-01			
<b>Variable II:</b> Resistencia y estabilidad del tanque elevado frente a diferentes cargas y condiciones (Variable Dependiente) desempeño estructural del tanque	La resistencia y estabilidad se refieren a la capacidad del tanque elevado para soportar diferentes <b>cargas y condiciones</b> sin sufrir deformaciones excesivas o fallas catastróficas. (Fuente: McCormac, J. C., & Nelson, J. K. (2010). Análisis y diseño de estructuras).	La resistencia y estabilidad del tanque elevado se define como la capacidad del tanque para soportar diferentes cargas y condiciones sin sufrir deformaciones excesivas o fallas catastróficas. Esto se evalúa mediante la consideración de diferentes tipos de cargas, como el peso del agua, el viento, el sismo y la carga térmica, y la aplicación de especificaciones técnicas para el diseño y construcción del tanque elevado. Además, se utilizan los resultados del análisis estructural para determinar los esfuerzos máximos y las deformaciones máximas en diferentes puntos del tanque, así como el factor de seguridad global del tanque. <b>incluir el uso del software</b>	CARGAS Y CONDICIONES	PESO DEL AGUA	MEDICION DIRECTA (kgs)
				SISMO	MEDICION DIRECTA (Espectro de respuesta)
			FUERZA SISMICA	ESFUERZO MAXIMO EN LA BASE DEL TANQUE	HOJA DE CALCULO EXCEL
			ACELERACION	DEFORMACION MAXIMA EN LAS PAREDES DEL TANQUE	NORMA E.030 Y ACI 350-01
			PRESION DEL LIQUIDO	ESFUERZO MAXIMO	ANALISIS ESTRUCTURAL MEDIANTE SAP 2000

## ANEXO 2: MATRIZ DE CONSISTENCIA

MATRIZ DE CONSISTENCIA											
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	METODOLOGIA				
<u>Problema general:</u>	<u>Objetivo general:</u>	<u>Hipótesis general:</u>									
<p>¿Cuáles son las mejores consideraciones de diseño y cargas a tener en cuenta para el suministro de agua en la ciudad de Puno mediante el diseño y análisis estructural de un tanque elevado tipo Intze utilizando el software de análisis estructural SAP2000?</p>	<p>Evaluar el diseño y análisis estructural de un tanque elevado tipo Intze utilizando el software SAP2000, en comparación con diferentes cargas y consideraciones de diseño para suministro de agua en la ciudad de Puno.</p>	<p>Un diseño y análisis estructural adecuado del tanque elevado tipo Intze utilizando el software SAP2000, considerando las cargas y consideraciones específicas para el suministro de agua en la ciudad de Puno, permitirá obtener un tanque robusto y duradero. Esto garantizará su capacidad para soportar diversas cargas y condiciones, asegurando un suministro de agua eficiente y confiable.</p>	<p>Variable I: Diseño y análisis estructural de un tanque elevado tipo Intze utilizando el software de análisis estructural SAP2000 (Variable Independiente)</p>	<p>GEOMETRIA</p>	ALTURA DE TANQUE	<p>LIBROS Y ARCHIVOS</p>	TIPO DE INVESTIGACION				
					DIAMETRO DE TANQUE		Aplicada				
					ESPESOR DEL MATERIAL		ENFOQUE DE INVESTIGACION				
								<p>MATERIALES</p>	TIPO DE MATERIAL UTILIZADO		Cuantitativo
									RESISTENCIA DEL MATERIAL		DISEÑO DE LA INVESTIGACION
								ESPECIFICACIONES TECNICAS	ESPECIFICACIONES DE DISEÑO DEL TANQUE		NO EXPERIMENTAL DE DISEÑO TRANSVERSAL
				<p>CARGAS Y CONDICIONES</p>	PESO DEL AGUA	<p>DATOS DE CAMPO</p>	NIVEL DE LA INVESTIGACION				
					SISMO		CARÁCTER DESCRIPTIVO Y EXPLORATORIO				
							POBLACION				
<p>¿Cuáles son las áreas críticas de la estructura del tanque elevado tipo Intze que pueden ser identificadas mediante el análisis de la distribución de la cortante basal?</p>	<p>Determinar las áreas críticas del diseño estructural del tanque elevado tipo Intze mediante un análisis detallado de la distribución de la cortante basal.</p>	<p>Se postula que la evaluación de la distribución de la cortante basal en el tanque elevado tipo Intze facilitará la identificación de puntos críticos en el diseño estructural, contribuyendo así a un análisis más exhaustivo y preciso de la resistencia de la estructura.</p>	<p>Variable II: Resistencia y estabilidad del tanque elevado frente a diferentes cargas y condiciones (Variable Dependiente) desempeño estructural del tanque</p>	<p>FUERZA SISMICA</p>	<p>ESFUERZOS CORTANTES A NIVELES DEL TANQUE</p>	<p>EXCEL</p>	Los diversos tipos de reservorios y sus respectivos diseños que se planean construir en un furuo en el Distrito de Puno				
MUESTRA											
<p>¿En qué medida la aplicación del espectro de diseño de acuerdo con la Norma E030 afecta la precisión en la determinación de la pseudoaceleración necesaria para el análisis estructural del tanque elevado tipo Intze?</p>	<p>Evaluar el impacto de la aplicación del espectro de diseño basado en la Norma E030 en la precisión de la determinación de la pseudoaceleración para el análisis estructural del tanque elevado tipo Intze.</p>	<p>Se plantea que la aplicación del espectro de diseño de acuerdo con la Norma E030 asegura una determinación precisa de la pseudoaceleración necesaria para el análisis estructural del tanque elevado tipo Intze, lo que garantiza una evaluación adecuada de su capacidad de resistencia frente a cargas sísmicas.</p>		<p>ACELERACION</p>	<p>PSEUDOACELERACION</p>	<p>NORMA E.030</p>	La selección de la muestra para este estudio se basa en un enfoque no probabilístico dirigido, lo cual sería el tanque elevado tipo Intze				
MUESTREO											
<p>¿Cómo influye la consideración de la distribución de las presiones del líquido sobre la cuba en la estabilidad y resistencia del tanque elevado tipo Intze durante diferentes condiciones de carga?</p>	<p>Investigar cómo la consideración de la distribución de las presiones del líquido sobre la cuba afecta la estabilidad y resistencia del tanque elevado tipo Intze frente a diferentes condiciones de carga, contribuyendo así a mejorar su diseño y análisis estructural.</p>	<p>Se plantea que la consideración de la distribución de las presiones del líquido sobre la cuba se revela como un factor crítico para un análisis estructural más completo y preciso del tanque elevado tipo Intze, lo que permite una evaluación más precisa de su estabilidad y resistencia ante diferentes condiciones de carga.</p>		<p>PRESION DEL LIQUIDO</p>	<p>ESFUERZO MAXIMO</p>	<p>SOFWARE DE ANALISIS ESTRUCTURAL</p>	La muestra seleccionada para este estudio sigue un enfoque no probabilístico espontaneo, lo cual sería el tanque elevado tipo Intze.				

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE .....

N°	VARIABLES-DIMENSIONES-INDICADORES	PERTENENCIA	RELEVANCIA	CLARIDAD	SUGERENCIAS
	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE: DISEÑO Y ANALISIS ESTRUCTURAL</b>				
1	DIMENSIÓN 1: GEOMETRIA DEL TANQUE Dosificación: ALTURA DEL TANQUE	<input checked="" type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> No	
2	DIMENSIÓN 2: GEOMETRIA DEL TANQUE Dosificación: DIAMETRO DEL TANQUE Y ESPESOR DEL MATERIAL	<input checked="" type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> No	
3	DIMENSIÓN 3: MATERIALES Dosificación: TIPO DE MATERIAL UTILIZADO	<input checked="" type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> No	
4	DIMENSIÓN 4: MATERIALES Dosificación: RESISTENCIA DEL MATERIAL	<input checked="" type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> No	
	<b>VARIABLE DEPENDIENTE: RESISTENCIA Y ESTABILIDAD DEL TANQUE</b>				
1	DIMENSIÓN 1: CARGAS Y CONDICIONES	<input checked="" type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> No	
2	DIMENSIÓN 2: SISMO	<input checked="" type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> No	
3	DIMENSIÓN 3: ESFUERZOS MAXIMOS EN LAS PARTES ESTRUCTURALES DEL TANQUE	<input checked="" type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> No	
4	DIMENSIÓN 4: DEFORMACIONES MAXIMAS EN LAS PARTES ESTRUCTURALES DEL TANQUE	<input checked="" type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> No	

Observaciones (precias si hay suficiencia):

Opinión de aplicabilidad: Aplicable (X) Aplicables después de corregir ( ) No aplicable ( )

Apellidos y Nombres del Juez Validador: LAZARINOS APAZO, SILVIO

Especialidad de Validador: INGENIERO CIVIL

DNI: 01203756

27 de 11 del 2023

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE PUNO



Ing. Silvio Lazarinos Apaza  
SUPERVISOR DE OBRA  
CIP: 50617

Firma del Experto Informante

Partencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado  
Relevancia: El ítem se apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructor "CLARIDAD"

Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo.

Nota: Suficiencia se dice cuando los ítems, planteados son suficiente para medir la dimensión

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE .....

N°	VARIABLES-DIMENSIONES-INDICADORES	PERTINENCIA	RELEVANCIA	CLARIDAD	SUGERENCIAS
	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE: DISEÑO Y ANALISIS ESTRUCTURAL</b>				
1	DIMENSIÓN 1: GEOMETRIA DEL TANQUE Dosificación: ALTURA DEL TANQUE	<input checked="" type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> No	
2	DIMENSIÓN 2: GEOMETRIA DEL TANQUE Dosificación: DIAMETRO DEL TANQUE Y ESPESOR DEL MATERIAL	<input checked="" type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> No	
3	DIMENSIÓN 3: MATERIALES Dosificación: TIPO DE MATERIAL UTILIZADO	<input checked="" type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> No	
4	DIMENSIÓN 4: MATERIALES Dosificación: RESISTENCIA DEL MATERIAL	<input checked="" type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> No	
	<b>VARIABLE DEPENDIENTE: RESISTENCIA Y ESTABILIDAD DEL TANQUE</b>				
1	DIMENSIÓN 1: CARGAS Y CONDICIONES	<input checked="" type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> No	
2	DIMENSIÓN 2: SISMO	<input checked="" type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> No	
3	DIMENSIÓN 3: ESFUERZOS MAXIMOS EN LAS PARTES ESTRUCTURALES DEL TANQUE	<input checked="" type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> No	
4	DIMENSIÓN 4: DEFORMACIONES MAXIMAS EN LAS PARTES ESTRUCTURALES DEL TANQUE	<input checked="" type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> No	

Observaciones (precisas si hay suficiencia):

Opinión de aplicabilidad: Aplicable  No aplicable ( )

Apellidos y Nombres del Juez Validador: Mónica Mamani Walter Hugo

Especialidad de Validador: Ingeniero Civil

DNI: 47005829

28 de 11 del 2023

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE PUNO  
Subgerencia de Obras Públicas y Mantenimiento  
ING. WALTER HUGO MAMANI VAMANI  
SUB GERENTE  
CIP: 194168

Firma del Experto Informante

Partencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado  
Relevancia. El ítem se apropiado para representar al componente o dimensión  
específica del constructor "CLARIDAD"

Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y  
directo.

Nota. Suficiencia se dice cuando los ítems, planteados son suficiente para medir  
la dimensión



CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE .....

N°	VARIABLES-DIMENSIONES-INDICADORES	PERTINENCIA		RELEVANCIA		CLARIDAD		SUGERENCIAS
		SI	No	SI	No	SI	No	
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE: DISEÑO Y ANALISIS ESTRUCTURAL</b>								
1	DIMENSION 1: GEOMETRIA DEL TANQUE Dosificación: ALTURA DEL TANQUE	SI	No	SI	No	SI	No	
2	DIMENSION 2: GEOMETRIA DEL TANQUE Dosificación: DIAMETRO DEL TANQUE Y ESPESOR DEL MATERIAL	SI	No	SI	No	SI	No	
3	DIMENSION 3: MATERIALES Dosificación: TIPO DE MATERIAL UTILIZADO	SI	No	SI	No	SI	No	
4	DIMENSION 4: MATERIALES Dosificación: RESISTENCIA DEL MATERIAL	SI	No	SI	No	SI	No	
<b>VARIABLE DEPENDIENTE: RESISTENCIA Y ESTABILIDAD DEL TANQUE</b>								
1	DIMENSION 1: CARGAS Y CONDICIONES	SI	No	SI	No	SI	No	
2	DIMENSION 2: SISMO	SI	No	SI	No	SI	No	
3	DIMENSION 3: ESFUERZOS MAXIMOS EN LAS PARTES ESTRUCTURALES DEL TANQUE	SI	No	SI	No	SI	No	
4	DIMENSION 4: DEFORMACIONES MAXIMAS EN LAS PARTES ESTRUCTURALES DEL TANQUE	SI	No	SI	No	SI	No	

Observaciones (precias si hay suficiencia):

Opinión de aplicabilidad: Aplicable (X) No aplicable ( )

Apellidos y Nombres del Juez Validador: Mamani Roberto, Edwin

Especialidad de Validador: Ingeniero Civil

DNI: 93190170

27 de 11 del 2023



Firma del Experto Informante

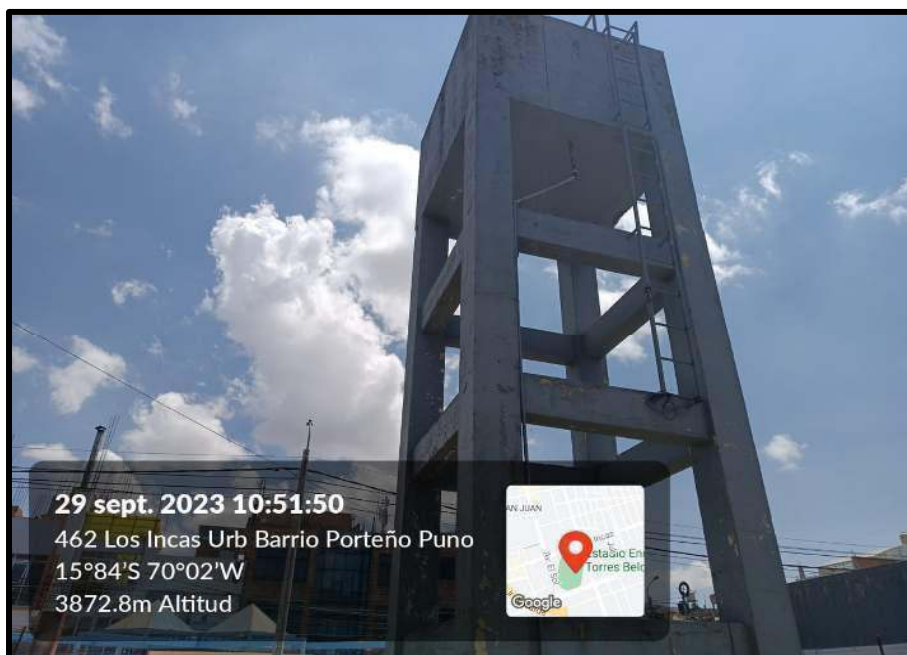
Partencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado Relevancia. El ítem se apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructor "CLARIDAD"

Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo.

Nota. Suficiencia se dice cuando los ítems, planteados son suficiente para medir la dimensión



#### ANEXO 4: PANEL FOTOGRAFICO



Fotografía N° 01: Vista lateral del tanque elevado rectangular.



Fotografía N° 02: Vista frontal del tanque elevado.



Fotografía N° 03: Vista del tanque elevado en la ubicación de interés.



Fotografía N° 04: Vista comparativa de altura del tanque elevado.



Fotografía N° 05: Ejecución del ensayo SPT-1



Fotografía N° 06: Muestra SPT-1.



Fotografía N° 07: Ejecución de ensayo SPT-2.



Fotografía N° 08: Muestra de SPT-2



Fotografía N° 09: Muestra de SPT-2.



Fotografía N° 10: Ejecucion del ensayo SPT-3.



Fotografía N° 11: Muestra del ensayo SPT-3.



Fotografía N° 12: Muestra del ensayo SPT-3.



Fotografía N° 13: Realización del ensayo granulométrico pesaje de las muestras.



Fotografía N° 14: Tamizado de muestras del ensayo SPT.



Fotografía N° 15: Tamizaje de muestras del ensayo SPT.



Fotografía N° 16: Separación en recipientes para determinación de límites aterbeg.



Fotografía N° 17: Colocación al horno para determinar el contenido de humedad.



# REGISTRO DE SONDEOS EN SUELOS

## GUIA PARA MUESTREO DE SUELOS Y ROCAS MTC E IOI

<b>PROYECTO</b>	DISEÑO Y ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE TANQUE ELEVADO INTZE: ESTUDIO COMPARATIVO DE DIFERENTES CARGAS Y CONDICIONES CON SAP 2000, PUNO, 2023	<b>Registro N°</b> : T_UCV_MPMA-09/23-SPT01@9-G&C
		<b>Fecha</b> 28 de septiembre de 2023

### I. Datos Generales

<b>UBICACIÓN</b>	: AV. SIMÓN BOLÍVAR, ESTADIO ENRIQUE TORRES BELON DE LA CIUDAD DE PUNO, PROVINCIA DE PUNO - PUNO.		
<b>PROCEDENCIA</b>	: SUELO NATURAL	<b>SOLICITANTE</b>	Bach. MAXBRAYAM PERCY MAYTA ARNAO
<b>SONDEO</b>	: SPT - 01	<b>COORDENADAS</b>	
<b>N° DE ESTRATOS</b>	: 16	<b>ESTE</b>	:
<b>PROFUNDIDAD</b>	: 0.00 m - 9.00 m.	<b>NIVEL FREÁTICO</b>	: 1.20 m
		<b>NORTE</b>	:
		<b>COTA</b>	:

PROF. (m)	h Estrato (m)	MUESTRA	DESCRIPCION DEL ESTRATO	DESIGNACION		SIMBOLOGIA	
				SUCS	AASHTO	SUCS	AASHTO
0.15	0.45	M-1	Arena arcillosa, contiene 14.7 % de grava gruesa a fina, semiangular, semicompacto, Baja Plasticidad, dilatancia rápida moderada, tenacidad mediana y con tamaño máximo de 3/4", contiene 40.1 % de arena gruesa a fina y 45.2 % de finos (L.L.=32, L.P.=23 e I.P.=9), con un contenido de humedad de 22.2 %.	SC	A-4 (1)		
0.60	1.20	M-2	Grava arcillosa con arena, contiene 45.5 % de grava gruesa a fina, semiangular, semicompacto, Baja Plasticidad, dilatancia rápida moderada, tenacidad baja y con tamaño máximo de 1 1/2", contiene 28.1 % de arena gruesa a fina y 26.4 % de finos (L.L.=35, L.P.=23 e I.P.=12), con un contenido de humedad de 12.5 %.	GC	A-2-6 (0)		
1.80	0.60	M-3	Limo arenoso de baja plasticidad, contiene 14 % de grava gruesa a fina, semiangular, blando, Baja Plasticidad, dilatancia lenta, tenacidad mediana alta y con tamaño máximo de 1", contiene 29.3 % de arena gruesa a fina y 56.7 % de finos (L.L.=46, L.P.=28 e I.P.=18), con un contenido de humedad de 33.7 %.	ML	A-7-6 (8)		
2.40	0.60	M-4	Arcilla arenosa de baja plasticidad, contiene 0.7 % de grava gruesa a fina, semiangular, blando, Baja Plasticidad, dilatancia nula, tenacidad mediana alta y con tamaño máximo de 1/2", contiene 32.5 % de arena gruesa a fina y 66.8 % de finos (L.L.=45, L.P.=21 e I.P.=24), con un contenido de humedad de 44.3 %.	CL	A-7-6 (14)		
3.00	1.05	M-7	Arcilla de alta plasticidad, contiene 0.1 % de grava gruesa a fina, semiangular, blando, Baja Plasticidad, dilatancia nula, tenacidad alta y con tamaño máximo de 3/8", contiene 9.9 % de arena gruesa a fina y 90 % de finos (L.L.=56, L.P.=26 e I.P.=30), con un contenido de humedad de 39.9 %.	CH	A-7-6 (30)		
4.05	0.40	M-6	Arena pobremente gradada, contiene 13.6 % de grava gruesa a fina, semiangular, semicompacto, No Plástico, dilatancia rápida moderada, tenacidad mediana y con tamaño máximo de 1/2", contiene 82.1 % de arena gruesa a fina y 4.3 % de finos (L.L.=29, L.P.=27 e I.P.=2), con un contenido de humedad de 26.4 %.	SP	A-2-4 (0)		
4.45	0.35	M-7	Limo de baja plasticidad, contiene 0.4 % de grava gruesa a fina, semiangular, blando, Baja Plasticidad, dilatancia lenta, tenacidad mediana alta y con tamaño máximo de 3/8", contiene 12.1 % de arena gruesa a fina y 87.6 % de finos (L.L.=39, L.P.=26 e I.P.=13), con un contenido de humedad de 48.8 %.	ML	A-6 (12)		
4.80	0.30	M-8	Arcilla arenosa de baja plasticidad, contiene 9.3 % de grava gruesa a fina, semiangular, blando, Baja Plasticidad, dilatancia nula, tenacidad mediana alta y con tamaño máximo de 3/4", contiene 40.7 % de arena gruesa a fina y 50 % de finos (L.L.=33, L.P.=21 e I.P.=12), con un contenido de humedad de 46.4 %.	CL	A-6 (3)		
5.10	0.30	M-9	Arcilla arenosa de baja plasticidad, contiene 3.5 % de grava gruesa a fina, semiangular, blando, Baja Plasticidad, dilatancia nula, tenacidad mediana alta y con tamaño máximo de 1/2", contiene 31.2 % de arena gruesa a fina y 65.3 % de finos (L.L.=36, L.P.=21 e I.P.=15), con un contenido de humedad de 32.9 %.	CL	A-6 (8)		
5.40	1.20	M-10	Arcilla de baja plasticidad con arena, contiene 2 % de grava gruesa a fina, semiangular, blando, Baja Plasticidad, dilatancia nula, tenacidad mediana alta y con tamaño máximo de 1/2", contiene 18.6 % de arena gruesa a fina y 79.4 % de finos (L.L.=43, L.P.=24 e I.P.=19), con un contenido de humedad de 38 %.	CL	A-7-6 (15)		
6.60			OBS: G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C				

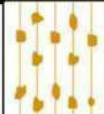
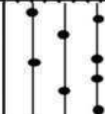


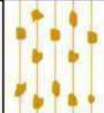
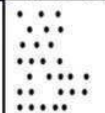
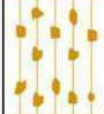
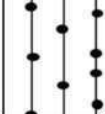
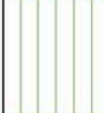

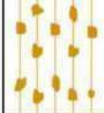
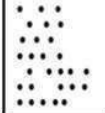
# REGISTRO DE SONDEOS EN SUELOS

## GUIA PARA MUESTREO DE SUELOS Y ROCAS MTC E IOI

<b>PROYECTO</b>	DISEÑO Y ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE TANQUE ELEVADO INTZE: ESTUDIO : COMPARATIVO DE DIFERENTES CARGAS Y CONDICIONES CON SAP 2000, PUNO, 2023	<b>Registro N°</b> : T_UCV_MPMA-09/23-SPT01@9-G&C
		<b>Fecha</b> 28 de septiembre de 2023

### I. Datos Generales

<b>UBICACIÓN</b>	: AV. SIMÓN BOLÍVAR, ESTADIO ENRIQUE TORRES BELON DE LA CIUDAD DE PUNO, PROVINCIA DE PUNO - PUNO.		
<b>PROCEDENCIA</b>	: SUELO NATURAL	<b>SOLICITANTE</b>	Bach. MAXBRAYAM PERCY MAYTA ARNAO
<b>SONDEO</b>	: SPT - 01	<b>COORDENADAS</b>	
<b>N° DE ESTRATOS</b>	: 16	<b>ESTE</b>	:
<b>PROFUNDIDAD</b>	: 0.00 m - 9.00 m.	<b>NIVEL FREÁTICO</b>	: 1.20 m
		<b>NORTE</b>	:
		<b>COTA</b>	:

PROF. (m)	h Estrato (m)	MUESTRA	DESCRIPCION DEL ESTRATO	DESIGNACION		SIMBOLOGIA	
				SUCS	AASHTO	SUCS	AASHTO
6.90	0.30	M-11	Arena limosa con grava, contiene 24.4 % de grava gruesa a fina, semiangular, semicompacto, Baja Plasticidad, dilatancia rápida moderada, tenacidad mediana y con tamaño máximo de 3/4", contiene 44.9 % de arena gruesa a fina y 30.7 % de finos (L.L.=36, L.P.=27 e I.P.=9), con un contenido de humedad de 27.8 %. OBS:	SM	A-2-4 (0)		
7.55	0.65	M-12	Limo de alta plasticidad con arena, contiene 1.8 % de grava gruesa a fina, semiangular, blando, Baja Plasticidad, dilatancia nula o lenta, tenacidad baja a media y con tamaño máximo de 3/8", contiene 26.6 % de arena gruesa a fina y 71.7 % de finos (L.L.=61, L.P.=35 e I.P.=26), con un contenido de humedad de 42.4 %. OBS:	MH	A-7-5 (20)		
7.80	0.25	M-13	Arena limosa con grava, contiene 16.1 % de grava gruesa a fina, semiangular, semicompacto, Baja Plasticidad, dilatancia rápida moderada, tenacidad mediana y con tamaño máximo de 1/2", contiene 64.6 % de arena gruesa a fina y 19.3 % de finos (L.L.=30, L.P.=24 e I.P.=6), con un contenido de humedad de 24.2 %. OBS: Lente de grava de 7.35m a 7.40m de profundidad	SM	A-1-b (0)		
8.25	0.45	M-14	Arena limosa con grava, contiene 19.8 % de grava gruesa a fina, semiangular, semicompacto, Baja Plasticidad, dilatancia rápida moderada, tenacidad mediana y con tamaño máximo de 1", contiene 54.1 % de arena gruesa a fina y 26.1 % de finos (L.L.=33, L.P.=24 e I.P.=9), con un contenido de humedad de 26.7 %. OBS:	SM	A-2-4 (0)		
8.40	0.15	M-15	Limo arenoso de baja plasticidad, contiene 2.3 % de grava gruesa a fina, semiangular, blando, Baja Plasticidad, dilatancia lenta, tenacidad mediana alta y con tamaño máximo de 1/2", contiene 33.6 % de arena gruesa a fina y 64.1 % de finos (L.L.=38, L.P.=25 e I.P.=13), con un contenido de humedad de 36.1 %. OBS:	ML	A-6 (7)		
9.00	0.60	M-16	Arena limosa, contiene 9.5 % de grava gruesa a fina, semiangular, semicompacto, Baja Plasticidad, dilatancia rápida moderada, tenacidad mediana y con tamaño máximo de 3/4", contiene 65.1 % de arena gruesa a fina y 25.4 % de finos (L.L.=31, L.P.=26 e I.P.=5), con un contenido de humedad de 29.2 %. OBS:	SM	A-1-b (0)		

**ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR (SPT)**

STANDARD TEST METHOD FOR STANDARD PENETRATION TEST (SPT) AND SPLIT-BARREL SAMPLING OF SOILS (ASTM D1586 / D1586M - 18)

<b>PROYECTO</b>	DISEÑO Y ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE TANQUE ELEVADO INTZE: ESTUDIO COMPARATIVO DE DIFERENTES CARGAS Y CONDICIONES CON SAP 2000, PUNO, 2023	<b>Registro N°</b>	: T_UCV_MPMA-09/23-SPT01@9-G&C
		<b>Fecha</b>	: septiembre del 2023
<b>DATOS GENERALES</b>			
<b>UBICACIÓN</b>	: AV. SIMÓN BOLÍVAR, ESTADIO ENRIQUE TORRES BELON DE LA CIUDAD DE PUNO, PROVINCIA DE PUNO – PUNO.		
<b>PROCEDENCIA</b>	: SUELO NATURAL		
<b>PERFORACION</b>	: SPT - 01		
<b>MUESTRA</b>	: Secciones de 0.45 m		
<b>PROFUND.</b>	: 0.00 - 9.00 m.		
	<b>SOLICITANTE</b> : Bach. MAXBRAYAM PERCY MAYTA ARNAO		
	<b>TAMANO MÁXIMO</b> : >3/4 in.		
	<b>NIVEL FREÁTICO</b> : 1.80 m		

DESCRIPCIÓN VISUAL - MANUAL	PROFUNDIDAD	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>	N <sub>campo</sub>	$\sigma'_{vo}$ Centro de la muestra kN/m <sup>2</sup>	N <sub>(60)</sub> arcillas	C <sub>N</sub>	N <sub>1(60)</sub> arenas	Asentamiento Cimentación arenas (cm) alphan 1964
	0.00 - 0.45	1	4	5	9	8.55	6.00	1.70	10	4.6
	0.45 - 0.90	4	7	9	16	17.10	11.00	1.58	17	2.7
	0.90 - 1.35	7	6	3	9	25.65	6.00	1.44	9	0.7
	1.35 - 1.80	3	2	1	3	37.80	2.00	1.34	3	2.6
	1.80 - 2.25	1	1	1	2	40.50	1.00	1.28	1	3.6
	2.25 - 2.70	2	1	2	3	48.60	2.00	1.25	2	2.8
	2.70 - 3.15	3	3	4	7	56.70	6.00	1.21	7	0.9
	3.15 - 3.60	4	6	5	11	75.60	9.00	1.18	11	0.6
	3.60 - 4.05	6	6	6	12	72.90	10.00	1.16	12	0.6
	4.05 - 4.50	4	1	2	3	94.50	3.00	1.13	3	2.6
	4.50 - 4.95	1	2	3	5	89.10	4.00	1.11	4	1.5
	4.95 - 5.40	3	5	4	9	97.20	9.00	1.09	10	0.7
	5.40 - 5.85	5	5	4	9	108.23	9.00	1.06	10	0.7
	5.85 - 6.30	4	5	4	9	113.40	9.00	1.04	9	0.7
	6.30 - 6.75	2	2	2	4	121.50	4.00	1.03	4	1.9
	6.75 - 7.20	2	3	2	5	129.60	5.00	1.01	5	1.5
	7.20 - 7.65	3	3	8	11	137.70	10.00	0.99	10	0.6
	7.65 - 8.10	7	6	5	11	145.80	10.00	0.98	10	0.6
	8.10 - 8.55	6	5	3	8	153.90	8.00	0.97	8	0.8
	8.55 - 9.00	3	3	3	6	162.00	6.00	0.96	6	1.1

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

Bach. LIC. MARY CARMEN YANA CONDORY  
TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN  
Y ENSAYO DE MATERIALES  
DNI : 47136310

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA  
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
CIP: 209176

**ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR (SPT)**

STANDARD TEST METHOD FOR STANDARD PENETRATION TEST (SPT) AND SPLIT-BARREL SAMPLING OF SOILS (ASTM D1586 / D1586M - 18)

<b>PROYECTO :</b> DISEÑO Y ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE TANQUE ELEVADO INTZE: ESTUDIO COMPARATIVO DE DIFERENTES CARGAS Y CONDICIONES CON SAP 2000, PUNO, 2023	<b>Registro N° :</b> T_UCV_MPMA-09/23-SPT01@9-G&C
	<b>Fecha :</b> septiembre del 2023

**DATOS GENERALES**

<b>UBICACIÓN :</b> AV. SIMÓN BOLÍVAR, ESTADIO ENRIQUE TORRES BELON DE LA CIUDAD DE PUNO, PROVINCIA DE PUNO - PUNO.	<b>SOLICITANTE :</b> Bach. MAXBRAYAM PERCY MAYTA ARNAO
<b>PROCEDEC :</b> SUELO NATURAL	<b>TAMANO MÁXIMO :</b> >3/4 in.
<b>PERFORACI :</b> SPT - 01	<b>NIVEL FREÁTICO :</b> 1.80 m
<b>MUESTRA :</b> Secciones de 0.45 m	
<b>PROFUND. :</b> 0.00 - 9.00 m.	

PROFUNDIDAD	N(60) arcillas	N1(60) arenas	ÁNGULO DE FRICCIÓN [φ]									COHESION [kPa]			Es (kPa)			Densidad Relativa	Jamiolkowski, 1988 & Skempton 1986		Meyerhof (1957)
			Shioi and Fukui 1954 (general)	Peck et al. 1953	Meyerhof of, 1959 (Dr)	Hatanaka & Uchida 1996	Hatanaka & Uchida 1996	Hatanaka & Uchida 1996	φ Criterio Conservador	Bowles, 1988	estroud, 1989	Cu Criterio Conservador	Bowles 1968	Schmertmann 1970	Promedio	Condición	Dr (%)		Dr (%)		
0.00 - 0.45	6	10.00	22	28	35	33.80	34.60	31.60	22.4	15.7	31.5	15.7	50000	50000	50000	Medianament e denso	33.8	31.1	20.6		
0.45 - 0.90	11	17.00	24	29	36	37.00	38.80	35.80	24.3	28.0	56.0	28.0	6500	13600	10050	Medianament e denso	45.1	41.5	19.8		
0.90 - 1.35	6	9.00	22	28	34	32.80	33.50	30.50	22.4	15.7	31.5	15.7	45000	45000	45000	Suelto	33.8	31.1	12.2		
1.35 - 1.80	2	3.00	21	28	32	28.20	27.50	24.50	20.8	5.2	10.5	5.2	15000	15000	15000	Muy suelto	19.5	18	5.8		
1.80 - 2.25	1	1.00	21	28	31	27.00	26.00	23.00	20.5	3.5	7.0	3.5	-	-	-	Muy suelto	15.9	14.7	4.6		
2.25 - 2.70	2	2.00	21	28	31	28.00	27.20	24.20	20.8	5.2	10.5	5.2	10000	10000	10000	Muy suelto	19.5	18	5.1		
2.70 - 3.15	6	7.00	22	28	33	31.70	32.00	29.00	22.3	14.9	29.8	14.9	35000	35000	35000	Suelto	32.9	30.2	7.3		
3.15 - 3.60	9	11.00	24	29	35	33.90	34.90	31.90	23.6	23.4	46.8	23.4	6000	8800	7400	Medianament e denso	41.2	37.9	7.9		
3.60 - 4.05	10	12.00	24	29	35	34.30	35.40	32.40	23.9	25.5	51.0	25.5	6250	9600	7925	Medianament e denso	43.1	39.6	8.4		
4.05 - 4.50	3	3.00	21	28	32	28.30	27.60	24.60	21.0	6.4	12.8	6.4	15000	15000	15000	Muy suelto	21.5	19.8	3.7		
4.50 - 4.95	4	4.00	22	28	32	29.90	29.70	26.70	21.6	10.6	21.2	10.6	20000	20000	20000	Suelto	27.8	25.6	4.9		
4.95 - 5.40	9	10.00	23	29	34	33.00	33.60	30.60	23.3	21.4	42.8	21.4	50000	50000	50000	Medianament e denso	39.4	36.3	6.3		
5.40 - 5.85	9	10.00	23	29	34	32.90	33.50	30.50	23.3	21.4	42.8	21.4	50000	50000	50000	Medianament e denso	39.4	36.3	6.0		
5.85 - 6.30	9	9.00	23	29	34	32.80	33.40	30.40	23.3	21.4	42.8	21.4	45000	45000	45000	Suelto	39.4	36.3	5.9		
6.30 - 6.75	4	4.00	22	28	32	29.20	28.80	25.80	21.5	9.5	19.0	9.5	20000	20000	20000	Suelto	26.3	24.2	3.8		
6.75 - 7.20	5	5.00	22	28	33	30.00	29.80	26.80	21.8	11.9	23.8	11.9	25000	25000	25000	Suelto	29.4	27	4.1		
7.20 - 7.65	10	10.00	24	29	34	33.60	34.40	31.40	24.0	26.1	52.2	26.1	50000	50000	50000	Medianament e denso	43.6	40.1	5.9		
7.65 - 8.10	10	10.00	24	29	34	33.50	34.30	31.30	24.0	26.1	52.2	26.1	50000	50000	50000	Medianament e denso	43.6	40.1	5.7		
8.10 - 8.55	8	8.00	23	29	33	31.80	32.10	29.10	22.9	19.0	38.0	19.0	40000	40000	40000	Suelto	37.2	34.2	4.7		
8.55 - 9.00	6	6.00	22	28	33	30.70	30.70	27.70	22.3	15.0	30.0	15.0	30000	30000	30000	Suelto	33	30.4	4.0		

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C

Bach. LIC. MARY CARMEN YANA CONDORY  
TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN  
Y ENSAYO DE MATERIALES  
DNI: 47136310

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA  
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
CIP: 209176

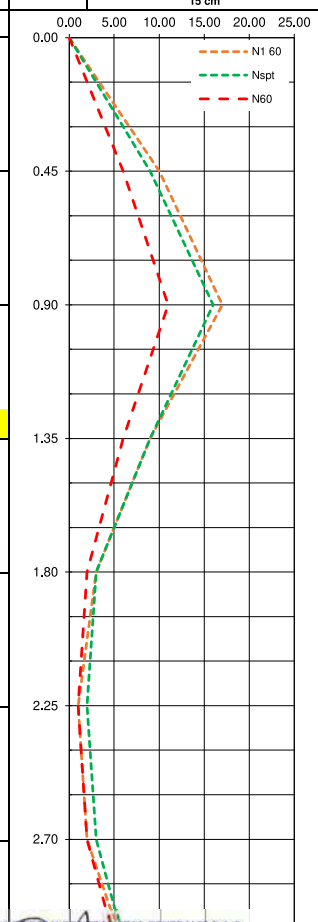
## ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR (SPT)

STANDARD TEST METHOD FOR STANDARD PENETRATION TEST (SPT) AND SPLIT-BARREL SAMPLING OF SOILS (ASTM D1586 / D1586M - 18)

<b>PROYECTO</b>	DISEÑO Y ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE TANQUE ELEVADO INTZE: ESTUDIO COMPARATIVO DE DIFERENTES CARGAS Y CONDICIONES CON SAP 2000, PUNO, 2023	Registro N°	: T_UCV_MPMA-09/23-SPT01@9-G&C
		Fecha	: septiembre del 2023

DATOS GENERALES			
<b>UBICACIÓN</b>	: AV. SIMÓN BOLÍVAR, ESTADIO ENRIQUE TORRES BELON DE LA CIUDAD DE PUNO, PROVINCIA DE PUNO – PUNO.		
<b>PROCEDENCIA</b>	: SUELO NATURAL	<b>SOLICITANTE</b>	: Bach. MAXBRAYAM PERCY MAYTA ARNAO
<b>PERFORACION</b>	: SPT - 01	<b>TAMANO MÁXIMO</b>	: >3/4 in.
<b>MUESTRA</b>	: Secciones de 0.45 m	<b>NIVEL FREÁTICO</b>	: 1.80 m
<b>PROFUND.</b>	: 9.00 m.		

REGISTRO DE SONDAJES								
PROF. (m)	SÍMBOLO	DESCRIPCION DEL SUELO	SUCS	CORRELACIONES			ENSAYOS DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR	
				N SPT	N 60	N <sub>60</sub>	N <sub>SPT</sub>	Nº de golpes 15 cm
0.05		CONCRETO						
0.15								
0.30		Arena arcillosa, contiene 14,7 % de grava gruesa a fina, semiangular, semicompacto, Baja Plasticidad, dilatancia rápida moderada, tenacidad mediana y con tamaño máximo de 3/4", contiene 40,1 % de arena gruesa a fina y 45,2 % de finos (L.L.=32, L.P.=23 e I.P.=9), con un contenido de humedad de 22,2 %.	SC	9	6	10		
0.45								
0.60								
0.75								
0.90								
1.05								
1.20		Grava arcillosa con arena, contiene 45,5 % de grava gruesa a fina, semiangular, semicompacto, Baja Plasticidad, dilatancia rápida moderada, tenacidad baja y con tamaño máximo de 1 1/2", contiene 28,1 % de arena gruesa a fina y 26,4 % de finos (L.L.=35, L.P.=23 e I.P.=12), con un contenido de humedad de 12,5 %.	GC	9	6	9		
1.35								
1.50								
1.65								
1.80				3	2	3		
1.95								
2.10		Limo arenoso de baja plasticidad, contiene 14 % de grava gruesa a fina, semiangular, blando, Baja Plasticidad, dilatancia lenta, tenacidad mediana alta y con tamaño máximo de 1", contiene 29,3 % de arena gruesa a fina y 56,7 % de finos (L.L.=46, L.P.=28 e I.P.=18), con un contenido de humedad de 33,7 %.	ML	2	1	1		
2.25								
2.40								
2.55								
2.70		Arcilla arenosa de baja plasticidad, contiene 0,7 % de grava gruesa a fina, semiangular, blando, Baja Plasticidad, dilatancia nula, tenacidad mediana alta y con tamaño máximo de 1/2", contiene 32,5 % de arena gruesa a fina y 66,8 % de finos (L.L.=45, L.P.=21 e I.P.=24), con un contenido de humedad de 44,3 %.	CL	3	2	2		
2.85								
3.00								



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

*Marycarmen Yana Condory*

Bach. I.C. MARY CARMEN YANA CONDORY  
TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN  
Y ENSAYO DE MATERIALES  
DNI: 47136310

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

*Alex Luis Gomez Calla*

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA  
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
CIP: 209176

## ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR (SPT)

STANDARD TEST METHOD FOR STANDARD PENETRATION TEST (SPT) AND SPLIT-BARREL SAMPLING OF SOILS (ASTM D1586 / D1586M - 18)

<b>PROYECTO</b>	DISEÑO Y ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE TANQUE ELEVADO INTZE: ESTUDIO COMPARATIVO DE DIFERENTES CARGAS Y CONDICIONES CON SAP 2000, PUNO, 2023	Registro N°	: T_UCV_MPMA-09/23-SPT01@9-G&C
		Fecha	: septiembre del 2023

DATOS GENERALES			
<b>UBICACIÓN</b>	: AV. SIMÓN BOLÍVAR, ESTADIO ENRIQUE TORRES BELON DE LA CIUDAD DE PUNO, PROVINCIA DE PUNO – PUNO.		
<b>PROCEDENCIA</b>	: SUELO NATURAL		
<b>PERFORACION</b>	: SPT - 01		
<b>MUESTRA</b>	: Secciones de 0.45 m		<b>SOLICITANTE</b> : Bach. MAXBRAYAM PERCY MAYTA ARNAO
<b>PROFUND.</b>	: 9.00 m.		<b>TAMANO MÁXIMO</b> : >3/4 in. <b>NIVEL FREÁTICO</b> : 1.80 m

REGISTRO DE SONDAJES								
PROF. (m)	SÍMBOLO	DESCRIPCION DEL SUELO	S U C S	CORRELACIONES			ENSAYOS DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR	
				N SPT	N 60	N <sub>60</sub>	N <sub>SPT</sub>	Nº de golpes 15 cm
3.15		Arcilla de alta plasticidad, contiene 0.1 % de grava gruesa a fina, semiangular, blando, Baja Plasticidad, dilatancia nula, tenacidad alta y con tamaño máximo de 3/8", contiene 9.9 % de arena gruesa a fina y 90 % de finos (L.L.=56, L.P.=26 e I.P.=30), con un contenido de humedad de 39.9 %.	CH	7	6	7	5.00	10.00
3.30				11	9	11		
3.45				12	10	12		
3.60		Arena pobremente gradada, contiene 13.6 % de grava gruesa a fina, semiangular, semicompacto, No Plástico, dilatancia rápida moderada, tenacidad mediana y con tamaño máximo de 1/2", contiene 82.1 % de arena gruesa a fina y 4.3 % de finos (L.L.=29, L.P.=27 e I.P.=2), con un contenido de humedad de 26.4 %.	SP	3	3	3	4.50	10.00
3.75				3	3	3		
3.90		Limo de baja plasticidad, contiene 0.4 % de grava gruesa a fina, semiangular, blando, Baja Plasticidad, dilatancia lenta, tenacidad mediana alta y con tamaño máximo de 3/8", contiene 12.1 % de arena gruesa a fina y 87.6 % de finos (L.L.=39, L.P.=26 e I.P.=13), con un contenido de humedad de 48.8 %.	ML	5	4	4	4.50	10.00
4.05				5	4	4		
4.20		Arcilla arenosa de baja plasticidad, contiene 9.3 % de grava gruesa a fina, semiangular, blando, Baja Plasticidad, dilatancia nula, tenacidad mediana alta y con tamaño máximo de 3/4", contiene 40.7 % de arena gruesa a fina y 50 % de finos (L.L.=33, L.P.=21 e I.P.=12), con un contenido de humedad de 46.4 %.	CL	9	9	10	5.40	10.00
4.35				9	9	10		
4.50		Arcilla arenosa de baja plasticidad, contiene 3.5 % de grava gruesa a fina, semiangular, blando, Baja Plasticidad, dilatancia nula, tenacidad mediana alta y con tamaño máximo de 1/2", contiene 31.2 % de arena gruesa a fina y 65.3 % de finos (L.L.=36, L.P.=21 e I.P.=15), con un contenido de humedad de 32.9 %.	CL	9	9	10	5.40	10.00
4.65				9	9	10		
4.80				9	9	10		
4.95		Arcilla de baja plasticidad con arena, contiene 2 % de grava gruesa a fina, semiangular, blando, Baja Plasticidad, dilatancia nula, tenacidad mediana alta y con tamaño máximo de 1/2", contiene 18.6 % de arena gruesa a fina y 79.4 % de finos (L.L.=43, L.P.=24 e I.P.=19), con un contenido de humedad de 38 %.	CL	9	9	9	6.30	10.00
5.10				9	9	9		
5.25				9	9	9		
5.40		Arena limosa con grava, contiene 24.4 % de grava gruesa a fina, semiangular, semicompacto, Baja Plasticidad, dilatancia rápida moderada, tenacidad mediana y con tamaño máximo de 3/4", contiene 44.9 % de arena gruesa a fina y 30.7 % de finos (L.L.=36, L.P.=27 e I.P.=9), con un contenido de humedad de 27.8 %.	SM	4	4	4	6.75	10.00
5.55				4	4	4		
5.70								
5.85								
6.00								
6.15								
6.30								
6.45								
6.60								
6.75								
6.90								

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

Bach. I.C. MARY CARMEN YANA CONDORY  
TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN  
Y ENSAYO DE MATERIALES  
DNI : 47136310

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA  
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
CIP: 209176

## ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR (SPT)

STANDARD TEST METHOD FOR STANDARD PENETRATION TEST (SPT) AND SPLIT-BARREL SAMPLING OF SOILS (ASTM D1586 / D1586M - 18)

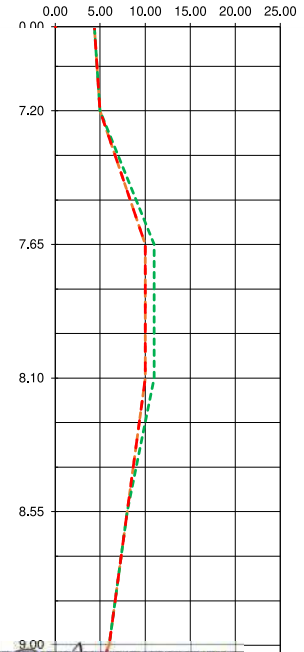
<b>PROYECTO</b>	DISEÑO Y ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE TANQUE ELEVADO INTZE: ESTUDIO COMPARATIVO DE DIFERENTES CARGAS Y CONDICIONES CON SAP 2000, PUNO, 2023	<b>Registro N°</b>	: T_UCV_MPMA-09/23-SPT01@9-G&C
		<b>Fecha</b>	: septiembre del 2023

### DATOS GENERALES

<b>UBICACIÓN</b>	: AV. SIMÓN BOLÍVAR, ESTADIO ENRIQUE TORRES BELON DE LA CIUDAD DE PUNO, PROVINCIA DE PUNO – PUNO.		
<b>PROCEDENCIA</b>	: SUELO NATURAL	<b>SOLICITANTE</b>	: Bach. MAXBRAYAM PERCY MAYTA ARNAO
<b>PERFORACION</b>	: SPT - 01	<b>TAMANO MÁXIMO</b>	: >3/4 in.
<b>MUESTRA</b>	: Secciones de 0.45 m	<b>NIVEL FREÁTICO</b>	: 1.80 m
<b>PROFUND.</b>	: 9.00 m.		

### REGISTRO DE SONDAJES

PROF. (m)	SÍMBOLO	DESCRIPCION DEL SUELO	S U C S	CORRELACIONES			ENSAYOS DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR	
				N SPT	N 60	N <sub>60</sub>	N <sub>SPT</sub>	Nº de golpes
								15 cm
7.05	MH	Limo de alta plasticidad con arena, contiene 1.8 % de grava gruesa a fina, semiangular, blando, Baja Plasticidad, dilatancia nula o lenta, tenacidad baja a media y con tamaño máximo de 3/8", contiene 26.6 % de arena gruesa a fina y 71.7 % de finos (L.L.=61, L.P.=35 e I.P.=26), con un contenido de humedad de 42.4 %.	5	5	5	7.20	5	
7.20								
7.35	SM	Arena limosa con grava, contiene 16.1 % de grava gruesa a fina, semiangular, semicompacto, Baja Plasticidad, dilatancia rápida moderada, tenacidad mediana y con tamaño máximo de 1/2", contiene 64.6 % de arena gruesa a fina y 19.3 % de finos (L.L.=30, L.P.=24 e I.P.=6), con un contenido de humedad de 24.2 %.	11	10	10	7.65	11	
7.50								
7.65	SM	Arena limosa con grava, contiene 19.8 % de grava gruesa a fina, semiangular, semicompacto, Baja Plasticidad, dilatancia rápida moderada, tenacidad mediana y con tamaño máximo de 1", contiene 54.1 % de arena gruesa a fina y 26.1 % de finos (L.L.=33, L.P.=24 e I.P.=9), con un contenido de humedad de 26.7 %.	11	10	10	8.10	11	
7.80								
7.95	ML	Limo arenoso de baja plasticidad, contiene 2.3 % de grava gruesa a fina, semiangular, blando, Baja Plasticidad, dilatancia lenta, tenacidad mediana alta y con tamaño máximo de 1/2", contiene 33.6 % de arena gruesa a fina y 64.1 % de finos (L.L.=38, L.P.=25 e I.P.=13), con un contenido de humedad de 36.1 %.	8	8	8	8.55	8	
8.10								
8.25	SM	Arena limosa, contiene 9.5 % de grava gruesa a fina, semiangular, semicompacto, Baja Plasticidad, dilatancia rápida moderada, tenacidad mediana y con tamaño máximo de 3/4", contiene 65.1 % de arena gruesa a fina y 25.4 % de finos (L.L.=31, L.P.=26 e I.P.=5), con un contenido de humedad de 29.2 %.	6	6	6	8.70	6	
8.40								
8.55								
8.70						8.85		
8.85						9.00		



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

*Mary Carmen Yana Condory*

Bach. I.C. MARY CARMEN YANA CONDORY  
TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN  
Y ENSAYO DE MATERIALES  
DNI : 47136310

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

*Alex Luis Gomez Calla*

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA  
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
CIP: 209176

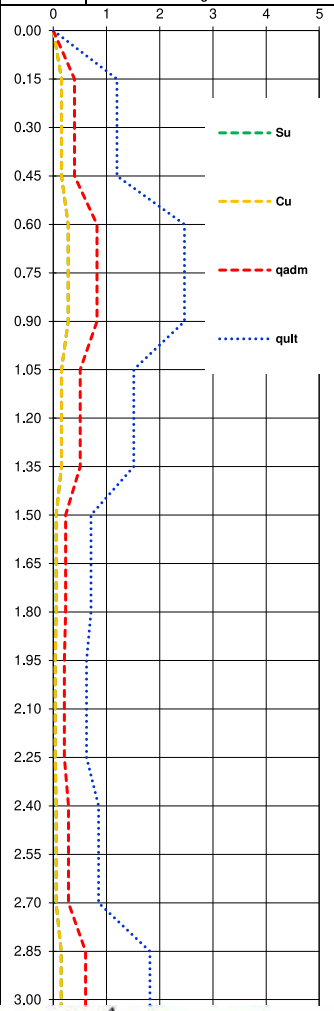
## ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR (SPT)

STANDARD TEST METHOD FOR STANDARD PENETRATION TEST (SPT) AND SPLIT-BARREL SAMPLING OF SOILS (ASTM D1586 / D1586M - 18)

<b>PROYECTO</b>	DISEÑO Y ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE TANQUE ELEVADO INTZE: ESTUDIO COMPARATIVO DE DIFERENTES CARGAS Y CONDICIONES CON SAP 2000, PUNO, 2023	<b>Registro N°</b>	: T_UCV_MPMA-09/23-SPT01@9-G&C
		<b>Fecha</b>	: septiembre del 2023

DATOS GENERALES			
<b>UBICACIÓN</b>	: AV. SIMÓN BOLÍVAR, ESTADIO ENRIQUE TORRES BELON DE LA CIUDAD DE PUNO, PROVINCIA DE PUNO - PUNO.		
<b>PROCEDENCIA</b>	: SUELO NATURAL		
<b>PERFORACION</b>	: SPT - 01	<b>SOLICITANTE</b>	: Bach. MAXBRAYAM PERCY MAYTA ARNAO
<b>MUESTRA</b>	: Secciones de 0.45 m	<b>TAMANO MÁXIMO</b>	: >3/4 in.
<b>PROFUND.</b>	: 9,00 m.	<b>NIVEL FREÁTICO</b>	: 1.80 m

REGISTRO DE SONDAJES															
PROF. (m)	SÍMBOLO	DESCRIPCION DEL SUELO	SUCS	CORRELACIONES SUELOS COHESIVOS					ENSAYOS DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR						
				N <sub>60</sub>	Su=Cu Conservador	c (Kg/cm <sup>2</sup> ) suelo cohesivo	Base Cuadrada (m)	qult kg/cm <sup>2</sup>	qadm kg/cm <sup>2</sup>	qultm	q adm (cohesivo)				
											kg/cm <sup>2</sup>				
0.05		CONCRETO					1.0	1.20	0.40						
0.15							1.5	1.14	0.38						
0.30		Arena arcillosa, contiene 14.7 % de grava gruesa a fina, semiangular, semicompacto, Baja Plasticidad, dilatancia rápida moderada, tenacidad mediana y con tamaño máximo de 3/4", contiene 40.1 % de arena gruesa a fina y 45.2 % de finos (L.L.=32, L.P.=23 e I.P.=9), con un contenido de humedad de 22.2 %.	SC	6	0.16	0.16	2.0	1.11	0.37						
0.45															
0.60															
0.75															
0.90		Grava arcillosa con arena, contiene 45.5 % de grava gruesa a fina, semiangular, semicompacto, Baja Plasticidad, dilatancia rápida moderada, tenacidad baja y con tamaño máximo de 1 1/2", contiene 28.1 % de arena gruesa a fina y 26.4 % de finos (L.L.=35, L.P.=23 e I.P.=12), con un contenido de humedad de 12.5 %.	GC	11	0.28	0.28	1.0	2.46	0.82						
1.05															
1.20															
1.35															
1.50															
1.65															
1.80		Limo arenoso de baja plasticidad, contiene 14 % de grava gruesa a fina, semiangular, blando, Baja Plasticidad, dilatancia lenta, tenacidad mediana alta y con tamaño máximo de 1", contiene 29.3 % de arena gruesa a fina y 56.7 % de finos (L.L.=46, L.P.=28 e I.P.=18), con un contenido de humedad de 33.7 %.	ML	2	0.05	0.05	1.0	1.51	0.50						
1.95															
2.10															
2.25		Arcilla arenosa de baja plasticidad, contiene 0.7 % de grava gruesa a fina, semiangular, blando, Baja Plasticidad, dilatancia nula, tenacidad mediana alta y con tamaño máximo de 1/2", contiene 32.5 % de arena gruesa a fina y 66.8 % de finos (L.L.=45, L.P.=21 e I.P.=24), con un contenido de humedad de 44.3 %.	CL	1	0.04	0.04	1.0	0.71	0.24						
2.40															
2.55															
2.70															
2.85															
3.00															



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

Bach. LIC. MARY CARMEN YANA CONDORY  
 TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN  
 Y ENSAYO DE MATERIALES  
 DNI : 47136310

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA  
 JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
 CIP: 209176



## ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR (SPT)

STANDARD TEST METHOD FOR STANDARD PENETRATION TEST (SPT) AND SPLIT-BARREL SAMPLING OF SOILS (ASTM D1586 / D1586M - 18)

<b>PROYECTO</b>	DISEÑO Y ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE TANQUE ELEVADO INTZE: ESTUDIO COMPARATIVO DE DIFERENTES CARGAS Y CONDICIONES CON SAP 2000, PUNO, 2023	<b>Registro N°</b> : T_UCV_MPMA-09/23-SPT01@9-G&C <b>Fecha</b> : septiembre del 2023
-----------------	--	---

DATOS GENERALES		
<b>UBICACIÓN</b>	AV. SIMÓN BOLÍVAR, ESTADIO ENRIQUE TORRES BELON DE LA CIUDAD DE PUNO, PROVINCIA DE PUNO - PUNO.	
<b>PROCEDENCIA</b>	SUELO NATURAL	<b>SOLICITANTE</b> : Bach. MAXBRAYAM PERCY MAYTA ARNAO
<b>PERFORACION</b>	SPT - 01	<b>TAMANO MÁXIMO</b> : >3/4 in.
<b>MUESTRA</b>	Secciones de 0.45 m	<b>NIVEL FREÁTICO</b> : 1.80 m
<b>PROFUND.</b>	9,00 m.	

REGISTRO DE SONDAJES															
PROF. (m)	SÍMBOLO	DESCRIPCION DEL SUELO	SUCS	CORRELACIONES SUELOS COHESIVOS					ENSAYOS DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR						
				N 60	Su=Cu Conservador	c (Kg/cm <sup>2</sup> ) suelo cohesivo	Base Cuadrada (m)	qult kg/cm2	qadm kg/cm2	qultm	q adm (cohesivo)				
											kg/cm2				
										0 1 2 3 4 5					
3.15	[Symbol]	Arcilla de alta plasticidad, contiene 0.1 % de grava gruesa a fina, semiangular, blando, Baja Plasticidad, dilatancia nula, tenacidad alta y con tamaño máximo de 3/8", contiene 9.9 % de arena gruesa a fina y 90 % de finos (L.L.=56, L.P.=26 e I.P.=30), con un contenido de humedad de 39.9 %.	CH	6	0.15	0.15	2.5	1.68	0.56						
3.30															
3.45															
3.60															
3.75															
3.90															
4.05															
4.20				[Symbol]	Arena pobremente gradada, contiene 13.6 % de grava gruesa a fina, semiangular, semicompacto, No Plástico, dilatancia rápida moderada, tenacidad mediana y con tamaño máximo de 1/2", contiene 82.1 % de arena gruesa a fina y 4.3 % de finos (L.L.=29, L.P.=27 e I.P.=2), con un contenido de humedad de 26.4 %.	SP	0	0.26	0.26	3.0	2.71	0.90			
4.35															
4.50															
4.65	[Symbol]	Limo de baja plasticidad, contiene 0.4 % de grava gruesa a fina, semiangular, blando, Baja Plasticidad, dilatancia lenta, tenacidad mediana alta y con tamaño máximo de 3/8", contiene 12.1 % de arena gruesa a fina y 87.6 % de finos (L.L.=39, L.P.=26 e I.P.=13), con un contenido de humedad de 48.8 %.	ML	3	0.06	0.06	3.0	1.18	0.39						
4.80															
4.95	[Symbol]	Arcilla arenosa de baja plasticidad, contiene 9.3 % de grava gruesa a fina, semiangular, blando, Baja Plasticidad, dilatancia nula, tenacidad mediana alta y con tamaño máximo de 3/4", contiene 40.7 % de arena gruesa a fina y 50 % de finos (L.L.=33, L.P.=21 e I.P.=12), con un contenido de humedad de 46.4 %.	CL	4	0.11	0.11	3.0	1.61	0.54						
5.10															
5.25	[Symbol]	Arcilla arenosa de baja plasticidad, contiene 3.5 % de grava gruesa a fina, semiangular, blando, Baja Plasticidad, dilatancia nula, tenacidad mediana alta y con tamaño máximo de 1/2", contiene 31.2 % de arena gruesa a fina y 65.3 % de finos (L.L.=36, L.P.=21 e I.P.=15), con un contenido de humedad de 32.9 %.	CL	9	0.21	0.21	3.0	2.62	0.87						
5.40															
5.55															
5.70	[Symbol]	Arcilla de baja plasticidad con arena, contiene 2 % de grava gruesa a fina, semiangular, blando, Baja Plasticidad, dilatancia nula, tenacidad mediana alta y con tamaño máximo de 1/2", contiene 18.6 % de arena gruesa a fina y 79.4 % de finos (L.L.=43, L.P.=24 e I.P.=19), con un contenido de humedad de 38 %.	CL	9	0.21	0.21	3.0	2.70	0.90						
5.85															
6.00															
6.15															
6.30															
6.45	[Symbol]	Arcilla de baja plasticidad con arena, contiene 2 % de grava gruesa a fina, semiangular, blando, Baja Plasticidad, dilatancia nula, tenacidad mediana alta y con tamaño máximo de 1/2", contiene 18.6 % de arena gruesa a fina y 79.4 % de finos (L.L.=43, L.P.=24 e I.P.=19), con un contenido de humedad de 38 %.	CL	9	0.21	0.21	3.0	2.78	0.93						
6.60															
6.75															
6.90	[Symbol]	Arena limosa con grava, contiene 24.4 % de grava gruesa a fina, semiangular, semicompacto, Baja Plasticidad, dilatancia rápida moderada, tenacidad mediana y con tamaño máximo de 3/4", contiene 44.9 % de arena gruesa a fina y 30.7 % de finos (L.L.=36, L.P.=27 e I.P.=9), con un contenido de humedad de 27.8 %.	SM	4	0.10	0.10	3.0	1.79	0.60						

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

*Marycarmen*

Bach. I.C. MARY CARMEN YANA CONDRY  
TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
DNI: 47136310

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

*Alex Luis*

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA  
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
CIP: 209176

## ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR (SPT)

STANDARD TEST METHOD FOR STANDARD PENETRATION TEST (SPT) AND SPLIT-BARREL SAMPLING OF SOILS (ASTM D1586 / D1586M - 18)

<b>PROYECTO</b>	DISEÑO Y ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE TANQUE ELEVADO INTZE: ESTUDIO COMPARATIVO DE DIFERENTES CARGAS Y CONDICIONES CON SAP 2000, PUNO, 2023	<b>Registro N°</b> : T_UCV_MPMA-09/23-SPT01@9-G&C <b>Fecha</b> : septiembre del 2023
-----------------	--	---

DATOS GENERALES		
<b>UBICACIÓN</b>	AV. SIMÓN BOLÍVAR, ESTADIO ENRIQUE TORRES BELON DE LA CIUDAD DE PUNO, PROVINCIA DE PUNO - PUNO.	
<b>PROCEDENCIA</b>	SUELO NATURAL	<b>SOLICITANTE</b> : Bach. MAXBRAYAM PERCY MAYTA ARNAO
<b>PERFORACION</b>	SPT - 01	<b>TAMANO MÁXIMO</b> : >3/4 in.
<b>MUESTRA</b>	Secciones de 0.45 m	<b>NIVEL FREÁTICO</b> : 1.80 m
<b>PROFUND.</b>	9,00 m.	

REGISTRO DE SONDAJES											
PROF. (m)	SÍMBOLO	DESCRIPCION DEL SUELO	SUCS	CORRELACIONES SUELOS COHESIVOS						ENSAYOS DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR	
				N <sub>60</sub>	Su=Cu Conservador	c (Kg/cm <sup>2</sup> ) suelo cohesivo	Base Cuadrada (m)	qult kg/cm2	qadm kg/cm2	qultm	q adm (cohesivo)
											kg/cm2
7.05		Limo de alta plasticidad con arena, contiene 1.8 % de grava gruesa a fina, semiangular, blando, Baja Plasticidad, dilatancia nula o lenta, tenacidad baja a media y con tamaño máximo de 3/8", contiene 26.6 % de arena gruesa a fina y 71.7 % de finos (L.L.=61, L.P.=35 e I.P.=26), con un contenido de humedad de 42.4 %.	MH				2.0	2.11	0.70	0.00	0
7.20	5			0.12	0.12	3.0	2.08	0.69	1.0		
7.35		Arena limosa con grava, contiene 16.1 % de grava gruesa a fina, semiangular, semicompacto, Baja Plasticidad, dilatancia rápida moderada, tenacidad mediana y con tamaño máximo de 1/2", contiene 64.6 % de arena gruesa a fina y 19.3 % de finos (L.L.=30, L.P.=24 e I.P.=6), con un contenido de humedad de 24.2 %.	SM				1.5	3.55	1.18	7.20	2
7.50	10			0.26	0.26	3.0	3.43	1.14	2.0		
7.65		Arena limosa con grava, contiene 19.8 % de grava gruesa a fina, semiangular, semicompacto, Baja Plasticidad, dilatancia rápida moderada, tenacidad mediana y con tamaño máximo de 1", contiene 54.1 % de arena gruesa a fina y 26.1 % de finos (L.L.=33, L.P.=24 e I.P.=9), con un contenido de humedad de 26.7 %.	SM				2.5	3.47	1.16	7.35	4
7.80	10			0.26	0.26	3.0	3.51	1.17	1.0		
7.95		Limo arenoso de baja plasticidad, contiene 2.3 % de grava gruesa a fina, semiangular, blando, Baja Plasticidad, dilatancia lenta, tenacidad mediana alta y con tamaño máximo de 1/2", contiene 33.6 % de arena gruesa a fina y 64.1 % de finos (L.L.=38, L.P.=25 e I.P.=13), con un contenido de humedad de 36.1 %.	ML				1.5	3.01	1.00	7.50	0
8.10	8			0.19	0.19	3.0	2.93	0.98	2.0		
8.25		Arena limosa, contiene 9.5 % de grava gruesa a fina, semiangular, semicompacto, Baja Plasticidad, dilatancia rápida moderada, tenacidad mediana y con tamaño máximo de 3/4", contiene 65.1 % de arena gruesa a fina y 25.4 % de finos (L.L.=31, L.P.=26 e I.P.=5), con un contenido de humedad de 29.2 %.	SM				2.5	2.96	0.99	7.65	2
8.40	6			0.15	0.15	3.0	2.72	0.91	1.0		
8.55							1.5	2.69	0.90	7.80	4
8.70	6			0.15	0.15	3.0	2.64	0.88	2.0		
8.85							2.5	2.66	0.89	7.95	0
9.00							1.0	2.72	0.91	8.10	1

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

*Marycarmen Yana Condory*

Bach. LIC. MARY CARMEN YANA CONDORY  
TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
DNI : 47136310

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

*Alex Luis Gomez Calla*

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA  
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
CIP: 209176

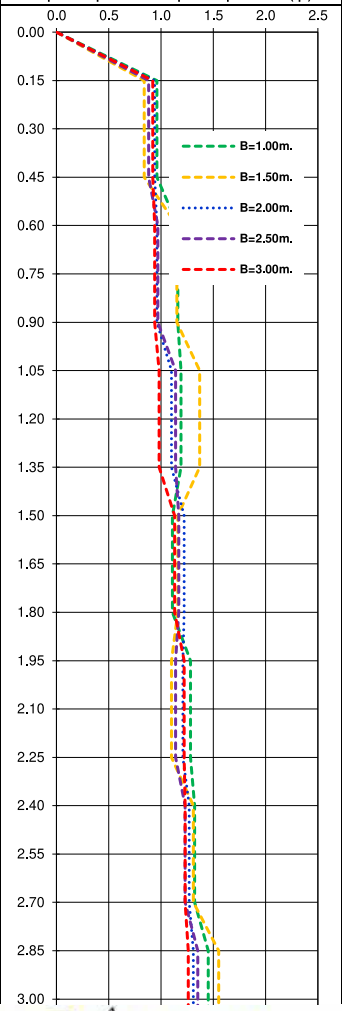
## ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR (SPT)

STANDARD TEST METHOD FOR STANDARD PENETRATION TEST (SPT) AND SPLIT-BARREL SAMPLING OF SOILS (ASTM D1586 / D1586M - 18)

<b>PROYECTO</b>	DISEÑO Y ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE TANQUE ELEVADO INTZE: ESTUDIO COMPARATIVO DE DIFERENTES CARGAS Y CONDICIONES CON SAP 2000, PUNO, 2023	<b>Registro N°</b> : T_UCV_MPMA-09/23-SPT01@9-G&C <b>Fecha</b> : septiembre del 2023
-----------------	--	---

DATOS GENERALES		
<b>UBICACIÓN</b>	AV. SIMÓN BOLÍVAR, ESTADIO ENRIQUE TORRES BELON DE LA CIUDAD DE PUNO, PROVINCIA DE PUNO - PUNO.	
<b>PROCEDENCIA</b>	SUELO NATURAL	<b>SOLICITANTE</b> : Bach. MAXBRAYAM PERCY MAYTA ARNAO
<b>PERFORACION</b>	SPT - 01	<b>TAMANO MÁXIMO</b> : >3/4 in.
<b>MUESTRA</b>	Secciones de 0.45 m	<b>NIVEL FREÁTICO</b> : 1.80 m
<b>PROFUND.</b>	9,00 m.	

REGISTRO DE SONDAJES														
PROF. (m)	SÍMBOLO	DESCRIPCION DEL SUELO	S U C S	SUELOS FRICIONANTES (BOWLES)					ENSAYOS DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR					
				N <sub>60</sub>	Hatanaka & Uchida 1996 - φ°	Asentamiento o Cimentación arenas (cm)	Base Cuadrada (m)	q <sub>adm</sub> kg/cm <sup>2</sup>	q <sub>adm</sub> kg/cm <sup>2</sup> 2mX2m	Bowles Meyerhof, 1976 (basado en un asentamiento de 25 mm) Capacidad portante de zapatas superficiales (q <sub>a</sub> )				
0.05							1.00	0.96						
0.15		CONCRETO					1.50	0.84						
0.30		Arena arcillosa, contiene 14.7 % de grava gruesa a fina, semiangular, semicompacto, Baja Plasticidad, dilatancia rápida moderada, tenacidad mediana y con tamaño máximo de 3/4", contiene 40.1 % de arena gruesa a fina y 45.2 % de finos (L.L.=32, L.P.=23 e I.P.=9), con un contenido de humedad de 22.2 %.	SC	9	33.80	0.00	2.00	0.94	0.94					
0.45														
0.60														
0.75														
0.90		Grava arcillosa con arena, contiene 45.5 % de grava gruesa a fina, semiangular, semicompacto, Baja Plasticidad, dilatancia rápida moderada, tenacidad baja y con tamaño máximo de 1 1/2", contiene 28.1 % de arena gruesa a fina y 26.4 % de finos (L.L.=35, L.P.=23 e I.P.=12), con un contenido de humedad de 12.5 %.	GC	16	37.00	2.65	1.00	1.16	0.96					
1.05														
1.20														
1.35														
1.50		Limo arenoso de baja plasticidad, contiene 14 % de grava gruesa a fina, semiangular, blando, Baja Plasticidad, dilatancia lenta, tenacidad mediana alta y con tamaño máximo de 1", contiene 29.3 % de arena gruesa a fina y 56.7 % de finos (L.L.=46, L.P.=28 e I.P.=18), con un contenido de humedad de 33.7 %.	ML	3	28.20	2.61	1.00	1.19	1.22					
1.65														
1.80														
1.95														
2.10		Arcilla arenosa de baja plasticidad, contiene 0.7 % de grava gruesa a fina, semiangular, blando, Baja Plasticidad, dilatancia nula, tenacidad mediana alta y con tamaño máximo de 1/2", contiene 32.5 % de arena gruesa a fina y 66.8 % de finos (L.L.=45, L.P.=21 e I.P.=24), con un contenido de humedad de 44.3 %.	CL	2	27.00	3.59	1.00	1.11	1.21					
2.25														
2.40														
2.55														
2.70			CL	3	28.00	2.78	1.00	1.13	1.27					
2.85														
3.00														



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

Bach. LIC. MARY CARMEN YANA CONDORY  
 TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN  
 Y ENSAYO DE MATERIALES  
 DNI : 47136310

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA  
 JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
 CIP: 209176

## ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR (SPT)

STANDARD TEST METHOD FOR STANDARD PENETRATION TEST (SPT) AND SPLIT-BARREL SAMPLING OF SOILS (ASTM D1586 / D1586M - 18)

<b>PROYECTO</b>	DISEÑO Y ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE TANQUE ELEVADO INTZE: ESTUDIO COMPARATIVO DE DIFERENTES CARGAS Y CONDICIONES CON SAP 2000, PUNO, 2023	<b>Registro N°</b> : T_UCV_MPMA-09/23-SPT01@9-G&C <b>Fecha</b> : septiembre del 2023
-----------------	--	---

DATOS GENERALES		
<b>UBICACIÓN</b>	AV. SIMÓN BOLÍVAR, ESTADIO ENRIQUE TORRES BELON DE LA CIUDAD DE PUNO, PROVINCIA DE PUNO - PUNO.	
<b>PROCEDENCIA</b>	SUELO NATURAL	<b>SOLICITANTE</b> : Bach. MAXBRAYAM PERCY MAYTA ARNAO
<b>PERFORACION</b>	SPT - 01	<b>TAMANO MÁXIMO</b> : >3/4 in.
<b>MUESTRA</b>	Secciones de 0.45 m	<b>NIVEL FREÁTICO</b> : 1.80 m
<b>PROFUND.</b>	9,00 m.	

REGISTRO DE SONDAJES													
PROF. (m)	SÍMBOLO	DESCRIPCION DEL SUELO	S U C S	SUELOS FRICIONANTES (BOWLES)					ENSAYOS DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR				
				N <sub>60</sub>	Hatanaka & Uchida 1996 - φ°	Asentamiento o Cimentación arenas (cm)	Base Cuadrada (m)	q <sub>adm</sub> kg/cm <sup>2</sup>	q <sub>adm</sub> kg/cm <sup>2</sup> 2mX2m	Bowles Meyerhof, 1976 (basado en un asentamiento de 25 mm) Capacidad portante de zapatas superficiales (qa)			
										0.0 0.5 1.0 1.5 2.0 2.5			
3.15		Arcilla de alta plasticidad, contiene 0.1 % de grava gruesa a fina, semiangular, blando, Baja Plasticidad, dilatancia nula, tenacidad alta y con tamaño máximo de 3/8", contiene 9.9 % de arena gruesa a fina y 90 % de finos (L.L.=56, L.P.=26 e I.P.=30), con un contenido de humedad de 39.9 %.	CH	7	31.70	0.85	2.50	1.35	1.00	1.75			
3.30													
3.45													
3.60													
3.75													
4.05		Arena pobremente gradada, contiene 13.6 % de grava gruesa a fina, semiangular, semicompacto, No Plástico, dilatancia rápida moderada, tenacidad mediana y con tamaño máximo de 1/2", contiene 82.1 % de arena gruesa a fina y 4.3 % de finos (L.L.=29, L.P.=27 e I.P.=2), con un contenido de humedad de 26.4 %.	SP	11	33.90	0.61	3.00	1.31	1.00	1.88			
4.20													
4.35													
4.50		Limo de baja plasticidad, contiene 0.4 % de grava gruesa a fina, semiangular, blando, Baja Plasticidad, dilatancia lenta, tenacidad mediana alta y con tamaño máximo de 3/8", contiene 12.1 % de arena gruesa a fina y 87.6 % de finos (L.L.=39, L.P.=26 e I.P.=13), con un contenido de humedad de 48.8 %.	ML	12	34.30	0.59	3.00	1.39	1.00	1.88			
4.65													
4.80		Arcilla arenosa de baja plasticidad, contiene 9.3 % de grava gruesa a fina, semiangular, blando, Baja Plasticidad, dilatancia nula, tenacidad mediana alta y con tamaño máximo de 3/4", contiene 40.7 % de arena gruesa a fina y 50 % de finos (L.L.=33, L.P.=21 e I.P.=12), con un contenido de humedad de 46.4 %.	CL	3	28.30	2.55	3.00	1.46	1.00	1.62			
4.95													
5.10		Arcilla arenosa de baja plasticidad, contiene 3.5 % de grava gruesa a fina, semiangular, blando, Baja Plasticidad, dilatancia nula, tenacidad mediana alta y con tamaño máximo de 1/2", contiene 31.2 % de arena gruesa a fina y 65.3 % de finos (L.L.=36, L.P.=21 e I.P.=15), con un contenido de humedad de 32.9 %.	CL	5	29.90	1.48	3.00	1.48	1.00	1.71			
5.25													
5.40													
5.55		Arcilla de baja plasticidad con arena, contiene 2 % de grava gruesa a fina, semiangular, blando, Baja Plasticidad, dilatancia nula, tenacidad mediana alta y con tamaño máximo de 1/2", contiene 18.6 % de arena gruesa a fina y 79.4 % de finos (L.L.=39, L.P.=21 e I.P.=15), con un contenido de humedad de 38 %.	CL	9	33.00	0.68	3.00	1.45	1.00	1.53			
5.70													
5.85													
6.00													
6.15													
6.30			CL	9	32.80	0.70	3.00	1.48	1.00	1.70			
6.45													
6.60													
6.75		Arena limosa con grava, contiene 24.4 % de grava gruesa a fina, semiangular, semicompacto, Baja Plasticidad, dilatancia rápida moderada, tenacidad mediana y con tamaño máximo de 3/4", contiene 44.9 % de arena gruesa a fina y 30.7 % de finos (L.L.=36, L.P.=27 e I.P.=9), con un contenido de humedad de 27.8 %.	SM	4	29.20	1.87	3.00	1.56	1.00	1.83			
6.90													

Bach. L<sup>C</sup> MARY CARMEN YANA CONDORY  
 TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN  
 Y ENSAYO DE MATERIALES  
 DNI: 47136310

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA  
 JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
 CIP: 209176

## ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR (SPT)

**STANDARD TEST METHOD FOR STANDARD PENETRATION TEST (SPT) AND SPLIT-BARREL SAMPLING OF SOILS (ASTM D1586 / D1586M - 18)**

<b>PROYECTO</b>	DISEÑO Y ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE TANQUE ELEVADO INTZE: ESTUDIO COMPARATIVO DE DIFERENTES CARGAS Y CONDICIONES CON SAP 2000, PUNO, 2023	<b>Registro N°</b> : T_UCV_MPMA-09/23-SPT01@9-G&C <b>Fecha</b> : septiembre del 2023
-----------------	--	---

### DATOS GENERALES

<b>UBICACIÓN</b>	AV. SIMÓN BOLÍVAR, ESTADIO ENRIQUE TORRES BELON DE LA CIUDAD DE PUNO, PROVINCIA DE PUNO - PUNO.	
<b>PROCEDENCIA</b>	SUELO NATURAL	<b>SOLICITANTE</b> : Bach. MAXBRAYAM PERCY MAYTA ARNAO
<b>PERFORACION</b>	SPT - 01	<b>TAMANO MÁXIMO</b> : >3/4 in.
<b>MUESTRA</b>	Secciones de 0.45 m	<b>NIVEL FREÁTICO</b> : 1.80 m
<b>PROFUND.</b>	9,00 m.	

### REGISTRO DE SONDAJES

PROF. (m)	SÍMBOLO	DESCRIPCION DEL SUELO	S U C S	SUELOS FRICIONANTES (BOWLES)					ENSAYOS DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR	
				N <sub>60</sub>	Hatanaka & Uchida 1996 - φ°	Asentamiento o Cimentación arenas (cm)	Base Cuadrada (m)	q <sub>adm</sub> kg/cm <sup>2</sup>	q <sub>adm</sub> kg/cm <sup>2</sup> 2mX2m	Bowles Meyerhof, 1976 (basado en un asentamiento de 25 mm) Capacidad portante de zapatas superficiales (q <sub>a</sub> )
7.05	MH	Limo de alta plasticidad con arena, contiene 1.8 % de grava gruesa a fina, semiangular, blando, Baja Plasticidad, dilatancia nula o lenta, tenacidad baja a media y con tamaño máximo de 3/8", contiene 26.6 % de arena gruesa a fina y 71.7 % de finos (L.L.=61, L.P.=35 e I.P.=26), con un contenido de humedad de 42.4 %.	5	30.00	1.45	2.00	1.63	1.63	1.63	1.63
7.20						2.50	1.54			
7.35	SM	Arena limosa con grava, contiene 16.1 % de grava gruesa a fina, semiangular, semicompacto, Baja Plasticidad, dilatancia rápida moderada, tenacidad mediana y con tamaño máximo de 1/2", contiene 64.6 % de arena gruesa a fina y 19.3 % de finos (L.L.=30, L.P.=24 e I.P.=6), con un contenido de humedad de 24.2 %.	11	33.60	0.63	3.00	1.53	1.57	1.57	1.57
7.50						1.00	2.00			
7.65	SM	Arena limosa con grava, contiene 19.8 % de grava gruesa a fina, semiangular, semicompacto, Baja Plasticidad, dilatancia rápida moderada, tenacidad mediana y con tamaño máximo de 1", contiene 54.1 % de arena gruesa a fina y 26.1 % de finos (L.L.=33, L.P.=24 e I.P.=9), con un contenido de humedad de 26.7 %.	11	33.50	0.64	2.00	1.71	1.71	1.71	1.71
7.80						1.50	2.03			
7.95	ML	Limo arenoso de baja plasticidad, contiene 2.3 % de grava gruesa a fina, semiangular, blando, Baja Plasticidad, dilatancia lenta, tenacidad mediana alta y con tamaño máximo de 1/2", contiene 33.6 % de arena gruesa a fina y 64.1 % de finos (L.L.=38, L.P.=25 e I.P.=13), con un contenido de humedad de 36.1 %.	8	31.80	0.83	3.00	1.44	1.86	1.86	1.86
8.10						1.00	2.05			
8.25	SM	Arena limosa, contiene 9.5 % de grava gruesa a fina, semiangular, semicompacto, Baja Plasticidad, dilatancia rápida moderada, tenacidad mediana y con tamaño máximo de 3/4", contiene 65.1 % de arena gruesa a fina y 25.4 % de finos (L.L.=31, L.P.=26 e I.P.=5), con un contenido de humedad de 29.2 %.	6	30.70	1.14	1.50	1.67	1.75	1.75	1.75
8.40						2.00	1.75			
8.55						2.50	1.66			
8.70						3.00	1.70			
8.85										
9.00										

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C

Bach. LIC. MARY CARMEN YANA CONDORY  
 TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
 DNI : 47136310

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA  
 JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
 CIP: 209176

## ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR (SPT)

STANDARD TEST METHOD FOR STANDARD PENETRATION TEST (SPT) AND SPLIT-BARREL SAMPLING OF SOILS (ASTM D1586 / D1586M - 18)

<b>PROYECTO</b>	DISEÑO Y ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE TANQUE ELEVADO INTZE: ESTUDIO COMPARATIVO DE DIFERENTES CARGAS Y CONDICIONES CON SAP 2000, PUNO, 2023	<b>Registro N°</b>	: T_UCV_MPMMA-09/23-SPT01@9-G&C
		<b>Fecha</b>	: septiembre del 2023

DATOS GENERALES			
<b>UBICACIÓN</b>	: AV. SIMÓN BOLÍVAR, ESTADIO ENRIQUE TORRES BELON DE LA CIUDAD DE PUNO, PROVINCIA DE PUNO – PUNO.		
<b>PROCEDENCIA</b>	: SUELO NATURAL	<b>SOLICITANTE</b>	: Bach. MAXBRAYAM PERCY MAYTA ARNAO
<b>PERFORACION</b>	: SPT - 01	<b>TAMANO MÁXIMO</b>	: >3/4 in.
<b>MUESTRA</b>	: Secciones de 0.45 m	<b>NIVEL FREÁTICO</b>	: 1.80 m
<b>PROFUND.</b>	: 9,00 m.		

REGISTRO DE SONDAJES																	
PROF. (m)	SIMBOLO	DESCRIPCION DEL SUELO	SUCS	Q ADMISIBLE - (basado en un asentamiento de 25 mm)							ENSAYOS DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR						
				N <sub>60</sub>	N <sub>1,60</sub>	Hatanaka & Uchida 1996 - $\phi^{\circ}$	Bowles Meyerhof, 1976	Burland and Burbidge, 1985	Parry, 1977	Peck et al., 1974	Terzaghi	Bowles Meyerhof, 1976 (basado en un asentamiento de 25 mm) Capacidad portante de zapatas superficiales (qa)					
COHESIVOS											0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20						
0.05		CONCRETO															
0.15			SC	6	10	33.80	0.94	0.89	1.88	0.85	12.15						
0.30		Arena arcillosa, contiene 14,7 % de grava gruesa a fina, semiangular, semicomacto. Baja Plasticidad, dilatancia rápida moderada, tenacidad mediana y con tamaño máximo de 3/4", contiene 40,1 % de arena gruesa a fina y 45,2 % de finos (L.L.=32, L.P.=23 e I.P.=9), con un contenido de humedad de 22,2 %.															
0.45			GC	11	17	37.00	0.96	0.71	1.50	0.68	18.53						
0.60																	
0.75		Grava arcillosa con arena, contiene 45,5 % de grava gruesa a fina, semiangular, semicomacto. Baja Plasticidad, dilatancia rápida moderada, tenacidad baja y con tamaño máximo de 1 1/2", contiene 28,1 % de arena gruesa a fina y 26,4 % de finos (L.L.=35, L.P.=23 e I.P.=12), con un contenido de humedad de 12,5 %.															
0.90			ML	6	9	32.80	1.10	0.49	0.82	0.47	10.71						
1.05		Limo arenoso de baja plasticidad, contiene 14 % de grava gruesa a fina, semiangular, blando. Baja Plasticidad, dilatancia lenta, tenacidad mediana alta y con tamaño máximo de 1", contiene 29,3 % de arena gruesa a fina y 56,7 % de finos (L.L.=46, L.P.=28 e I.P.=18), con un contenido de humedad de 33,7 %.															
1.20			CL	2	3	28.20	1.22	0.62	0.82	0.51	6.17						
1.35																	
1.50			CL	1	1	27.00	1.21	0.99	0.99	0.70	5.10						
1.65																	
1.80			CL	2	2	28.00	1.27	1.09	1.09	0.74	5.71						
1.95		Arcilla arenosa de baja plasticidad, contiene 0,7 % de grava gruesa a fina, semiangular, blando. Baja Plasticidad, dilatancia nula, tenacidad mediana alta y con tamaño máximo de 1/2", contiene 32,5 % de arena gruesa a fina y 66,8 % de finos (L.L.=45, L.P.=21 e I.P.=24), con un contenido de humedad de 44,3 %.															
2.10																	
2.25																	
2.40																	
2.55																	
2.70																	
2.85																	
3.00																	

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C

Bach. I.C. MARY CARMEN YANA CONDORY  
 TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN  
 Y ENSAYO DE MATERIALES  
 DNI : 47136310

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA  
 JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
 CIP: 209176

## ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR (SPT)

STANDARD TEST METHOD FOR STANDARD PENETRATION TEST (SPT) AND SPLIT-BARREL SAMPLING OF SOILS (ASTM D1586 / D1586M - 18)

<b>PROYECTO</b>	DISEÑO Y ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE TANQUE ELEVADO INTZE: ESTUDIO COMPARATIVO DE DIFERENTES CARGAS Y CONDICIONES CON SAP 2000, PUNO, 2023	<b>Registro N°</b>	: T_UCV_MPMMA-09/23-SPT01@9-G&C
		<b>Fecha</b>	: septiembre del 2023

DATOS GENERALES			
<b>UBICACIÓN</b>	: AV. SIMÓN BOLÍVAR, ESTADIO ENRIQUE TORRES BELON DE LA CIUDAD DE PUNO, PROVINCIA DE PUNO – PUNO.		
<b>PROCEDENCIA</b>	: SUELO NATURAL		
<b>PERFORACION</b>	: SPT - 01		
<b>MUESTRA</b>	: Secciones de 0.45 m		<b>SOLICITANTE</b> : Bach. MAXBRAYAM PERCY MAYTA ARNAO
<b>PROFUND.</b>	: 9,00 m.		<b>TAMANO MÁXIMO</b> : >3/4 in.
			<b>NIVEL FREÁTICO</b> : 1.80 m

REGISTRO DE SONDAJES																
PROF. (m)	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL SUELO	S U C S	Q ADMISIBLE - (basado en un asentamiento de 25 mm)							ENSAYOS DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR					
				N <sub>60</sub>	N <sub>100</sub>	Hatataka & Uchida 1996 - q <sub>s</sub>	Bowles Meyerhof, 1976	Burland and Burbridge, 1985	Parry, 1977	Peck et al., 1974	Terzaghi	Bowles Meyerhof, 1976 (basado en un asentamiento de 25 mm)				
												Capacidad portante de zapatas superficiales (qa)				
COHESIVOS																
				0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20		
3.15	//	Arcilla de alta plasticidad, contiene 0.1 % de grava gruesa a fina, semiangular, blando, Baja Plasticidad, dilatación nula, tenacidad alta y con tamaño máximo de 3/8", contiene 9.9 % de arena gruesa a fina y 90 % de finos (L.L.=56, L.P.=26 e I.P.=30), con un contenido de humedad de 39.9 %.	CH	6	7	31.70	1.31	1.20	1.20	0.78	8.76					
3.30																
3.45																
3.60			9	11	33.90	1.39	1.36	1.36	0.85	11.48						
3.75																
3.90																
4.05			10	12	34.30	1.55	1.36	1.36	0.83	11.87						
4.20	•••••	Arena pobremente gradada, contiene 13.6 % de grava gruesa a fina, semiangular, semicompacto, No Plástico, dilatación rápida moderada, tenacidad mediana y con tamaño máximo de 1/2", contiene 82.1 % de arena gruesa a fina y 4.3 % de finos (L.L.=29, L.P.=27 e I.P.=2), con un contenido de humedad de 26.4 %.	SP													
4.35																
4.50		Limo de baja plasticidad, contiene 0.4 % de grava gruesa a fina, semiangular, blando, Baja Plasticidad, dilatación lenta, tenacidad mediana alta y con tamaño máximo de 3/8", contiene 12.1 % de arena gruesa a fina y 87.6 % de finos (L.L.=39, L.P.=26 e I.P.=13), con un contenido de humedad de 48.8 %.	ML	3	3	28.30	1.63	1.30	1.30	0.76	5.87					
4.65																
4.80	//	Arcilla arenosa de baja plasticidad, contiene 9.3 % de grava gruesa a fina, semiangular, blando, Baja Plasticidad, dilatación nula, tenacidad mediana alta y con tamaño máximo de 3/4", contiene 40.7 % de arena gruesa a fina y 50 % de finos (L.L.=33, L.P.=21 e I.P.=12), con un contenido de humedad de 46.4 %.	CL	4	4	29.90	1.61	1.36	1.36	0.78	7.10					
4.95																
5.10	//	Arcilla arenosa de baja plasticidad, contiene 3.5 % de grava gruesa a fina, semiangular, blando, Baja Plasticidad, dilatación nula, tenacidad mediana alta y con tamaño máximo de 1/2", contiene 31.2 % de arena gruesa a fina y 65.3 % de finos (L.L.=36, L.P.=21 e I.P.=15), con un contenido de humedad de 32.9 %.	CL	9	10	33.00	1.53	1.41	1.41	0.81	10.31					
5.25																
5.40	//	Arcilla de baja plasticidad con arena, contiene 2 % de grava gruesa a fina, semiangular, blando, Baja Plasticidad, dilatación nula, tenacidad mediana alta y con tamaño máximo de 1/2", contiene 18.6 % de arena gruesa a fina y 79.4 % de finos (L.L.=43, L.P.=24 e I.P.=19), con un contenido de humedad de 38 %.	CL	9	10	32.90	1.62	1.47	1.47	0.81	10.18					
5.55																
5.70																
5.85																
6.00	//	Arcilla de baja plasticidad con arena, contiene 2 % de grava gruesa a fina, semiangular, blando, Baja Plasticidad, dilatación nula, tenacidad mediana alta y con tamaño máximo de 1/2", contiene 18.6 % de arena gruesa a fina y 79.4 % de finos (L.L.=43, L.P.=24 e I.P.=19), con un contenido de humedad de 38 %.	CL	9	9	32.80	1.70	1.52	1.52	0.81	10.05					
6.15																
6.30	//	Arena limosa con grava, contiene 24.4 % de grava gruesa a fina, semiangular, semicompacto, Baja Plasticidad, dilatación rápida moderada, tenacidad mediana y con tamaño máximo de 3/4", contiene 44.9 % de arena gruesa a fina y 30.7 % de finos (L.L.=36, L.P.=27 e I.P.=9), con un contenido de humedad de 27.8 %.	SM	4	4	29.20	1.67	1.47	1.47	0.78	6.55					
6.45																
6.60																
6.75	//															
6.90																

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

Bach. I.C. MARY CARMEN YANA CONDORY  
 TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN  
 Y ENSAYO DE MATERIALES  
 DNI: 42136310

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA  
 JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
 CIP: 209176

## ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR (SPT)

STANDARD TEST METHOD FOR STANDARD PENETRATION TEST (SPT) AND SPLIT-BARREL SAMPLING OF SOILS (ASTM D1586 / D1586M - 18)

<b>PROYECTO</b>	DISEÑO Y ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE TANQUE ELEVADO INTZE: ESTUDIO COMPARATIVO DE DIFERENTES CARGAS Y CONDICIONES CON SAP 2000, PUNO, 2023	<b>Registro N°</b> : T_UCV_MPPMA-09/23-SPT01@9-G&C
		<b>Fecha</b> : septiembre del 2023

DATOS GENERALES		
<b>UBICACIÓN</b>	AV. SIMÓN BOLÍVAR, ESTADIO ENRIQUE TORRES BELON DE LA CIUDAD DE PUNO, PROVINCIA DE PUNO – PUNO.	
<b>PROCEDENCIA</b>	SUELO NATURAL	<b>SOLICITANTE</b> : Bach. MAXBRAYAM PERCY MAYTA ARNAO
<b>PERFORACION</b>	SPT - 01	<b>TAMANO MÁXIMO</b> : >3/4 in.
<b>MUESTRA</b>	Secciones de 0.45 m	<b>NIVEL FREÁTICO</b> : 1.80 m
<b>PROFUND.</b>	9.00 m.	

REGISTRO DE SONDAJES												
PROF. (m)	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL SUELO	SUCS	Q ADMISIBLE - (basado en un asentamiento de 25 mm)							ENSAYOS DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR	
				N <sub>60</sub>	N <sub>100</sub>	Hatanaka & Uchida 1996 - $q^*$	Bowles Meyerhof, 1976	Burland and Burbridge, 1985	Parry, 1977	Peck et al., 1974		Terzaghi
COHESIVOS											Capacidad portante de zapatas superficiales (qa)	
											0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20	
7.05		Limo de alta plasticidad con arena, contiene 1.8 % de grava gruesa a fina, semiangular, blando, Baja Plasticidad, dilatancia nula o lenta, tenacidad baja a media y con tamaño máximo de 3/8", contiene 26.6 % de arena gruesa a fina y 71.7 % de finos (L.L.=61, L.P.=35 e I.P.=26), con un contenido de humedad de 42.4 %.	MH	5	5	30.00	1.63	1.58	1.58	0.83	7.19	
7.20												
7.35												
7.50												
7.65		Arena limosa con grava, contiene 16.1 % de grava gruesa a fina, semiangular, semicompacto, Baja Plasticidad, dilatancia rápida moderada, tenacidad mediana y con tamaño máximo de 1/2", contiene 64.6 % de arena gruesa a fina y 19.3 % de finos (L.L.=30, L.P.=24 e I.P.=6), con un contenido de humedad de 24.2 %.	SM	10	10	33.60	1.57	1.78	1.78	0.90	10.83	
7.80												
7.95		Arena limosa con grava, contiene 19.8 % de grava gruesa a fina, semiangular, semicompacto, Baja Plasticidad, dilatancia rápida moderada, tenacidad mediana y con tamaño máximo de 1/2", contiene 54.1 % de arena gruesa a fina y 26.1 % de finos (L.L.=33, L.P.=24 e I.P.=9), con un contenido de humedad de 26.7 %.	SM	10	10	33.50	1.71	1.63	1.63	0.85	10.88	
8.10												
8.25												
8.40		Limo arenoso de baja plasticidad, contiene 2.3 % de grava gruesa a fina, semiangular, blando, Baja Plasticidad, dilatancia lenta, tenacidad mediana alta y con tamaño máximo de 1/2", contiene 33.6 % de arena gruesa a fina y 64.1 % de finos (L.L.=38, L.P.=25 e I.P.=13), con un contenido de humedad de 36.1 %.	ML	8	8	31.80	1.86	1.36	1.36	0.74	8.70	
8.55												
8.70		Arena limosa, contiene 9.5 % de grava gruesa a fina, semiangular, semicompacto, Baja Plasticidad, dilatancia rápida moderada, tenacidad mediana y con tamaño máximo de 3/4", contiene 65.1 % de arena gruesa a fina y 25.4 % de finos (L.L.=31, L.P.=26 e I.P.=5), con un contenido de humedad de 29.2 %.	SM	6	6	30.70	1.75	1.09	1.09	0.64	7.18	
8.85												
9.00												

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

Bach. I.C. MARY CARMEN YANA CONDORY  
TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
DNI : 47136310

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA  
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
CIP: 209176



## ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR (SPT)

STANDARD TEST METHOD FOR STANDARD PENETRATION TEST (SPT) AND SPLIT-BARREL SAMPLING OF SOILS (ASTM D1586 / D1586M - 18)

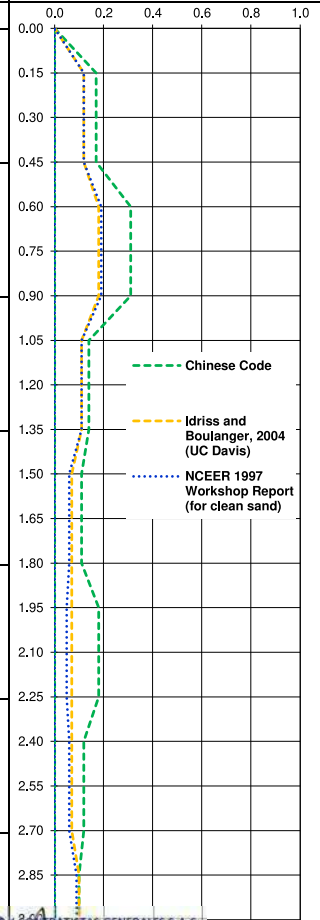
<b>PROYECTO</b>	DISEÑO Y ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE TANQUE ELEVADO INTZE: ESTUDIO COMPARATIVO DE DIFERENTES CARGAS Y CONDICIONES CON SAP 2000, PUNO, 2023	<b>Registro N°</b>	: T_UCV_MPMMA-09/23-SPT01@9-G&C
		<b>Fecha</b>	: septiembre del 2023

### DATOS GENERALES

<b>UBICACIÓN</b>	: AV. SIMÓN BOLÍVAR, ESTADIO ENRIQUE TORRES BELON DE LA CIUDAD DE PUNO, PROVINCIA DE PUNO – PUNO.	<b>SOLICITANTE</b>	: Bach. MAXBRAYAM PERCY MAYTA ARNAO
<b>PROCEDENCIA</b>	: SUELO NATURAL	<b>TAMANO MÁXIMO</b>	: >3/4 in.
<b>PERFORACION</b>	: SPT - 01	<b>NIVEL FREÁTICO</b>	: 1.80 m
<b>MUESTRA</b>	: Secciones de 0.45 m		
<b>PROFUND.</b>	: 9,00 m.		

### REGISTRO DE SONDAJES

PROF. (m)	SIMBOLO	DESCRIPCION DEL SUELO	S U C S	LICUEFACCION - CCR						ENSAYOS DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR		
				N <sub>60</sub>	N <sub>1,60</sub>	Hatanaka & Uchida 1996 - φ <sup>3</sup>	Chinese Code	Idriss and Boulanger, 2004 (UC Davis)	NCEER 1997 Workshop Report (for clean sand)	CCR		
0.05		CONCRETO										
0.15		Arena arcillosa, contiene 14,7 % de grava gruesa a fina, semiangular, semicompacto. Baja Plasticidad, dilatancia rápida moderada, tenacidad mediana y con tamaño máximo de 3/4", contiene 40,1 % de arena gruesa a fina y 45,2 % de finos (L.L.=32, L.P.=23 e I.P.=9), con un contenido de humedad de 22,2 %.	SC	6	10	33.80	0.17	0.12	0.12			
0.30												
0.45		Grava arcillosa con arena, contiene 45,5 % de grava gruesa a fina, semiangular, semicompacto. Baja Plasticidad, dilatancia rápida moderada, tenacidad baja y con tamaño máximo de 1 1/2", contiene 28,1 % de arena gruesa a fina y 26,4 % de finos (L.L.=35, L.P.=23 e I.P.=12), con un contenido de humedad de 12,5 %.	GC	11	17	37.00	0.31	0.18	0.19			
0.60												
0.75												
0.90		Limo arenoso de baja plasticidad, contiene 14 % de grava gruesa a fina, semiangular, blando. Baja Plasticidad, dilatancia lenta, tenacidad mediana alta y con tamaño máximo de 1", contiene 29,3 % de arena gruesa a fina y 56,7 % de finos (L.L.=46, L.P.=28 e I.P.=18), con un contenido de humedad de 33,7 %.	ML	2	3	28.20	0.11	0.07	0.06			
1.05												
1.20		Arcilla arenosa de baja plasticidad, contiene 0,7 % de grava gruesa a fina, semiangular, blando. Baja Plasticidad, dilatancia nula, tenacidad mediana alta y con tamaño máximo de 1/2", contiene 32,5 % de arena gruesa a fina y 66,8 % de finos (L.L.=45, L.P.=21 e I.P.=24), con un contenido de humedad de 44,3 %.	CL	1	1	27.00	0.18	0.07	0.05			
1.35												
1.50				2	2	28.00	0.12	0.07	0.06			
1.65												
1.80												
1.95												
2.10												
2.25												
2.40												
2.55												
2.70												
2.85												
3.00												



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

*Mary Carmen Yana Condory*

Bach. I.C. MARY CARMEN YANA CONDORY  
TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN  
Y ENSAYO DE MATERIALES  
DNI: 47136310

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

*Alex Luis Gomez Calla*

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA  
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
CIP: 209176

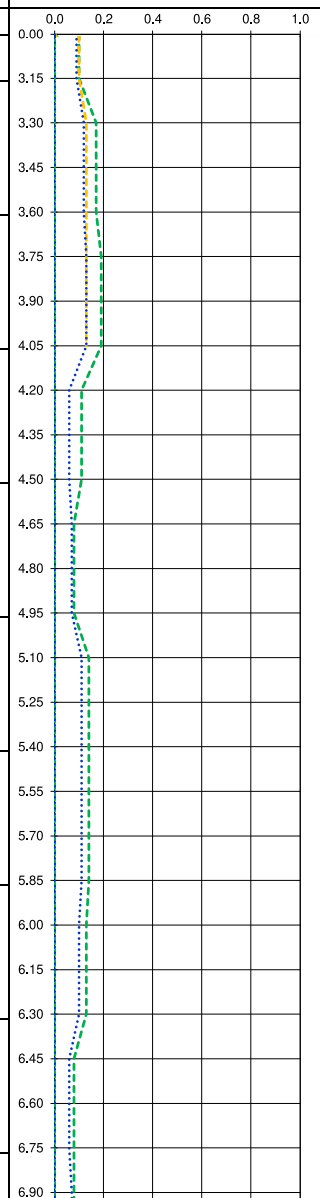
## ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR (SPT)

STANDARD TEST METHOD FOR STANDARD PENETRATION TEST (SPT) AND SPLIT-BARREL SAMPLING OF SOILS (ASTM D1586 / D1586M - 18)

<b>PROYECTO</b>	DISEÑO Y ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE TANQUE ELEVADO INTZE: ESTUDIO COMPARATIVO DE DIFERENTES CARGAS Y CONDICIONES CON SAP 2000, PUNO, 2023	<b>Registro N°</b>	: T_UCV_MPMA-09/23-SPT01@9-G&C
		<b>Fecha</b>	: septiembre del 2023

DATOS GENERALES			
<b>UBICACIÓN</b>	: AV. SIMÓN BOLÍVAR, ESTADIO ENRIQUE TORRES BELON DE LA CIUDAD DE PUNO, PROVINCIA DE PUNO – PUNO.		
<b>PROCEDENCIA</b>	: SUELO NATURAL		
<b>PERFORACION</b>	: SPT - 01		
<b>MUESTRA</b>	: Secciones de 0.45 m		
<b>PROFUND.</b>	: 9,00	m.	
			<b>SOLICITANTE</b> : Bach. MAXBRAYAM PERCY MAYTA ARNAO
			<b>TAMANO MÁXIMO</b> : >3/4 in.
			<b>NIVEL FREÁTICO</b> : 1.80 m

REGISTRO DE SONDAJES												
PROF. (m)	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL SUELO	S U C S	LICUEFACCIÓN - CCR							ENSAYOS DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR	
				N <sub>60</sub>	N <sub>60</sub>	Hatanaka & Uchida 1996 - $\phi^{\circ}$	Chinese Code	Idriss and Boulanger, 2004 (UC Davis)	NCEER 1997 Workshop Report (for clean sand)	CCR		
3.15	/ /	Arcilla de alta plasticidad, contiene 0.1 % de grava gruesa a fina, semiangular, blando, Baja Plasticidad, dilatancia nula, tenacidad alta y con tamaño máximo de 3/8", contiene 9.9 % de arena gruesa a fina y 90 % de finos (L.L.=56, L.P.=26 e L.P.=30), con un contenido de humedad de 39.9 %.	CH	6	7	31.70	0.10	0.10	0.09			
3.30												
3.45												
3.60				9	11	33.90	0.17	0.13	0.12			
3.75												
3.90												
4.05				10	12	34.30	0.19	0.13	0.13			
4.20	• • • • •	Arena pobremente gradada, contiene 13.6 % de grava gruesa a fina, semiangular, semicompacto, No Plástico, dilatancia rápida moderada, tenacidad mediana y con tamaño máximo de 1/2", contiene 82.1 % de arena gruesa a fina y 4.3 % de finos (L.L.=39, L.P.=27 e L.P.=2), con un contenido de humedad de 26.4 %.	SP									
4.35												
4.50		Limo de baja plasticidad, contiene 0.4 % de grava gruesa a fina, semiangular, blando, Baja Plasticidad, dilatancia lenta, tenacidad mediana alta y con tamaño máximo de 3/8", contiene 12.1 % de arena gruesa a fina y 87.6 % de finos (L.L.=39, L.P.=26 e L.P.=13), con un contenido de humedad de 48.8 %.	ML	3	3	28.30	0.11	0.07	0.06			
4.65												
4.80												
4.95	/ / / / /	Arcilla arenosa de baja plasticidad, contiene 9.3 % de grava gruesa a fina, semiangular, blando, Baja Plasticidad, dilatancia nula, tenacidad mediana alta y con tamaño máximo de 3/4", contiene 40.7 % de arena gruesa a fina y 50 % de finos (L.L.=33, L.P.=21 e L.P.=12), con un contenido de humedad de 46.4 %.	CL	4	4	29.90	0.08	0.08	0.07			
5.10												
5.25	/ / / / /	Arcilla arenosa de baja plasticidad, contiene 3.5 % de grava gruesa a fina, semiangular, blando, Baja Plasticidad, dilatancia nula, tenacidad mediana alta y con tamaño máximo de 1/2", contiene 31.2 % de arena gruesa a fina y 65.3 % de finos (L.L.=36, L.P.=21 e L.P.=15), con un contenido de humedad de 32.9 %.	CL	9	10	33.00	0.14	0.11	0.11			
5.40												
5.55												
5.70												
5.85		Arcilla de baja plasticidad con arena, contiene 2 % de grava gruesa a fina, semiangular, blando, Baja Plasticidad, dilatancia nula, tenacidad mediana alta y con tamaño máximo de 1/2", contiene 18.6 % de arena gruesa a fina y 79.4 % de finos (L.L.=43, L.P.=24 e L.P.=19), con un contenido de humedad de 38 %.	CL	9	10	32.90	0.14	0.11	0.11			
6.00												
6.15												
6.30				9	9	32.80	0.13	0.11	0.10			
6.45												
6.60												
6.75	• • • • •	Arena limosa con grava, contiene 24.4 % de grava gruesa a fina, semiangular, semicompacto, Baja Plasticidad, dilatancia rápida moderada, tenacidad mediana y con tamaño máximo de 3/4", contiene 44.9 % de arena gruesa a fina y 30.7 % de finos (L.L.=36, L.P.=27 e L.P.=9), con un contenido de humedad de 27.8 %.	SM	4	4	29.20	0.08	0.08	0.06			
6.90												



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

*Marycarmen*

Bach. I.C. MARY CARMEN YANA CONDORY  
TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
DNI : 47136310

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

*Alex Luis*

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA  
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
CIP: 209176

## ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR (SPT)

STANDARD TEST METHOD FOR STANDARD PENETRATION TEST (SPT) AND SPLIT-BARREL SAMPLING OF SOILS (ASTM D1586 / D1586M - 18)

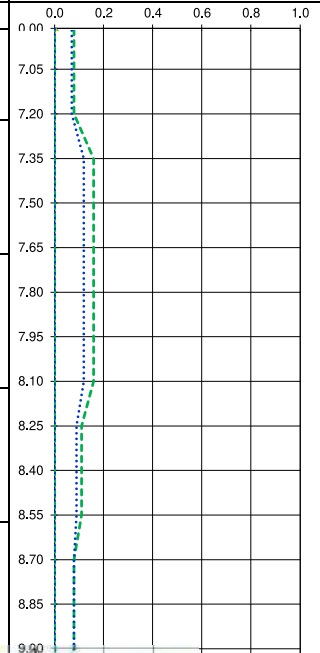
<b>PROYECTO</b>	DISEÑO Y ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE TANQUE ELEVADO INTZE: ESTUDIO COMPARATIVO DE DIFERENTES CARGAS Y CONDICIONES CON SAP 2000, PUNO, 2023	<b>Registro N°</b>	: T_UCV_MPMA-09/23-SPT01@9-G&C
		<b>Fecha</b>	: septiembre del 2023

### DATOS GENERALES

<b>UBICACIÓN</b>	: AV. SIMÓN BOLÍVAR, ESTADIO ENRIQUE TORRES BELON DE LA CIUDAD DE PUNO, PROVINCIA DE PUNO – PUNO.	<b>SOLICITANTE</b>	: Bach. MAXBRAYAM PERCY MAYTA ARNAO
<b>PROCEDENCIA</b>	: SUELO NATURAL	<b>TAMANO MÁXIMO</b>	: >3/4 in.
<b>PERFORACION</b>	: SPT - 01	<b>NIVEL FREÁTICO</b>	: 1.80 m
<b>MUESTRA</b>	: Secciones de 0.45 m		
<b>PROFUND.</b>	: 9.00 m.		

### REGISTRO DE SONDAJES

PROF. (m)	SIMBOLO	DESCRIPCION DEL SUELO	S U C S	LICUEFACCION - CCR						ENSAYOS DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR	
				N <sub>60</sub>	N <sub>100</sub>	Hatanaka & Uchida 1996 - $\phi^s$	Chinese Code	Idriss and Boulanger, 2004 (UC Davis)	NCEER 1997 Workshop Report (for clean sand)	CCR	
7.05	MH	Limo de alta plasticidad con arena, contiene 1.8 % de grava gruesa a fina, semiangular, blando, Baja Plasticidad, dilatancia nula o lenta, tenacidad baja a media y con tamaño máximo de 3/8", contiene 26.6 % de arena gruesa a fina y 71.7 % de finos (L.L.=61, L.P.=35 e I.P.=26), con un contenido de humedad de 42.4 %.	5	5	30.00	0.08	0.08	0.07			
7.20											
7.35	SM	Arena limosa con grava, contiene 16.1 % de grava gruesa a fina, semiangular, semicompacto, Baja Plasticidad, dilatancia rápida moderada, tenacidad mediana y con tamaño máximo de 1/2", contiene 64.6 % de arena gruesa a fina y 19.3 % de finos (L.L.=30, L.P.=24 e I.P.=6), con un contenido de humedad de 24.2 %.	10	10	33.60	0.16	0.12	0.12			
7.50											
7.65	SM	Arena limosa con grava, contiene 19.8 % de grava gruesa a fina, semiangular, semicompacto, Baja Plasticidad, dilatancia rápida moderada, tenacidad mediana y con tamaño máximo de 1", contiene 54.1 % de arena gruesa a fina y 26.1 % de finos (L.L.=33, L.P.=24 e I.P.=9), con un contenido de humedad de 26.7 %.	10	10	33.50	0.16	0.12	0.12			
7.80											
7.95	ML	Limo arenoso de baja plasticidad, contiene 2.3 % de grava gruesa a fina, semiangular, blando, Baja Plasticidad, dilatancia lenta, tenacidad mediana alta y con tamaño máximo de 1/2", contiene 33.6 % de arena gruesa a fina y 64.1 % de finos (L.L.=38, L.P.=25 e I.P.=13), con un contenido de humedad de 36.1 %.	8	8	31.80	0.11	0.10	0.09			
8.10											
8.25	SM	Arena limosa, contiene 9.5 % de grava gruesa a fina, semiangular, semicompacto, Baja Plasticidad, dilatancia rápida moderada, tenacidad mediana y con tamaño máximo de 3/4", contiene 65.1 % de arena gruesa a fina y 25.4 % de finos (L.L.=31, L.P.=26 e I.P.=5), con un contenido de humedad de 29.2 %.	6	6	30.70	0.08	0.09	0.08			
8.40											
8.55											
8.70											
8.85											
9.00											



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

*Marycar*

Bach. I.C. MARY CARMEN YANA CONDORY  
TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN  
Y ENSAYO DE MATERIALES  
DNI : 47136310

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

*Alex Luis Gomez Calla*

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA  
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
CIP: 209176

## ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR (SPT)

STANDARD TEST METHOD FOR STANDARD PENETRATION TEST (SPT) AND SPLIT-BARREL SAMPLING OF SOILS (ASTM D1586 / D1586M - 18)

<b>PROYECTO</b>	DISEÑO Y ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE TANQUE ELEVADO INTZE: ESTUDIO COMPARATIVO DE DIFERENTES CARGAS Y CONDICIONES CON SAP 2000, PUNO, 2023	<b>Registro N°</b>	: T_UCV_MPMMA-09/23-SPT01@9-G&C
		<b>Fecha</b>	: septiembre del 2023

DATOS GENERALES			
<b>UBICACIÓN</b>	: AV. SIMÓN BOLÍVAR, ESTADIO ENRIQUE TORRES BELON DE LA CIUDAD DE PUNO, PROVINCIA DE PUNO – PUNO.		
<b>PROCEDENCIA</b>	: SUELO NATURAL		
<b>PERFORACION</b>	: SPT - 01		
<b>MUESTRA</b>	: Secciones de 0.45 m		
<b>PROFUND.</b>	: 9,00	m.	
			<b>SOLICITANTE</b> : Bach. MAXBRAYAM PERCY MAYTA ARNAO
			<b>TAMANO MÁXIMO</b> : >3/4 in.
			<b>NIVEL FREÁTICO</b> : 1.80 m

REGISTRO DE SONDAJES												
PROF. (m)	SIMBOLO	DESCRIPCION DEL SUELO	SUCS	CAPACIDAD DE SOPORTE - CBR						ENSAYOS DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR		
				N <sub>60</sub>	N <sub>100</sub>	Hatanaka & Uchida 1996 - $\phi^*$	Ese et al., 1995	Livneh et al., 1992	Webster et al., 1992		CBR [%]	
0.05		CONCRETO										
0.15		Arena arcillosa, contiene 14,7 % de grava gruesa a fina, semiangular, semicompacto. Baja Plasticidad, dilatancia rápida moderada, tenacidad mediana y con tamaño máximo de 3/4", contiene 40,1 % de arena gruesa a fina y 45,2 % de finos (L.L.=32, L.P.=23 e I.P.=9), con un contenido de humedad de 22,2 %.	SC	6	10	33.80	4.00	3.00	4.00			
0.30												
0.45		Grava arcillosa con arena, contiene 45,5 % de grava gruesa a fina, semiangular, semicompacto. Baja Plasticidad, dilatancia rápida moderada, tenacidad baja y con tamaño máximo de 1 1/2", contiene 28,1 % de arena gruesa a fina y 26,4 % de finos (L.L.=35, L.P.=23 e I.P.=12), con un contenido de humedad de 12,5 %.	GC	11	17	37.00	8.00	7.00	7.00			
0.60												
0.75												
0.90		Limo arenoso de baja plasticidad, contiene 14 % de grava gruesa a fina, semiangular, blando. Baja Plasticidad, dilatancia lenta, tenacidad mediana alta y con tamaño máximo de 1", contiene 29,3 % de arena gruesa a fina y 56,7 % de finos (L.L.=46, L.P.=28 e I.P.=18), con un contenido de humedad de 33,7 %.	ML	2	3	28.20	2.00	2.00	2.00			
1.05												
1.20		Arcilla arenosa de baja plasticidad, contiene 0,7 % de grava gruesa a fina, semiangular, blando. Baja Plasticidad, dilatancia nula, tenacidad mediana alta y con tamaño máximo de 1/2", contiene 32,5 % de arena gruesa a fina y 66,8 % de finos (L.L.=45, L.P.=21 e I.P.=24), con un contenido de humedad de 44,3 %.	CL	1	1	27.00	2.00	2.00	2.00			
1.35												
1.50				2	2	28.00	2.00	2.00	2.00			
1.65												
1.80												
1.95												
2.10												
2.25												
2.40												
2.55												
2.70												
2.85												
3.00												

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

Bach. I.C. MARY CARMEN YANA CONDORY  
 TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
 DNI : 47136310

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA  
 JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
 CIP: 209176

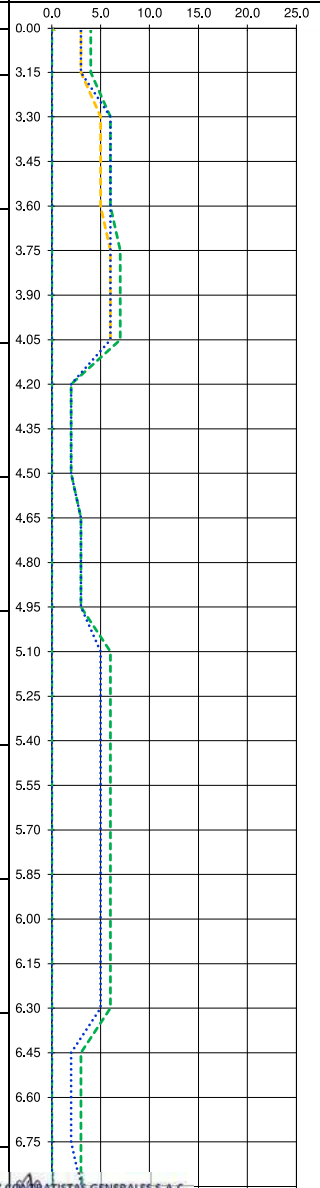
## ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR (SPT)

STANDARD TEST METHOD FOR STANDARD PENETRATION TEST (SPT) AND SPLIT-BARREL SAMPLING OF SOILS (ASTM D1586 / D1586M - 18)

<b>PROYECTO</b>	DISEÑO Y ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE TANQUE ELEVADO INTZE: ESTUDIO COMPARATIVO DE DIFERENTES CARGAS Y CONDICIONES CON SAP 2000, PUNO, 2023	<b>Registro N°</b>	: T_UCV_MPMMA-09/23-SPT01@9-G&C
		<b>Fecha</b>	: septiembre del 2023

DATOS GENERALES			
<b>UBICACIÓN</b>	: AV. SIMÓN BOLÍVAR, ESTADIO ENRIQUE TORRES BELON DE LA CIUDAD DE PUNO, PROVINCIA DE PUNO – PUNO.		
<b>PROCEDENCIA</b>	: SUELO NATURAL		
<b>PERFORACION</b>	: SPT - 01		
<b>MUESTRA</b>	: Secciones de 0.45 m		
<b>PROFUND.</b>	: 9,00	m.	
		<b>TAMANO MÁXIMO</b>	: >3/4 in.
		<b>NIVEL FREÁTICO</b>	: 1.80 m

REGISTRO DE SONDAJES														
PROF. (m)	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL SUELO	SUCS	CAPACIDAD DE SOPORTE - CBR							ENSAYOS DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR			
				N <sub>60</sub>	N <sub>100</sub>	Hatanaka & Uchida 1996 - $\phi^*$	Ese et al., 1995	Livneh et al., 1992	Webster et al., 1992			CBR [%]		
3.15		Arcilla de alta plasticidad, contiene 0.1 % de grava gruesa a fina, semiangular, blando, Baja Plasticidad, dilatancia nula, tenacidad alta y con tamaño máximo de 3/8", contiene 9.9 % de arena gruesa a fina y 90 % de finos (L.L.=56, L.P.=26 e I.P.=30), con un contenido de humedad de 39.9 %.	CH	6	7	31.70	4.00	3.00	3.00					
3.30														
3.45				9	11	33.90	6.00	5.00	6.00					
3.60														
3.75														
3.90														
4.05				10	12	34.30	7.00	6.00	6.00					
4.20		Arena pobremente gradada, contiene 13.6 % de grava gruesa a fina, semiangular, semicompacto, No Plástico, dilatancia rápida moderada, tenacidad mediana y con tamaño máximo de 1/2", contiene 82.1 % de arena gruesa a fina y 4.3 % de finos (L.L.=29, L.P.=27 e I.P.=2), con un contenido de humedad de 26.4 %.	SP											
4.35														
4.50		Limo de baja plasticidad, contiene 0.4 % de grava gruesa a fina, semiangular, blando, Baja Plasticidad, dilatancia lenta, tenacidad mediana alta y con tamaño máximo de 3/8", contiene 12.1 % de arena gruesa a fina y 87.6 % de finos (L.L.=39, L.P.=26 e I.P.=13), con un contenido de humedad de 48.8 %.	ML	3	3	28.30	2.00	2.00	2.00					
4.65														
4.80														
4.95		Arcilla arenosa de baja plasticidad, contiene 9.3 % de grava gruesa a fina, semiangular, blando, Baja Plasticidad, dilatancia nula, tenacidad mediana alta y con tamaño máximo de 3/4", contiene 40.7 % de arena gruesa a fina y 50 % de finos (L.L.=33, L.P.=21 e I.P.=12), con un contenido de humedad de 46.4 %.	CL	4	4	29.90	3.00	3.00	3.00					
5.10														
5.25														
5.40		Arcilla arenosa de baja plasticidad, contiene 3.5 % de grava gruesa a fina, semiangular, blando, Baja Plasticidad, dilatancia nula, tenacidad mediana alta y con tamaño máximo de 1/2", contiene 31.2 % de arena gruesa a fina y 65.3 % de finos (L.L.=36, L.P.=21 e I.P.=15), con un contenido de humedad de 32.9 %.	CL	9	10	33.00	6.00	5.00	5.00					
5.55														
5.70														
5.85		Arcilla de baja plasticidad con arena, contiene 2 % de grava gruesa a fina, semiangular, blando, Baja Plasticidad, dilatancia nula, tenacidad mediana alta y con tamaño máximo de 1/2", contiene 18.6 % de arena gruesa a fina y 79.4 % de finos (L.L.=43, L.P.=24 e I.P.=19), con un contenido de humedad de 38 %.	CL	9	10	32.90	6.00	5.00	5.00					
6.00														
6.15														
6.30				9	9	32.80	6.00	5.00	5.00					
6.45														
6.60		Arena limosa con grava, contiene 24.4 % de grava gruesa a fina, semiangular, semicompacto, Baja Plasticidad, dilatancia rápida moderada, tenacidad mediana y con tamaño máximo de 3/4", contiene 44.9 % de arena gruesa a fina y 30.7 % de finos (L.L.=36, L.P.=27 e I.P.=9), con un contenido de humedad de 27.8 %.	SM	4	4	29.20	3.00	2.00	2.00					
6.75														
6.90														



Bach. I.C. MARY CARMEN YANA CONDORY  
 TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN  
 Y ENSAYO DE MATERIALES  
 (DNI: 47136310)

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA  
 JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
 CIP: 209176

## ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR (SPT)

STANDARD TEST METHOD FOR STANDARD PENETRATION TEST (SPT) AND SPLIT-BARREL SAMPLING OF SOILS (ASTM D1586 / D1586M - 18)

<b>PROYECTO</b>	DISEÑO Y ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE TANQUE ELEVADO INTZE: ESTUDIO COMPARATIVO DE DIFERENTES CARGAS Y CONDICIONES CON SAP 2000, PUNO, 2023	<b>Registro N°</b>	: T_UCV_MPMMA-09/23-SPT01@9-G&C
		<b>Fecha</b>	: septiembre del 2023

DATOS GENERALES			
<b>UBICACIÓN</b>	: AV. SIMÓN BOLÍVAR, ESTADIO ENRIQUE TORRES BELON DE LA CIUDAD DE PUNO, PROVINCIA DE PUNO – PUNO.		
<b>PROCEDENCIA</b>	: SUELO NATURAL		
<b>PERFORACION</b>	: SPT - 01		
<b>MUESTRA</b>	: Secciones de 0.45 m		<b>SOLICITANTE</b> : Bach. MAXBRAYAM PERCY MAYTA ARNAO
<b>PROFUND.</b>	: 9.00 m.		<b>TAMANO MÁXIMO</b> : >3/4 in. <b>NIVEL FREÁTICO</b> : 1.80 m

REGISTRO DE SONDAJES													
PROF. (m)	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL SUELO	S U C S	CAPACIDAD DE SOPORTE - CBR						ENSAYOS DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR			
				N <sub>60</sub>	N <sub>100</sub>	Hatanaoka & Uchida 1996 - $\phi^*$	Ese et al., 1995	Livneh et al., 1992	Webster et al., 1992	U	V	CBR [%]	
7.05		Limo de alta plasticidad con arena, contiene 1.8 % de grava gruesa a fina, semiangular, blando, Baja Plasticidad, dilatancia nula o lenta, tenacidad baja a media y con tamaño máximo de 3/8", contiene 26.6 % de arena gruesa a fina y 71.7 % de finos (L.L.=61, L.P.=35 e I.P.=26), con un contenido de humedad de 42.4 %.	MH	5	5	30.00	3.00	3.00	3.00				
7.20													
7.35													
7.50													
7.65		Arena limosa con grava, contiene 16.1 % de grava gruesa a fina, semiangular, semicompacto, Baja Plasticidad, dilatancia rápida moderada, tenacidad mediana y con tamaño máximo de 1/2", contiene 64.6 % de arena gruesa a fina y 19.3 % de finos (L.L.=30, L.P.=24 e I.P.=6), con un contenido de humedad de 24.2 %.	SM	10	10	33.60	7.00	6.00	6.00				
7.80													
7.95		Arena limosa con grava, contiene 19.8 % de grava gruesa a fina, semiangular, semicompacto, Baja Plasticidad, dilatancia rápida moderada, tenacidad mediana y con tamaño máximo de 1", contiene 54.1 % de arena gruesa a fina y 26.1 % de finos (L.L.=33, L.P.=24 e I.P.=9), con un contenido de humedad de 26.7 %.	SM	10	10	33.50	7.00	6.00	6.00				
8.10													
8.25		Limo arenoso de baja plasticidad, contiene 2.3 % de grava gruesa a fina, semiangular, blando, Baja Plasticidad, dilatancia lenta, tenacidad mediana alta y con tamaño máximo de 1/2", contiene 33.6 % de arena gruesa a fina y 64.1 % de finos (L.L.=38, L.P.=25 e I.P.=13), con un contenido de humedad de 36.1 %.	ML										
8.40													
8.55		Arena limosa, contiene 9.5 % de grava gruesa a fina, semiangular, semicompacto, Baja Plasticidad, dilatancia rápida moderada, tenacidad mediana y con tamaño máximo de 3/4", contiene 65.1 % de arena gruesa a fina y 25.4 % de finos (L.L.=31, L.P.=26 e I.P.=5), con un contenido de humedad de 29.2 %.	SM	8	8	31.80	5.00	4.00	4.00				
8.70													
8.85													
9.00				6	6	30.70	4.00	3.00	3.00				

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

Bach. I.C. MARY CARMEN YANA CONDORY  
TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN  
Y ENSAYO DE MATERIALES  
DNI : 47136310

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA  
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
CIP: 209176