



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

"Comportamiento estructural de sistemas de cimentación para
tanques metálicos en centro mineros, Minera Poderosa Pataz, La
Libertad 2023"

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR:

Rojas Haro, Percy Nixon (orcid.org/0000-0002-9876-330X)

ASESOR:

Mg. Corzo Aliaga, Austin Víctor (orcid.org/0000-0002-7606-4348)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

LIMA – PERÚ

2023

DEDICATORIA

Este trabajo es producto de mucho esfuerzo y dedicación por la investigación, lo dedico a mis hermanos y padres que siempre me guiaron por el camino de la educación y la sabiduría, forjando mi persona con la capacidad de superar cualquier obstáculo y aprender de forma rápida.

Soñar y ser perseverante siempre vencerá al talento.

AGRADECIMIENTO

Principalmente doy gracias a los docentes de esta universidad que me brindaron los conocimientos para lograr el objetivo de ser un profesional de bien.

Agradezco al asesor quien me guio de forma permanente en el desarrollo de mi proyecto de investigación.

Gracias a todas mis amistades que compartieron su conocimiento con el fin de mostrar al mundo nuestra capacidad ante obstáculos el camino.

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, CORZO ALIAGA AGUSTIN VICTOR, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "Comportamiento estructural de sistemas de cimentación para tanques metálicos en centro mineros, Minera Poderosa Pataz, La Libertad 2023", cuyo autor es ROJAS HARO PERCY NIXON, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 15.00%, 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.

LIMA, 02 de Diciembre del 2023

| Apellidos y Nombres del Asesor: | Firma |
|--|---|
| CORZO ALIAGA AGUSTIN VICTOR DNI: 32789955 ORCID: 0000-0002-7606-4348 | Firmado electrónicamente por: ACORZOA el 02-12- 2023 22:22:35 |

Código documento Trilce: TRI - 0677484

DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DEL AUTOR



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, ROJAS HARO PERCY NIXON estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: ""Comportamiento estructural de sistemas de cimentación para tanques metálicos en centro mineros, Minera Poderosa Pataz, La Libertad 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 |
|---|--|
| ROJAS HARO PERCY NIXON DNI: 47982501 ORCID: 0000-0002-9876-330X | Firmado electrónicamente por: PNROJASR el 11-12- 2023 08:42:54 |

Código documento Trilce: INV - 1446878

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 GRÁFICOS Y FIGURAS | viii |
| RESUMEN | ix |
| ABSTRACT | x |
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| II. MARCO TEÓRICO | 5 |
| III. METODOLOGÍA | 14 |
| 3.1. Tipo y diseño de Investigación..... | 14 |
| 3.2. Variables y Operacionalización..... | 14 |
| 3.3. Población, muestra y muestreo | 15 |
| 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos | 16 |
| 3.5. Procedimientos | 18 |
| 3.6. Método de análisis de datos | 19 |
| 3.7. Aspectos Éticos | 19 |
| IV. RESULTADOS..... | 21 |
| V. DISCUSIÓN | 52 |
| VI. CONCLUSIONES | 54 |
| VII. RECOMENDACIONES | 55 |
| REFERENCIAS..... | 56 |
| ANEXOS | 61 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1: Instrumento de recolección de datos | 17 |
| Tabla 2: Validación del instrumento de recolección de datos | 18 |
| Tabla 3: Valor de F_a en función de la clase de sitio | 24 |
| Tabla 4: Valor de F_v en función de la clase de sitio | 24 |
| Tabla 5: Factores de modificación de respuesta para métodos ASD | 25 |
| Tabla 6: Factor de suelos "S" | 26 |
| Tabla 7: Periodos T_p y T_I | 26 |
| Tabla 8: Tabla de verificación al deslizamiento | 29 |
| Tabla 9: Tabla de verificación de momento de volteo | 29 |
| Tabla 10: Datos para verificación de presiones..... | 30 |
| Tabla 11: Evaluación del deslizamiento en la base del anillo de cimentación..... | 30 |
| Tabla 12: Diseño de refuerzo de acero | 34 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

| | |
|--|----|
| <i>Figura 1:</i> Procedimientos para elaboración del proyecto de investigación (fuente propia) | 19 |
| <i>Figura 2:</i> Mapa del Perú | 21 |
| <i>Figura 3:</i> Mapa político del departamento de La Libertad | 21 |
| <i>Figura 4:</i> Mapa de la provincia de Pataz | 21 |
| <i>Figura 5:</i> Mapa del distrito de Pataz | 21 |
| <i>Figura 6:</i> Modelamiento de anillo de cimentación | 35 |
| <i>Figura 7:</i> Sección transversal del sistema anular | 36 |
| <i>Figura 8:</i> Cargas actuantes en sistema anular | 47 |
| <i>Figura 9:</i> Cargas actuantes en sistema de platea | 47 |
| <i>Figura 10:</i> Asentamientos en anillo en cimentación anular | 48 |
| <i>Figura 11:</i> Asentamientos en anillo en cimentación de platea octogonal. | 48 |
| <i>Figura 12:</i> Presiones actuantes bajo el anillo en cimentación anular | 49 |
| <i>Figura 13:</i> Presiones actuantes bajo el anillo en cimentación platea octogonal... .. | 49 |
| <i>Figura 14:</i> Deslizamiento en el anillo en cimentación anular..... | 50 |
| <i>Figura 15:</i> Deslizamiento en el anillo en cimentación platea octogonal. | 50 |
| <i>Figura 16:</i> Momento de volteo en el anillo en cimentación anular..... | 51 |
| <i>Figura 17:</i> Momento de volteo en la cimentación platea octogonal | 51 |

RESUMEN

La presente tesis titulada “Comportamiento estructural de sistemas de cimentación para tanques metálicos en centro mineros, Minera Poderosa Pataz, La Libertad 2023”, tiene como objetivo calcular de qué manera los sistemas de cimentación en tanques metálicos en centros mineros influye en el comportamiento estructural y dar solución a la problemática de funcionalidad continua a la planta de proceso en la unidad minera Santa maría que diariamente realizan sus labores cotidianas procesando la materia prima en el centro poblado Pataz, distrito Pataz. Provincia de Pataz y departamento de La Libertad.

El tipo y diseño de investigación es de enfoque cuantitativo, tipo aplicada, diseño cuasiexperimental, basados en las normas API-650, ACE 16-7, E 0.30, que son normas internacionales y garantizan la viabilidad y seguridad en diseño sismorresistente de la infraestructura del tanque metálico ubicado en la planta de procesos de marañón, para el análisis y diseño se realizaron se requirió toma de datos, el proceso de estos y en consecuencia la simulación estructural de la cimentación en el software de ingeniería SAP2000 mediante el modelamiento estructural y análisis de cargas convectivas e impulsivas, resistencia de materiales verificaciones y posterior el resultado de datos cuánticos.

Los resultados que se obtuvo fueron que la infraestructura de zapatas con anillo de cimentación cumple con las verificaciones de diseño que requiere las normas mencionadas y cumple con el funcionamiento mecánico y cuidado del medio ambiente. Además, este sistema garantiza un funcionamiento continuo.

Palabras clave: Sistemas de cimentación, desplazamiento, drenaje, comportamiento estructural.

ABSTRACT

This thesis entitled “Structural behavior of foundation systems for metal tanks in mining centers, Minera Poderosa Pataz, La Libertad 2023”, aims to calculate how foundation systems in metal tanks in mining centers influence the structural behavior and provide a solution to the problem of continuous functionality of the process plant in the Santa María mining unit that daily carries out its daily tasks processing raw materials in the Pataz town center, Pataz district. Province of Pataz and department of La Libertad.

The type and design of the research is a quantitative approach, applied type, quasi-experimental design, based on the API-650, ACE 16-7, E 0.30 standards, which are international standards and guarantee the feasibility and safety in earthquake-resistant design of the infrastructure of the metal tank located in the cashew process plant, for the analysis and design, data collection was required, the process of these and consequently the structural simulation of the foundation in the SAP2000 engineering software through structural modeling and analysis of convective and impulsive loads, material resistance verifications and subsequent quantum data results.

The results obtained were that the infrastructure of footings with foundation ring complies with the design verifications required by the aforementioned standards and complies with mechanical operation and care for the environment. Furthermore, this system guarantees continuous operation.

Keywords: Foundation systems, displacement, drainage, structural behavior.

I. INTRODUCCIÓN

En la minería existe diferentes tipos infraestructuras para sus mega proyectos uno de ellos es la zona de refinería – planta de filtrado en la cual representa el proceso del mineral hasta la obtención del oro. En este proyecto se evaluará la problemática del sistema de cimentación adecuado para tanques metálicos debido a los problemas de fisuración y desplazamientos de los tanques metálicos en su infraestructura y superestructura. Se logró determinar los sistemas de cimentación más aplicativos en la zona las cuales son: platea y anular, los cuales tienen un óptimo comportamiento estructural en relación al terreno de soporte. Estos tipos de infraestructuras tienen sus ventajas y desventajas, pero lo principal para la minería se requiere la funcionalidad, operación, seguridad y cuidado del medio ambiente.

A nivel Internacional, Los estudios geotécnicos y metodologías bajo normas establecen una gran mejora en el diseño de cimentaciones para tanques. En diversos países como: México, Ecuador, Colombia entre otros; se optaron factores de conservación de medio ambiente, vida útil de la estructura y aspectos económicos, en la cual se buscó mejorar su diseño, capacidad de resistencia, estabilidad y servicio continuo. Es importante señalar que los defectos originados después del cumplimiento del periodo de diseño de los soportes de los tanques se propone la parada de planta para el mantenimiento y reestructuración de las cimentaciones partiendo desde el estudio de mecánica de suelo y aplicación de normas para este tipo de funcionalidad, ya que las estructuras de concreto armado existente diagnosticaban vulnerabilidad, fisuras y deterioro en su superestructura. Estos mejoran con la aplicación de cimentaciones anulares y plateas, evitándose defectos en la ingeniería de detalle, proceso constructivo y fatigas en sus puntos de fijación (Gonzabay, 2019).

En el Perú las compañías mineras impulsan la economía, por tanto, la producción y operación no se detiene. Dichas compañías continúan con la exploración mediante sondeos en la cuales se cuantifican y escanea nuevos yacimientos de minerales, de acuerdo al aumento de productividad se proyecta la expansión la planta de procesamiento de los minerales. Las cimentaciones de tanques agitadores es una de las infraestructuras, que se diseñan para este campo son evaluados en su mayoría por un criterio de diseño internacional bajo la siguiente

normativa API650. Estas estructuras en su mayoría se ubican en un área geográfica altamente sísmica por lo cual la minera exige estudios muy detallados y se adecuen a la calidad del terreno y en ciertos casos mejorando la capacidad portante del suelo, considerando el cuidado del medio ambiente y reduciendo el costo de dicha estructuración. En diversas zonas del Perú como Trujillo, Junín, Pasco, optan por los siguientes tipos de diseño: platea de cimentación y anillo de cimentación. En donde es necesario implementar o modificar la estructuración debido a los factores: asentamientos, desplazamientos y presiones en la infraestructura. Para aportar al óptimo comportamiento sísmico resistente de los elementos estructurales de la infraestructura. En consecuencia, una respuesta estructural que favorezca y cumpla las exigencias a las cuales serán sometidas dichas infraestructuras (Salazar, 2020).

En la localidad de Patate se ubica la planta de filtrado marañón, propiedad de la Compañía Minera Poderosa el cual tiene actualmente una producción de 800 tn/día el cual con tres tanques agitadores alineados y paralelos. De acuerdo al aumento de producción y mantenimiento de dichas plantas es necesario la parada de planta generando pérdidas económicas. En otros casos las estructuras ya cumplieron su ciclo de diseño o son dañados por agentes externos. Asimismo, afectados por desastres naturales. En conclusión, es necesario implementar cimentaciones que necesariamente satisfaga las exigencias estructurales a las cuales es sometida. Estas serán ubicadas estratégicamente en un entorno geográfico y el respectivo de estudio de mecánica de suelo, para así garantizar una producción continua, segura, estable y cuidando su entorno ambiental. Proponer una metodología de diseño constructivo para proyectar la reducción de costos, ahorro de espacios del terreno, mayor estabilidad en el comportamiento estructural del sistema estructural frente al espectro sísmico generado por la fricción de las capas tectónicas y generar seguridad e integridad a la gerencia. Este proyecto se desarrollará aplicando el software Sap2000 en el cual desarrollar el análisis, diseño y modelamiento estructural para generar mayor detalle y visión de diversos factores que involucran al aplicar este sistema de trabajo. Fundamentalmente para este proyecto se propone evaluar dos tipos de cimentación las cuales son: plateas y cimentación anular. Por los argumentos indicados es necesario evaluar el comportamiento estructural de los sistemas de cimentación para tanques metálicos.

La producción y mantenimiento de las plantas de procesos del centro minero Compañía Minera Poderosa, Pataz requiere mayores equipos, lo cual en la actualidad genera grandes pérdidas ya que la producción se detiene por la parada de planta y no existe suficientes estructuras, y equipos que respalden la continuidad de la operación. Además, otros factores influyen en los proyectos a futuros es la ubicación estratégica y el estudio de mecánica de suelos. Ante este requerimiento se plantea evaluar dos tipos de cimentación: platea y cimentación anular; con el objetivo de lograr una estructura estable los límites de desplazamiento, presiones de contacto y Momento resistente al volteo. Además, que se adapte a las condiciones del suelo y satisfaga las exigencias estructurales. Estos factores se lograrán reduciendo los desplazamientos, presiones de contacto en la infraestructura y momento de volteo respecto a la estructura. En consecuencia, un óptimo comportamiento sismorresistente a un precio factible y cuidando el medio ambiente.

Esta investigación planteando alternativas de solución para mejorar la infraestructura de los cimientos de tanques metálicos, la razón principal es mostrar el comportamiento estructural de estos 2 tipos de sistemas de cimentación: platea cimentación anular, estableciendo una estructura de soporte perfectible estable resistente, trabajable, menor tiempo de estructuración, costo menor y cuidando el entorno ambiental. Estos sistemas de cimentación son de aplicación en varios países y diferentes campos de inversión por lo cual es favorable la implementación, conocimiento y desarrollo de estas estructuras en los centros mineros del Perú: Justificación técnica, en la siguiente investigación, se propone determinar un sistema de cimentación adecuado para estos tanques considerando los siguientes aspectos: asentamientos, presiones actuantes en el suelo, desplazamientos y momento al volteo. Justificación Social, este proyecto beneficiara a diferentes centros mineros y población de Pataz; al tener alternativas de solución de cimentaciones para tanques metálicos los cuales se aplican en diferentes funciones: combustible, agitadores, agua y entre otros. Justificación económica, Se busca la reducción de costo y tiempo constructivo a nivel infraestructura satisfaciendo las condiciones de servicio a la cual el diseño se proyecta. Justificación Ambiental, la aplicación del diseño de estas cimentaciones se consideran altos índices de seguridad, pues siendo el caso de combustible o

mineral en proceso se considera incluso en desborde para estos fluidos no interactúen con el suelo y así cuidar el medio ambiente. Cabe resaltar dentro del proceso de ingeniería mediante el modelamiento en el programa SAP2000 se estabiliza la evitar desbordes y asentamientos diferencias evitando incidentes.

En la siguiente investigación, se propone el Objetivo General: Calcular de qué manera los sistemas de cimentación en tanques metálicos en centros mineros influye en el comportamiento estructural, Minera Poderosa Pataz, La Libertad 2023. En forma similar se plantearon los Objetivos Específicos: Evaluar como los sistemas de cimentación en tanques metálicos en centros mineros influye en los asentamientos, Minera Poderosa Pataz, La Libertad 2023. Evaluar como los sistemas de cimentación en tanques metálicos en centros mineros influye positivamente en las presiones actuantes bajo el tanque, Minera Poderosa Pataz, La Libertad 2023. Evaluar como los sistemas de cimentación en tanques metálicos en centros mineros influye en el deslizamiento, Minera Poderosa Pataz, La Libertad 2023. Evaluar como los sistemas de cimentación en tanques metálicos en centros mineros influye en el momento de volteo, Minera Poderosa Pataz, La Libertad 2023.

También se planteó la Hipótesis General: ¿El sistema de cimentación en tanques metálicos en centros mineros influye positivamente en el comportamiento estructural, Minera Poderosa Pataz, La Libertad 2023? Similarmente se plantearon las Hipótesis Específicas: ¿El sistemas de cimentación en tanques metálicos en centros mineros influye positivamente en los asentamientos, Minera Poderosa Pataz, La Libertad 2023?; ¿El sistemas de cimentación en tanques metálicos en centros mineros influye positivamente en las presiones de contacto bajo el tanque, Minera Poderosa Pataz, La Libertad 2023?; ¿El sistemas de cimentación en tanques metálicos en centros mineros influye positivamente en el deslizamiento, Minera Poderosa Pataz, La Libertad 2023?, ¿El sistemas de cimentación en tanques metálicos en centros mineros influye positivamente en el momento resistente al volteo, Minera Poderosa Pataz, La Libertad 2023?.

II. MARCO TEÓRICO

A fin de desarrollar este trabajo de investigación se indagó una variedad de antecedentes, que se llevaron a cabo años antes del presente, en el ámbito internacional tenemos a Juan (2019) en su tesis indica que su objetivo es proponer un diseño a través de análisis sismorresistente de la cimentación del tanque y bases de las bombas, el cual sea una estructura estable, sin deslizamiento y no presente riesgo de momento de volteo. Además, este proyecto está basado en el estudio de mecánica de suelos de la refinería La Libertada; aplicándose como metodología se aplicó el método científico, del tipo: aplicativo, del nivel: explicativo, y diseño: cuasi experimental, obteniéndose los siguientes resultados: En primer lugar, la infraestructura no presenta deslizamiento del tanque por carga de diseño, ya que se obtuvo $V \leq V_s$ $13765423.8 \text{ 8N} \leq 25578423.40\text{N}$. En segundo lugar, la infraestructura no presenta volteo, ya que de acuerdo a la normativa API se requiere cumplir la siguiente ecuación $M_w + F_p (MPi) < MDL1,5 + MDL$ se obtuvo $9272176.09 \leq 17892825.34$. En tercer lugar, la infraestructura no presenta desplazamiento horizontal, ya que se obtuvo una fuerza de fricción mayor a la fuerza de viento $F(\text{viento}) < F(\text{fricción})$, ya que se obtuvo $123991,30\text{N} < 31959586.03\text{N}$. Se concluyó desarrollado el análisis sismo resistente de la estructura de soporte del tanque metálico siguiendo el proceso de pre diseño y óptimo diseño logrando una infraestructura estable, el cual no presenta desplazamientos, estando aplicado a combinaciones de carga sísmicas y volteo al aplicarse combinaciones de carga por viento.

Martínez (2019) en su estudio manifiesta que su objetivo es realizar un cálculo y diseño para tanques verticales evaluando diferentes casos de diseño, además de mejorar la metodología y planificación aplicando la norma API650; la metodología fue el método científico, del tipo: aplicativo, del nivel: explicativo, y diseño: cuasi experimental; con una población todas cimentaciones de tanque metálico en Jalapa, y como muestra se analizara solo una cimentación de tipo anular, como resultados de acuerdo a las verificaciones de detalla el cumplimiento en la revisión por volteo desarrollando un $M_r > M_v$ $140.50 > 93.65 \text{ t.m}$, en cuanto a la revisión por deslizamiento de acuerdo al desarrollo cuántico se cumple ya que se verifica $F_r > V_{xz}$ $47.53 \text{ tn} > 10.78 \text{ tn}$. En conclusión, el diseño de la cimentación

octogonal cumple con las solicitaciones de diseño impuestas, también con las verificaciones de falla y norma de diseño siendo en este caso API 650.

Como antecedentes nacionales tenemos a Contreras (2018) en su tesis, cuyo principal objetivo es mostrar la contribución de las siguientes normas: Api 650 y UNE-EN 14015, en respecto a diseño de tanques atmosféricos ya que el Perú es considerado altamente sísmico, ya que dentro de su geo referencia se ubica la placa de nazca y placa Sudamérica. La metodología fue el método científico, del tipo: aplicativo, del nivel: explicativo, y diseño: cuasi experimental; con una población todas cimentaciones de tanque metálico en Pampilla, y como muestra se analizara solo una cimentación de anillo, los resultados de acuerdo a las verificaciones de detalla el cumplimiento en la revisión por deslizamiento desarrollando un $V_s > V$ $1487,230\text{kg} > 774,09\text{ kg}$, en cuanto a la revisión por desplzamiento de acuerdo al desarrollo cuántico se cumple ya que se verifica $F_r > V_{xz}$ $4015,144\text{ kg} > 774,091\text{ kg}$ y finalmente se verifico el momento de volteo un $M_r > M_v$ $4023,066\text{ kg.m} > 1505.010\text{ kg.m}$, en conclusión se determinó que la norma API650 es aplicado en relación a las zonas del Perú y por otra parte la norma UNE-EN 14015 es aplicativo para diseños en la selva ya que los coeficientes sísmicos de la selva peruana son similar a la zona de España.

Sulca (2021) en su tesis sostuvieron que; su objetivo es el diseño de una platea de cimentación y la mejora del terreno con fin de la disminución de asentamientos diferenciales. En consecuencia este desarrolle un óptimo comportamiento estructural entre suelo-estructura siendo así se asegure el funcionamiento y cumplimiento su ciclo de diseño de la infraestructura cumpliendo las exigencias a las cuales serán sometidas; la metodología utilizada es de enfoque cuantitativo de tipo aplicada con un diseño no experimental, se analizaron tres tipos de infraestructurales las cuales se tomaron como muestra de evaluación estas siguientes infraestructuras: platea, anillos y plateas con pilotes, estas infraestructuras se analizaron y evaluaron con la proyección de comparación de datos bajo la respuesta estructural, teniendo los siguientes resultados, de acuerdo a las verificaciones de detalla el cumplimiento en la revisión por deslizamiento un $V_s > V$ $313,638.76\text{ N} > 152,466.10\text{ N}$, en cuanto a la revisión por momento de volteo se cumple ya que se verifica $M_r > M_v$ $5014.88\text{ KN.m} > 382.16\text{ KN.m}$ y finalmente se evualo el asentamiento en la cimentación en la cual desarrollo 5.2mm y teniendo

como un rango máximo permisible de 50 mm; se concluyó que es recomendable diseñar plateas con reforzamiento del suelo para la correcta transmisión de fuerzas y evitar asentamientos diferenciales de infraestructuras que soportan tanques en terrenos de suelos arcillosos.

Para estudiar de mejor manera el tema se tomará en cuenta los artículos de investigación siguientes; estos desarrollados por; ALFREDO & RÉMI (2019) en la revista científica GEOTECHNICAL ENGINEERING, vol. 1 nro. 2, 1-8. ponen como objetivo reducir los efectos que produce la aceleración sísmica en la infraestructural a base de la compactación dinámica el cual se establece como vibro-compactación o también el terreno por efecto de esta actividad tenga la capacidad de resistir estos eventos sísmicos y soporte la carga vertical (CMC). La metodología en la investigación de parte de un diseño no experimental con enfoque cuantitativo, con una población todos las cimentaciones para tanque de almacenamiento, y una muestra las cimentaciones para almacenamiento en zonas arcillosas; resultando las soportar cargas distribuidas desde 50 kpa hasta 700 kpa, proporcionando asentamientos globales dentro del rango admisible de 2 a 30 cm y a su vez este reduce su asentamiento diferencial con valores cuánticos prácticamente nulos (0.0005 – 0.008); se concluye que, la aplicación del CMC como refuerzo para un suelo reforzado dentro de la sección del terreno este requiere una configuración estructural, ya que esto no solo influye esfuerzos verticales sino también esfuerzo laterales esto se debe a la oscilación sísmica.

Florend y Alfredo (2019) en la revista científica SMIG (sociedad Mexicana de Ingeniería Geotecnia) tiene por objetivo proponer una solución de mejoramiento de suelos con bajas propiedades mecánicas en las cuales estas presentan una cimentación superficial losas, trabes y dados, y estas a su vez ligados a pilas o pilotes profundos con la cual se requiere transmitir las cargas de la super estructura a estratos de terreno estable conservando deformaciones dentro del límite. La metodología se denoto en un método aplicada y de diseño no experimental, con una cimentación losa superficiales de tanques metálicos, en cuanto a los resultados se propuso como solución el diseño de una losa de cimentación soportados por pilotes propuesta aceptable, pero resulta muy costoso. Por lo cual esta propuesta planteada fue sustituida por el mejoramiento el terreno aplicando CMC (columnas de modulo controlado) metodología que optimiza costo y tiempo, se colocaron 270

CMC para un primer tanque y 385 CMC para el siguiente estas fueron diseñadas con una longitud de 23.20m y 0.40m de diámetro los cuales están apoyadas por un terreno arenoso; concluyendo, la aplicación de columnas de modulo controlado en terreno inestable resulta muy beneficioso en costo y tiempo. Además, este diseño requiere un cálculo adecuado, este tiene que estar vinculado al factor de carga y asentamiento que determinas las normas y criterio constructivo.

LUIS, SERGIO, YULEYDIS, y ELIZABETH (2018), tiene por objetivo es el estudio del comportamiento estructural por asentamientos en la cual se desarrolló una variación del diseño original en la cual se sustituye el tipo de cimentación profunda por estabilidad y mejoramiento del suelo. La metodología es de enfoque cuantitativo diseño no experimental del nivel cuasi experimental, con una muestra un anillo de cimentación, esta cimentación se evalúa con el fin de diagnosticar una infraestructura adecuado de acuerdo al terreno. Los resultados, mediante la evaluación bajo factores de cargas y tiempo, se registra un asentamiento de 132.6 milímetros en la infraestructura. Asimismo, se verifico desplazamientos en los puntos de control con un valor máximo de 44.2 milímetros esto generando grietas sobre la infraestructura. Concluyendo la cimentación para tanques requiere un exhaustivo análisis de su infraestructura, superestructura y suelo. Por tanto, si no reforzamos lo suficiente el terreno siempre será inestable para cimentaciones de tanques causando grandes pérdidas en funcionamiento y reparación.

In other languages we have ADHITYA, AHMAD AND CHRISTADY (2019); Its objective is to propose a solution to the existing structural foundation system which presents differential settlements, this in turn causing the inclination of the tank, generating problems in terms of the measurement of the stored volume and its distribution. This problem will be solved by applying stall and pilot designs on the soft ground located in Benjarmasin, Indonesia. The methodology is of a quantitative approach, a non-experimental design of the non-experimental level, with a sample of foundation stalls, this foundation is evaluated in order to demonstrate an adequate infrastructure according to the existing soft ground. The results, according to the modeling and structural analysis in the SAP2000 and ABAQUS software, very favorable results were obtained since the deformations were reduced by 70.79% applying the design of stalls linked to pilots, achieving structural stability and satisfying the demands to which are subjected to the infrastructure. Concluding the

structuring on soft soils for tank supports, it is advisable to apply linked plates or connect pilots, since these will reach a stable ground layer and correctly transfer the loads to the stable ground surface.

LUIS, SERGIO, YULEYDIS, and ELIZABETH (2019), its objective is the understanding of the principles of the design of the stability of the ground and the infrastructure for the storage of large quantities of heavy oil. The methodology is of a quantitative approach, a non-experimental design of the non-experimental level, with a sample of a foundation ring, this foundation is evaluated in order to diagnose an adequate infrastructure according to the terrain. The results diagnosed that the ring footing supported by piles is an adequate solution in case of a weak soil location. In addition, the modeling by the finite element method expresses favorable results according to the values of shear, reactions and moment according to the capacity of the metallic tank. Concluding, the ring-type footing supported by piles is an efficient solution in soft soils in terms of foundation design for metal tanks for heavy oil, since it presents optimal behavior in terms of reactions, moment and shear, allowing a stable behavior of the tank.

MORITZ, FRANCESCO, and ORESTE (2020), its objective is to propose an innovative foundation defined as metacasting, based on the criteria of seismic waves which are called locally resistant metamaterial. This type of casting provides stability in the substructure at different fluid levels. The methodology is of a quantitative approach, experimental design, with a sample of a foundation ring, this foundation is evaluated in order to diagnose an adequate infrastructure according to the terrain. The results, according to the time and frequency analysis, establish that the metafoundation works correctly as an earthquake resistant shield against seismic events, protecting the metal fuel storage tanks. Concluding this type of meta-foundation is an innovative proposal, as well as how it works perfectly in the assembly of a foundation + tank + pipe set, it determines that it is evaluated as a non-linearity field. It should be noted that it reduces the structural response in the base shear and overturning factors.

Según, Roberto (2020) las estructuras de tanques son utilizadas en industrias que se requieren para el almacenamiento de líquidos, gases, productos que presentan características corrosiva, inflamable y muy inestable durante su el funcionamiento operacional. Debido a esto se deben considerar todos los factores

que interfieren en su funcionalidad, las normativas aplicadas son API, para nuevos diseños de tanques metálicos se tiene que cumplir la metodología y criterios de la norma API 650, y cuando se hace referencia a remodelación de tanque de almacenamiento es aplicable la norma API 650.

En relación al líquido a almacenar propone una clasificación de acuerdo al diseño y construcción: en primer lugar, en relación a su forma esférica y cilindro. En segundo lugar, en relación a la construcción soldados y empernado. Por otro lado, se resalta los requisitos necesarios a evaluar la infraestructura del tanque metálico: momento de volteo por efecto del viento en el tanque, Momento de volteo por efecto del sismo en el tanque, desplazamientos probables entre en el tanque y la cimentación, desplazamientos probables entre en el tanque y la cimentación y requerimiento para la estabilidad constructivo de la cimentación anular. Concluye los especialistas del Instituto Americano de Petróleo en su Norma API-650.

El peso de la carga muerta se define por el peso de la estructura metálica en la cual varía de acuerdo a la dimensión y el material de este es fabricado, la carga viva se define a través de la aportación del líquido almacenado en la estructura metálica el cual permite la fabricación del armazón, estos factores mencionados permitirán analizar la capacidad portante del terreno y la cimentación diseñada para satisfacer las exigencias a las cuales será sometida. Concluye los especialistas del Reglamento Nacional de Edificaciones en su norma E020.

Densidad del fluido se presenta una característica física en la cual se representa por la división de su masa por su volumen representada en el sistema internacional en la siguiente unidad KG/M³ (Días, 2006).

Petróleo es una materia prima que se generó durante miles de años, la cual está compuesto por hidrocarburos y orgánicos primarios desarrollado en rocas subterráneas. La materia prima mencionada se genera a base de la desintegración natural de especies de animales y plantas marinas de dimensión microscópica (Petroperú, 2023).

Según Suelos se define como un material generado por la disgregación química o descomposición mecánica de las rocas, generando un conjunto de partículas por acción del efecto de designación físico – químico de las rocas (Graux, 2022).

Ensayos de mecánica de suelos este en ensayo limite liquido permite estimar los asentamientos y el límite plástico permite predecir la máxima densidad de compactación. Asimismo, el ensayo de porcentaje de humedad es la representación del terreno el cual es necesario que debe estar por debajo del comportamiento plástico del suelo el cual se analiza (Manual de Procedimientos del Ensayo de Suelos, 2014). Desarrollando los ensayos mencionados es posible obtener los siguientes resultados.

- Limite liquido
- Índice Flujo
- Índice de Plasticidad

Ensayo Granulométrico es para determinar el tipo de suelos se realiza el proceso del ensayo de segregación en él se usa los tamices y determinar si es una suelo grueso o fino (Manual de Procedimientos del Ensayo de Suelos, 2015). Con este proceso de ensayo elaborado se obtiene los siguiendo datos:

- Proporciones de gravas
- Proporciones de Finos
- Clasifican de Suelo según el SUCS
- Curva Granulométrica

Ensayo de Corte Directo se busca producir una falla mediante una aplicación de esfuerzos: en primer lugar, el esfuerzo cortante que se establece por aplicación de carga horizontal permitiendo determinar de datos Angulo de fricción y cohesión, mediante tablas. En segundo lugar, la normal consiste en la generación de aplicación de carga vertical en condición natural respecto al terreno de estudio (Villalaz, 2004). Desarrollando estos ensayos es posible obtener los siguientes datos:

- Cohesión
- Angulo de Fricción
- Esfuerzo Normal vs Esfuerzo de corte

Ensayo de Penetración (SPT) este ensayo se establece de aplicar pesas o golpes basado en cargas con el objetivo de determinar la carga admisible. Esta metodología nos permite determinar la correlación de las características de terreno y el ensayo mencionado (Graux, 1975).

Cimentaciones superficiales se denomina a la sección de ensanchamiento en la base de la superestructura columna o muros con el objetivo de reducir cargas unitarias en la interacción suelo estructura (Harmsen, 2002).

Cimentaciones profundas este tipo de cimentación se establece por la localización profunda del terreno estable, para estos tipos de infraestructuras de requiere pilotes o plateas (Rodríguez, 2002).

De acuerdo a Badiola (2004), establece que las cargas estáticas se establecen como carga estática como la estimación del peso propio de una estructura el cual mismo genera momento y fuerza, los cuales deben poseer magnitud y dirección. Además, esta carga es ejercida hacia la cimentación el cual se establece como carga muerta o carga viva.

se establece como carga estática como la estimación del peso propio de una estructura el cual mismo genera momento y fuerza, los cuales deben poseer magnitud y dirección. Además, esta carga es ejercida hacia la cimentación el cual se establece como carga muerta o carga viva. Según el reglamento Nacional de Edificaciones en la Norma E0.20 (2014).

Cargas Vivas se define como objetos, materiales, personas y equipos en movimiento o en funcionamiento. Según el reglamento Nacional de Edificaciones en la Norma E0.20 (2014).

Cargas Hidrostáticas se establece como la fuerza pura generada por la presión hidrostática y este varia a la altura y el peso específico del fluido (Riley, Sturges, 2004).

Cargas Dinámicas se establece como cargas generadas por la oscilación de la estructura y a su vez estas cargas creadas producen fuerza de inercia. Asimismo, estas se producen por efecto de la actividad sísmica y viento (Barbat, 1983).

Cargas Sismo establece como el movimiento del terreno o liberación de energía sobre la corteza terrestre este tiene un punto de origen en el hipocentro y es proyectado al exterior, siendo denominado epicentro (Barbat, 1983).

Para el diseño de cimentación es importante conocer la estructuración del suelo de soporte y sus propiedades mecánicas. Además del peso actuantes de la edificación y así estimar los asentamientos diferenciales permisibles para la infraestructura. (Villalaz, 1980).

La capacidad portante del suelo se establece como la resistencia del terreno para soportar los esfuerzos gravitatorios determinados por fórmulas de la mecánica de suelos. Y este mismo varía de acuerdo a la tipología del suelo. Concluye los especialistas del Reglamento Nacional de Edificaciones en su Norma E-050 (2014). El instituto americano de petróleo API-650, se establece como un manual para diseño de sismorresistente para tanques atmosféricos el cual está comprendido por 10 capítulos y 26 apéndices. Para un diseño correcto es necesario considerar el diseño Sísmico de tanques de Almacenamiento (“Seismic Design of Storage Tanks”). Además, es importante considerar las recomendaciones para su diseño y Construcciones de tanques verticales en los cuales se almacenan petróleo (apéndice B). Otra mención es el (apéndice I) el cual menciona la protección de la cimentación y detención de filtración en el fondo del tanque. Así mismo se hace mención de la importancia de la seguridad de la posibilidad de las filtraciones en la base del tanque, según la Norma API-650 (2014).

SAP2000 es programa de ingeniería para el diseño y cálculo estructural basado en un cálculo estático y dinámico, La denominación proviene del acrónimo Structural Analysis Program. Además es un programa tiene una interfaz 2D y 3D la cual se orienta para el diseño y modelamiento de proyectos y resolver diferentes inconvenientes respecto a la ingeniería. Asimismo, se puede hacer o desarrollar análisis lineal, análisis dinámico por espectro de respuesta, cargas móviles, análisis en el dominio de la frecuencia, elementos finitos y dimensionamiento de hormigón. Este programa tiene un módulo integrado de pretensado, en la cual se introduce la todo elemento cables pretensados y generar un desarrollo de cálculos automatizado de pérdidas instantáneas. (Alabarado, 2021).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de Investigación

3.1.1. Tipo de Investigación: Las metodologías son modelos para poder lograr el objetivo de la investigación científica, donde no se varían el valor de su naturaleza, los métodos, técnicas y procedimiento dan respuesta a cada problema. Así mismo, los problemas específicos según el área de conocimiento cuentan con métodos especiales. El fundamental el uso de los conocimientos adquiridos, al mismo tiempo se alcanza conocimientos o aprendizajes nuevos por medio de la aplicación de estos mismos. El tipo de investigación es aplicada, ya que el propósito de esta investigación es resolver el comportamiento estructural de sistemas de cimentación en tanques metálicos en centros mineros, Minera Poderosa Pataz, La libertad 2023. Lugar que se encuentra por encima del cinturón del pacífico.

3.1.2. Diseño de Investigación: El diseño de investigación es la combinación de la metodología y técnicas elegidas en la investigación para que el problema de investigación se eficiente y tenga lógica. El diseño de investigación se centra en lo cuasi experimental, ya que la manipulación de una variable independiente permite ver el efecto y relación con respecto a la variable dependiente para mejorar el diseño.

3.2. Variables y Operacionalización

Las variables estudiadas en esta investigación señalan las siguientes categorías con sus respectivos temas a tratar:

Variable independiente: Sistemas de cimentación

Definición conceptual:

Según Universidad Politécnica de Valencia (2022), las cimentaciones son infraestructuras diseñadas con el propósito de soportar las transferencias de cargas de las superestructuras y asimismo los movimientos sísmicos generadas en los epicentros.

Definición operacional: Los sistemas de cimentación fundamentalmente se diseñan de acuerdo a reacciones, factores sísmicos y metodologías de diseño.

El desarrollo en sus principios requiere el análisis estructural, posteriormente el diseño estructural y finalmente su desarrollo de la estructuración.

Variable independiente V1: Sistemas de cimentación

Indicadores: Capacidad portante, peso de tanque y coeficientes sísmicos.

Escala de Medición: Razón.

Variable dependiente: Comportamiento estructural

Definición conceptual:

Según Registro Nacional de Edificaciones (2021), define que: “El comportamiento estructural es el resultado de la configuración estructural y del modelado, el cual expresa diferentes aspectos de su comportamiento tanto lineal estático. En este punto es importante evaluar y modificar si lo requiere, mejorando su diseño”.

Definición operacional:

El comportamiento estructural, es el resultado de una evaluación estructural bajo parámetro de una normativa y aplicando una metodología de diseño en el cual se desarrolla un cálculo estructural para asegurar el ciclo de vida del proyecto.

Variable dependiente V1: Respuesta estructural

Indicadores: Asentamiento (mm), Presiones actuantes bajo el tanque (tn/m²), deslizamiento y Momento de volteo (tn.m)

Variable dependiente: Comportamiento estructural

Escala de medición: Razón.

3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.1 Población: La población o universo es un conjunto de todas las materias que coinciden en fijas tipologías (Hernández y Mendoza, 2018). En este trabajo la población son todas las cimentaciones para tanques metálicos en la Compañía Minera Poderosa Pataz, La Libertad 2023, el cual poseen las mismas características de construcción mediante la técnica tradicional y estructuras de acero. El criterio de selección es de

inclusión, ya que el conjunto de cimentaciones de tanques metálicos en la unidad minera Marañón, Pataz en el departamento de Libertad, son considerados como parte de la población.

3.3.2 Muestra: La muestra característica de la población es definida como: un fragmento extraído de una población por métodos que aprueben considerarla como representativa de él (Hernández et al., 2014). La muestra es una cimentación para tanque metálico en la cual se evaluará dos tipos y diagnosticando el mejor sistema”, el cual se analizará el análisis de comportamiento estructural en el software SAP 2000 para luego comprar los resultados del análisis estructural.

3.3.3 Muestreo: El muestreo es no probabilístico, ya que se ha seleccionado específicamente, según la muestra, una cimentación de tanque metálico el cual se analizará la tipología adecuada y satisfaga las exigencias a las cuales serán sometida entre los tipos: anillo de cimentación y platea.

3.3.4 Unidad de Análisis: La unidad de análisis a desarrollar es la vivienda seleccionada que será evaluada y en el cual será modelado con el software SAP 2000 para lo cual será necesario contar con especímenes y criterios de modelamiento.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas de recolección de datos

Se denomina una operación, procedimientos o actividades para poder realizar la investigación, por ejemplo, la entrevista y la observación. Algunos las denominan “métodos”, porque son procedimientos que van en una investigación. También son llamados medios o instrumentos de investigación. Entonces, para el desarrollo de la investigación se puso en práctica la técnica de observación experimental, el cual se produce bajo condiciones relativas controladas por el investigador, es decir, porque el investigador puede manipular la variable o variables. Es una poderosa técnica de investigación científica. Puede utilizar fichas registradoras de datos como herramientas.

Instrumentos de Recolección de Datos

“Son materiales o elementos que permiten la ejecución o aplicación de las técnicas, como, por ejemplo, en la técnica de la encuesta sería el cuestionario”. Los instrumentos que se tendrán en cuenta serán fichas de registro y resultados para desarrollo de la investigación, serán los aparatos necesarios para los ensayos que se realizarán en laboratorio y las normas que se tomaran en cuenta por cada ensayo se describirá en el anexo 3; como también, la modelación mediante el software SAP 2000, para poder realizar el comportamiento de los sistemas de cimentación de tanques metálicos en centros mineros, Minera Poderosa Pataz, La Libertad 2023”.

Tabla 1: *Instrumento de recolección de datos*

| Descripción | Técnica | Instrumentos |
|------------------------------------|--------------------------|---|
| Capacidad Portante | Observación Experimental | Ficha de registro de datos |
| Peso del tanque | Observación Experimental | Ficha de registro de datos |
| Coeficientes sísmicos | Observación Experimental | Ficha de registro de datos |
| Asentamiento | Observación Experimental | Ficha de Resultados del Excel y modelamiento en Software SAP 2000 |
| Presiones actuantes bajo el tanque | Observación Experimental | Ficha de Resultados del Excel y modelamiento en Software SAP 2000 |
| Deslizamiento | Observación Experimental | Ficha de Resultados del Excel y modelamiento en Software SAP 2000 |
| Momento de Volteo | Observación Experimental | Ficha de Resultados del Excel y modelamiento en Software SAP 2000 |

Fuente propia

Validez

La validez es la calidad que tiene un instrumento donde consiste que este sea servible para medir la variable que se busca medir, siendo el instrumento el adecuado y preciso. Se validará por medio de una ficha de validación lo cual determinará la validez de los instrumentos, el cual será emitido por el laboratorio. Asimismo, Mediante un simulador utilizando el software SAP 2000, se validará los resultados del comportamiento estructural de los sistemas de cimentación para tanques metálicos. De acuerdo a la evaluación por los expertos en la tabla de puntuación por validez, se logró a determinar un coeficiente de kappa de 1.00, de acuerdo a Landis & Koch, 2010, la fuerza de acuerdo es casi perfecta.

Tabla 2: *Validación del instrumento de recolección de datos*

| Coeficiente de Kappa | Fuerza de acuerdo |
|-----------------------------|--------------------------|
| <0.00 | Pobre |
| 0.00-0.20 | Leve |
| 0.21-0.40 | Justa |
| 0.41-0.60 | Moderado |
| 0.61-0.80 | Sustancial |
| 0.81-1.00 | Casi perfecta |

Fuente: Landis & Koch (2010)

Confiabilidad de los Instrumentos

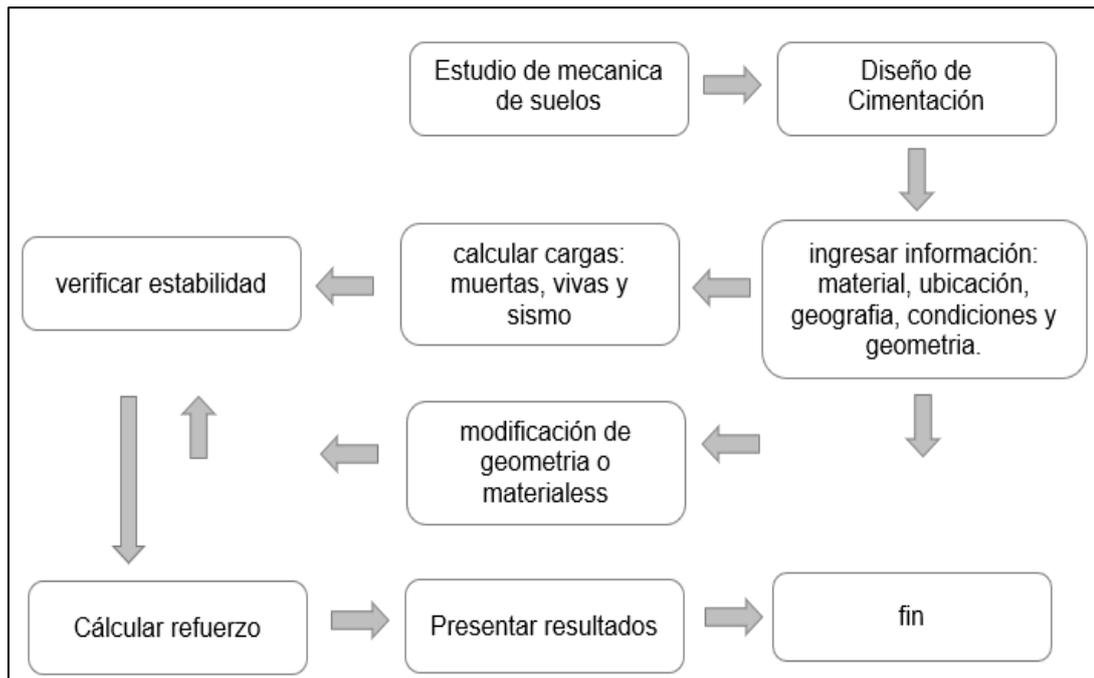
La confiabilidad es un requerimiento básico, debido a que este asegura la fiabilidad de los datos. Para el caso de la confiabilidad, se verificará los instrumentos a través de la calibración, lo cual determinará mejor los resultados con mayor exactitud.

3.5. Procedimientos

De acuerdo con las reglas o procedimientos de la ciencia, los datos que son formas de evidencia o información después de haberse recopilado cuidadosamente, se utilizarán en cada procedimiento que se ejecute. En primer lugar, en este estudio la proyección del diseño de una cimentación para tanques metálicos en centros mineros, Minera Poderosa Patataz, La Libertad 2023”, seguidamente se realizó planteamiento estratégico de la ubicación de cimentación del tanque, para posteriormente realizar el estudio de mecánica de suelos, posteriormente se propone el diseño de cimentación, para ingresar

información a la hoja de cálculo y al modelamiento: material, ubicación geográfica, condiciones y geometría, a su vez se realizó el cálculo de cargas: muertas, vivas, viento y sismo, seguidamente se verifica la estabilidad, en este proceso es posible realizar cambios de geometría o materiales, posteriormente definido y verificado se realiza el cálculo de refuerzo y finalmente se presenta resultados.

Figura 1: Procedimientos para elaboración del proyecto de investigación (fuente propia)



3.6. Método de análisis de datos

Para tener que aplicar el método de análisis de datos, se tiene que planear el recojo de datos empezando por la investigación de datos ya existente y de qué manera se emplean. En esta investigación se hace referencia a la estadística descriptiva e inferencial, ya que para poder analizar los datos que obtendremos por medio de los ensayos, se crearán tablas y figuras con el fin de comprender los resultados, para ello se utilizará, en gran medida, el programa de Microsoft Excel. Asimismo, se utilizará el software SAP 2000 para obtener los resultados del análisis estático y dinámico, lo cual nos dará como resultados el análisis sísmico estructural de la muestra en estudio.

3.7. Aspectos Éticos

Los principios éticos de la investigación se centran en la autenticidad de los procedimientos y ensayos de las normas peruanas. Como así también de la beneficencia que la investigación velará por el beneficio social, económico y ambiental, ya que el material que se utiliza es de la propia zona. Otro aspecto ético, con respecto a las normas de la Universidad Cesar Vallejo es evitar el plagio en la elaboración del proyecto realizando las citas y referencias adecuadas como se muestran en los formatos ISO.

Limites

Norte : Con la provincia de Bolívar.

Sur : Con la provincia de marañón en el departamento de Huánuco.

Este : Con el departamento de San Martín.

Oeste : Con provincia de Pallasca y provincia de Santiago de Chuco y provincia de Sánchez Carrión.

Ubicación geográfica

El distrito de Pataz presenta las siguientes coordenadas geográficas: Latitud respecto al Ecuador es 8°, 16',36" y 77°,17'47, 35", contando con un área de 4226.5 km² aproximadamente a una latitud de 3600 m.s.n.m. Según la INEI hasta el 2017 contaba con una población de 88,038 habitantes.

Clima

El clima que posee el distrito de Pataz es variado, ya que en verano son caliente y vientos y los inviernos lluvias intensas y presencia de nieblas que cubren el valle. Con una temperatura que varía entre los 2 °C hasta los 20 °C, teniendo una temperatura promedio de 11 °C durante el año.

Diseño de infraestructura

El tanque espesador n°8 se encuentra ubicado en la planta de filtrado de Marañón del centro poblado Vijus, Distrito de Pataz, Provincia de Pataz y Departamento de la Libertad. Para el desarrollo de esta investigación se consideró los siguientes parámetros y datos para el diseño de cimentación.

- Estructura sobre tanque: 6.00 tn
- Peso de paredes: 30.07 tn
- Peso de la base: 7.34 tn
- Peso del tanque vacío: 43.41 tn
- Peso del contenido: 1309.27 tn
- Peso unitario del concreto: 2.4 t/m³
- Peso del anillo de cimentación: 181.77 tn
- Peso unitario del relleno confinado por el anillo de cimentación: 1.80 tn/m³
- Peso del relleno confinado en el anillo: 362.73 tn
- Resistencia a la compresión: 5 Mpa
- Resistencia a la fluencia del acero de refuerzo: 60 Mpa
- Recubrimiento: 5 cm

- Capacidad portante del terreno: 36.20 tn/m²
- Factor de seguridad al volteo: 2
- Factor de seguridad al deslizamiento – tanque vacío: 1.20
- Factor de seguridad al deslizamiento – tanque lleno: 1.50
- Coeficiente de fricción entre la base del tanque y relleno confinado: 0.40
- Coeficiente de fricción entre la base del anillo de cimentación y suelo de fundación: 0.40

De acuerdo al procedimiento cuántico de la normativa API 650 se requiere realizar una relación entre la altura y el diámetro del tanque metálico obteniendo como resultado: $D/H=1.09$.

Se desarrollo un estudio de mecánica de suelos con el fin de aplicar en modelamiento y diseño de la infraestructura del tanque metálico, obteniendo los siguientes datos.

- Perfil de suelo: S2
- Capacidad de carga admisible: $\sigma_{adm}=3.62 \text{ kg/cm}^2$
- Profundidad de cimentación: 1.5 mts.
- Peso específico: $\rho_s=1.86 \text{ gr/cm}^3$
- Angulo de fricción: $\phi=27.00^\circ$
- Nivel freático: No presenta
- Índice plástico: 30%

Desarrollo de cálculo de cargas de acuerdo a la norma API-650

De acuerdo a la normativa API 650, se estableció una base de desempeño – grupo de uso sísmico I. Considerando la importancia de la norma mencionada anteriormente amplificando a esta estructura un 50% de cargas y basándonos en la norma peruana E-0.30 se tiene una estructura (establecimientos de salud, municipalidades y etc.). Basándonos en los mencionado tenemos un factor de importancia de 1.5. Por otro lado, considerando la norma peruana E-0.30, se considerará un z-3 aplicando un factor de 0.35 en el diseño.

La norma API 650 brinda una solución para los parámetros de aceleración sísmica, por ende, se aplica la norma peruana E 0.30 en la se tomó el valor de factor sísmico de zona de 0.35 el cual representa por el parámetro s_p

$$S_s=2.5S_p; 2.5*0.25= 0.63$$

$$S_1=1.25S_p; 1.25*0.25= 0.31$$

De acuerdo al estudio de suelos desarrollado por la consultora SRK, se obtuvo características del terreno, mostrando un suelo muy denso y roca blanda. Perteneciendo en la clase de sitio tipo C de dicha norma mencionada anteriormente. Además, se calculó los coeficientes de Aceleración y velocidad F_a (Tabla E-1 API650) F_v (Tabla E-1 API650).

Tabla 3: Valor de F_a en función de la clase de sitio

| Site Class | Mapped Maximum Considered Earthquake Spectral Response Accelerations at Short Periods | | | | |
|------------|---|--------------|--------------|-------------|-----------------|
| | $S_s \leq 0.25$ | $S_s = 0.50$ | $S_s = 0.75$ | $S_s = 1.0$ | $S_s \geq 1.25$ |
| A | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| B | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| C | 1.2 | 1.2 | 1.1 | 1.0 | 1.0 |
| D | 1.6 | 1.4 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| E | 2.5 | 1.7 | 1.2 | 0.9 | 0.9 |
| F | a | a | a | a | a |

^aSite-specific geotechnical investigation and dynamic site response analysis is required.

Fuente: Norma API650

Tabla 4: Valor de F_v en función de la clase de sitio

| Site Class | Mapped Maximum Considered Earthquake Spectral Response Accelerations at 1 Sec Periods | | | | |
|------------|---|-------------|-------------|-------------|----------------|
| | $S_1 \leq 0.1$ | $S_1 = 0.2$ | $S_1 = 0.3$ | $S_1 = 0.4$ | $S_1 \geq 0.5$ |
| A | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| B | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| C | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.3 |
| D | 2.4 | 2.0 | 1.8 | 1.6 | 1.5 |
| E | 3.5 | 3.2 | 2.8 | 2.4 | 2.4 |
| F | a | a | a | a | a |

^aSite-specific geotechnical investigation and dynamic site response analysis is required.

Fuente: Norma API650

Considerando los gráficos anteriores se tomaron los siguientes para F_a y F_v :

$$F_a=1.1; F_v=1.4$$

Asimismo, se obtuvo los valores de los factores de reducción de fuerza para modo impulsivo y factor de reducción de fuerza para el modo convectivo, en ambos casos se usó el ASD.

Tabla 5: Factores de modificación de respuesta para métodos ASD

| Table E-4—Response Modification Factors for ASD Methods | | |
|---|----------------------|-----------------------|
| Anchorage system | R_{wi} (impulsive) | R_{wc} (convective) |
| Self-anchored | 3.5 | 2 |
| Mechanically-anchored | 4 | 2 |

Fuente: Norma API650

Considerando los gráficos anteriores se tomaron los siguientes para R_{wi} y R_{wc} :

$$R_{wi} = 4 ; R_{wc} = 2$$

Se tomo en cuenta los lineamientos de la Norma ASCE 7-16, para el diseño el cual fue necesario calcular los valores de S_{ds} y S_{d1} , para lo cual es necesario calcular previamente los valores de SMS Y SM1.

$$SMS = F_a * SS ; 1.1 * 0.63 = 1.09$$

$$SM1 = F_v * S1 ; 1.4 * 0.31 = 0.44$$

$$S_{ds} = \frac{2}{3} * SMS ; \frac{2}{3} * 1.09 = 0.46$$

$$SD1 = \frac{2}{3} * SM1 ; \frac{2}{3} * 0.44 = 0.29$$

Con los valores obtenidos se dará inicio al cálculo de las aceleraciones convectivas e impulsivas del tanque propuesto según la norma API650.

Siguiendo el procedimiento es necesario calcular el coeficiente K_s para posteriormente determinar el valor del periodo convectivo (TC).

$$k_s = \frac{0.578}{\sqrt{\tanh\left(\frac{3.68 * Altura}{D}\right)}}$$

$$\frac{0.578}{\sqrt{\tanh\left(\frac{3.68 * 11.20}{12.20}\right)}}$$

$$K_s = 0.58$$

$$TC = 1.8 * K_s \sqrt{D}$$

$$TC = 1.8 * 0.58\sqrt{12.20}$$

$$TC = 3.64 \text{ SEG}$$

Ahora se procede a calcular el periodo largo aplicando la norma peruana E 0.30 en la cual se identifica verificando el tipo de suelo y zona, posteriormente determinar el periodo largo. Para este proyecto se tiene un suelo tipo S2 y teniendo un valor de 2 (TL).

Tabla 6: Factor de suelos "S"

| Tabla N° 3 FACTOR DE SUELO "S" | | | | |
|-----------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| ZONA \ SUELO | S ₀ | S ₁ | S ₂ | S ₃ |
| Z ₄ | 0,80 | 1,00 | 1,05 | 1,10 |
| Z ₃ | 0,80 | 1,00 | 1,15 | 1,20 |
| Z ₂ | 0,80 | 1,00 | 1,20 | 1,40 |
| Z ₁ | 0,80 | 1,00 | 1,60 | 2,00 |

Fuente: Norma peruana E 0.30

Tabla 7: Periodos T_p y T_L

| Tabla N° 4 PERÍODOS "T _p " Y "T _L " | | | | |
|--|-----------------|----------------|----------------|----------------|
| | Perfil de suelo | | | |
| | S ₀ | S ₁ | S ₂ | S ₃ |
| T _p (s) | 0,3 | 0,4 | 0,6 | 1,0 |
| T _L (s) | 3,0 | 2,5 | 2,0 | 1,6 |

Fuente: Norma peruana E 0.30

Posteriormente se calculó los valores de los periodos T₀ y T_s, así determinar los valores d los coeficientes de aceleración de respuesta convectivo y impulsivo.

$$T_0 = \frac{0.2 * F_v * S_1}{F_a * S_s} = \frac{0.2 * 1.40 * 0.31}{1.10 * 0.63} = 0.13$$

$$T_s = \frac{F_v * S_1}{F_a * S_s} = \frac{1.40 * 0.31}{1.10 * 0.63} = 0.64$$

De acuerdo al cálculo se requiere el coeficiente para ajustar la aceleración espectral y el valor del favor de escala del MCE determinando el valor de $k=1.5$ y $Q=1$.

Siguiendo el procedimiento de la norma API650, se procedió a calcular el coeficiente de aceleración de respuesta conectivo e impulsivo.

$$A_i = 2.5 * Q * F_a * S_0 * \left(\frac{I}{R_{wi}}\right) = 2.5 * 1.00 * 1.10 * 0.25 * \left(\frac{1.00}{4.00}\right) = 0.17$$

$$A_c = 2.5 * k * Q * F_a * S_0 * \left(\frac{T_s}{T_c}\right) * \left(\frac{I}{R_{wc}}\right) = 2.5 * 1.5 * 1.00 * 1.10 * 0.25 * \left(\frac{0.64}{3.64}\right) * \left(\frac{1.00}{4.00}\right) = 0.05$$

Así mismo se calculó el coeficiente de aceleración Sísmica (g), posteriormente fue necesario calcular los pesos efectivos tanto como impulsivos y conectivo.

$$A_v = \frac{2}{3} * A_i = \frac{2}{3} * 0.17 = 0.16$$

$$W_i = \left(1.0 - 0.218 * \frac{D}{H}\right) * W_p = (1.0 - 0.218 * 1.09) * 1309.27 = 998.36$$

$$W_c = 0.230 * \left(\frac{D}{H}\right) * \text{Tanh}\left(\frac{3.67 * H}{D}\right) * W_p$$

$$= 0.230 * 1.09 * \text{Tanh}(3.67 * 1.09) * 1309.07 = 327.24$$

Por siguiente, se procedió a calcular las cortantes en base a los pesos impulsivos y conectivos.

$$V_i = (W_i + W_{tk}) * A_i = (998.36 + 43.41) * 0.17 = 179.06$$

$$V_c = W_i * A_c = 16.22$$

Ya obtenido los valores de las cortantes impulsivos y conectivos, se procedió a calcular el cortante de base sísmica se la siguiente forma:

$$V = \sqrt{V_i^2 + V_c^2} = \sqrt{179.06^2 + 16.22^2} = 179.79$$

Siguiendo con el procedimiento del cálculo, se procede a calcular el centro de acción para el momento de volcadura del anillo circular.

Cálculo de la altura impulsiva:

$$X_i = \left[0.5 - 0.094 * \left(\frac{D}{H}\right)\right] * H = [0.5 - 0.094 * (1.09)] * 11.20 = 4.453m$$

Cálculo de la altura convectiva:

$$X_c = \left[1.0 - \frac{\text{Cosh}\left(\frac{3.67H}{D}\right) - 1}{\frac{3.67H}{D} * \text{Sinh}\left(\frac{3.67 * H}{D}\right)} \right] * H$$

$$= \left[1.0 - \frac{\text{Cosh}(3.67 * 1.09) - 1}{3.67 * 1.09 * \text{Sinh}(3.67 * 1.09)} \right] * 11.20 = 8.097m$$

Cálculo de centro de acción impulsiva para vuelco de losa:

$$X_{is} = \left[0.5 - 0.060 * \left(\frac{D}{H}\right) \right] * H = [0.5 - 0.060 * (1.09)] * 11.20 = 4.868m$$

Cálculo de centro de acción convectiva para vuelco de losa:

$$X_{cs} = \left[1.0 - \frac{\text{Cosh}\left(\frac{3.67H}{D}\right) - 1.937}{\frac{3.67H}{D} * \text{Sinh}\left(\frac{3.67 * H}{D}\right)} \right] * H$$

$$= \left[1.0 - \frac{\text{Cosh}(3.67 * 1.09) - 1.937}{3.67 * 1.09 * \text{Sinh}(3.67 * 1.09)} \right] * 11.20 = 8.312m$$

Altura desde la base del tanque al centro de gravedad del borde superior del tanque:

$$X_r = 12.20m$$

Altura desde la base del tanque al centro de gravedad del tanque:

$$X_s = 6.10m$$

Siguiendo con el procedimiento se calculó momentos en la base del tanque, para verificar pernos de anclaje.

$$M_i = A_i * (X_i * W_i + X_r * W_r + X_s * W_s)$$

$$= 0.17 * (4.453 * 998.36 + 12.20 * 6.00 + 6.10 * 30.07) = 808.25$$

$$M_c = X_c * W_c * A_c = 8.097 * 327.24 * 0.07 = 131.37$$

$$M_{rw} = \sqrt{M_i^2 + M_c^2} = \sqrt{808.25^2 + 131.37^2} = 818.86$$

Siguiendo con el procedimiento se calculó momentos en la base del tanque, para la dimensión de la cimentación.

$$M_i = A_i * (X_i * W_i + X_r * W_r + X_s * W_s) + (250.51) * (W_r + W_s)$$

$$= 0.17 * (4.453 * 998.36 + 12.20 * 6.00 + 6.10 * 30.07)$$

$$+ (250.51) * (6.00 + 30.07) = 1166.36$$

$$M_c = A_c * (X_i * W_c * X_c + 22.71 * (h_z + h_p))$$

$$M_c = 0.05 * (4.453 * 327.24 * 8.097 + 22.71 * (0.70 + 1.30)) = 163.82$$

$$M_s = \sqrt{M_i^2 + M_c^2} = \sqrt{1166.36^2 + 163.82^2} = 1177.81$$

Verificación del deslizamiento

Verificación de deslizamiento de base del tanque, considerando la condición del caso no anclado al anillo de cimentación.

Tabla 8: *Tabla de verificación al deslizamiento*

| | | TKVacio | TKLleno |
|---|----------|-----------|-----------|
| Carga Vertical | Fvt(t) | 41.42 | 1290 |
| Fuerza Resistente al Desi. Fres=Fvtxm2 | Fres(t) | 16.57 | 516.27 |
| Fuerza Acatante | Fact(t) | 5.22 | 125.85 |
| Factor de seguridad al deslizamiento Calculado. | FSdc= | 3.17 | 4.10 |
| | FSdv= | 1.20 | 1.50 |
| | Desliza= | No | No |

Fuente: elaboración propia

Interpretación: Se evalúa la resistencia al deslizamiento de acuerdo a los datos obtenidos basados en la dimensión de la infraestructura y capacidad.

Verificación del volteo en la base del tanque

Evaluación de momento de volteo en la base del anillo de cimentación de acuerdo a los momentos ya calculados anteriormente y a la altura de esfuerzos de para los momentos aplicados en la base de la cimentación proyectada.

Tabla 9: *Tabla de verificación de momento de volteo*

| | | TKvacio | TKLleno |
|--|---------|-----------|-----------|
| Carga Vertical | Fvt(t) | 246.28 | 1495.54 |
| Momento resistente | Mres(t) | 1699.37 | 10319.26 |
| Momento actuante | Mact(t) | 41.45 | 1079.32 |
| Factor de seguridad al volteo Calculado. | FSvc= | 41.00 | 9.56 |
| | FSvm= | 2.00 | 2.00 |
| | Voltea= | No | No |

Fuente: elaboración propia

Interpretación: Se evalúa la resistencia al momento de volteo de acuerdo a los datos obtenidos basados en la dimensión de la infraestructura y capacidad.

Verificación de presiones a nivel de fundación

En este aspecto se consideró toda la cimentación del anillo aplicando las cargas transmitidas por el anillo de cimentación.

Tabla 10: *Datos para verificación de presiones*

| | | |
|---|-----------------|------------|
| Peso de cimentación | Anill de cim. | 181.77(tn) |
| Peso de relleno confinado | Rell.Conf. | 33.57(tn) |
| Peso del suelo en la parte exterior del anillo | Suelo Ext. | 33.00(tn) |
| Peso del contenido del tanque | Contenido | 283.25(tn) |
| Peso del fondo del tanque (sin corrosión) | FondoTk.S/Corr | 1.75(tn) |
| Peso del techo y paredes del tanque (sin corrosión) | T y P Tk S/Corr | 36.07(tn) |
| Área en planta de la cimentación (Acim=Aez-Aiz) | Acim | 57.96(tn) |
| Diámetro exterior de la cimentación (Diz) | df | 13.80(m) |
| Diámetro interior de la cimentación (Diz) | do | 10.80(m) |
| Coeficiente para Fintel | Do/df | 0.78 |

Fuente: elaboración propia

Análisis para cada tipo de caso de la fundación en relación a las presiones del tanque.

Caso 1: Presión sobre el anillo multiplicado por $(1-0.4Av)$

Caso 2: Presión sobre el anillo multiplicado por $(1+0.4Av)$

Tabla 11: *Evaluación del deslizamiento en la base del anillo de cimentación*

| | Caso 0 | | Caso 1 | | Caso 2 | |
|----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | TK vacío | TK lleno | TK vacío | TK lleno | TK vacío | TK lleno |
| | S/E | S/E | C/E | C/E | C/E | C/E |
| M (t-m) | - | - | 41.45 | 1079.32 | 41.45 | 1079.32 |
| P(t) | 286.16 | 569.41 | 295.34 | 587.68 | 276.98 | 551.14 |
| Exc(m) | | | 0.14 | 1.84 | 0.15 | 1.96 |
| Exc/df | | | 0.01 | 0.13 | 0.01 | 0.14 |
| C2 | | | 1.06 | 1.72 | 1.05 | 1.76 |
| S(t/m ²) | 4.94 | 9.82 | 5.35 | 17.39 | 5.04 | 16.78 |
| s adm= | 36.20 | 36.20 | 45.25 | 45.25 | 45.25 | 45.25 |
| Verif= | ok | ok | ok | ok | ok | ok |

Fuente: elaboración propia

Interpretación: En la tabla mencionada se evalúa la estructura por deslizamiento considerando los valores de límites permisibles del estudio de mecánica de suelos.

Requerimiento de perno de anclaje

Posteriormente fue necesario calcular las fuerzas de tracción y corte para cuantificar la aplicación de pernos de anclaje.

Fuerza de tracción:

$$Nua = \frac{\left[\left(\frac{4 * Mrw}{Dp} \right) - (Wr + Ws) \right]}{Np}$$

$$= \frac{\left[\left(\frac{4 * 818.86}{12.90} \right) - (6 + 30.07) \right]}{38} = 24.59 \text{ tn}$$

$$Vua1 = \frac{Fact. max}{Np} = 17.98$$

En esta parte del proceso del cálculo estructural se evaluará el tanque trabajando en su máxima capacidad, a continuación, se explicará a mayor detalle el proceso cuántico:

Gravedad específica del contenido incluyendo efectos sísmicos verticales:

$$Ge = G * (1 - 0.4 * Av) = 1 * (1 - 0.4 * 0.11) = 0.95$$

Para esta investigación se consideró un espesor de plancha base 8mm:

$$ta = 8. \text{ mm}$$

$$wa = 99 * ta * (Fby * Ge * H)^{\frac{1}{2}} \leq 201.1 * Ge * H * D =$$

$$= 99 * 8 * (60 * 0.94 * 11.20)^{\frac{1}{2}} = 2.04 \text{ t/m}$$

$$wt = \frac{Ws}{\pi * D + Wrs} = \frac{30.07}{3.1416 * 12.20 + 6.00} = 0.94 \text{ t. m}$$

Relación de anclaje J:

$$J = \frac{Mrw}{(D^2 * (wt * (1 - 0.4 * Av) + wa))}$$

$$= \frac{818.86}{(12.20^2 * (0.94 * (1 - 0.4 * 0.11 + 2.04)))} = 2.66$$

Desarrollado los cálculos anteriores se verifica el requerimiento de pernos de anclaje, aplicando un factor de diseño de 2.00.

$$WAB = \left(\frac{1.273 * Mrw}{D^2} - wf * (1 - 0.4 * Av) \right) =$$

$$\left(\frac{1.273 * 818.86}{12.20^2} - 7.34 * (1 - 0.4 * 0.11) \right) = 13.11 \text{ t/m}$$

Fuerza en cada perno

$$PAB = WAB * \left(\frac{\pi * D}{nA} \right) = 13.11 * \left(\frac{\pi * 12.20}{38} \right)$$

$$= 13.22 \text{ t}$$

Cantidad de pernos y espaciamento de diseño:

$$nA = 38 ; \text{Espaciamento } 1.01 \text{ m}$$

Diseño de Anillo de Cimentación

Realizado las verificaciones de deslizamiento entre el tanque y la cimentación, volteo en la base del tanque, análisis de presiones a nivel de fundación y requerimiento de pernos de anclaje. Se procede al diseño del anillo de cimentación.

Coefficiente de empuje activo del relleno confinado:

$$Ka = 0.28$$

Presión lateral sobre el anillo (no se considera el aporte del empuje pasivo)

$$Wsc = Ka * G * H = 0.28 * 1.00 * 11.20 = 3.17 \text{ t/m}^2$$

Sobre carga vertical

$$Wsc \text{ liquido} = 11.20$$

Fuerza de Tracción

$$Fd = \frac{Wsc * (hg + hp + hz) * Dip}{2}$$

$$= \frac{3.17 * (0.03 + 1.30 + 0.70) * 11.20}{2} = 166.65 t$$

Esfuerzo de servicio de acero.

$$f_s = 0.55 * f_y = 0.55 * \frac{60}{1000 * 70} = 2.310 t/cm^2$$

Refuerzo de acero a distribuir en toda la sección

$$A_s = \frac{F_d}{f_s} = \frac{166.65}{2.310} = 72.14 cm^2$$

Refuerzo de acero mínimo

$$\begin{aligned} A_{smin} &= 0.0025 * (b_1 * 100 * (h_p + h_z) * 100 + (b_1 + b_2) * 0.60) = \\ &= 0.0025 * (0.40 * 100 * (1.30 + 0.70) * 100 + (0.40 + 0.40) * 0.60) \\ &= 49.00 cm^2 \end{aligned}$$

Numero de varilla y cantidad en toda la sección de diseño:

$$\#6 ; NV: CANTIDAD DE VARILLAS = 26$$

Posteriormente, se calculo el refuerzo vertical en base al calculo del momento ultimo y la geometría del pedestal o anillo de soporte.

$$\begin{aligned} \text{Momento ultimo} &= \frac{W_{sc liq} * h_p^2}{2} + \frac{W_{sc} * h_p^2}{2} \\ &= \frac{11.20 * 1.30^2}{2} + \frac{3.17 * 1.30^2}{2} = 17 t.m \end{aligned}$$

Datos geométricos de sección:

- Ancho de la sección b=100.0 cm
- Altura de la sección h=50.0 cm
- Peralte de la sección d=47.0 cm
- Resistencia del concreto fc=320 kg/cm²
- Resistencia del acero fy=4200 kg/cm²
- Recubrimiento r=3.0 cm

Cálculo de refuerzo requerido

Disposición del refuerzo por flexión

$$= \left[0.85 - \sqrt{\left(0.7225 - \frac{1.7(Mu * 100000)}{0.85 * fc * b * d^2} \right)} \right] * \frac{fc * b * d}{fy}$$

$$= \left[0.85 - \sqrt{\left(0.7225 - \frac{1.7(17 * 100000)}{0.85 * 320 * 100 * 47^2} \right)} \right] * \frac{320 * 100 * 47}{4200} = 10.30 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\text{Acero de refuerzo por flexión} = 0.0018 * b * d = 0.0018 * 100 * 47$$

$$= 8.46 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\text{Acero de refuerzo por temperatura} = \frac{0.8 * \sqrt{fy}}{fy * b * d} = \frac{0.8 * \sqrt{320}}{4200 * 100 * 320}$$

$$= 16.01 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Tabla 12: Diseño de refuerzo de acero

| | Varilla | Distancia (cm) | |
|--------------------------|---------|----------------|-------------------------|
| Acero a colocar | #5 | @ 25 cm | 9.90 cm ² /m |
| Acero a colocar | #5 | @ 25cm | 7.92 cm ² |
| Total de acero a colocar | | ok | 17.81cm ² |

Fuente: elaboración propia

Refuerzo transversal de la zapata

$$D_{zap} = h_z - 0.05\text{m} = 0.7\text{m} - 0.05\text{m} = 62.50 \text{ cm}$$

$$L_{flexion} = 0.40 * 100 = 0.40 * 100 = 40.00 \text{ cm}$$

$$Mu = (1.4 * 20.40) * \frac{\left(\frac{L_{flexion}}{100}\right)^2}{2} = (1.4 * 20.40) * \frac{\left(\frac{40}{100}\right)^2}{2} = 2.3 \text{ t.m}$$

$$A_{smin} = \left[0.85 - \sqrt{\left(0.7225 - \frac{1.7(Mu * 100000)}{0.85 * fc * b * d^2} \right)} \right] * \frac{fc * b * d}{fy} =$$

$$\left[0.85 - \sqrt{\left(0.7225 - \frac{1.7(2.3 * 100000)}{0.85 * 320 * 100 * 62.50^2} \right)} \right] * \frac{320 * 100 * 62.50}{4200} = 0.87 \text{ cm}^2$$

$$A_{smin} = 0.0018 * d_{zap} * 100 = 0.0018 * 62.50 * 100 = 11.25 \text{ cm}$$

| | | | |
|-----------------|----|---------|--------------------|
| Acero a colocar | #5 | @ 20 cm | 15 cm ² |
|-----------------|----|---------|--------------------|

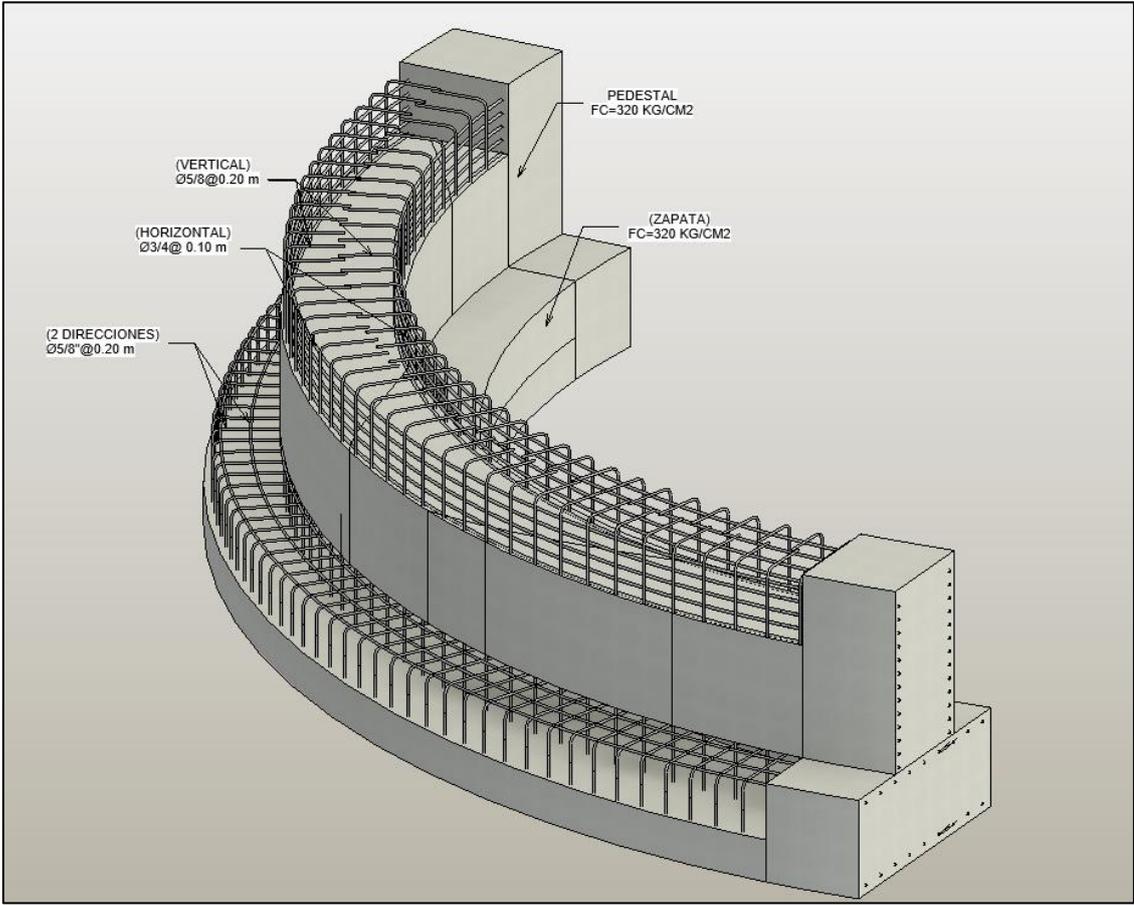


Figura 6: Modelamiento de anillo de cimentación

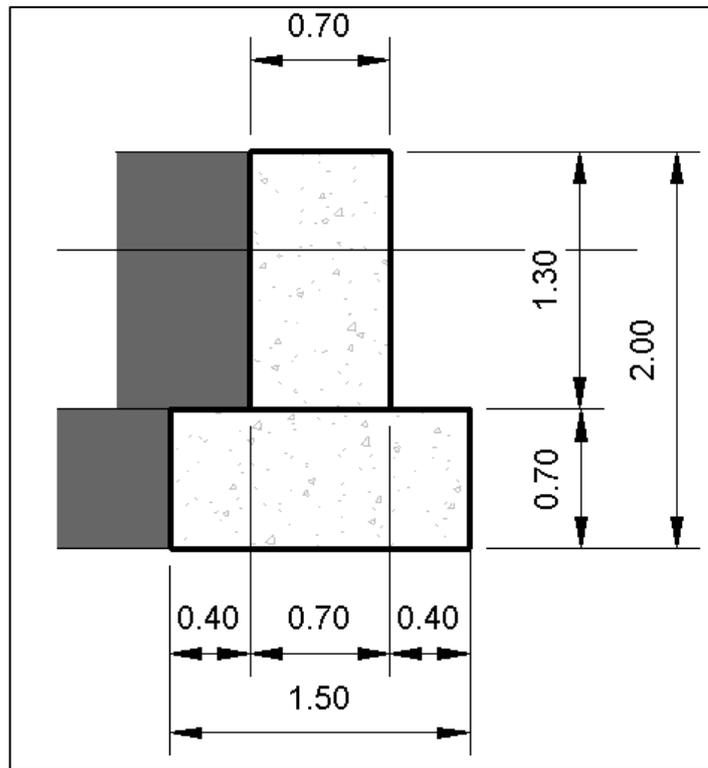


Figura 7: Sección transversal del sistema anular

Cálculo de la capacidad portante del suelo

CÁLCULO DE LÍMITE DE CARGA

CALICATA N°3

| | | |
|------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| B = 1.50 [m] | φ = 27.23 [°] | ca = 0.00 |
| L = -- [m] | δ = 0.00 [°] | γ = 19.22 [kN/m ³] |
| D = 1.50 [m] | β = 0.00 [°] | qv = 0.00 [kN/m ²] |
| ecc.B = 0.00 [m] | η = 0.00 [°] | qo = 0.00 [kN/m ²] |
| ecc.L = 0.00 [m] | c = 12.26 [kN/m ²] | FS = 3.00 |

Terzaght:

| |
|-------------|
| Nq = 15.896 |
| Nc = 29.236 |
| Ng = 17.218 |

Tipo de Fundación

Rectangular

Factores de forma

| |
|--------|
| sc = 1 |
| sg = 1 |

LEYENDA:

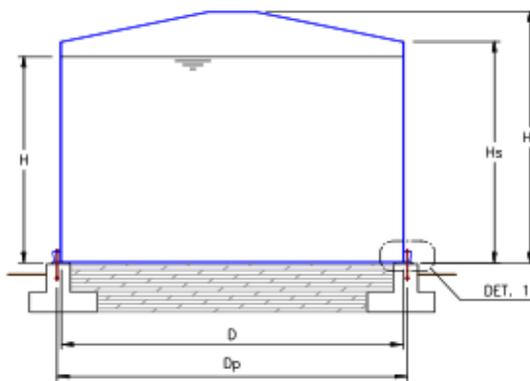
- B = Ancho de la cimentación
- L = Longitud de la cimentación
- D = Profundidad de la cimentación
- ecc.B = Excentricidad en B
- ecc.L = Excentricidad en L
- φ = Angulo de fricción
- δ = A. inclinación del terreno de fundación
- β = A. inclinación de la carga
- η = Inclinación de la cimentación
- c = Cohesión
- ca = Adhesión a la base de la fundación
- γ = Peso específico del suelo
- qv = Comp. Vertical de la carga
- qo = Comp. Horizontal de la carga
- Kp = Coeficiente de empuje pasivo
- Af = Área efectiva de la cimentación
- FS = Factor de seguridad
- q = Capacidad portante

Capacidad portante según Terzaght:

| | [kN/m ²] | [kN] | [kN/m ²] |
|--------------------|------------------------|---------------|---------------------------|
| q _{ult} = | 1064.89 | q = 1916.80 | Q _{adm} = 354.96 |
| | [t/m ²] | [t] | [t/m ²] |
| q _{ult} = | 108.59 | q = 195.46 | Q _{adm} = 3.62 |
| | [Kg/cm ²] | [Kg] | [Kg/cm ²] |
| q _{ult} = | 10.86 | q = 195455.96 | Q _{adm} = 3.62 |

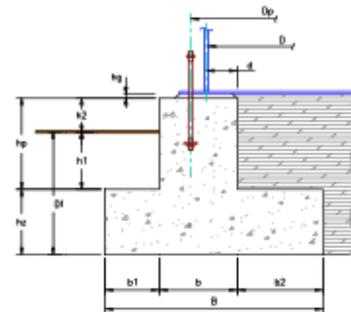
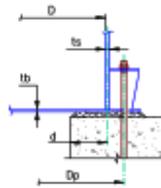
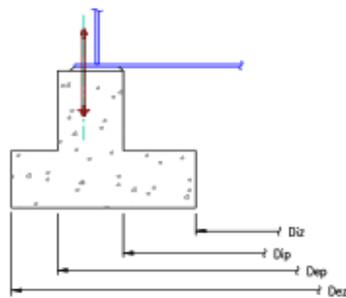
Diseño de infraestructura bajo norma API-650

1.0 Esquema



| | | |
|-------------------------------------|-------------|----|
| Diámetro Interior | D = 12.200 | m |
| Diámetro de pernos de anclaje | Dp = 12.380 | m |
| Altura Total de la pared del tanque | Hs = 12.20 | m |
| Altura Total del tanque | Ht = 12.20 | m |
| Vistas del Equipo | tb = 8.00 | mm |
| Vistas del Equipo | ts = 8.00 | mm |
| Gravedad específica del Fluido | G = 1.00 | |
| Altura máxima del contenido | H = 11.20 | m |
| Capacidad del Tanque | V = 1309.3 | m3 |

| | | |
|----------------------------------|-----------|---|
| Distancia | b1 = 0.40 | m |
| Ancho pedestal | b = 0.70 | m |
| Distancia | b2 = 0.40 | m |
| Distancia cara interna al tanque | d = 0.30 | m |
| Ancho total zapata | B = 1.50 | m |
| Altura de zapata | hz = 0.70 | m |
| Altura de pedestal bajo terreno | h1 = 0.80 | m |
| Altura de pedestal s/terreno | h2 = 0.50 | m |
| Altura total pedestal | hp = 1.30 | m |
| Altura grout | hg = 0.03 | m |



Estructura sobre tanques
 Peso de las Paredes
 Peso de la base
 (Peso del Tanque vacío) $W_r + W_s + W_f$

| | | |
|----------|---------|---|
| W_r | = 6.00 | t |
| W_s | = 30.07 | t |
| W_f | = 7.34 | t |
| W_{tk} | = 43.41 | t |

Peso del contenido
 Peso Unitario del concreto
 Peso del anillo de cimentación
 Peso Unitario del relleno confinado por el anillo de cimentación
 Peso del relleno confinado en el anillo
 Resistencia a la Compresión
 Resistencia a la Fluencia del Acero de Refuerzo
 Recubrimiento

| | | |
|-----------|------------|------|
| W_p | = 1,309.27 | t |
| g_{con} | = 2.40 | t/m3 |
| W_{con} | = 181.77 | t |
| g_{cf} | = 1.80 | t/m3 |
| W_{cf} | = 362.73 | t |
| f_c | = 5.00 | Mpa |
| f_y | = 60.00 | Mpa |
| r | = 5.00 | cm |

Capacidad portante del terreno
 Factor de seguridad al volteo
 Factor de seguridad al deslizamiento - Tanque Vacío
 Factor de seguridad al deslizamiento - Tanque a Lleno
 Coeficiente de fricción entre la base del tanque y el relleno confinado
 Coeficiente de fricción entre la base del anillo de cimentación y el suelo de fundación

| | | |
|-----------|---------|------|
| q_a | = 23.30 | t/m2 |
| FS_{vm} | = 2.00 | |
| FS_{dv} | = 1.20 | |
| FS_{dm} | = 1.50 | |
| m_1 | = 0.40 | |
| m_2 | = 0.45 | |

Resultados de la cimentación

Factor de seguridad Presion (Presión resistente / Presion actuante)
 Factor de seguridad al volteo
 Factor de seguridad al deslizamiento - Tanque Vacío
 Factor de seguridad al deslizamiento - Tanque a Lleno

| | | |
|-----------|--------|-----------|
| | = 1.67 | Ok |
| FS_{vm} | = 2.00 | |
| FS_{dv} | = 1.20 | |
| FS_{dm} | = 1.50 | |

| | | | |
|------------|---|-------------|-------------|
| 2 | Seismic Design | SMS = | 0.69 |
| | | SM1 | 0.44 |
| | | Sds | 0.46 |
| 2.1 | Spectral Acceleration Coefficients (E.4.6.1) | Sd1 | 0.29 |
| | Relación de esbeltez (Diámetro / Altura) | D/H = | 1.09 |
| | Factor de Importancia | I = | 1.00 |
| | Factor sísmico de Zona (Z para el RNE) | Sp o So = | 0.25 |
| | Tanques que su operación es esencial luego de un sismo de diseño. | SUG = | I |
| | Site Class | SC = | C |
| | Ss= 2.5 Sp | Ss = | 0.63 |
| | S1= 1.25 Sp | S1 = | 0.31 |
| | Coefficiente de Aceleración Fa (tabla E-1 API 650) | Fa = | 1.10 |
| | Coefficiente de Velocidad Fv (tabla E-2 API 650) | Fv = | 1.40 |
| | Factor De Reducción de Fuerza para el Modo Impulsivo, Usando el ASD, Tabla E-4 | Rwl = | 4.00 |
| | Factor De Reducción de Fuerza para el Modo Convectivo, Usando el ASD, Tabla E-4 | Rwc = | 2.00 |
| | Coefficiente, $K_s = 0.578 / (\tanh(3.68H/D))^{1/2}$ | Ks = | 0.58 |
| | Periodo Natural de la Estructura ($T_c = 1.8 K_s D^{1/2}$) | Tc = | 3.64 seg |
| | Periodo de transición para periodos largos | TL = | 2.00 seg |
| | To = 0.2 Fv*S1 / Fa*Ss | To = | 0.13 seg |
| | Ts = Fv*S1 / Fa*Ss | Ts = | 0.64 seg |
| | Coefficiente para ajustar la aceleración espectral = 1.5 | K = | 1.50 |
| | Factor de escala del MCE a nivel de diseño de aceleraciones espectrales, equivalente a 2 / 3 de ASC (MCE : maximum considered earthquake) | Q = | 1.00 |
| | Coefficiente de Aceleración de Respuesta (Impulsivo) | AI = | 0.17 |
| | Coefficiente de Aceleración de Respuesta (Convectivo) | Ac = | 0.05 |
| | Coefficiente Vertical de Aceleración Sísmica (g) | Av = | 0.11 |

2.2 Seismic Force

| | Fuerza lateral | peso (t) | TK Vacío | | peso (t) | TK Lleno |
|--|----------------|----------|----------|------|----------|----------|
| Peso efectivo del líquido (Impulsivo) | Vi (t) | 43.41 | 7.46 | Wi = | 998.36 | 179.06 |
| Peso efectivo del líquido (Convectivo) | Vc (t) | 0 | 0.00 | Wc = | 327.24 | 16.22 |
| | V (t) | | 7.46 | | | 179.79 |

2.3 Seismic Overturning Moment

A1 Altura de Fuerza para Momento de Volteo en anillos (Rings)

| | | |
|--|------------|-----------------|
| Relación Diámetro / Altura | D/H = | 1.09 |
| $D/H \geq 1.333$, $X_i = 0.375 * H$; $D/H \leq 1.33$, $X_i = (0.5 - 0.094 * D/H) * H$ | Impulsive | $X_i =$ 4.453 m |
| $X_c = 1 - [(COSH(3.67H/D) - 1) / (3.67 * H / D * SENOH(3.67H/D))] * H$ | Convective | $X_c =$ 8.097 m |

A2 Altura de Fuerza para Momento de Volteo en Losas (SLAB)

| | | |
|---|------------|--------------------|
| $D/H \geq 1.333$, $X_{is} = 0.375 * [1 + 1.333 * ((0.866 * D/H) / TANH(0.866 * D/H) - 1)] * H$ | Impulsive | $X_{is} =$ 4.868 m |
| $D/H \leq 1.33$, $X_{is} = (0.5 + 0.06 * D/H) * H$ | | |
| $1 - [(COSH(3.67 * H / D) - 1.937) / (3.67 * H / D * SENOH(3.67 * H / D))] * H$ | Convective | $X_{cs} =$ 8.312 m |

| | | | |
|---|---|---------|---------|
| B | Altura desde la parte inferior de la base del Tanque al Centro de Gravedad del Techo y accesorios | $X_r =$ | 12.20 m |
| C | Altura medida desde la base del Tanque al Centro de gravedad del Tanque | $X_s =$ | 6.100 m |

Momentos en la Base del Tanque (Para verificación de pernos de anclaje)

| | TK Vacío | TK Lleno |
|-------|----------|----------|
| Mi = | 44.11 | 808.25 |
| Mc = | | 131.37 |
| Mnw = | 44.11 | 818.86 |

Momentos en la Base del Tanque (Para el dimensionamiento de la cimentación)

Se incluye la altura del pedestal y la zapata

| | TK Vacío | TK Lleno |
|------|----------|----------|
| Mi = | 44.11 | 1166.36 |
| Mc = | | 163.82 |
| Ms = | 44.11 | 1177.81 |

4.- ANALISIS DE ESTABILIDAD

4.1 VERIFICACION DEL DESLIZAMIENTO ENTRE EL TANQUE Y LA CIMENTACION

Evaluación del deslizamiento en la base del tanque (E.7.6-1)

(Condición válida sólo en el caso que el tanque no sea anclado al anillo de cimentación)

| | TK Vacío | TK Lleno |
|---|-----------|-------------|
| Carga Vertical | Fvt (t) | 41.42 |
| Fuerza Resistente al Deslizamiento Fres= Fvt x m1 | Fres (t) | 516.27 |
| Fuerza Actuante (0.7E + 1.0 DL) | Fact (t) | 125.85 |
| Factor de Seguridad al Deslizamiento calculado | FSdc = | 3.17 |
| | FSdv = | 1.20 |
| Desliza = | No | No |

Evaluación del deslizamiento en la base del anillo de cimentación

| | | TK Vacío | TK Lleno |
|--|-----------|-------------|-------------|
| Carga Vertical | Fvt (t) | 560.96 | 1810.22 |
| Fuerza Resistente al Deslizamiento Fres = Fvt x m2 | Fres (t) | 252.43 | 814.60 |
| Fuerza Actuante | Fact (t) | 70.73 | 191.36 |
| Factor de Seguridad al Deslizamiento calculado | FSdc = | 3.57 | 4.26 |
| | FSdv = | 1.20 | 1.50 |
| | Desliza = | No | No |

4.2 VERIFICACION DEL VOLTEO EN LA BASE DEL TANQUE

Evaluación del volteo en la base del anillo de cimentación

(La evaluación del volteo en la base del tanque está contemplado indirectamente en el análisis de pernos de anclaje)

| | | TK Vacío | TK Lleno |
|---|------------|--------------|-------------|
| Carga Vertical | Fvt (t) | 246.28 | 1495.54 |
| Momento resistente | Mres (t-m) | 1099.37 | 10319.26 |
| Momento Actuante | Macl (t-m) | 41.45 | 1079.32 |
| Factor de Seguridad al Volteo calculado | FSvc = | 41.00 | 9.56 |
| | FSvm = | 2.00 | 2.00 |
| | Voltea = | No | No |

4.3 ANALISIS DE PRESIONES A NIVEL DE FUNDACION

8.3.1 PRESIONES BAJO EL TANQUE

(Considerando todo el anillo de cimentación)

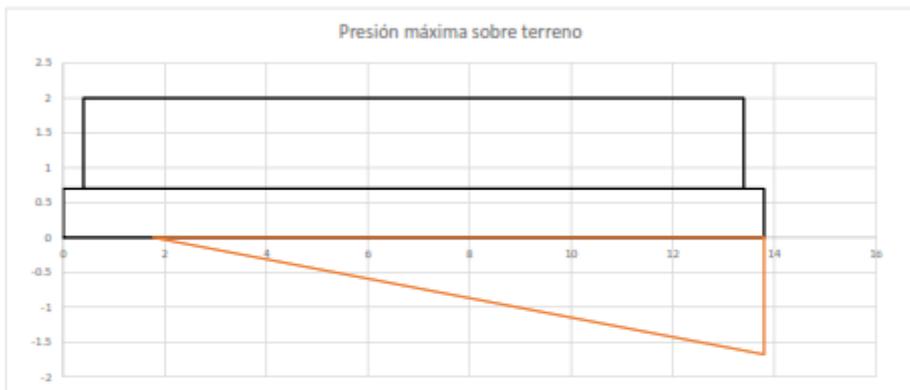
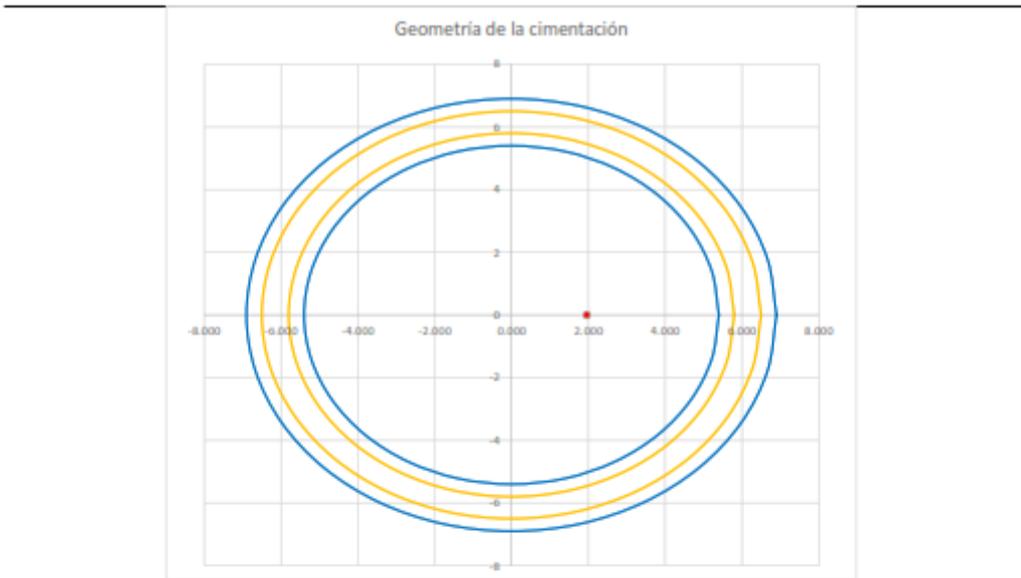
Carga transmitida por el anillo de cimentación:

| Elemento | | |
|--|-----------------------|----------------------|
| Peso de la Cimentación | Anillo de cimentación | 181.77 t |
| Peso del Relleno Confinado | Rell.Conf | 33.57 t |
| Peso del Suelo en la parte exterior del anillo | Suelo Ext. | 33.00 t |
| Peso del Contenido del Tanque | Contenido | 283.25 t |
| Peso del Fondo del tanque (Sin Corrosión) | Fondo TK S/Corr | 1.75 t |
| Peso del Techo y Paredes del Tanque (Sin Corrosión) | T y P Tk S/Corr | 36.07 t |
| Área en planta de la Cimentación (Acim= Aez- Aiz) | Acim = | 57.96 m ² |
| Diámetro Exterior de la Cimentación (Diz) | df = | 13.80 m |
| Diámetro Interior de la Cimentación (Diz) | do = | 10.80 m |
| Coefficientes para Fintel | do / df = | 0.78 |

| | Caso 0 | | Caso 1 | | Caso 2 | |
|-----------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | TK Vacío S/E | TK Lleno S/E | TK Vacío C/E | TK Lleno C/E | TK Vacío C/E | TK Lleno C/E |
| M (t-m) | - | - | 41.45 | 1,079.32 | 41.45 | 1,079.32 |
| P (t) | 286.16 | 569.41 | 295.34 | 587.68 | 276.98 | 551.14 |
| Exc (m) | | | 0.14 | 1.84 | 0.15 | 1.96 |
| Exc / df | | | 0.01 | 0.13 | 0.01 | 0.14 |
| C2 | | | 1.05 | 1.72 | 1.05 | 1.76 |
| s (t/m ²) | 4.94 | 9.82 | 5.35 | 17.39 | 5.04 | 16.78 |
| s adm= | 23.30 | 23.30 | 29.13 | 29.13 | 29.13 | 29.13 |
| Verif = | Ok | Ok | Ok | Ok | Ok | Ok |

Caso 1: Presion Sobre el Anillo Multiplicada por (1 - 0.4Av)

Caso 2: Presion Sobre el Anillo Multiplicada por (1 + 0.4Av)



FUERZAS PARA DISEÑO DE PERNOS DE ANCLAJE

4.4 Cargas concomitantes máximas factoradas

| | |
|---------------------------------------|--|
| Factor de diseño de pernos de anclaje | 2.00 |
| Tracción | $Nua = [(4 \cdot Mnw / Dp) - (Wr + Ws)] / Np$ |
| Corte | $Vua1 = \text{Fact.max.} / Np - \text{Peso tanque} \cdot \text{coeficiente de fricción}$ |
| Nua = | 24.59 t |
| Vua1 = | 17.98 t |

DISEÑO DEL ANILLO DE CIMENTACION

3.- REQUERIMIENTO DE PERNOS DE ANCLAJE

(Prueba para el tanque lleno trabajando a máxima capacidad)

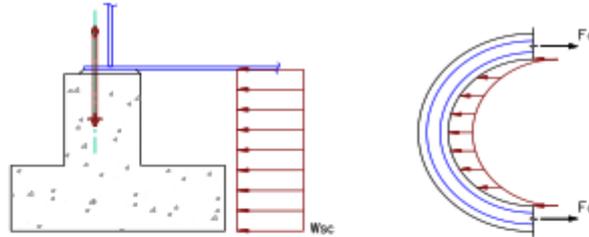
| | | |
|---|----------|-----------|
| Gravedad específica del contenido incluyendo efectos sísmicos verticales; $Ge = G \cdot (1 - 0.4Av)$ | Ge = | 0.95 |
| Espesor idealizado de la Plancha Base | ta = | 8.00 mm |
| Máximo peso del contenido (solo para esta verificación) | wa = | 2.04 t/m |
| $w_a = 99 \text{ lb} (Fby \text{ Ge } H)^{1/2} \leq 201.1 \text{ GeHD}$ | wt = | 0.94 t/m |
| $w_t = (Ws / (\pi D)) + w_{rs} = (\text{Carga transferida por las paredes del Tanque a la Plancha base})$ | wi = | |
| Anchorage Ratio, J | J = | 1.87 |
| Requiere Pernos de Anclaje | Pernos = | SI |
| Factor para diseño de pernos de anclaje | | 2.00 |
| Fuerza en cada perno | wab = | 13.11 t/m |
| Cantidad de Pernos a Usar (mínimo 6) | Pab = | 25.12 t |
| Espaciamiento | na = | 20.00 |
| | | 1.92 m |

9.- REFUERZO LONGITUDINAL

9.1

$K_a = 0.28$ Coeficiente de empuje activo del relleno confinado
 $W_{sc} = 3.17 \text{ t/m}^2$ Presión lateral sobre el anillo (Se desprecia el aporte del Empuje Pasivo)
 $W_{sc \text{ liquido}} = 11.20 \text{ t/m}^2$ Sobre carga vertical
 $F_d = 166.65 \text{ t}$ Fuerza de Tracción
 $f_s = 2.310 \text{ t/cm}^2$ Esfuerzo de servicio del Acero
 $F_d = W_{sc} (h_g + h_p + h_z) \text{ Dip} / 2$
 $f_s = 0.55 f_y$

$W_{sc} = G \cdot H$



$A_s = 72.14 \text{ cm}^2$ Refuerzo de Acero a distribuir en toda la Sección $A_s = F_d / f_s$
 $A_{smin} = 49.00 \text{ cm}^2$ Refuerzo de Acero mínimo
 Varilla= #6
 $N_v = 26.00$ Número de varillas a colocar $A_s = 73.84 \text{ cm}^2$ **OK**

REFUERZO VERTICAL EN EL ANILLO

Momento último

17.0 t.m

Datos de la sección

Ancho de la sección $b = 100.0 \text{ cm}$
 Altura de la sección $h = 50.0 \text{ cm}$
 Peralte de la sección $d = 47.0 \text{ cm}$
 Resistencia del concreto $f_c = 320.0 \text{ kg/cm}^2$
 Resistencia del acero $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$
 Recubrimiento $r = 3.0 \text{ cm}$

Cálculo del refuerzo requerido

Disposición del refuerzo por flexión 2 capas
 Acero de refuerzo por flexión 10.30 cm^2 / m
 Acero de refuerzo por temperatura 8.46 cm^2 / m
 Acero mínimo en vigas 16.01 cm^2 / m
 Acero a colocar 16.01 cm^2 / m

| | Varilla | | Dist. (cm) | |
|--------------------------|---------|---|------------|-------------------------------|
| Acero a colocar | #5 | @ | 25.00 | 9.90 cm^2 / m |
| Acero a colocar | #5 | @ | 25.00 | 7.92 cm^2 / m |
| Total de acero a colocar | | | | Ok 17.81 cm^2 |
| Número de varillas | | | | 1.88 und |

REFUERZO TRANSVERSAL EN LA ZAPATA DEL ANILLO

Área de acero requerido:

$d_{zap} = 62.50 \text{ cm}$ Distancia de la cara en compresión al refuerzo. ($d_{zap} = h_z - 0.05m$)
 $L_{flexion} = 40.0 \text{ m}$ Brazo considerado para el cálculo de momento
 $M_u = 1.9 \text{ t-m}$ Momento Actuante en el Brazo del Anillo ($M_u = 1.4 * s * \max * L_{flexion}^2 / 2$)
 Área de refuerzo calculada
 $A_{smin} = 0.87 \text{ cm}^2$ Área de refuerzo mínima
 $A_{smin} = 11.25 \text{ cm}^2$ Área de refuerzo mínima

Refuerzo #5 @ 20 cm $A_s = 15.00 \text{ cm}^2$ **OK**

Diseño de infraestructura bajo norma PIP-STE03350

ANÁLISIS DE PIE DE EXTENSIÓN OCTAGONAL

Input Data:

Footing Data:

| | | |
|--|--------|-----|
| Longitud de la base, Df = | 40.500 | ft. |
| Espesor de base, Tf = | 2.350 | ft. |
| Longitud de muelle, Dp = | 40.500 | ft. |
| Altura de muelle, hp = | 0.350 | ft. |
| Peso unitario del concreto Wt., γ_c = | 0.150 | kcf |
| Profundidad del suelo, Ds = | 0.350 | ft. |
| Unidad del suelo Wt., γ_s = | 0.110 | kcf |
| Aprobar prensa. Coef., Kp = | 3.000 | |
| Coefficiente de fricción en base, μ = | 0.400 | |
| Recargo Uniforme, Q = | 0.000 | ksf |

Loading Data:

| | | |
|--------------------------------|---------|---------|
| Carga Vertical aplicado, P = | 1285.00 | kips |
| Carga Horizontal Aplicado, H = | 385.50 | kips |
| Momento Apliado, M = | 8850.00 | ft-kips |

(Note: Refer to PIP Document STE03350 for properties of octagonal shape.)

RESULTADOS:

Propiedad de la base de la zapata:

| | | |
|------------------------------------|-----------|-------|
| Dimension., Bf = | 11.8622 | ft. |
| Lado de zapata de la zapata, Cf = | 16.7756 | ft. |
| Diagonal de la zapata, Ef = | 43.8369 | ft. |
| Area de la base de la zapata, Af = | 1358.83 | ft.^2 |
| Volumen de zapata, Vf = | 3193.24 | ft.^3 |
| Inercia de la zapata, If = | 147268.21 | ft.^4 |

$$Bf = Cf \cdot \sin(45) = 0.2928932 \cdot Df$$

$$Cf = \tan(22.5) \cdot Df = 0.4142136 \cdot Df$$

$$Ef = Df / \cos(22.5) = 1.082392 \cdot Df$$

$$Af = (1 - 2 \cdot (\tan(22.5) \cdot \sin(45))^2) \cdot Df^2 = 0.8284272 \cdot Df^2$$

$$Vf = Af \cdot Tf$$

$$If = 0.054738 \cdot Df^4$$

Propiedades del muelle:

| | | |
|-----------------------------|---------|-------|
| Dimension., Bp = | 11.8622 | ft. |
| Lado plano del muelle, Cp = | 16.7756 | ft. |
| Muelle diagonal, Ep = | 43.8369 | ft. |
| Area del muelle, Ap = | 1358.83 | ft.^2 |
| Volumen de muelle, Vp = | 475.59 | ft.^3 |

$$Bp = Cp \cdot \sin(45) = 0.2928932 \cdot Dp$$

$$Cp = \tan(22.5) \cdot Dp = 0.4142136 \cdot Dp$$

$$Ep = Dp / \cos(22.5) = 1.082392 \cdot Dp$$

$$Ap = (1 - 2 \cdot (\tan(22.5) \cdot \sin(45))^2) \cdot Dp^2 = 0.8284272 \cdot Dp^2$$

$$Vp = Ap \cdot hp$$

Pesos d muelle, recarga, suelo y base de zapata:

| | | |
|------------------------|--------|------|
| Peso muelle, Wp = | 71.34 | kips |
| Carga de recarga, Wq = | 0.00 | kips |
| Peso dl suelo, Ws = | 0.00 | kips |
| Ftg. Peso basico, Wf = | 478.99 | kips |

$$Wp = Vp \cdot \gamma_c$$

$$Wq = (Af - Ap) \cdot Q$$

$$Ws = (Af - Ap) \cdot Ds \cdot \gamma_s$$

$$Wf = Vf \cdot \gamma_c$$

Carga resultante total y excentricidades:

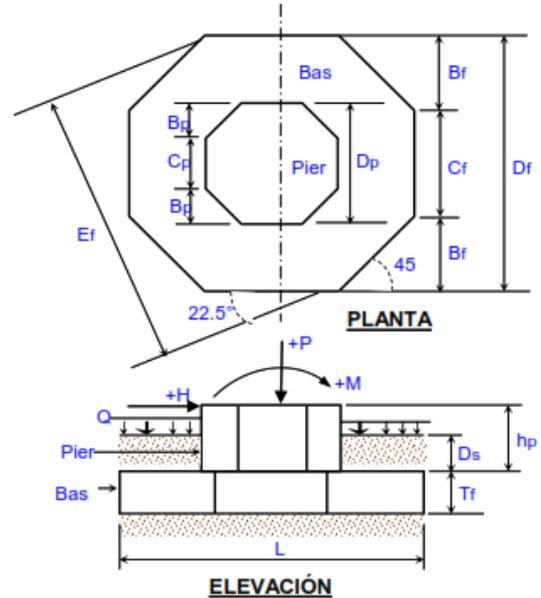
| | | |
|--|---------|----------|
| Totalmente vertical. Carga, ΣP = | 1835.33 | kips |
| Momento Total, ΣM = | 9890.85 | ft.-kips |
| Excentricidad, e = | 5.389 | ft. |
| Relación de excentricidad, e/Df = | 0.1331 | |

$$\Sigma P = P + Wp + Wq + Ws + Wf$$

$$\Sigma M = M + H \cdot (hp + Tf)$$

$$e = \Sigma M / \Sigma P$$

$$e/Df \leq 0.350 \text{ (from PIP STE03350 Figure B)}$$



(continued)

ANÁLISIS DE PIE DE EXTENSIÓN OCTAGONAL

Cheque d anulación:

| | | |
|----------|-------------------|--|
| | | (Note: Usando la dimensión de la zapata del lado plano al lado plano, Df) |
| Mr = | 37165.33 ft.-kips | $Mr = (\Sigma P - Wq) \cdot (Df/2)$ (la carga adicional no esta incluida) |
| Mo = | 9890.85 ft.-kips | $Mo = \Sigma P \cdot e$ |
| FS(ot) = | 3.758 | $FS(ot) = Mr/Mo = \Sigma P \cdot (Df/2) / (\Sigma P \cdot e) = Df / (2 \cdot e)$ |

Control deslizante:

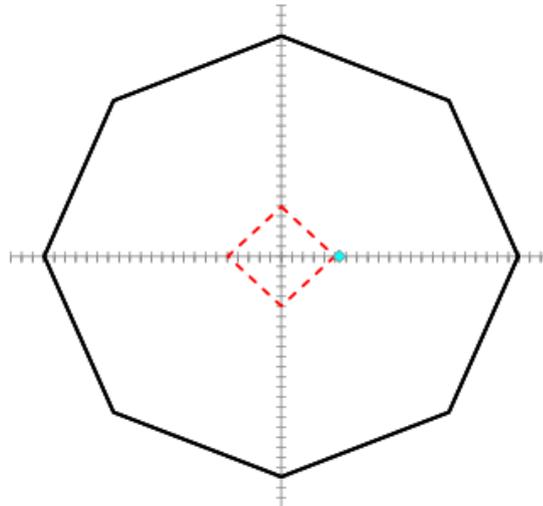
| | | |
|-------------------------------|-------------|---|
| | | (Note: Usando la dimensión de la zapata del lado plano al lado plano, Df) |
| Resistencia pasiva., PR = | 48.72 kips | $PR = (1/2 \cdot Kp \cdot \gamma_s \cdot Ds^2) \cdot Dp + (Tf \cdot (Kp \cdot \gamma_s \cdot Ds + Kp \cdot \gamma_s \cdot (Ds + Tf))) / 2 \cdot Df$ |
| Resistencia a fricción., FR = | 734.13 kips | $FR = (\Sigma P - Wq) \cdot \mu$ ((la carga adicional no esta incluida) |
| FS(slid) = | 2.031 | $FS(slid) = (PR + FR) / H$ |

Presión de rodamiento para volcar alrededor del eje a través de las esquenas del octagono:

| | | |
|------------------------------|---------------|---|
| Modulo de sección, Sf = | 6718.92 ft.^3 | $Sf = If / (Ef/2)$ |
| Brg. Coef. De distancia, K = | 0.039 | K = Interpolado desde PIP STE03350 Figure B <= 0.65 |
| K*Df = | 1.561 ft. | K*Df = Porción de la zapata que no está en apoyo (descargada) |
| %Brg. Area = | 99.57 % | %Brg. Area = Area de Rodamiento / Af |
| Coef de rodamiento., L = | 2.085 | L = interpolado desde PIP STE03350 Figure B <= 7.0 |
| Rodamiento bruto, P(max) = | 2.816 ksf | if e/Df <= 0.1221, P(max) = $\Sigma P / A + \Sigma M / Sf$, else P(max) = $L \cdot \Sigma P / A$ |
| Rodamiento Bruto, P(min) = | 0.000 ksf | if e/Df <= 0.1221, P(min) = $\Sigma P / A - \Sigma M / Sf$, else P(min) = 0 |
| Presion neta., Pmax(net) = | 2.519 ksf | $Pmax(net) = Pmax(gross) - (Ds + Tf) \cdot \gamma_s$ |

Presión del rodamiento para volcar alrededor del eje a través de los lados planos del octagono.

| | | |
|------------------------------|---------------|---|
| Modulo de sección, Sf = | 7272.50 ft.^3 | $Sf = If / (Df/2)$ |
| Brg. Coef. De distancia, K = | 0.003 | K = Interpolado desde PIP STE03350 Figure B <= 0.62 |
| K*Df = | 0.126 ft. | K*Df = Parte de la zapata que no esta apoyado (descargado) |
| %Brg. Area = | 99.84 % | %Brg. Area = Area de rodamiento / Af |
| Coef. De rodamiento., L = | 2.014 | L = Interpolado desde PIP STE03350 Figure B <= 6.5 |
| Rodamiento Bruto, P(max) = | 2.720 ksf | if e/Df <= 0.1321, P(max) = $\Sigma P / A + \Sigma M / Sf$, else P(max) = $L \cdot \Sigma P / A$ |
| Rodamiento Bruto, P(min) = | 0.000 ksf | if e/Df <= 0.1321, P(min) = $\Sigma P / A - \Sigma M / Sf$, else P(min) = 0 |
| Presión neta, Pmax(net) = | 2.423 ksf | $Pmax(net) = Pmax(gross) - (Ds + Tf) \cdot \gamma_s$ |

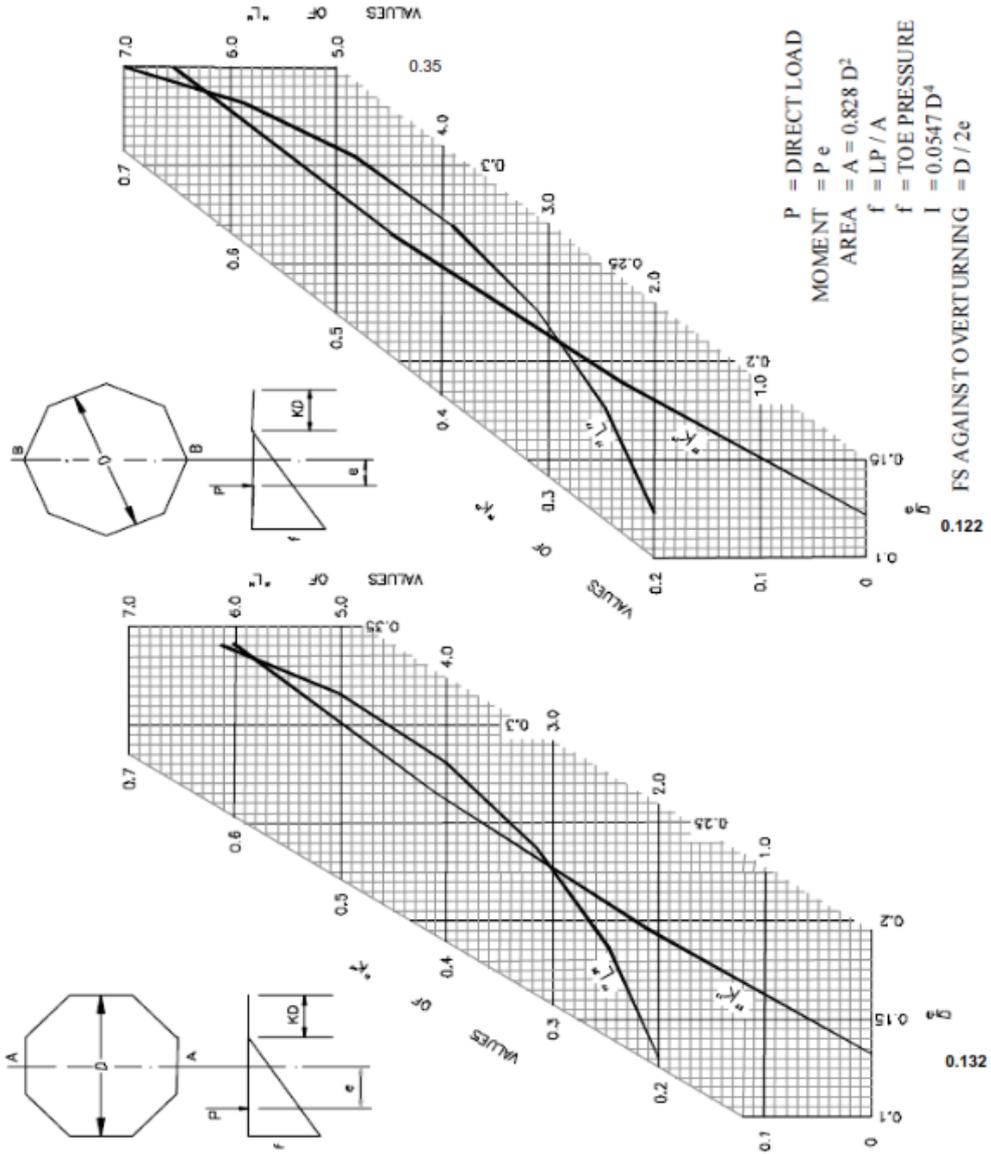


PLANTA DE BASE OCTAGONAL

(continued)

Reference: PRACTICAS DE LA INDUSTRIA DE PROCESOS
 PIP STE03350 - "Vertical Vessel Foundation Design Guide" (2007) (page 15)

Figure B - Foundation Pressures for Octagon Bases



ANÁLISIS DE PIE DE EXTENSIÓN OCTAGONAL**REFUERZO DE CONCRETO****REFUERZO POR CORTANTE**

| | | | |
|--|---------------------|--------|--------------------|
| qsnu = Max (qu max) | | 3.94 | t/m ² |
| | f _c = | 315.00 | kg/cm ² |
| Distancia Crítica en dirección de análisis | Lx flexión = | 3.56 | m |
| Cortante máximo | V _{ux} = | 14.03 | t |
| Resistencia al corte | f V _{cx} = | 49.74 | t |
| Verificación | | OK | |

REFUERZO POR FLEXIÓN

| | | | |
|--------------------------|------------------|--------|--------------------|
| Momento último | | 14.03 | t.m |
| Datos de la sección | | | |
| Ancho de la sección | b = | 100 | cm |
| Altura de la sección | h = | 70.5 | cm |
| Peralte de la sección | d = | 63 | cm |
| Resistencia del concreto | f _c = | 320.00 | kg/cm ² |
| Resistencia del acero | f _y = | 4200 | kg/cm ² |
| Recubrimiento | r = | 7.5 | cm |

Cálculo del refuerzo requerido

| | | | |
|--------------------------------------|--|--------|-----------------|
| Disposición del refuerzo por flexión | | 1 capa | |
| Acero de refuerzo por flexión | | 6.286 | cm ² |
| Acero de refuerzo por temperatura | | 11.340 | cm ² |
| Acero mínimo en vigas | | 21.466 | cm ² |
| Acero a colocar | | 21.466 | cm ² |

| | | | | |
|--------------------------|---------|---|------------|------------------------|
| | Varilla | | Dist. (cm) | |
| Acero a colocar | #6 | @ | 14.00 | 23.209 cm ² |
| Total de acero a colocar | | | Ok | 23.209 cm ² |
| Numero de varillas | | | | 4.500 und |

Modelamiento estructural en software SAP200 V.23.00

El modelado desarrollado se aplicó las consideraciones mínimas que aplica la norma internacionales API 650 Y PIP-STE03350, el cual proyecta una reducción de secciones de diseño y que cumpla los parámetros de diseño impuestas por dichas normas para lograr una infraestructura estable y eficiente. El modelo computacional representa la realidad de la problemática.

En el modelo para anillo de cimentación se aplicó las cargas actuantes desarrolladas en el cálculo sobre la infraestructura en el modelo. computacional.

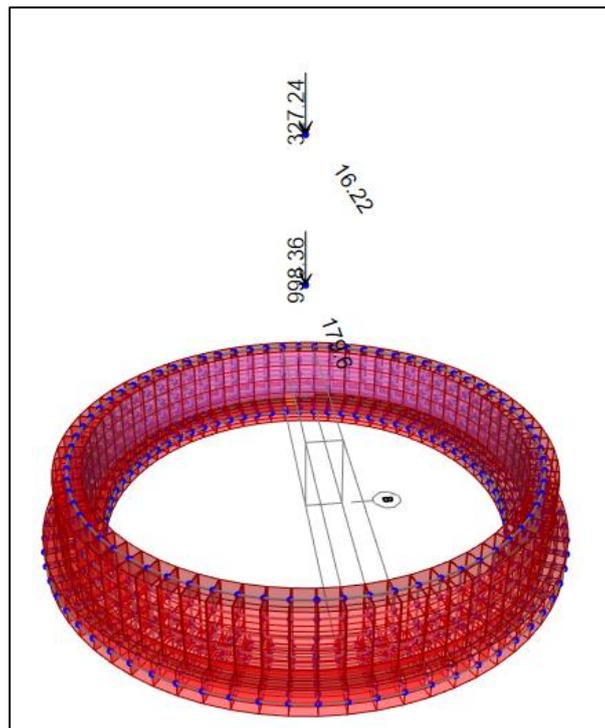


Figura 8: Cargas actuantes en sistema anular

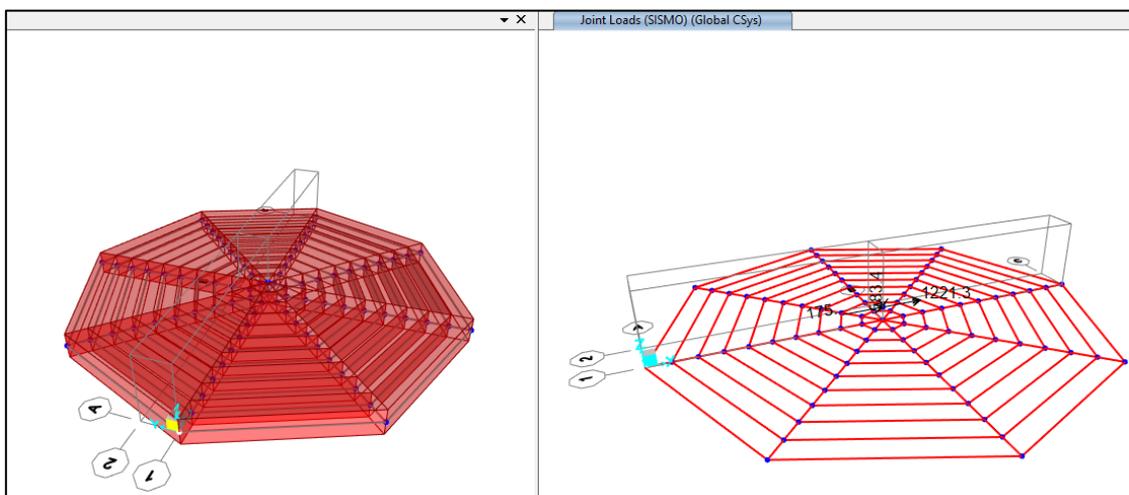


Figura 9: Cargas actuantes en sistema de platea

Objetivo específico 1: Evaluar como los sistemas de cimentación de zapatas con anillos influye positivamente en los asentamientos.

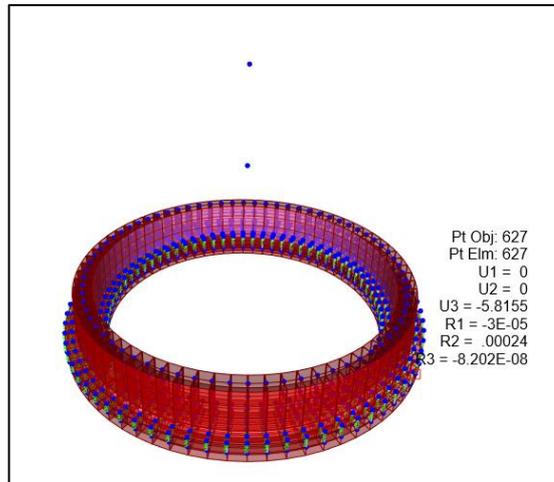


Figura 10: Asentamientos en anillo en cimentación anular

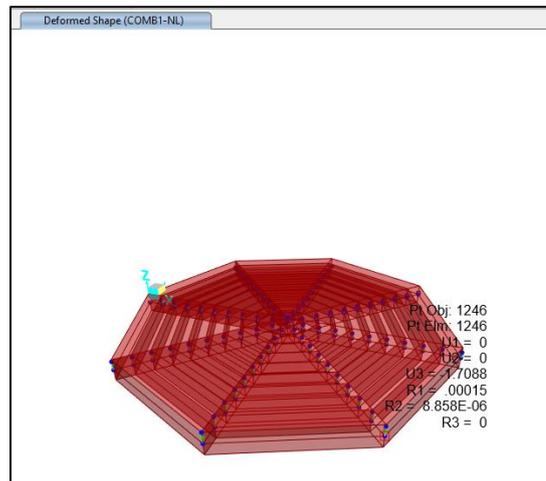


Figura 11: Asentamientos en anillo en cimentación de platea octogonal.

Interpretación: Se analizó los asentamientos en el anillo de cimentación y platea, determinando un asentamiento máximo de 5.8mm y 1.7mm. Teniendo un asentamiento de Δ máx admisible 50mm.

Objetivo específico 2: Evaluar como los sistemas de cimentación de zapatas con anillos influye positivamente en las presiones actuantes bajo el tanque.

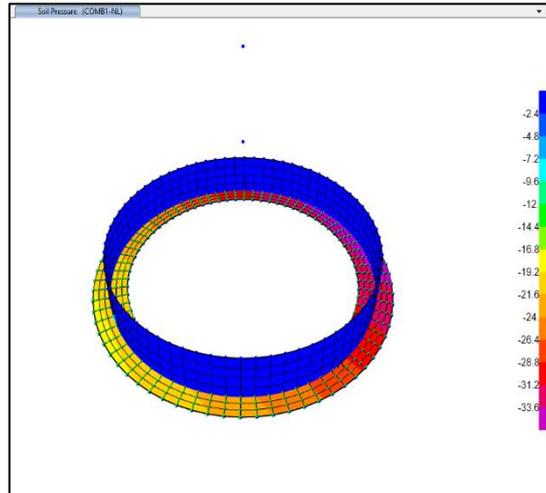


Figura 12: Presiones actuantes bajo el anillo en cimentación anular

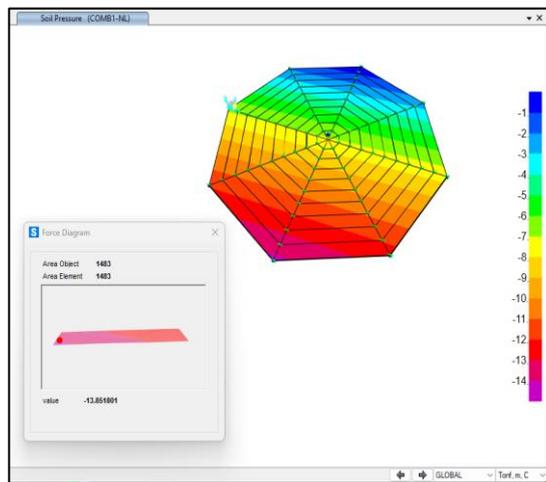


Figura 13: Presiones actuantes bajo el anillo en cimentación platea octogonal.

Interpretación: Se analizó los asentamientos en el anillo de cimentación y platea, determinando un asentamiento máximo de 5.8mm y 1.7mm. Teniendo un asentamiento de Δ máx admisible 50mm.

Objetivo específico 3: Evaluar como los sistemas de cimentación de zapatas con anillos influye positivamente en el deslizamiento

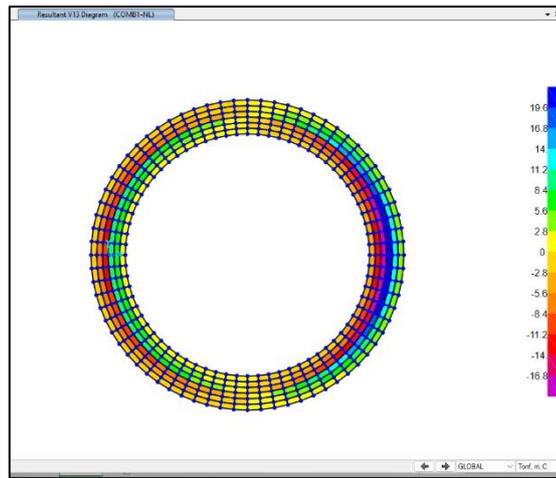


Figura 14: Deslizamiento en el anillo en cimentación anular.

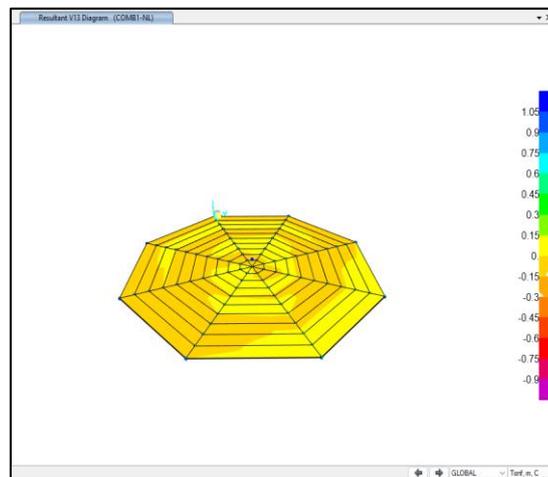


Figura 15: Deslizamiento en el anillo en cimentación platea octogonal.

Interpretación: Se analizó el deslizamiento en el anillo de cimentación y platea, determinando una cortante de 19.60 tn y 1.09 tn < 252.43 tn como fuerza resistente al deslizamiento.

Objetivo específico 4: Evaluar como los sistemas de cimentación de zapatas con anillos influye positivamente en el momento de volteo

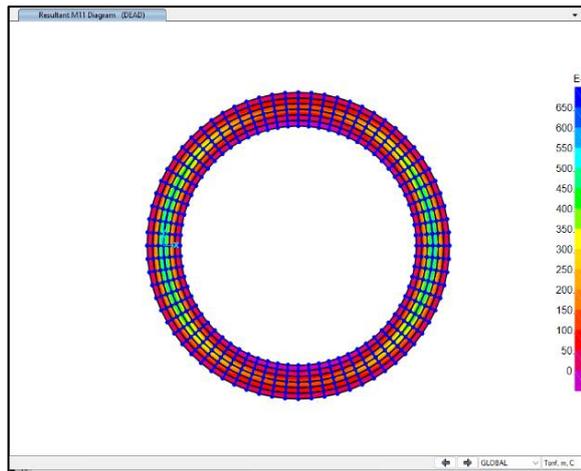


Figura 16: Momento de volteo en el anillo en cimentación anular

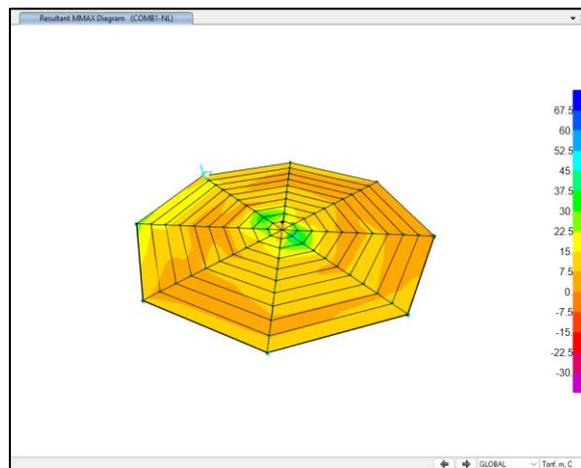


Figura 17: Momento de volteo en la cimentación platea octogonal

Interpretación: Se analizó el momento en el anillo de cimentación y platea, determinando el momento actuante $650 \text{ tn}\cdot\text{m}$ y $3041 \text{ tn}\cdot\text{m} < 10319.32 \text{ tn}\cdot\text{m}$ como momento resistente.

V. DISCUSIÓN

En esta investigación el orden de las discusiones se planteó de acuerdo a la estructura planteada:

Objetivo específico 1:

Evaluar como los sistemas de cimentación de zapatas con anillos influye positivamente en los asentamientos.

Referente al primer objetivo, Sulca (2021) en su tesis titulada: “Diseño de una platea de cimentación con el mejoramiento de suelo tanque metálico vertical de almacenamiento de hidrocarburo líquido – aeropuerto de Pucallpa” indicaron que, tuvo un asentamiento desarrollado en la fundación de 5.2 mm y como límite de asentamiento máximo admisible de 50 mm, lo cual con la presente investigación coincide con dicha conclusión, ya que en el resultado del análisis de la infraestructura se tiene un asentamiento de 5.8 mm el cual está dentro del rango máximo de asentamiento permisible.

Objetivo específico 2:

Evaluar como los sistemas de cimentación de zapatas con anillos influye positivamente en las presiones actuantes bajo el tanque.

Referente al segundo objetivo, Gonzabay (2019) en su tesis titulada: “Análisis y diseño para tanques de almacenamiento de derivado del petróleo y para base de bomba, de suelos característicos de refinería la Libertad” indicaron que, la infraestructura desarrollo 11.25 tn/m² y teniendo una capacidad resistente de 22.88 tn/m² en referencia a las presiones actuantes bajo el bajo tanque, lo cual con la presente investigación coincide con dicha conclusión, ya que en el resultado del análisis de este proyecto se cuantifico una presión de 33.60 tn/m² y teniendo una capacidad resistente de 45.25 tn/m² el cual está dentro del rango máximo.

Objetivo específico 3:

Evaluar como los sistemas de cimentación de zapatas con anillos influye positivamente en el deslizamiento.

Referente al segundo objetivo, Contreras y Guadaña (2019) en su tesis titulada: "Diseño de cimentación para tanques metálicos atmosféricos bajo la norma API-650 y bajo la norma UNE-EN 14015 en la refinería la Pampilla 2018" indicaron que, de acuerdo al análisis desarrollado presenta una fuerza actuante de 777.091 tn y una fuerza resistente de 1487.30 tn, lo cual con la presente investigación coincide con dicha conclusión, ya que en el resultado del análisis de este proyecto se cuantificó una fuerza actuante de 19.60 tn y teniendo una capacidad resistente al deslizamiento de 252.43 tn el cual está dentro del rango máximo permisible.

Objetivo específico 4:

Evaluar como los sistemas de cimentación de zapatas con anillos influye positivamente en el momento de volteo.

Referente al segundo objetivo, Martínez (2019) en su tesis titulada: "Diseño de cimentación para tanques verticales" indicaron que, de acuerdo al análisis desarrollado presenta un momento al volteo de 93.65 tn*m y una momento resistente al volteo de 150.40 tn*m siendo una estructura estable, lo cual con la presente investigación coincide con dicha conclusión, ya que en el resultado del análisis de este proyecto se cuantificó momento de volteo actuante de 650 tn*m y teniendo un momento resistente al volteo de 10319.32 tn*m el cual está dentro del rango máximo permisible.

VI. CONCLUSIONES

1. Se concluye que el diseño y análisis de la infraestructura cumple con los parámetros de diseño de la norma API-650, logrando que la infraestructura desarrolle asentamientos dentro del rango permisible.
2. Se concluye que la estructura de diseño en este proyecto es capaz de soportar las exigencias a las cuales será sometida, siendo una estructura estable ya que la capacidad portante del terreno es suficiente para que la infraestructura desarrolle su proceso mecánico de forma continua.
3. Se concluye que la infraestructura es estable verificando el deslizamiento por acción del esfuerzo de cortante basal, desarrollando un comportamiento óptimo cabe resaltar es de gran importancia analizar este factor ya que dentro del almacenamiento del tanque se tiene la pulpa del mineral el cual en contacto con la superficie del terreno genera un gran impacto ambiental.
4. Se concluye que la infraestructura de este proyecto también se evalúa el factor de verificación de momento de volteo por acción de esfuerzos producidos en los niveles convectivos e impulsivos, cumpliendo el procedimiento de la norma API-650. Determinado una infraestructura resistente y estable ante estos esfuerzos producidos.

VII. RECOMENDACIONES

1. Para un diseño de cimentación anular se recomienda seguir el procedimiento de la norma API-650 actualizado.
2. Para el diseño de zapata y pedestal se recomienda que cumpla la teoría de diseño de la norma API-650, con el fin de determinar valores de momentos y esfuerzos de tensión correctos determinado una sección optima la cual sea estable, dúctil y resistente.
3. Si la infraestructura de soporte se va a analizar considerando un análisis estático no lineal se recomienda desarrollar con la ayuda del software SAP2000 es importante analizar y interpretar los datos que se va ingresar al dicho sistema para que los resultados sean correctos y concuerden con lo analizado con la norma API-650.
4. Para definir el tipo de sistema de cimentación adecuado para cualquier proyecto se recomienda evaluar el proceso montaje mecánico, niveles, evacuación de desbordes y recirculación del flujo del líquido.

REFERENCIAS

1. ACOSTA, Luis, 2018. Monitoreo geodésico de los asentamientos en tanques verticales de almacenamiento de combustible. *Revista Minería y Geología*. México: pp. 1-7
2. ARIAS-GÓMEZ, Jesús; VILLASÍS-KEEVER, Miguel Ángel; NOVALES, María Guadalupe Miranda. El protocolo de investigación III: la población de estudio. *Revista Alergia México*, 2016, vol. 63, no 2, p. 201-206. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/4867/486755023011.pdf>
3. AHMAD, Zubair, 2018. Monitoreo geodésico de los asentamientos en tanques verticales de almacenamiento de combustible. *Revista Minería y Geología*. México: pp. 1-7
4. ALVARADO, César y GARCÍA, Andrés, 2021. *Influencia del análisis de interacción suelo-estructura en la respuesta estructural de edificios de concreto armado – Lima 2021*. Tesis de titulación. Lima: Universidad Privada del Norte.
5. AMARANTO, Grebel y CARRANZA, Gloria, 2022. *Influencia de la luz, tejeduría y recubrimiento de la malla metálica sobre la adherencia, resistencia a la flexión y al impacto del mortero de revestimiento en casetones, Trujillo*. Tesis de titulación. Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo, 2022.
6. American Petroleum Institute. Diseño y construcción de tanque de almacenamiento: Norma Estándar API 650. EEUU
7. ALVARADO, Juan Análisis comparativo del diseño estructural de un edificio Residencial utilizando los softwares Etabs y Sap2000, en la Urbanización Vista Alegre, Trujillo: Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, 2021. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/69169>
8. AVALOS Jacobo, 2014. Texto: el método científico aplicado en la elaboración de tesis para optar el título profesional de ingeniero químico. Informe Final. Resolución de aprobación N° 136 -2014-R. Bellavista: Universidad Nacional del Callao. 2014

9. BADIOLA, V. (2004). Departamento de Ingeniería Mecánica, Energética y de Materiales
10. BARBAT, A, 1983. *Calculo Sísmico de la Estructura*. Barcelona, España. Editores Técnicos Asociados S.A
11. BASONE, Francisco, 2020. *Designo f a Metamaterial – Based Foundation for Fuel Storage Tank and Experimental Evaluation of Its Efecct on a Connect Pipeline System*. México: pp. 7-38
12. BEHAR, Daniel, 2008. *Metodología de la investigación*. España: Editorial Shalom. ISBN: 978-959-212-773-9
13. BROETTO, Jonathan, 2020. *Tanque metálico para reserva de agua en Brasil: un estudio de la aplicación parcial de API 650*
14. BUENDÍA, L., COLÁS, P. y HERNÁNDEZ, F., 2016. *Métodos de investigación en psicopedagogía*. Madrid: McGraw-Hill.
15. CHATE, Remi, 2021. *Aplicación de columnas de modulo controlado como cimentaciones para tanques en zonas sísmicas*. *Revista Geotechnical Engineering*. México: pp. 2196-2003
16. CIRIÓN, Alfredo, 2019. *Optimización de cimentaciones profundas para tanques de almacenamiento mediante la realización de un mejoramiento de suelos con inclusiones rígidas*. *Revista Sociedad Mexica de Ingeniería Geotécnica*. México: pp. 1-7
17. CONTRERAS, Antony, 2018. *Diseño de cimentación para tanques atmosféricos bajo la norma API-650 y bajo la norma UNE-EN 14015 en la refinería la Pampilla 2018* [en línea]. Tesis de titulación. Lima: Universidad Cesar Vallejo [consulta: agosto 2023]. Disponible en <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/34382>
18. DE ALBUQUERQUE, Renato y RODRÍGUEZ, Ítalo, 2020. *Análisis sectorial de la industria de la construcción con acero y la oportunidad para estructuras galvanizadas en el Perú*. Tesis de maestría, Lima: Universidad de Piura, 2020.

19. DE LA CRUZ, Jorge y YOCTUN, Roberto, 2022. Análisis comparativo del diseño estructural de una edificación regular e irregular de ocho niveles en sistema de pórticos aplicando la norma E.030 2003, 2016 y 2018 diseño sismorresistente en la ciudad de Lima. *Revista Gaceta Técnica*. Perú: 23(1), 48-71.
20. DÍAS, J. 2006. *Mecánica de los Fluidos e Hidráulica*. Cali, Colombia. Universidad del Valle.
21. GARCÍA, S., 2021. La Validez y la confiabilidad en la evaluación del aprendizaje desde la perspectiva hermenéutica. *Revista de Pedagogía* [en línea]. México: Vol. 23, nº 67. 297-318 [consulta: septiembre 2023]. Disponible en: www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0798-97922002000200006&lng=es&nrm=i
22. GOMEL, Fidel, 2017. *Diseño sísmico basado en desplazamientos de estructuras aporticadas de concreto armado*. Tesis de titulación. Perú: Universidad Privada de Tacna.
23. GÓMEZ, Walter; GONZALES, Edgar y ROSALES, Rafael, 2015. *Metodología de la investigación*. Lima: Universidad María Auxiliadora.
24. GONZABAY, Juan, 2019. *Análisis y diseño de cimentación para tanques metálicos de almacenamiento de derivados del petróleo y para base de bomba, de suelos característicos de la refinería La Libertad* [en línea]. Tesis de titulación. La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena [consulta: agosto 2023]. Disponible en <https://repositorio.upse.edu.ec/xmlui/handle/46000/5266>
25. GRAJALES, Guerra, 2016. *Conceptos básicos para la investigación social de la Serie Textos Universitarios*. Nuevo León, México: Publicaciones Universidad de Montemorelos.
26. GRAUX, D. (2022). *Fundamento de Mecánica de Suelo, Proyecto de Muros y Cimentaciones*. Barcelona. España, Editores Técnicos Asociados.
27. HARMSEN, Teodoro, 2002. *Diseño estructuras de concreto armado*. 3ª Edición. Peru.2002.

28. HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, P. 2014. *Metodología de la investigación* (6ª ed.). México: McGraw Hill Education.
29. HERNÁNDEZ, Roberto, 2018. *Metodología de la investigación*. 6a Edición. México: McGraw Hill. ISBN: 9781456223960
30. LANDARO, Michael. PETROLEOS DEL PERU – PETROPERU S.A, 2022.
31. LEÓN, J., 2010. *Guía para el Diseño Estructural de Cimientos y anclaje de Tanques de Almacenamiento Tipo API650*. Tesis de titulación. Lima: Universidad Cesar Vallejo
32. LISBOA, María y VILCHEZ, Anita, 2022. *Propuesta de Fichas Técnicas para Diseños Estructurales de Nuevas Viviendas Sociales Construidas Progresivamente en el Distrito de Piura*. Tesis de titulación. Piura: Universidad Nacional de Piura, 2022.
33. Manual de Procedimientos de Analíticos para Suelos y Agregados de Construcción, 2014. Perú.
34. MARTINEZ, José, 2018. *Diseño de cimentaciones para tanques verticales* [en línea]. Tesis de titulación. México: Universidad Autónoma de México [consulta: agosto 2023]. Disponible en http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/10826/1/Tesis_Completa.pdf
35. MOHAMMAD, Khalid, 2020. Different Soil Stabilization Techniques. *Revista Internacional Journal of Advanced Science and Technology*. México: pp. 7778-7791
36. Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE). 2018. Norma Técnica de Edificación NTE-E020 Cargas. Lima
37. RILEY, Sturges, 2004. *Ingeniería Mecánica Estática*. Barcelona, España. Reverte. S.A.
38. SULCA, María, 2021. *Diseño de una platea de cimentación con mejoramiento de suelo para tanque metálico vertical de almacenamiento de hidrocarburo líquido – aeropuerto de Pucallpa* [en línea]. Tesis de titulación.

- Lima: Universidad Nacional Federico Villareal [consulta: agosto 2023].
Disponible en <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/5465?show=full>
39. SANTIAGO, Valderrama. 2015. Pasos para Elaborar Proyectos de Investigación Científica Cualitativa, Cuantitativa y Mixta. 2015. pág. 182. Vol. 2. Disponible en: http://www.editorialsanmarcos.com/index.php?id_product=211&controller=product/
40. VILLALAZ, C., 2004. Mecánica de Suelos y Cimentaciones. México DF, México, Limusa Noriega Editores
41. VILLASIS, Keever, 2018. EL protocolo de investigación VII. Validez y confiabilidad de las mediciones. *Rev Alerg Mex*. México: 65(4):414-421.

ANEXOS

| | | | |
|--|--|--|--|
| | | ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422 - MTC E107 - MTC E204 - ASTM C136) | Código: GC22 - LAB TS -01 Versión 0.0 Modificado: 01/02/2023 |
|--|--|--|--|

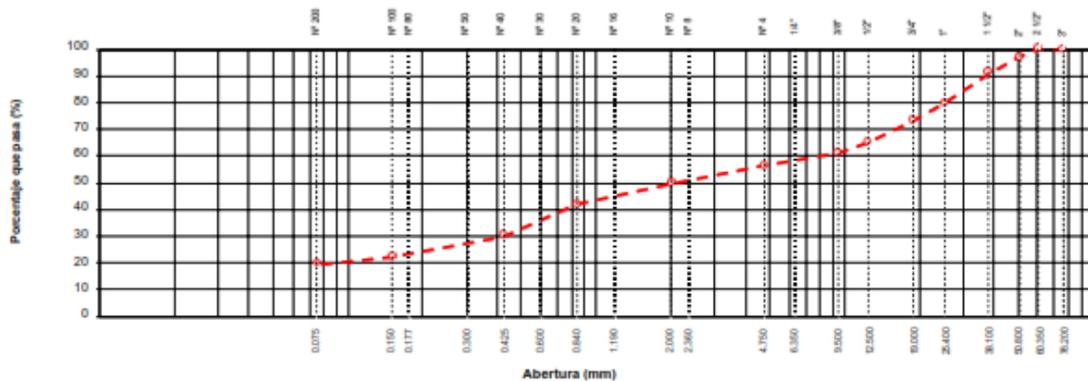
| | | | |
|------------------|--|---------------------|--------------|
| PROYECTO | : Comportamiento estructural de sistemas de cimentación para tanques metálicos en centros mineros, Minera Poderosa Patata, La Libertad 2023* | Registro N°: | P&I-G-SM-HP1 |
| SOLICITA | : PERCY NIXON ROJAS HARO | Fecha : | 14/02/23 |
| UBICACIÓN | : SANTA MARIA-PATAZ-LA LIBERTAD | | |

I. Datos Generales

| | |
|--------------------|--------------------------------|
| PROCEDENCIA | : SANTA MARIA - ZONA CONTAINER |
| CALICATA | : C-01/M-1 |
| MATERIAL | : IN SITU |
| PROFUND. | : 0.00 - 1.30 m. |

| TAMIZ | AASHTO T-27 (mm) | MASA RETENIDO | PORCENTAJE RETENIDO | RETENIDO ACUMULADO | PORCENTAJE QUE PASA | ESPECIFICACIÓN | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA |
|----------|------------------|---------------|---------------------|--------------------|---------------------|----------------|--|
| 10" | 254.000 | | | | | | Masa inicial seco : 24500.0 g |
| 6" | 152.400 | | | | | | Masa fracción : 800.0 g |
| 5" | 127.000 | | | | | | Contenido de Humedad (%) : 4.6 |
| 4" | 101.600 | | | | | | |
| 3" | 76.200 | | | | | | |
| 2 1/2" | 60.350 | | | | 100.0 | | |
| 2" | 50.800 | 766.0 | 3.1 | 3.1 | 96.9 | | Límite Líquido (LL): 22.0 |
| 1 1/2" | 38.100 | 1484.0 | 6.0 | 9.2 | 90.8 | | Límite Plástico (LP): 16.2 |
| 1" | 25.400 | 2772.0 | 11.3 | 20.4 | 79.6 | | Índice Plástico (IP): 5.8 |
| 3/4" | 19.000 | 1544.0 | 6.3 | 26.7 | 73.3 | | Clasificación (SUCS): GC - GM |
| 1/2" | 12.500 | 2013.0 | 8.2 | 34.9 | 65.1 | | Clasificación (AASHTO): A-1-b(0) |
| 3/8" | 9.500 | 1031.0 | | | | | Índice de Consistencia: 3.00 |
| 1/4" | 6.350 | | | | | | |
| N° 4 | 4.750 | 1120.0 | 4.6 | 49.7 | 56.3 | | Descripción (AASHTO): BUENC |
| N° 6 | 2.360 | 1130.6 | 4.6 | 49.3 | 50.7 | | Descripción (SUCS): Grava limo arcillosa con arena |
| N° 10 | 1.900 | 592.1 | 2.4 | 50.4 | 49.6 | | |
| N° 16 | 1.190 | 1905.1 | 7.8 | 58.2 | 41.8 | | |
| N° 20 | 0.840 | | | | | | CU : 0.000 CC : 0.000 |
| N° 30 | 0.600 | 2062.4 | 8.4 | 66.6 | 33.4 | | OBSERVACIONES: |
| N° 40 | 0.425 | 669.6 | 3.5 | 70.1 | 29.9 | | Grava > 2": 3.1 |
| N° 50 | 0.300 | 710.5 | 2.9 | 73.0 | 27.0 | | Grava > 2": N° 4: 40.8 |
| N° 60 | 0.250 | | | | | | Arena N° 4 - N° 200: 37.0 |
| N° 100 | 0.150 | 1213.6 | 4.9 | 77.9 | 22.1 | | Finos < N° 200: 19.3 |
| N° 200 | 0.075 | 681.1 | 2.8 | 80.7 | 19.3 | | % < 5φ: 0.0% |
| < N° 200 | FONDO | 4735.0 | 19.3 | 100.0 | | | |

CURVA GRANULOMETRICA



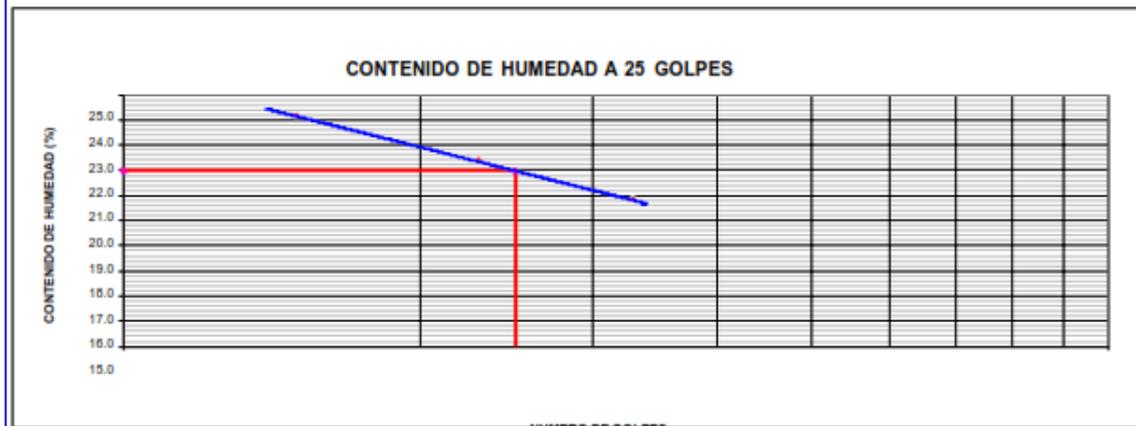
| | | |
|------------------|---|--|
| | LÍMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40 (ASTM D 4318) | Código: GC22 - LAB TS -01 Versión 0.0 Modificado: 01/10/2023 |
| PROYECTO | : Comportamiento estructural de sistemas de cimentación para tanques metálicos en centros mineros, Minera Poderosa Pataz, La Libertad 2023* | Registro N°: P&I-G-SM-HP1 |
| SOLICITA | : PERCY NIXON ROJAS HARO | Fecha: 14/02/23 |
| UBICACIÓN | : SANTA MARIA-PATAZ-LA LIBERTAD | |

J. Datos Generales

| | |
|--------------------|-------------------------------|
| PROCEDENCIA | : SANTA MARIA - ZONA CONTEINE |
| CALICATA | : C-01/M-1 |
| MATERIAL | : IN SITU |
| PROFUND. | : 0.00 - 1.50 m. |

| LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110) | | | | |
|-------------------------------|-------|-------|-------|--|
| N° TARRO | | | | |
| MASA TARRO + SUELO HÚMEDO (g) | 33 | 32.77 | 31.78 | |
| MASA TARRO + SUELO SECO (g) | 32.16 | 31.89 | 31.08 | |
| MASA DE AGUA (g) | 0.54 | 0.88 | 0.70 | |
| MASA DEL TARRO (g) | 26.12 | 27.95 | 26.18 | |
| MASA DEL SUELO SECO (g) | 4.04 | 3.94 | 2.90 | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | 20.79 | 22.34 | 24.14 | |
| NUMERO DE GOLPES | 33 | 23 | 15 | |

| LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111) | | | | |
|-------------------------------|-------|-------|--|--|
| N° TARRO | | | | |
| MASA TARRO + SUELO HÚMEDO (g) | 31.18 | 27.08 | | |
| MASA TARRO + SUELO SECO (g) | 30.61 | 26.25 | | |
| MASA DE AGUA (g) | 0.56 | 0.82 | | |
| MASA DEL TARRO (g) | 27.01 | 21.21 | | |
| MASA DEL SUELO SECO (g) | 3.6 | 5.05 | | |
| CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%) | 16.11 | 16.24 | | |



| CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA | |
|----------------------------------|------|
| LÍMITE LÍQUIDO | 22.0 |
| LÍMITE PLÁSTICO | 16.2 |
| ÍNDICE DE PLASTICIDAD | 5.5 |

| |
|---------------|
| OBSERVACIONES |
|---------------|



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(ASTM D422 - MTC E107 - MTC E204 - ASTM C136)

Código: GC22 - LAB TS - 018
Versión 0.0
Modificado: 01/10/2023

PROYECTO : Comportamiento estructural de sistemas de cimentación para tanques metálicos en centros mineros, Minera Poderosa Pataz, La Libertad 2023*

Registro N°: PA1-G-SM-HP1

Fecha : 14/02/23

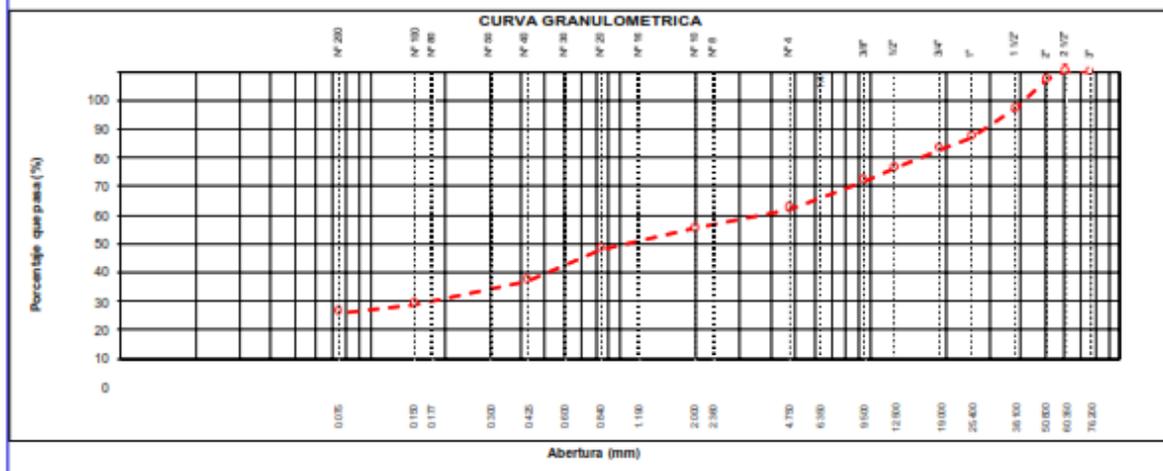
SOLICITA : PERCY NIXON ROJAS HARO
UBICACIÓN : SANTA MARIA-PATAZ-LA LIBERTAD

I. Datos Generales

PROCEDENCIA : SANTA MARIA
CALICATA : C-03/M-1
MATERIAL : IN SITU

| TAMIZ | AASHTO T-27 (mm) | MASA RETENIDO | PORCENTAJE RETENIDO | RETENIDO ACUMULADO | PORCENTAJE QUE PASA | ESPECIFICACIÓN | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA |
|----------|------------------|---------------|---------------------|--------------------|---------------------|----------------|----------------------------------|
| 10" | 254.000 | | | | | | Masa inicial seco : 10920.0g |
| 5" | 127.000 | | | | | | Masa fracción : 500.0g |
| 4" | 101.600 | | | | | | |
| 3" | 76.200 | | | | | | Control de Humedad (%) : 2.3 |
| 2 1/2" | 60.330 | | | | 100.0 | | |
| 2" | 50.800 | 502.0 | 3.0 | 3.0 | 97.0 | | Límite Líquido (LL): 22.3 |
| 1 1/2" | 38.100 | 1046.0 | 9.7 | 12.7 | 87.3 | | Límite Plástico (LP): 15.0 |
| 1" | 25.400 | 1726.0 | 19.4 | 23.1 | 76.9 | | Índice Plástico (PI): 7.3 |
| 3/4" | 19.000 | 562.6 | 4.0 | 27.1 | 72.9 | | Clasificación (SUCS): GC |
| 1/2" | 12.500 | 1129.0 | 8.8 | 33.9 | 66.1 | | Clasificación (AASHTO): A-2.4(0) |
| 3/8" | 9.500 | 710.0 | | | | | Índice de Consistencia: 2.73 |
| 1/4" | 6.350 | | | | | | |
| Nº 4 | 4.750 | 1838.0 | 16.8 | 49.9 | 52.0 | | Descripción (AASHTO): BUENC |
| Nº 5 | 3.349 | 394.7 | 3.6 | 53.5 | 47.9 | | Descripción (SUCE): Grava gruesa |
| Nº 10 | 2.000 | 315.6 | 2.9 | 56.4 | 43.1 | | |
| Nº 16 | 1.190 | 1472.7 | 13.5 | 64.9 | 38.1 | | |
| Nº 20 | 0.840 | | | | | | |
| Nº 30 | 0.600 | 1263.7 | 11.6 | 69.5 | 30.5 | | CU : 0.000 CG : 0.000 |
| Nº 40 | 0.425 | 591.2 | 5.4 | 73.0 | 27.0 | | OBSERVACIONES: |
| Nº 50 | 0.300 | 465.6 | 4.3 | 78.3 | 24.2 | | Grava > 2": 3.0 |
| Nº 50 | 0.177 | | | | | | Grava > 2" - Nº 4: 43.0 |
| Nº 100 | 0.150 | 374.4 | 3.4 | 81.1 | 18.9 | | Área Nº 4 - Nº 200: 36.1 |
| Nº 200 | 0.075 | 502.6 | 4.6 | 84.1 | 15.9 | | Fines < Nº 200: 15.9 |
| < Nº 200 | FONDO | 2642.6 | 15.9 | 100.0 | | | % > 3" : 0.0% |

Página 1



| | | |
|--|---|---|
| | LÍMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40 (ASTM D 4318) | Código: GC22 - LAB T5 -018 Versión 0.0 Modificado: 01/10/2023 |
|--|---|---|

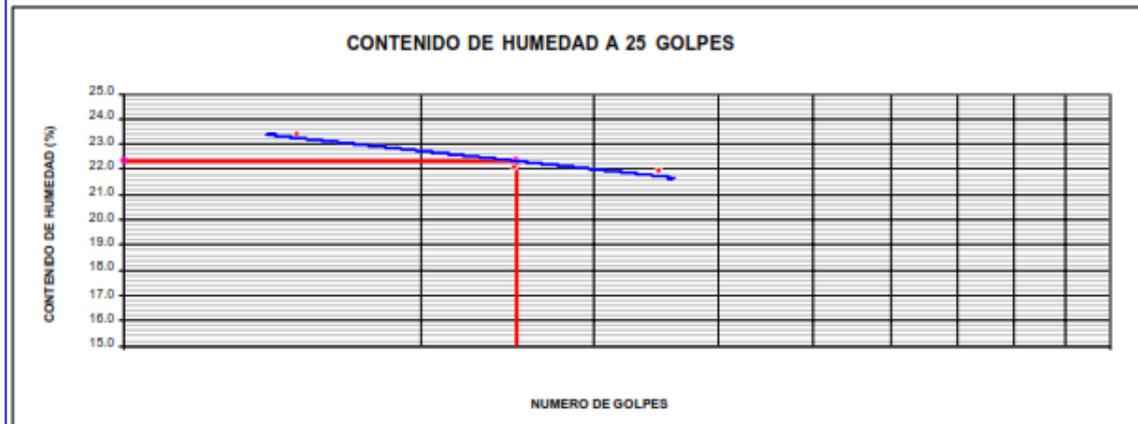
| | |
|---|----------------------------------|
| PROYECTO : Comportamiento estructural de sistemas de cimentación para tanques metálicos en centros mineros, Minera Poderosa Pataz, La Libertad 2023* | Registro N°: PSL-G-SH-HP1 |
| SOLICITA : PERCY NIXON ROJAS HARO | Fecha: 14/02/23 |
| UBICACIÓN : SANTA MARIA-PATAZ-LA LIBERTAD | |

I. Datos Generales

| |
|----------------------------------|
| PROCEDENCIA : SANTA MARIA |
| CALICATA : C-03/M-1 |
| MATERIAL : IN SITU |
| PROFUND. : 0.00 - 1.50 m. |

| LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110) | | | | |
|-------------------------------|-------|-------|-------|--|
| N° TARRO | | | | |
| MASA TARRO + SUELO HÚMEDO (g) | 26.05 | 31.86 | 31.69 | |
| MASA TARRO + SUELO SECO (g) | 27.2 | 31 | 30.80 | |
| MASA DE AGUA (g) | 0.85 | 0.86 | 0.89 | |
| MASA DEL TARRO (g) | 23.32 | 27.1 | 26.99 | |
| MASA DEL SUELO SECO (g) | 3.88 | 3.9 | 3.81 | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | 21.91 | 22.05 | 23.36 | |
| NUMERO DE GOLPES | 35 | 25 | 15 | |

| LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111) | | | | |
|-------------------------------|-------|-------|--|--|
| N° TARRO | | | | |
| MASA TARRO + SUELO HÚMEDO (g) | 31.9 | 30.23 | | |
| MASA TARRO + SUELO SECO (g) | 31.21 | 30.3 | | |
| MASA DE AGUA (g) | 0.69 | 0.93 | | |
| MASA DEL TARRO (g) | 26.52 | 29.18 | | |
| MASA DEL SUELO SECO (g) | 4.69 | 6.12 | | |
| CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%) | 14.71 | 15.20 | | |



| CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA | |
|----------------------------------|------|
| LÍMITE LÍQUIDO | 22.3 |
| LÍMITE PLÁSTICO | 15.0 |
| ÍNDICE DE PLASTICIDAD | 7.3 |

| OBSERVACIONES |
|---------------|
| |

CÁLCULO DE LÍMITE DE CARGA

CALICATA N°3

| | | | | | | | | |
|---------|------|-----|------------|-------|----------------------|------------|-------|----------------------|
| B = | 1.50 | [m] | $\phi =$ | 27.23 | [°] | $ca =$ | 0.00 | |
| L = | -- | [m] | $\delta =$ | 0.00 | [°] | $\gamma =$ | 19.22 | [kN/m ³] |
| D = | 1.50 | [m] | $\beta =$ | 0.00 | [°] | $q_v =$ | 0.00 | [kN/m ²] |
| ecc.B = | 0.00 | [m] | $\eta =$ | 0.00 | [°] | $q_o =$ | 0.00 | [kN/m ²] |
| ecc.L = | 0.00 | [m] | $c =$ | 12.26 | [kN/m ²] | FS = | 3.00 | |

Terzaghi:

| | |
|------|--------|
| Nq = | 15.896 |
| Nc = | 29.236 |
| Ng = | 17.218 |

Factores de forma

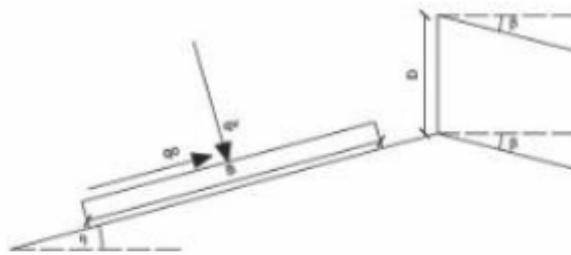
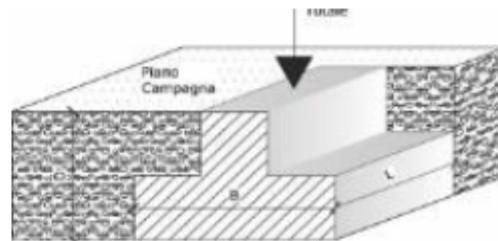
| | |
|------|---|
| sc = | 1 |
| sg = | 1 |

Tipo de Fundación

▼ Anular

LEYENDA:

- B = Ancho de la cimentación
- L = Longitud de la cimentación
- D = Profundidad de la cimentación
- ecc.B = Excentricidad en B
- ecc.L = Excentricidad en L
- ϕ = Angulo de fricción
- δ = A. inclinación del terreno de fundación
- β = A. inclinación de la carga
- η = Inclinación de la cimentación
- c = Cohesión
- ca = Adhesión a la base de la fundación
- γ = Peso específico del suelo
- q_v = Comp. Vertical de la carga
- q_o = Comp. Horizontal de la carga
- Kp = Coeficiente de empuje pasivo
- Af = Área efectiva de la cimentación
- FS = Factor de seguridad
- q = Capacidad portante



Pá

Capacidad portante según Terzaghi:

| | | | | | |
|--------------------|------------------------|-----|-----------|--------------------|------------------------|
| | [kN/m ²] | | [kN] | | [kN/m ²] |
| q _{ult} = | 1064.89 | q = | 1916.80 | Q _{amm} = | 354.96 |
| | [t/m ²] | | [t] | | [t/m ²] |
| q _{ult} = | 108.59 | q = | 195.46 | Q _{amm} = | 3.62 |
| | [Kg/cm ²] | | [Kg] | | [Kg/cm ²] |
| q _{ult} = | 10.86 | q = | 195455.96 | Q _{amm} = | 3.62 |

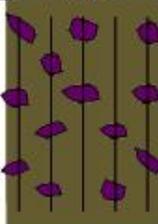
| | | |
|--|------------------------------|---|
| | PERFIL ESTRATIGRÁFICO | Código: GC22/LAB- TS 120 Versión 0.0 Modificado: 01/02/2023 |
|--|------------------------------|---|

PROYECTO: Comportamiento estructural de sistemas de cimentación para tanques metálicos en centros mineros, Minera Poderosa Pataz, La Libertad 2023*

UBICACIÓN: PARAÍSO- PATAZ- LA LIBERTAD Registro N°: GC22/LAB -TS120
SOLICITA: PERCY NIXON ROJAS HARO Fecha: MARZO DEL 2023

I. Datos Generales

PROCEDENCIA : SANTA MARIA
CALICATA : C-01 COORDENADA ESTE : 214449
COORDENADA NORTE : 9140276

| PROF. (m) | MUESTRA | CLASIFICACION AASHTO | DESCRIPCION DEL ESTRATO | NIVEL FREATICO (m.) | CALICATA Nro. |
|--|---------|----------------------|---|---------------------|---|
| | | | | - | C-01 |
| | | | | CLASIFICACION SUCS | ENSAYOS IN SITU |
| 0.00 | M1 | A-1-b (0) | Grava limo arcillosa con arena de color gris, en estado húmedo, de compactad medianamente denso, forma de material angulosa, presenta grava=40.6%, arena=37.0%, y material que pasa por La malla N° 200=19.3% , con límites de consistencia de LL=22.0%, LP=16.2%, IP=5.8%. | GC - GM |  |
| 1.50 | | | | | |
| NO SE ENCONTRO A 1.50 m DE PROFUNDIDAD | | | | | |

OBSERVACIONES

TIPO DE MUESTRA: MAS: muestra alterada en saco



GECON SAC
Geotecnia y Construcciones S.A.C.
Jorge L. Quiroz
Ing. Jorge L. Quiroz Urdanivia
C.I.P. 96018
JEFE LABORATORIO, ESTUDIOS GEOTECNICOS

| | | PERFIL ESTRATIGRÁFICO | | Código: GC22/LAB- TS 120 Versión 0.0 Modificado: 01/09/2023 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---------|-------------------------------|---|---|-----------------|-----------|---------|----------------------|-------------------------|---------------------|---------------|---|------|--|--|--|--|--------------------|-----------------|------|----|--|---|----|--|------|--|--|--|--|--|--|
| PROYECTO: Comportamiento estructural de sistemas de cimentación para tanques metálicos en centros mineros, Minera Poderosa Pataz, La Libertad 2023* | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| UBICACIÓN: PARAÍSO- PATAZ- LA LIBERTAD | | | | Registro N°: GC22/LAB -TS120 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SOLICITA: PERCY NIXON ROJAS HARO | | | | Fecha: MARZO DEL 2023 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| I. Datos Generales | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PROCEDENCIA | | : SANTA MARÍA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CALICATA | | : C-02 | | COORDENADA ESTE : 214418 COORDENADA NORTE : 9140240 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">PROF. (m)</th> <th rowspan="2">MUESTRA</th> <th rowspan="2">CLASIFICACION AASHTO</th> <th rowspan="2">DESCRIPCION DEL ESTRATO</th> <th>NIVEL FREATICO (m.)</th> <th>CALICATA Nro.</th> </tr> <tr> <th>-</th> <th>C-02</th> </tr> <tr> <th colspan="4"></th> <th>CLASIFICACION SUCS</th> <th>ENSAYOS IN SITU</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.00</td> <td rowspan="2">M1</td> <td rowspan="2"></td> <td rowspan="2">Visualmente es un limo gravoso con arena de color marrón ligeramente húmedo, con estrato de 1.50 m, con compactad mediamente denso posible material de corte de taluz, mezclado con algunos fragmentos provenientes de desmorle de mina, presenta raíces.</td> <td rowspan="2">ML</td> <td rowspan="2"></td> </tr> <tr> <td>1.50</td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td>NO SE ENCONTRO A 1.50 m DE PROFUNDIDAD</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> | | | | | | PROF. (m) | MUESTRA | CLASIFICACION AASHTO | DESCRIPCION DEL ESTRATO | NIVEL FREATICO (m.) | CALICATA Nro. | - | C-02 | | | | | CLASIFICACION SUCS | ENSAYOS IN SITU | 0.00 | M1 | | Visualmente es un limo gravoso con arena de color marrón ligeramente húmedo, con estrato de 1.50 m, con compactad mediamente denso posible material de corte de taluz, mezclado con algunos fragmentos provenientes de desmorle de mina, presenta raíces. | ML | | 1.50 | | | | NO SE ENCONTRO A 1.50 m DE PROFUNDIDAD | | |
| PROF. (m) | MUESTRA | CLASIFICACION AASHTO | DESCRIPCION DEL ESTRATO | NIVEL FREATICO (m.) | CALICATA Nro. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | - | C-02 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | CLASIFICACION SUCS | ENSAYOS IN SITU | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0.00 | M1 | | Visualmente es un limo gravoso con arena de color marrón ligeramente húmedo, con estrato de 1.50 m, con compactad mediamente denso posible material de corte de taluz, mezclado con algunos fragmentos provenientes de desmorle de mina, presenta raíces. | ML | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | NO SE ENCONTRO A 1.50 m DE PROFUNDIDAD | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| OBSERVACIONES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TIPO DE MUESTRA: | | MAS: muestra alterada en saco | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



Área de Metrología
Laboratorio de Masas

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LM-064-2023

Página 1 de 4

| | |
|--------------------------|---|
| 1. Expediente | 0077 |
| 2. Solicitante | GEOTECNIA & CONSTRUCCION SERVICIOS GENERALES S.A.C. |
| 3. Dirección | MZA. N LOTE 6 URB. VILLA CONTADOR - LA LIBERTAD - TRUJILLO - TRUJILLO. |
| 4. Instrumento calibrado | BALANZA ELECTRÓNICA |
| Marca | OHAUS |
| Modelo | R21PE30ZH |
| N° de serie | B8357860160 |
| Identificación | GEC-LAB-IE-0001 (*) |
| Procedencia | China |
| Capacidad máxima: | 30000 g |
| División de escala (d) | 1 g |
| Div. de verificación (e) | 10 g |
| Capacidad mínima | 200 g |
| Clase de exactitud | III |
| 5. Fecha de calibración | 2023-06-05 |

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

2023-06-08



Firmado digitalmente por:
ASTETE SORIANO LUCIO FIR
42817546 hard
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 09/06/2023 09:27:07-0000

Jefe de Laboratorio



Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LM-064-2023

Area de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 2 de 4

6. Método de calibración:

La calibración se realiza por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones siguiendo el procedimiento PC-001 "Procedimiento para la calibración de instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático clase III y IIII (Edición 01) del INACAL - DM

7. Lugar de calibración

Laboratorio de GECONSAC ubicado en Mza. N° Lote 6 Urb. Villa Contador (Vía de evitamiento frente a Magi Piscina) - La Libertad - Trujillo - Trujillo

8. Condiciones ambientales

| | Inicial | Final |
|------------------|---------|---------|
| Temperatura | 25.4 °C | 25.8 °C |
| Humedad relativa | 67 % | 68 % |

9. Patrones de referencia

| Trazabilidad | Patrón utilizado | Certificado de calibración |
|--------------|---|----------------------------|
| PESATEC | Juego de pesas de 1 mg a 2 kg de clase M1 | 1492-MPES-C-2022 |
| TOTAL WEIGHT | Pesa de 5 kg de clase M2 | CM-4235-2022 |
| TOTAL WEIGHT | Pesa de 10 kg de clase M2 | CM-4188-2022 |
| TOTAL WEIGHT | Pesa de 20 kg de clase M2 | CM-4239-2022 |

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- En el caso de ser necesario, ajustar la indicación en cero antes de cada medición.
- Se realizó el ajuste de las indicaciones de la balanza antes de la calibración. (Para la carga de 30000 g la balanza indicaba 30018 g)
- El valor de "e", capacidad mínima y la clase de exactitud se encuentran indicados en la balanza.
- Los resultados declarados en el presente certificado, se relacionan solamente con el ítem calibrado indicado en la página 1.
- En coordinación con el cliente, la variación de temperatura es 9 °C
- Se ha considerado como coeficiente de deriva de temperatura a 0,00001 °C⁻¹ según el procedimiento PC-001 "Procedimiento para la calibración de instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático clase III y IIII (Edición 01) del INACAL - DM.
- El cliente no cuenta con pesas patrones para realizar el ajuste de la balanza.
- El cliente cuenta con el último certificado de calibración de la balanza. Donde el máximo error de medición es de -0,1 g cercano a la capacidad máxima.

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LM-064-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 3 de 4

11. Inspección Visual

| | | | |
|------------------|----------|------------|----------|
| Ajuste a cero | Tiene | Escala | No tiene |
| Oscilación libre | Tiene | Cursor | No tiene |
| Plataforma | Tiene | Nivelación | Tiene |
| Sistema de traba | No tiene | | |

12. Resultados de la medición

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

| | Inicial | Final | | Inicial | Final |
|------------------------|---------|---------|------------------------|---------|--------|
| Temperatura | 25,5 °C | 25,6 °C | Humedad | 66,0 % | 66,0 % |
| Carga L1 15 000,3 g | | | Carga L2 30 001,2 g | | |
| I | ΔL | E | I | ΔL | E |
| g | g | g | g | g | g |
| 15 000 | 0,5 | -0,3 | 30 000 | 0,4 | -1,1 |
| 15 001 | 0,8 | 0,4 | 30 001 | 0,7 | -0,4 |
| 15 000 | 0,4 | -0,2 | 30 000 | 0,3 | -1,0 |
| 14 999 | 0,3 | -1,1 | 30 000 | 0,6 | -1,3 |
| 15 000 | 0,6 | -0,4 | 29 999 | 0,4 | -2,1 |
| 15 001 | 0,9 | 0,3 | 30 000 | 0,7 | -1,4 |
| 15 000 | 0,4 | -0,2 | 30 000 | 0,5 | -1,2 |
| 15 000 | 0,6 | -0,4 | 30 000 | 0,8 | -1,5 |
| 15 000 | 0,5 | -0,3 | 30 000 | 0,5 | -1,2 |
| 15 001 | 0,7 | 0,5 | 30 000 | 0,3 | -1,0 |
| Dif Máx. Encontrada | 1,6 | | Dif Máx. Encontrada | 1,7 | |
| EMP | 20 | | EMP | 30 | |

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

| | Inicial | Final | | Inicial | Final |
|-------------|---------|---------|---------|---------|--------|
| Temperatura | 25,6 °C | 25,7 °C | Humedad | 66,0 % | 66,0 % |

| Pos. Carga | Determinación del Error en Cero E_0 | | | | Determinación del Error Corregido E_c | | | | |
|------------------------------|---------------------------------------|--------|---------|------------|---|--------|---------|--------|------------|
| | C. mínima g | I g | ΔL g | E_0 g | Carga L g | I g | ΔL g | E g | E_c g |
| 1 | 100,0 | 100 | 0,6 | -0,1 | 10 000,0 | 10 001 | 0,8 | 0,7 | 0,8 |
| 2 | | 100 | 0,5 | 0,0 | | 10 000 | 0,5 | 0,0 | 0,0 |
| 3 | | 100 | 0,4 | 0,1 | | 9 999 | 0,3 | -0,8 | -0,9 |
| 4 | | 100 | 0,9 | -0,4 | | 10 000 | 0,5 | 0,0 | 0,4 |
| 5 | | 100 | 0,7 | -0,2 | | 10 000 | 0,7 | -0,2 | 0,0 |
| Error máximo permitido (±) | | | | | | | | | 20 |

Revisión 00

RT03-F01

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-LM-064-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 4 de 4

ENSAYO DE PESAJE

| | | | | | |
|-------------|---------|---------|---------|---------|--------|
| | Inicial | Final | | Inicial | Final |
| Temperatura | 25,7 °C | 25,9 °C | Humedad | 66,0 % | 67,0 % |

| Carga L | Carga creciente | | | | Carga decreciente | | | | EMP |
|----------------------|-----------------|-----|------|----------------|-------------------|-----|------|----------------|-----|
| | I | ΔL | E | E _c | I | ΔL | E | E _c | |
| g | g | g | g | g | g | g | g | g | g |
| E ₀ 100,0 | 100 | 0,6 | -0,1 | 0,0 | 200 | 0,6 | -0,1 | 0,0 | 10 |
| 200,0 | 200 | 0,6 | -0,1 | 0,0 | 200 | 0,6 | -0,1 | 0,0 | 10 |
| 3 000,0 | 3 001 | 0,8 | 0,7 | 0,8 | 3 000 | 0,7 | -0,2 | -0,1 | 10 |
| 6 000,3 | 6 000 | 0,5 | -0,3 | -0,2 | 6 000 | 0,7 | -0,5 | -0,4 | 20 |
| 9 000,3 | 8 999 | 0,3 | -1,1 | -1,0 | 9 000 | 0,7 | -0,5 | -0,4 | 20 |
| 12 000,0 | 12 000 | 0,5 | 0,0 | 0,1 | 11 999 | 0,4 | -0,9 | -0,8 | 20 |
| 15 000,3 | 15 001 | 0,9 | 0,3 | 0,4 | 14 999 | 0,5 | -1,3 | -1,2 | 20 |
| 20 001,2 | 19 999 | 0,2 | -1,9 | -1,8 | 20 000 | 0,4 | -1,1 | -1,0 | 20 |
| 22 001,2 | 22 000 | 0,6 | -1,3 | -1,2 | 22 001 | 0,6 | -0,3 | -0,2 | 30 |
| 25 001,5 | 25 000 | 0,4 | -1,4 | -1,3 | 24 999 | 0,4 | -2,4 | -2,3 | 30 |
| 30 001,2 | 30 000 | 0,6 | -1,3 | -1,2 | 30 000 | 0,6 | -1,3 | -1,2 | 30 |

L: Carga puesta sobre la plataforma de la balanza

I: Lectura de indicación de la balanza

E: Error encontrado

EMP: Error máximo permitido

E₀: Error en cero

E_c: Error corregido

ΔL: Carga incrementada

Incertidumbre expandida de medición

$$U_R = 2 \times \sqrt{0,60 \text{ g}^2 + 0,0000000042 \cdot R^2}$$

Lectura corregida de la balanza

$$R_{\text{corregida}} = R + 0,000044 \cdot R$$

R: Indicación de la lectura de la balanza en g

13. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración.

FIN DEL DOCUMENTO



PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LF - 0109 - 2023

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 3

| | | |
|---------------------------------|---|---|
| 1. Expediente | 4827-2023 | Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI). |
| 2. Solicitante | GEOTECNIA & CONSTRUCCION SERVICIOS GENERALES S.A.C. | |
| 3. Dirección | MZA. N° LOTE. 6 URB. VILLA CONTADOR - TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD | |
| 4. Equipo | CORTE DIRECTO | |
| Capacidad | 300 kgf | |
| Marca | PERUTEST | Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente. |
| Modelo | PT-CD-500 | |
| Número de Serie | 1013 | |
| Clase | NO INDICA | |
| Procedencia | NO INDICA | |
| Identificación | GEC-LAB-IE-0038 | |
| Indicador | DIGITAL | |
| Marca | PERUTEST | |
| Modelo | NO INDICA | |
| Número de Serie | 1013 | |
| División de Escala / Resolución | 0.01 kgf | |
| 5. Fecha de Calibración | 2023-10-30 | PERUTEST S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados. |

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2023-10-30


JOSÉ ALEJANDRO FLORES MINAYA



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

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



PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LF - 0109 - 2023

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 2 de 1

6. Método de Calibración

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al LEDI-PUCP tomado como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación de Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticas. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza." - Julio 2006.

7. Lugar de calibración

Las instalaciones del cliente.
MZA. N° LOTE. 6 URB. VILLA CONTADOR - TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

8. Condiciones Ambientales

| | Inicial | Final |
|------------------|---------|---------|
| Temperatura | 19.6 °C | 19.6 °C |
| Humedad Relativa | 75 % HR | 75 % HR |

9. Patrones de referencia

| Trazabilidad | Patrón utilizado | Certificado de calibración |
|---------------------------|--------------------------------------|----------------------------|
| KOSSODO METROLOGIA S.A.C. | CELDA DE CARGA DE 500 kg MARCA: KELI | K523-0124 |
| ELICROM | TERMOHIGROMETRO DIGITAL BOECO | CCP-0102-001-23 |

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.
- Durante la realización de cada secuencia de calibración la temperatura del equipo de medida de fuerza permanece estable dentro de un intervalo de $\pm 2,0$ °C.



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

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

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LF - 0109 - 2023

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 3 de 3

11. Resultados de Medición

| Indicación del Equipo | Indicación de Fuerza (Ascenso) | | | | |
|-----------------------|--------------------------------|-------------|-------------|-------------|----------------------|
| | Patrón de Referencia | | | | |
| % | F_1 (kgf) | F_2 (kgf) | F_3 (kgf) | F_4 (kgf) | $F_{promedio}$ (kgf) |
| 10 | 30 | 30.00 | 29.90 | 30.00 | 30.0 |
| 20 | 60 | 59.94 | 60.00 | 60.00 | 60.0 |
| 30 | 90 | 89.90 | 89.80 | 89.90 | 89.9 |
| 40 | 120 | 119.80 | 119.70 | 119.80 | 119.8 |
| 50 | 150 | 149.70 | 149.60 | 149.60 | 149.6 |
| 60 | 180 | 179.60 | 179.50 | 179.50 | 179.5 |
| 70 | 210 | 209.50 | 209.50 | 209.50 | 209.5 |
| 80 | 240 | 239.40 | 239.40 | 239.30 | 239.4 |
| 90 | 270 | 269.30 | 269.30 | 269.89 | 269.5 |
| 100 | 300 | 299.20 | 299.30 | 299.00 | 299.2 |
| Retorno a Cero | | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |

| Indicación del Equipo F (kgf) | Errores Encontrados en el Sistema de Medición | | | | Incertidumbre U (k=2) (%) |
|------------------------------------|---|--------------------------|---------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|
| | Exactitud a (%) | Repetibilidad b (%) | Reversibilidad v (%) | Resol. Relativa σ (%) | |
| 30 | 0.11 | 0.33 | 0.00 | 0.03 | 0.47 |
| 60 | 0.03 | 0.10 | 0.00 | 0.02 | 0.42 |
| 90 | 0.15 | 0.11 | 0.00 | 0.01 | 0.42 |
| 120 | 0.19 | 0.08 | 0.00 | 0.01 | 0.41 |
| 150 | 0.25 | 0.07 | 0.00 | 0.01 | 0.41 |
| 180 | 0.26 | 0.06 | 0.00 | 0.01 | 0.41 |
| 210 | 0.24 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.41 |
| 240 | 0.26 | 0.04 | 0.00 | 0.00 | 0.41 |
| 270 | 0.19 | 0.22 | 0.00 | 0.00 | 0.43 |
| 300 | 0.28 | 0.10 | 0.00 | 0.00 | 0.41 |

| | |
|---|--------|
| MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO (f_0) | 0.00 % |
|---|--------|

12. Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k=2$, el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%. La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

FIN DEL DOCUMENTO



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LT-013-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 1 de 7

- Expediente:** 0077
 - Solicitante:** GEOTECNIA & CONSTRUCCION SERVICIOS GENERALES S.A.C
 - Dirección:** MZA. N° LOTE. 6 URB. VILLA CONTADOR (VIA DE EVITAMIENTO FRENTE A MAGI PISCINA) LA LIBERTAD - TRUJILLO - TRUJILLO
 - Equipo:** HORNO DE SECADO
Marca: PERUTEST
Modelo: PT-H136
N° de serie: 118
Procedencia: PERU
Identificación: GEC-LAB-IE-0030
Ubicación: LABORATORIO DE GECONSAC
- Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
- Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
- CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
- Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
- El certificado de calibración sin firma y sello, carece de validez.

| Descripción | Dispositivo de control | Instrumento de medición |
|-------------------------|------------------------|-------------------------|
| Intervalo de indicación | 0°C a 300°C | 0°C a 300°C |
| Resolución | 0.1 | 0 °C |
| Tipo | DIGITAL | DIGITAL |

- Fecha de calibración** 2023-06-05

Fecha de Emisión

2023-06-08



Firmado digitalmente por:
BARTOLO CHUQUIBALA JUAN
CARLOS FIR 42443895 hard
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 08/06/2023 20:53:36 -0500



Jefe del Laboratorio

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LT-013-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 2 de 7.

6. Método de calibración

La calibración se efectuó por comparación directa con termómetros calibrados que tiene trazabilidad a la Escala Internacional de Temperatura de 1990 (EIT 90), se utilizó el Procedimiento para la Calibración de Medios Isotérmicos con aire como Medio Termostático PC-018 2da edición.

7. Lugar de calibración

Laboratorio de GECONSAC Ubicado en MZA. N LOTE, 6 URB. VILLA CONTADOR (VIA DE EVITAMIENTO FRENTE A MAGI PISCINA) LA LIBERTAD - TRUJILLO - TRUJILLO

8. Condiciones ambientales

| | Inicial | Final |
|------------------|---------|---------|
| Temperatura | 26,2 °C | 26,6 °C |
| Humedad relativa | 70,0 % | 70,0 % |

9. Patrones de referencia

| Trazabilidad | Patrón utilizado | Certificado de calibración |
|--------------|--|----------------------------|
| SAT | Termómetro digital con 10 sensores tipo K (CH01 al CH10) con incertidumbre en el orden de 0,15 °C a 0,16 °C | LT-0417-2023 |

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento de medición.
- Antes de la calibración no se realizó algún tipo de ajuste.
- La carga para la medición consistió de muestras con muestras.

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-LT-013-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 3 de 7

11. Resultados de la medición

Temperatura ambiental promedio 26,2 °C
Tiempo de calentamiento y estabilización del equipo 2 horas
El controlador se seteo en 110 °C

TEMPERATURA DE TRABAJO DE 110 °C ± 5 °C

| Tiempo min | Term. del equipo °C | TEMPERATURAS EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C) | | | | | | | | | | T. prom °C | T _{max} - T _{min} °C |
|---------------|---------------------------|---|-------|-------|-------|-------|----------------|-------|-------|-------|-------|------------------|---|
| | | NIVEL SUPERIOR | | | | | NIVEL INFERIOR | | | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | | |
| 00 | 110,0 | 110,0 | 111,8 | 109,7 | 109,2 | 110,6 | 109,2 | 112,7 | 113,2 | 111,7 | 113,7 | 111,2 | 4,5 |
| 02 | 110,0 | 109,9 | 111,6 | 109,7 | 109,2 | 110,5 | 109,0 | 112,6 | 113,2 | 111,6 | 113,5 | 111,1 | 4,5 |
| 04 | 110,0 | 109,9 | 111,6 | 109,7 | 109,3 | 110,5 | 109,0 | 112,6 | 113,1 | 111,6 | 113,4 | 111,1 | 4,4 |
| 06 | 110,0 | 110,0 | 111,7 | 109,7 | 109,3 | 110,5 | 109,1 | 112,6 | 113,2 | 111,6 | 113,4 | 111,1 | 4,3 |
| 08 | 110,0 | 110,0 | 111,8 | 109,8 | 109,3 | 110,6 | 109,2 | 112,9 | 113,4 | 111,7 | 113,6 | 111,2 | 4,4 |
| 10 | 110,0 | 110,1 | 111,9 | 110,0 | 109,5 | 110,7 | 109,3 | 112,8 | 113,6 | 111,9 | 113,7 | 111,4 | 4,4 |
| 12 | 110,0 | 110,1 | 111,9 | 109,9 | 109,5 | 110,7 | 109,3 | 112,8 | 113,5 | 111,8 | 113,6 | 111,3 | 4,3 |
| 14 | 110,0 | 109,9 | 111,7 | 109,8 | 109,3 | 110,5 | 109,1 | 112,8 | 113,1 | 111,6 | 113,6 | 111,2 | 4,5 |
| 16 | 110,0 | 109,8 | 111,7 | 109,7 | 109,3 | 110,6 | 109,2 | 112,6 | 113,2 | 111,6 | 113,4 | 111,1 | 4,2 |
| 18 | 110,0 | 109,9 | 111,7 | 109,8 | 109,4 | 110,5 | 109,1 | 112,6 | 113,3 | 111,7 | 113,5 | 111,2 | 4,4 |
| 20 | 110,0 | 110,1 | 111,9 | 109,9 | 109,5 | 110,9 | 109,3 | 113,0 | 113,4 | 111,9 | 113,8 | 111,4 | 4,5 |
| 22 | 110,0 | 110,1 | 111,9 | 109,9 | 109,5 | 110,8 | 109,4 | 112,9 | 113,4 | 111,8 | 113,7 | 111,3 | 4,3 |
| 24 | 110,0 | 109,9 | 111,7 | 109,9 | 109,4 | 110,6 | 109,2 | 112,8 | 113,1 | 111,8 | 113,6 | 111,2 | 4,4 |
| 26 | 110,0 | 110,0 | 111,7 | 109,7 | 109,2 | 110,6 | 109,1 | 112,8 | 113,4 | 111,7 | 113,6 | 111,2 | 4,5 |
| 28 | 110,0 | 109,9 | 111,6 | 109,7 | 109,3 | 110,6 | 109,0 | 112,7 | 113,3 | 111,7 | 113,6 | 111,2 | 4,6 |
| 30 | 110,0 | 109,9 | 111,7 | 109,7 | 109,4 | 110,6 | 109,1 | 112,7 | 113,1 | 111,7 | 113,5 | 111,2 | 4,4 |
| 32 | 110,0 | 110,0 | 111,8 | 109,8 | 109,4 | 110,6 | 109,3 | 112,8 | 113,4 | 111,8 | 113,6 | 111,3 | 4,3 |
| 34 | 110,0 | 110,1 | 111,9 | 109,9 | 109,5 | 110,8 | 109,4 | 112,9 | 113,5 | 111,8 | 113,7 | 111,4 | 4,3 |
| 36 | 110,0 | 110,2 | 111,9 | 110,0 | 109,5 | 110,9 | 109,3 | 112,7 | 113,5 | 111,9 | 113,7 | 111,4 | 4,4 |
| 38 | 110,0 | 109,9 | 111,8 | 109,9 | 109,4 | 110,6 | 109,3 | 112,7 | 113,3 | 111,8 | 113,5 | 111,2 | 4,2 |
| 40 | 110,0 | 109,9 | 111,7 | 109,7 | 109,2 | 110,5 | 109,1 | 112,7 | 113,2 | 111,7 | 113,6 | 111,1 | 4,5 |
| 42 | 110,0 | 109,7 | 111,6 | 109,6 | 109,2 | 110,4 | 109,0 | 112,6 | 113,3 | 111,5 | 113,4 | 111,0 | 4,4 |
| 44 | 110,0 | 109,9 | 111,6 | 109,7 | 109,4 | 110,5 | 109,1 | 112,7 | 113,1 | 111,6 | 113,5 | 111,1 | 4,4 |
| 46 | 110,0 | 110,0 | 111,8 | 109,9 | 109,5 | 110,7 | 109,3 | 112,8 | 113,3 | 111,8 | 113,7 | 111,3 | 4,4 |
| 48 | 110,0 | 110,1 | 111,9 | 109,9 | 109,5 | 110,7 | 109,3 | 112,9 | 113,7 | 111,9 | 113,8 | 111,4 | 4,5 |
| 50 | 110,0 | 110,0 | 111,8 | 109,8 | 109,3 | 110,6 | 109,2 | 112,8 | 113,2 | 111,8 | 113,6 | 111,2 | 4,4 |
| 52 | 110,0 | 110,0 | 111,7 | 109,8 | 109,4 | 110,5 | 109,2 | 112,7 | 113,3 | 111,7 | 113,5 | 111,2 | 4,3 |
| 54 | 110,0 | 109,9 | 111,7 | 109,8 | 109,4 | 110,6 | 109,3 | 112,7 | 113,3 | 111,7 | 113,5 | 111,2 | 4,2 |
| 56 | 110,0 | 110,0 | 111,8 | 109,9 | 109,4 | 110,6 | 109,2 | 112,7 | 113,3 | 111,7 | 113,6 | 111,2 | 4,4 |
| 58 | 110,0 | 110,1 | 111,8 | 109,9 | 109,4 | 110,6 | 109,2 | 112,8 | 113,5 | 111,8 | 113,8 | 111,3 | 4,6 |
| 60 | 110,0 | 110,0 | 111,8 | 109,9 | 109,5 | 110,6 | 109,3 | 112,8 | 113,4 | 111,8 | 113,7 | 111,3 | 4,4 |
| T. PROM | | 110,0 | 111,7 | 109,8 | 109,3 | 110,7 | 109,2 | 112,7 | 113,4 | 111,8 | 113,6 | 111,2 | |
| Temp. máxima | | 110,2 | 111,9 | 110,0 | 109,5 | 110,9 | 109,4 | 113,0 | 113,7 | 111,9 | 113,8 | | |
| Temp. mínima | | 109,7 | 111,6 | 109,6 | 109,2 | 110,4 | 109,0 | 112,6 | 113,1 | 111,5 | 113,4 | | |
| DTI | | 0,5 | 0,3 | 0,4 | 0,3 | 0,5 | 0,4 | 0,4 | 0,6 | 0,4 | 0,4 | | |

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-LT-013-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 4 de 7

| PARÁMETROS | Valor °C | Incertidumbre °C |
|---|-------------|---------------------|
| Máxima Temperatura medida | 113,8 | 0,2 |
| Mínima Temperatura medida | 109,0 | 0,4 |
| Desviación de Temperatura en el Tiempo | 0,6 | 0,1 |
| Desviación de Temperatura en el Espacio | 4,4 | 0,4 |
| Estabilidad medida | 0,3 | 0,05 |
| Uniformidad medida | 4,6 | 0,4 |

- T. PROM : Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.
T. prom : Promedio de las temperaturas en la diez posiciones de medición para un instante dado.
T_{MAX} : Temperatura máxima.
T_{MIN} : Temperatura mínima.
DTT : Desviación de Temperatura en el Tiempo.

Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT está dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura en dicha posición.

Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" está dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.

Incertidumbre expandida de las indicaciones del termómetro propio del Medio Isotermo : 0,06 °C

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

La uniformidad es la máxima diferencia medida de temperatura entre las diferentes posiciones espaciales para un mismo instante de tiempo.

La Estabilidad es considerada igual a $\pm 1/2$ DTT.

Durante la calibración y bajo las condiciones en que ésta ha sido hecha, el medio isotermo CUMPLE con los límites especificados de temperatura

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

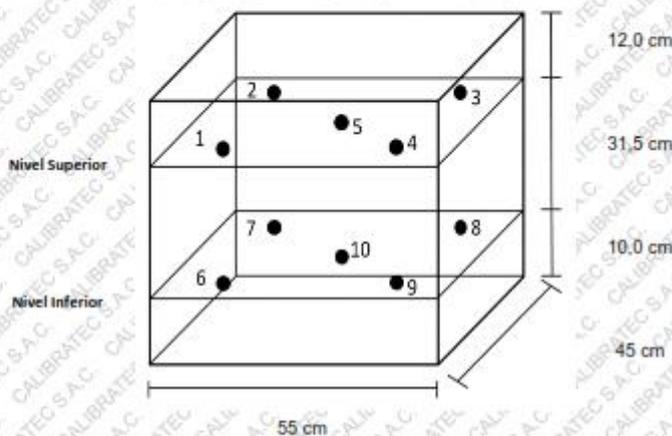
📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-LT-013-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 5 de 7

DISTRIBUCIÓN DE LOS SENSORES DEL EQUIPO



Los sensores 5 y 10 están ubicados en el centro de sus respectivos niveles.

Los sensores del 1 al 5 están ubicados a 1,5 cm por encima de la carga más alta.

Los sensores del 6 al 10 están ubicados a 1,5 cm por debajo de la parrilla inferior.

Los sensores del 1 al 4 y 6 al 9 están ubicados 10 cm de las paredes laterales y a 8 cm del frente y fondo del equipo.

Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-LT-013-2023**

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 6 de 7

TEMPERATURA DE TRABAJO DE 110 °C ± 5 °C



Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-LT-013-2023**

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 7 de 7

FOTOGRAFÍA INTERNA DEL EQUIPO



FIN DEL DOCUMENTO

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B. - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-L-0102-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Longitud

Página 1 de 3

| | | |
|-------------------------|--|---|
| 1. Expediente | 0077 | Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI). |
| 2. Solicitante | GEOTECNIA & CONSTRUCCION SERVICIOS GENERALES S.A.C. | |
| 3. Dirección | MZA. N LOTE. 6 URB. VILLA CONTADOR (VIA DE EVITAMIENTO FRENTE A MAGI PISCINA) LA LIBERTAD - TRUJILLO - TRUJILLO | Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente. |
| 4. Equipo calibrado | TAMIZ | |
| Marca | GRANOTEST | |
| Número de Serie | 65759 | CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados. |
| Identificación | No indica | |
| Procedencia | No indica | |
| Abertura Nominal | 25 mm | |
| Diámetro de bastidor | 8 pulgadas | Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite. |
| Designación alternativa | #1" | |
| 5. Fecha de Calibración | 2023-07-13 | El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez. |

Fecha de Emisión

2023-07-17



Firmado digitalmente por:
ASTETE SORIANO LUCIO FIR
42917546 hard
Motivo: Soy el autor del
documento
Fecha: 17/07/2023 08:35:40-0500



Jefe de Laboratorio

☎ 977 997 385 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624

☎ Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
☎ ventascalibratec@gmail.com
📍 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-L-0102-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Longitud

Página 2 de 3

6. Método de Calibración

La calibración se realizó empleando el método de comparación directa tomando las medidas de abertura de la malla y el diámetro del alambre, tomando como referencia la norma ASTM E11 - 22 "Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves".

7. Lugar de calibración

En las instalaciones de CALIBRATEC S.A.C. ubicado en Av. Chillón Lote 50B - Comas - Lima - Lima

8. Condiciones ambientales

| | Inicial | Final |
|------------------|---------|---------|
| Temperatura | 23,2 °C | 23,2 °C |
| Humedad Relativa | 64 % | 64 % |

9. Patrones de referencia

| Trazabilidad | Patrón utilizado | Certificado de calibración |
|--------------|---------------------------------------|----------------------------|
| KOSSOMET | Pie de rey con incertidumbre de 29 µm | DM23-C-0130 |

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva de **CALIBRADO**.
- Los resultados declarados en el presente certificado, se relacionan solamente con el ítem calibrado indicado en la página 1.
- Ninguna medición supera la máxima variación de abertura.

11. Resultados

ABERTURA DEL TAMIZ

| Abertura Promedio mm | Abertura Máxima mm | Desviación estandar mm | Incertidumbre mm |
|-------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------------|
| 24,978 | 25,940 | 0,28 | 0,11 |

ERRORES MÁXIMOS PERMITIDOS (ASTM E11 -22)

| Variación de abertura promedio | | Máxima variación de abertura | Máxima desviación estandar |
|--------------------------------|--------------|------------------------------|----------------------------|
| Mínimo mm | Máximo mm | mm | mm |
| 24,318 | 25,682 | 26,24 | --- |

DIÁMETRO DEL ALAMBRE

| Diámetro Promedio mm | Incertidumbre mm | E.M.P. (ASTM E11-22) | |
|-------------------------|---------------------|----------------------|--------------|
| | | Máximo mm | Máximo mm |
| 3,611 | 0,036 | 3,000 | 4,100 |

12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

FIN DEL DOCUMENTO

| | | PERFIL ESTRATIGRÁFICO | | Código: GC22/LAB- TS 120 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---------|-------------------------------|--|------------------------------|--|-----------|---------|----------------------|-------------------------|-----------------------|---------------|---|------|--|--|--|--|--------------------|-----------------|------|----|-----------|--|----|--|------|--|--|--|--|--|--|
| | | | | Versión 0.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Modificado: 01/09/2023 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PROYECTO: Comportamiento estructural de sistemas de cimentación para tanques metálicos en centros mineros, Minera Poderosa Pataz, La Libertad 2023* | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| UBICACIÓN: PARAÍSO- PATAZ- LA LIBERTAD | | | | Registro N°: GC22/LAB -TS120 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SOLICITA: PERCY NIXON ROJAS HARO | | | | Fecha: MARZO DEL 2023 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| I. Datos Generales | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PROCEDENCIA | | : SANTA MARÍA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CALICATA | | : C-03 | | COORDENADA ESTE : 214464 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | COORDENADA NORTE : 9140240 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">PROF. (m)</th> <th rowspan="2">MUESTRA</th> <th rowspan="2">CLASIFICACION AASHTO</th> <th rowspan="2">DESCRIPCION DEL ESTRATO</th> <th>NIVEL FREÁTICO (m.l.)</th> <th>CALICATA Nro.</th> </tr> <tr> <th>-</th> <th>C-03</th> </tr> <tr> <th colspan="4"></th> <th>CLASIFICACION SUCS</th> <th>ENSAYOS IN SITU</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.00</td> <td rowspan="2">M1</td> <td rowspan="2">A-2-4 (0)</td> <td rowspan="2">Grava arcillosa con arena de color marrón r, en estado húmedo, de compactad medianamente denso, forma de material angulosa, presenta grava=45.0%, arena=36.1%, y material que pasa por La malla N° 200=15.9% , con límites de consistencia de LL=22.3%, LP=15.0%, IP=7.3%.</td> <td rowspan="2">GC</td> <td rowspan="2"></td> </tr> <tr> <td>1.00</td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td style="text-align: center;">NO SE ENCONTRO A 1.50 m DE PROFUNDIDAD</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> | | | | | | PROF. (m) | MUESTRA | CLASIFICACION AASHTO | DESCRIPCION DEL ESTRATO | NIVEL FREÁTICO (m.l.) | CALICATA Nro. | - | C-03 | | | | | CLASIFICACION SUCS | ENSAYOS IN SITU | 0.00 | M1 | A-2-4 (0) | Grava arcillosa con arena de color marrón r, en estado húmedo, de compactad medianamente denso, forma de material angulosa, presenta grava=45.0%, arena=36.1%, y material que pasa por La malla N° 200=15.9% , con límites de consistencia de LL=22.3%, LP=15.0%, IP=7.3%. | GC |  | 1.00 | | | | NO SE ENCONTRO A 1.50 m DE PROFUNDIDAD | | |
| PROF. (m) | MUESTRA | CLASIFICACION AASHTO | DESCRIPCION DEL ESTRATO | NIVEL FREÁTICO (m.l.) | CALICATA Nro. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | - | C-03 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | CLASIFICACION SUCS | ENSAYOS IN SITU | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0.00 | M1 | A-2-4 (0) | Grava arcillosa con arena de color marrón r, en estado húmedo, de compactad medianamente denso, forma de material angulosa, presenta grava=45.0%, arena=36.1%, y material que pasa por La malla N° 200=15.9% , con límites de consistencia de LL=22.3%, LP=15.0%, IP=7.3%. | GC |  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | NO SE ENCONTRO A 1.50 m DE PROFUNDIDAD | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| OBSERVACIONES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TIPO DE MUESTRA: | | MAS: muestra alterada en saco | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



GECON SAC
 Geotecnia y Construcción S.A.C.
 Ing. Jorge L. Quipuzcoa Urdanivia
 C.I.P. 9709
 JEFE LABORATORIO, ESTUDIOS GEOTECNICOS

ANEXO 1: Matriz de Consistencia

CAP 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO Comportamiento estructural de sistema de cimentación en tanques metálicos en centros mineros, Minera Poderosa Pataz, La Libertad 2023.

| PROBLEMA | OBJETIVOS | HIPOTESIS | VARIABLES | DIMENSIONES | INDICADORES | INSTRUMENTOS |
|---|---|--|--|-----------------------|---|--|
| P. General | O. General | H. General | INDEPENDIENTE | | | |
| ¿De qué manera los sistemas de cimentación en tanques metálicos en centros mineros influye en comportamiento estructural, Minera Poderosa Pataz, La Libertad 2023? | Calcular de qué manera los sistemas de cimentación en tanques metálicos en centros mineros influye en comportamiento estructural, Minera Poderosa Pataz, La Libertad 2023 | ¿El sistema de cimentación de zapatas con anillos influye positivamente en comportamiento estructural, Minera Poderosa Pataz, La Libertad 2023? | sistema de cimentación en tanques metálicos en centros mineros | Plata de Cimentación | Capacidad portante Peso del tanque Coeficiente sísmicos | Ficha Recolección de Datos Anexo 4-A |
| | | | | Anillo de cimentación | Capacidad portante Peso del tanque Coeficiente sísmicos | Ficha Recolección de Datos Anexo 4-A |
| | O. Especifico | H. Especifico | DEPENDIENTE | | | |
| ¿Cómo los sistemas de cimentación en tanques metálicos en centros mineros influye en los asentamientos, Minera Poderosa Pataz, La Libertad 2023? | Evaluar como los sistemas de cimentación en tanques metálicos en centros mineros influye en los asentamientos, Minera Poderosa Pataz, La Libertad 2023 | El sistema de cimentación de zapatas con anillos influye positivamente en los asentamientos, Minera Poderosa Pataz, La Libertad 2023 | Comportamiento estructural | Sub estructura (m) | 2 Asentamiento Esfuerzo de la pared del tanque tn | Ficha Resultado de SAP200 Y EXCEL según API 650 Anexo 4-B |
| ¿Cómo los sistemas de cimentación en tanques metálicos en centros mineros influye en los presiones actuantes bajo el tanque, Minera Poderosa Pataz, La Libertad 2023? | Evaluar como los sistemas de cimentación en tanques metálicos en centros mineros influye en las presiones actuantes bajo el tanque, Minera Poderosa Pataz, La Libertad 2023 | El sistema de cimentación de zapatas con anillos influye positivamente presiones actuantes bajo el tanque, Minera Poderosa Pataz, La Libertad 2023 | | Sub estructura | 2 Presiones actuales bajo el tanque tn/m2 | Ficha Resultado de SAP200 Y EXCEL según API 650 Anexo 4-C |
| ¿Cómo los sistemas de cimentación en tanques metálicos en centros mineros influye en el deslizamiento, Minera Poderosa Pataz, La Libertad 2023? | Evaluar como los sistemas de cimentación en tanques metálicos en centros mineros influye en el deslizamiento, Minera Poderosa Pataz, La Libertad 2023 | El sistema de cimentación de zapatas con anillos influye positivamente deslizamiento, Minera Poderosa Pataz, La Libertad 2023 | | Sub estructura | 2 Deslizamiento tn.m | Ficha Resultado de SAP200 Y EXCEL según API 650 Anexo 4-C |
| ¿Cómo los sistemas de cimentación en tanques metálicos en centros mineros influye en el momento de volteo, Minera Poderosa Pataz, La Libertad 2023? | Evaluar como los sistemas de cimentación en tanques metálicos en centros mineros influye en el momento de volteo, Minera Poderosa Pataz, La Libertad 2023 | El sistema de cimentación de zapatas con anillos influye positivamente momento de volteo, Minera Poderosa Pataz, La Libertad 2023 | | Sub estructura | 2 momento de volteo tn.m | Ficha Resultado de SAP200 Y EXCEL según API 650 Anexo 4-C |

ANEXO 2: Matriz de Operacionalización

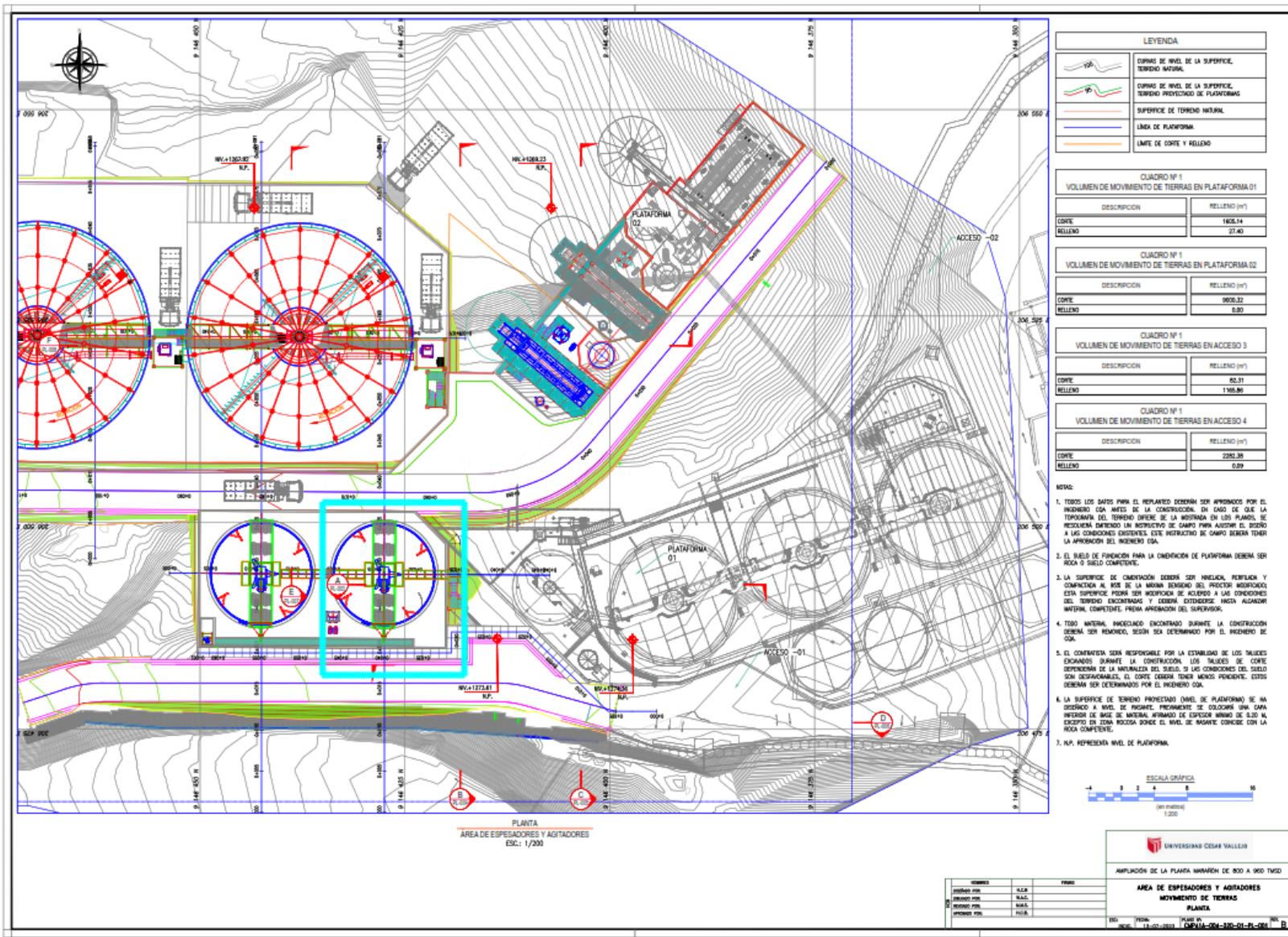
CAP 3

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN

TÍTULO

Comportamiento estructural de sistema de cimentación en tanques metalicos en centros mineros, Minera Poderosa Pataz, La Libertad 2023.

| VARIABLES | DEFINICION CONCEPTUAL | DEFINICION OPERACIONAL | DIMENSIONES | INDICADORES | ESCALA | METODOLOGÍA |
|----------------------------|--|---|-----------------------|--|--------|--|
| INDEPENDIENTE | | | | | | <p>Tipo de Investigación: Aplicada</p> <p>Nivel de Investigación: Explicativo</p> <p>Diseño de Investigación: No Experimental</p> <p>Enfoque: Cuantitativo</p> <p>Población: Todas las cimentaciones para tanques metalicos</p> <p>Muestra: Una cimentación de tanque agitador</p> <p>Muestreo: No probalístico</p> <p>Técnica: Observación Directo</p> <p>Instrumento de recolección de datos: -Fichas de recolección de datos -Ensayos de Laboratorio</p> |
| SISTEMA DE CIMENTACIÓN | Para definir un sistema de cimentación es muy importante conocer el estudio de mecánica de suelos y sus diferentes factores para así tener recomendaciones de diseño óptimos, resistentes y estables. En sus diferentes tipos: zapata aislada, zapata combinada, zapata conectada, zapata corrida y platea de cimentación (Rodríguez, 2023, p. 195). | Los sistemas de cimentación se evaluarán para estas infraestructuras de soporte de tanques metalicos son anillos de cimentación y platea; con el objetivo de definir una infraestructura óptima, segura, estable y considere el cuidado del medio ambiente. | Platea de cimentación | Capacidad portante (tn/m ²) Peso del tanque (tn) Predimensionamiento (m) | RAZON | |
| | | | Anillo de cimetaón | Capacidad portante (tn/m ²) Peso del tanque (tn) Predimensionamiento (m) | RAZON | |
| DEPENDIENTE | | | | | | |
| Comportamiento estructural | El comportamiento estructural se define como responde una infraestructura basandose en terminos de desplazamientos y deformaciones, desarrollados debido a la aplicación de esfuerzos externos (Dias, 2016, p. 16) | Se proponen 2 tipos de sistemas de cimentación, para que puedan influir en el comportamiento estructural de las infraestructuras propuestas, para estos casos se medirá si influye positivamente en asentamientos, presiones actuantes bajo el tanque, deslizamiento y momento de volteo. Finalmente los resultados obtenidos serán procesados en formatos y fichas técnicas bajo la API-650. | Sub estructura | Asentamiento (Kg/cm ²) | RAZON | |
| | | | Sub estructura | Presiones actuantes bajo el tanque (Kg/cm ²) | RAZON | |
| | | | Sub estructura | Delizamiento (Kg/cm ²) | RAZON | |
| | | | Sub estructura | Momento de volteo (Kg/cm ²) | RAZON | |



| LEYENDA | |
|---------|--|
| | CURVA DE NIVEL DE LA SUPERFICIE, TERRENO NATURAL |
| | CURVA DE NIVEL DE LA SUPERFICIE, TERRENO PROYECTADO DE PLATAFORMAS |
| | SUPERFICIE DE TERRENO NATURAL |
| | LÍNEA DE PLATAFORMA |
| | LÍMITE DE CORTE Y RELLENO |

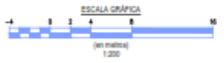
| CUADRO N° 1 VOLUMEN DE MOVIMIENTO DE TIERRAS EN PLATAFORMA 01 | |
|--|--------------|
| DESCRIPCION | RELLENO (m³) |
| CORTE | 1405.14 |
| RELLENO | 27.40 |

| CUADRO N° 1 VOLUMEN DE MOVIMIENTO DE TIERRAS EN PLATAFORMA 02 | |
|--|--------------|
| DESCRIPCION | RELLENO (m³) |
| CORTE | 9006.32 |
| RELLENO | 5.80 |

| CUADRO N° 1 VOLUMEN DE MOVIMIENTO DE TIERRAS EN ACCESO 3 | |
|---|--------------|
| DESCRIPCION | RELLENO (m³) |
| CORTE | 82.31 |
| RELLENO | 1709.86 |

| CUADRO N° 1 VOLUMEN DE MOVIMIENTO DE TIERRAS EN ACCESO 4 | |
|---|--------------|
| DESCRIPCION | RELLENO (m³) |
| CORTE | 2292.38 |
| RELLENO | 0.89 |

- NOTAS:
1. TODOS LOS DATOS PARA EL REPLANTEO DEBERÁN SER APROBADOS POR EL INGENIERO CDA ANTES DE LA CONSTRUCCIÓN. EN CASO DE QUE LA TOPOGRAFÍA DEL TERRENO DIFIERE DE LA MOSTRADA EN LOS PLANOS, SE RECOMIENDA ELABORAR UN INSPECTIVO DE CAMPO PARA ADAPTAR EL DISEÑO A LAS CONDICIONES EXISTENTES. ESTE INSPECTIVO DE CAMPO DEBERÁ TENER LA APROBACIÓN DEL INGENIERO CDA.
 2. EL SUELO DE FUNDACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PLATAFORMA DEBERÁ SER ROCA O SUELO COMPACTE.
 3. LA SUPERFICIE DE CIMENTACIÓN DEBERÁ SER HORIZONTAL, PERFILADA Y COMPARADA AL VISE DE LA MISMA TIENDERA DEL PROYECTO MODIFICADO. ESTA SUPERFICIE PODRÁ SER MODIFICADA DE ACUERDO A LAS CONDICIONES DEL TERRENO ENCONTRADAS Y DEBERÁ EXTENDERSE HASTA ALCANZAR MATERIAL COMPACTE, PRIMA APROBACIÓN DEL SUPERVISOR.
 4. TODO ANTERO INNECESARIO ENCONTRADO DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DEBERÁ SER REMOVIDO, SEGÚN SEA DETERMINADO POR EL INGENIERO DE CDA.
 5. EL CONTRATISTA SERÁ RESPONSABLE POR LA ESTABILIDAD DE LOS TALUDES DISEÑADOS DURANTE LA CONSTRUCCIÓN. LOS TALUDES DE CORTE DEPENDERÁN DE LA INHOMOGENEIDAD DEL SUELO. SI LAS CONDICIONES DEL SUELO SON DESFAVORABLES, EL CORTE DEBERÁ TENER MENOS PENDIENTE. ESTOS TALUDES SERÁN DETERMINADOS POR EL INGENIERO CDA.
 6. LA SUPERFICIE DE TERRENO PROYECTADO (NIVEL DE PLATAFORMA) SE HA DISEÑADO A NIVEL DE PROYECTO. PRECISAMENTE DE COLOCAR UNA CAPA INFERIOR DE BASE DE MATERIAL AFIRMADO DE ESPESOR MÍNIMO DE 0.10 M, EXCEPTO SI EXISTE ROCA DUREZA QUE EL NIVEL DE PROYECTO COINCIDE CON LA ROCA COMPACTE.
 7. N.P. REPRESENTA NIVEL DE PLATAFORMA.



PLANTA
ÁREA DE ESPESADORES Y AGITADORES
ESCALA: 1/200

| ITEM | DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD |
|------|-------------|--------|----------|
| 01 | ... | ... | ... |
| 02 | ... | ... | ... |
| 03 | ... | ... | ... |
| 04 | ... | ... | ... |

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

AMPLIACIÓN DE LA PLANTA MIMAMÓN DE 800 A 900 TMSD

ÁREA DE ESPESADORES Y AGITADORES

MOVIMIENTO DE TIERRAS

PLANTA

NO. DE PLAN: 13-02-0001

FECHA: 08-03-2011

PROYECTO: AMPLIACIÓN DE 800-01-01-001

ANEXO 3: Instrumento de Recolección de Datos



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Ficha de recolección de datos: Sistema de cimentación y Comportamiento estructural

"Comportamiento estructural de sistemas de cimentación para tanques metálicos en centros mineros, Minería Poderosa Pataz, La Libertad 2023"

Parte A: Datos generales

Tesista 01: Percy Nixon Rojas Haro

Fecha: Lima, septiembre – 2023.

VARIABLE INDEP 1: Disipador de Energía

| | |
|----|-------------------------|
| OK | Sistemas de cimentación |
|----|-------------------------|

Tesis: Alva, Z (2016) Estructuras con sistemas de amortiguamiento: **Sistemas de cimentación**

VARIABLE DEPENDIENTE: Respuesta Estructural

| | |
|----|------------------------------|
| OK | Deslizamiento |
| OK | Presiones de contacto |
| OK | Momento resistente al volteo |

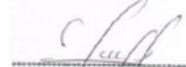
Tesis: Miranda, D (2017) Análisis de estabilidad: **Deslizamiento**

Tesis: Rosales, C (2016) Análisis de estabilidad: **Presiones de contacto y momento al volteo**

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

Apellidos: Nina Vizcarra
Nombres: Nataly Paola
Título: Ingeniero Civil
Grado: Maestro, Mg
N° Reg. CIP: 152143
Observaciones:

Firma / CIP



Nataly Paola Nina Vizcarra
INGENIERA CIVIL
CIP. 152143

Apellidos: Ariza Flores
Nombres: Víctor André
Título: Ingeniero Civil
Grado: Maestro, Mg
N° Reg. CIP:185530
Observaciones:

Firma / CIP



VICTOR ANDRE
ARIZA FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 185530

Apellidos: Flores Espinoza
Nombres: Mirian
Título: Ingeniero Civil
Grado: Maestro, Mg
N° Reg. CIP:135872
Observaciones:

Firma / CIP



MIRIAN F. FLORES ESPINOZA
CIP-135872
Firma y Sello

ANEXO 4: Formatos



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Ficha de recolección de datos: **Sistemas de cimentación y Comportamiento estructural.**

“Comportamiento estructural de cimentación para tanques metálicos en centro mineros, Minera Poderosa Pataz, La Libertad 2023”

Fecha: 16/09/2023

Numero de ficha: 1

Parte A: Datos generales

Ubicación geográfica

Provincia: Pataz Distrito: Pataz Localidad: Vijus

Parte B: Infraestructura

| | | |
|-------------------------------|---|--|
| Sistema de Cimentación | Capacidad portante (tn/m ²) | |
| | Peso de tanque (tn) | |
| | Coefficiente sísmico | |

Parte C: Distribución de estructuras

| | | |
|---------------------------|------------------------|--|
| Medidas | Ancho de base (m) | |
| | Espesor de base (m) | |
| | Altura de pedestal (m) | |
| | Ancho de pedestal (m) | |
| Tipo de estructura | Platea | |
| | Anillo de cimentación | |

Parte D: Análisis Estabilidad

| | | TKVacio | TKLleno |
|---|---------|---------|---------|
| Carga Vertical | Fvt(t) | | |
| Fuerza Resistente al Desi. $F_{res}=F_{vt}x\mu^2$ | Fres(t) | | |
| Fuerza Acatante | Fact(t) | | |
| Factor de seguridad al deslizamiento | FSdc= | | |
| Calculado. | FSdv= | | |

Parte E: Análisis Estabilidad

| | | TKVacio | TKLleno |
|-------------------------------|---------|---------|---------|
| Carga Vertical | Fvt(t) | | |
| Momento resistente | Mres(t) | | |
| Momento actuante | Mact(t) | | |
| Factor de seguridad al volteo | FSvc= | | |
| Calculado. | FSvm= | | |

Parte F: Análisis Estabilidad

| | Caso 0 | | Caso 1 | | Caso 2 | |
|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | TK vacio | TK lleno | TK vacio | TK lleno | TK vacio | TK lleno |
| | S/E | S/E | C/E | C/E | C/E | C/E |
| M (t-m) | | | | | | |
| P(t) | | | | | | |
| Exc(m) | | | | | | |
| Exc/df | | | | | | |
| C2 | | | | | | |
| S(t/m2) | | | | | | |
| s adm= | | | | | | |
| Verif= | | | | | | |

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [x] Aplicable después de corregir []
] No aplicable []

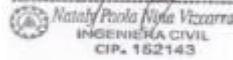
Apellidos y nombre(s) del juez evaluador: Nina Vizcarra Nataly Paola

Especialista: Metodólogo [] Temático [x]

Grado: Maestro [x] Doctor []

Título profesional: Ingeniero Civil

N° de registro CIP: 152143

Nataly Paola Nina Vizcarra
INGENIERA CIVIL
CIP. 152143

Firma y Sello



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Ficha de recolección de datos: Sistemas de cimentación y Comportamiento estructural.

“Comportamiento estructural de sistemas de cimentación para tanques metálicos en centro mineros, Minera Poderosa Pataz, La Libertad 2023”

Fecha:16/09/2023

Numero de ficha:1

Parte A: Datos generales

Ubicación geográfica

Provincia: Pataz Distrito: Pataz Localidad: Vijus

Parte B: Infraestructura

| | | |
|-------------------------------|---|--|
| Sistema de Cimentación | Capacidad portante (tn/m ²) | |
| | Peso de tanque (tn) | |
| | Coefficiente sísmico | |

Parte C: Distribución de estructuras

| | | |
|---------------------------|------------------------|--|
| Medidas | Ancho de base (m) | |
| | Espesor de base (m) | |
| | Altura de pedestal (m) | |
| | Ancho de pedestal (m) | |
| Tipo de estructura | Platea | |
| | Anillo de cimentación | |

Parte D: Análisis Estabilidad

| | | TKVacio | TKLleno |
|--|---------|---------|---------|
| Carga Vertical | Fvt(t) | | |
| Fuerza Resistente al Desi. Fres=Fvtxm2 | Fres(t) | | |
| Fuerza Acatante | Fact(t) | | |
| Factor de seguridad al deslizamiento | FSdc= | | |
| Calculado. | FSdv= | | |

Parte E: Análisis Estabilidad

| | | TKVacio | TKLleno |
|-------------------------------|---------|---------|---------|
| Carga Vertical | Fvt(t) | | |
| Momento resistente | Mres(t) | | |
| Momento actuante | Mact(t) | | |
| Factor de seguridad al volteo | FSvc= | | |
| Calculado. | FSvm= | | |

Parte F: Análisis Estabilidad

| | Caso 0 | | Caso 1 | | Caso 2 | |
|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | TK vacio | TK lleno | TK vacio | TK lleno | TK vacio | TK lleno |
| | S/E | S/E | C/E | C/E | C/E | C/E |
| M (t-m) | | | | | | |
| P(t) | | | | | | |
| Exc(m) | | | | | | |
| Exc/df | | | | | | |
| C2 | | | | | | |
| S(t/m2) | | | | | | |
| s adm= | | | | | | |
| Verif= | | | | | | |

Opinión de aplicabilidad: Aplicable después de corregir []
] No aplicable []

Apellidos y nombre(s) del juez evaluador: Ariza Flores Víctor André

Especialista: Metodólogo [] Temático []

Grado: Maestro [] Doctor []

Título profesional: Ingeniero Civil

N° de registro CIP: 185530



VICTOR ANDRÉ
ARIZA FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP Nº 185530

Firma y Sello



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Ficha de recolección de datos: **Sistemas de cimentación y Comportamiento estructural.**

“Comportamiento estructural de sistemas de cimentación para tanques metálicos en centro mineros, Minera Poderosa Pataz, La Libertad 2023”

Fecha: 16/09/2023

Numero de ficha: 1

Parte A: Datos generales

Ubicación geográfica

Provincia: Pataz Distrito: Pataz Localidad: Vijus

Parte B: Infraestructura

| | | |
|-------------------------------|---|--|
| Sistema de Cimentación | Capacidad portante (tn/m ²) | |
| | Peso de tanque (tn) | |
| | Coefficiente sísmico | |

Parte C: Distribución de estructuras

| | | |
|---------------------------|------------------------|--|
| Medidas | Ancho de base (m) | |
| | Espesor de base (m) | |
| | Altura de pedestal (m) | |
| | Ancho de pedestal (m) | |
| Tipo de estructura | Platea | |
| | Anillo de cimentación | |

Parte D: Análisis Estabilidad

| | | TKVacio | TKLleno |
|---|---------|---------|---------|
| Carga Vertical | Fvt(t) | | |
| Fuerza Resistente al Desi. $F_{res}=F_{vt}x\mu^2$ | Fres(t) | | |
| Fuerza Acatante | Fact(t) | | |
| Factor de seguridad al deslizamiento | FSdc= | | |
| Calculado. | FSdv= | | |

Parte E: Análisis Estabilidad

| | | TKVacio | TKLleno |
|-------------------------------|---------|---------|---------|
| Carga Vertical | Fvt(t) | | |
| Momento resistente | Mres(t) | | |
| Momento actuante | Mact(t) | | |
| Factor de seguridad al volteo | FSvc= | | |
| Calculado. | FSvm= | | |

Parte F: Análisis Estabilidad

| | Caso 0 | | Caso 1 | | Caso 2 | |
|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | TK vacio | TK lleno | TK vacio | TK lleno | TK vacio | TK lleno |
| | S/E | S/E | C/E | C/E | C/E | C/E |
| M (t-m) | | | | | | |
| P(t) | | | | | | |
| Exc(m) | | | | | | |
| Exc/df | | | | | | |
| C2 | | | | | | |
| S(t/m2) | | | | | | |
| s adm= | | | | | | |
| Verif= | | | | | | |

Opinión de aplicabilidad: Aplicable Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombre(s) del juez evaluador: Flores Espinoza Mirian

Especialista: Metodólogo [] Temático [x]

Grado: Maestro [x] Doctor []

Título profesional: Ingeniero Civil

N° de registro CIP: 135872



The image shows a handwritten signature in blue ink over a horizontal line. Below the signature is a circular official stamp. The text within the stamp reads "ING. MIRIAN E. FLORES ESPINOZA" and "CIP: 135872". Below the stamp, the words "Firma y Sello" are printed.

Firma y Sello