



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Estabilización del suelo mediante la adición de Zeolita en el
dique de tierra de la presa Cotarsaya, Azángaro, Puno, 2023

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR:

Tipo Quispe, Soledad Irma (orcid.org/0000-0003-2728-9150)

ASESOR:

Mgtr. Olarte Pinares, Jorge Richard (orcid.org/0000-0001-5699-1323)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Obras Hidráulicas y Saneamiento

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

LIMA — PERÚ

2023

Dedicatoria

A nuestro Dios creador y padre celestial por haberme dado la vida y guiado en el camino del bien, a mi hijo Leonardo Saul quien es mi razón para continuar transitando en el camino de la vida, a mi pareja Héctor Alfredo por su apoyo y comprensión durante el desarrollo de la presente investigación.

Agradecimiento

Al asesor de la presente tesis, quien con sus experiencia y conocimientos ha sabido guiarme correctamente, a todas las personas que han motivado y contribuido en la ejecución de la presente investigación.

Índice de contenidos

	Pág.
Carátula.....	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
Resumen.....	viii
Abstract.....	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	19
3.1. Tipo y diseño de investigación	19
3.2. Variables y operacionalización.....	19
3.3. Población, muestra y muestreo.....	20
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	20
3.5. Procedimientos	21
3.6. Método de análisis de datos	30
3.7. Aspectos éticos.....	30
IV. RESULTADOS.....	31
V. DISCUSIÓN	39
VI. CONCLUSIONES	41
VII. RECOMENDACIONES	43
REFERENCIAS	44
ANEXOS	47

Índice de tablas

Tabla 1. Composición química de la Zeolita	13
Tabla 2. Relación entre porcentaje de dispersión y carácter dispersivo del suelo	16
Tabla 3. Resultados de porcentajes de dispersión, mediante el ensayo de Doble Hidrómetro	33
Tabla 4. Resultados del índice de plasticidad, mediante el ensayo de Límites de Consistencia.	35
Tabla 5. Resultados de la permeabilidad, mediante el ensayo de Permeámetro de Carga Variable	36
Tabla 6. Resumen de prueba de normalidad para las variables	38
Tabla 7. Prueba de correlación de Pearson de las variables con la Zeolita	38

Índice de figuras

Figura 1. Zeolita en forma de piedra (a) y sometida a un proceso de trituración (b)	9
Figura 2. Sistema de Clasificación de suelos (SUCS).	10
Figura 3. Carta de plasticidad - Clasificación de suelos finos	11
Figura 4. Clasificación de suelos sistema AASHTO.	11
Figura 5. Estructura de las Zeolitas. (A atómica, B Tetraédrica, y C cristalina)	12
Figura 6. Equipos y utensilios para el ensayo de Doble Hidrómetro.	14
Figura 7. Probetas con muestra de suelo y agua destilada.	15
Figura 8. Curvas granulométricas obtenidas del ensayo de Doble Hidrómetro	15
Figura 9. Ensayo de límite líquido - suelo con ranura de 2mm	16
Figura 10. Cilindros de suelo de 3 mm de diámetro, ensayo de límite de plástico.	17
Figura 11. Toma de muestra del suelo del dique de tierra.	22
Figura 12. Toma de muestra del aditivo Zeolita de la Cantera Paxa Tiquillaca.	22
Figura 13. Horno para el secado del material suelo.	23
Figura 14. Dosificación del suelo y la Zeolita en peso.	23
Figura 15. Ensayo de Límite Líquido, ranura en la copa de Casagrande.	24
Figura 16. Cilindros de suelo con diámetros de 1/8 pulg - ensayo del Límite Plástico	25
Figura 17. Ensayo del Doble Hidrómetro, registro de temperatura.	26
Figura 18. Registro de sólidos en suspensión con Hidrómetro.	27
Figura 19. Ensayo de Proctor Estándar, distribución uniforme del agua en la muestra preparada.	28
Figura 20. Compactación de la muestra a 25 golpes - Ensayo Proctor Estándar	28
Figura 21. Cilindro con muestra compactada para el ensayo de Permeámetro de Carga Variable	29
Figura 22. Ensayo de Permeámetro de Carga Variable	30
Figura 23. Ubicación política del lugar de estudio	31
Figura 24. Mapa de ubicación del proyecto	32
Figura 25. Grafica de barras de los porcentajes de dispersión, para suelo con dosificaciones de Zeolita	33

Figura 26. Grafica de dispersión de los porcentajes de dispersión, para suelo con dosificaciones de Zeolita	34
Figura 27. Grafica de barras del índice de plasticidad, para suelo con dosificaciones de Zeolita	35
Figura 28. Grafica de dispersión de los índices de plasticidad, para suelo con dosificaciones de Zeolita	36
Figura 29. Grafica de barras de la permeabilidad, para suelo con dosificaciones de Zeolita	37
Figura 30. Grafica de dispersión de la permeabilidad, para suelo con dosificaciones de Zeolita	37

Resumen

En la presente investigación se tuvo como objetivo estabilizar el suelo del dique de tierra de la presa Cotarsaya, mediante la adición con Zeolita, para reducir la filtración aguas abajo del dique, se planteó la dosificación de suelo con contenido de Zeolita de 2.5, 3.5, 4.5, 5.0% en peso, las propiedades de suelo evaluadas fueron la dispersión, índice de plasticidad (IP) y la permeabilidad. Los resultados muestran que los valores de la dispersión disminuyen frente a un incremento de la dosificación de Zeolita, pasando de un grado de dispersión intermedia (30% - 50%) a un grado de no dispersivo (<30%) para las dosificaciones de Zeolita en 4.5 y 5.0% en peso; respecto al IP se evidencia el incremento de los valores, frente a un incremento de la dosificación de Zeolita, obteniéndose valores de IP dentro del rango recomendado para conformaciones de diques de tierra (15 - 35); y en relación a la permeabilidad los valores obtenidos disminuyen con el incremento de la dosificación de Zeolita, pasando de $7.2 \times 10^{-6} \text{cm/s}$ a $6.5 \times 10^{-7} \text{cm/s}$, finalmente concluimos que las muestras de suelo dosificadas con Zeolita, mejoraron sus propiedades del suelo que ayudan a la impermeabilización y estabilización del dique de tierra.

Palabras clave: Zeolita, estabilización de suelo, filtración, permeabilidad.

Abstract

In the present investigation, the objective was to stabilize the soil of the earthen dam of the Cotarsaya dam, by adding with Zeolite, to reduce filtration downstream of the dam, the dosing of soil with Zeolite content of 2.5, 3.5, 4.5, 5.0% in weigh, the soil properties evaluated were dispersion, plasticity index (PI) and permeability. The results show that the dispersion values decrease with an increase in the Zeolite dosage, going from a degree of intermediate dispersion (30% - 50%) to a degree of non-dispersion (<30%) in Zeolite dosages at 4.5 and 5.0% in weight, with respect to the IP, the increase in values is evident, against an increase in the dosage of Zeolite, obtaining IP values within the recommended range for conformations of earthen dikes (15 - 35); and in relation to permeability, the values obtained decrease with the increase in the Zeolite dosage, going from $7.2 \times 10^{-6} \text{cm/s}$ to $6.5 \times 10^{-7} \text{cm/s}$, finally we conclude that the soil samples dosed with Zeolite, improved their soil properties that help waterproofing and stabilizing the earthen dike.

Keywords: Zeolite, soil stabilization, filtration and permeability.

I. INTRODUCCIÓN

Briones (1994) A nivel internacional, según el reporte de la Comisión Internacional de Grandes Presas (ICOLD) el fenómeno de tubificación (erosión interna), es una de las principales causas de fallas de presas de tierra a nivel mundial, representando el 46% de fallas en represas de tierra, provocando desastres como pérdidas de vidas humanas, económicas, de infraestructura y culturales. El fenómeno de tubificación ocurre por efectos de las fuerzas erosivas producidas por el flujo de agua provocando el movimiento de las partículas y creando el arrastre de partículas de suelo en el interior, formado en el suelo conductos por donde circula el agua a mayor velocidad con dominio de arrastre que van aumentando el diámetro hasta ocasionar una falla. Rosales (2021).

El dique de tierra que se optó para el estudio pertenece a la presa de Cotarsaya que se ubica en el distrito de Asillo, provincia de Azángaro, región Puno, al sur de Perú, este embalse almacena un volumen total de 7.6 MMC de agua, conformada por un cuerpo de presa de concreto con sus respectivas obras de arte como la descarga de fondo, aliviadero entre otros, además de un dique de tierra de 665 m. de longitud en la margen izquierda de la presa. En la actualidad, aguas abajo del dique de tierra existe filtración formándose un bofedal en las áreas adyacentes al dique, afectando al canal principal Progreso Asillo y áreas de riego aledañas, representando así una zona de riesgo a producirse tubificación o erosión interna por la acción del agua del embalse. Teniendo en cuenta estas consideraciones, el dique de tierra de la presa Cotarsaya, requiere de la estabilización de los suelos que conforman el cuerpo del dique, con la finalidad de reducir la filtración.

Por otro lado, tenemos la zeolita actualmente considerada como un mineral de enorme poder absorbente, intercambio iónico de alta capacidad y por su conformación de minerales como el silicio, calcio, magnesio, aluminio, sodio, oxígeno e hidrógeno; pertenece al grupo de minerales aluminosilicatos hidratados altamente cristalinos, que al quedarse sin agua desarrolla un cristal ideal, con una estructura porosa de 3 a 10 angstroms de diámetros de poro.

Admiten un cambio iónico y deshidratación reversible, por su forma de estructura que son espacios ocupados por iones y moléculas de agua con facilidad de movimiento.

En la presente investigación se tomó la zeolita como aditivo por sus propiedades mencionadas en el párrafo anterior, para estabilizar el dique de tierra de la presa Cotarsaya y reducir la filtración que presenta actualmente. La investigación se basa en ensayos experimentales como el ensayo de Doble Hidrómetro cuyo resultado permite obtener el porcentaje de dispersión, ensayo de Límites de Consistencia, ensayo que permite determinar el índice de plasticidad y finalmente efectuar el ensayo de Permeabilidad de Carga Variable, que permita determinar la permeabilidad.

Se plantea el problema general: el dique de tierra de la presa Cotarsaya presenta filtraciones aguas abajo, formando bofedales que afectan al canal principal Progreso Asillo. ¿Como influirá el uso de la Zeolita en la estabilización del suelo el dique de tierra de la presa Cotarsaya, que permita reducir la filtración?, de la misma manera se formulan los problemas específicos: porcentajes altos de dispersión de los suelos que conforman el dique de tierra, permiten la filtración y la formación de tubificaciones ¿Con la dosificación del suelo con Zeolita, podría reducirse el porcentaje de dispersión?; valores bajos o muy altos de índice de plasticidad influyen negativamente en la estabilidad del dique de tierra ¿Con la dosificación del suelo con Zeolita, mejoraría su índice de plasticidad?; el suelo que conforma el dique de tierra, tiene una permeabilidad de baja capacidad de impermeabilización, que permite la filtración a través de ella que afecta a la estabilidad del dique ¿Con la dosificación de suelo con Zeolita, la permeabilidad podría disminuir?.

El presente proyecto de investigación tiene como Justificación Técnica, la propuesta de mejorar las propiedades del suelo del dique de tierra de la presa de Cotarsaya, usando como aditivo el mineral Zeolita para lograr estabilizar el suelo y disminuir la filtración. Como Justificación Social está basada en el desarrollo agrícola y económico de las comunidades del distrito de Asillo, debido a las filtraciones que ocurren en el dique de tierra, se tiene un riesgo de falla del dique de tierra, con ello el desabastecimiento de agua para las áreas de riego y posibles daños por inundación a las áreas de riego y poblaciones ubicadas aguas abajo de

la presa. El aporte de esta investigación es la estabilización del suelo que conforma el dique de tierra, mediante la adición de Zeolita y evitar la falla por tubificación por ende evitar pérdidas de áreas de cultivo y daños a la población. Como Justificación Metodológica, se aplicará el proceso metodológico de acuerdo a las metodológicas de investigación y sus respectivas normas de cada ensayo. Se realizará el ensayo de Doble Hidrómetro cuyo resultado permitirá obtener el porcentaje de dispersión, así mismo se realizará el ensayo Límites de Consistencia para obtener el índice de plasticidad, finalmente se determinará la permeabilidad del suelo mediante el ensayo de Permeabilidad de Carga Variable, considerándose una investigación experimental, esta información ayuda a confirmar o refutar la hipótesis; y finalmente, nos da otra referencia para futuros investigadores de este tema. Y como Justificación Económica, si fallara el dique de tierra, los daños ocasionados serían catastróficos, el costo de recuperación sería elevado. Con el aporte de esta investigación se lograría estabilizar el cuerpo del dique que nos permitirá disminuir la filtración y evitar la tubificación, y por ende disminuir los efectos económicos negativos que pueda producirse.

Se tiene como objeto general: Estabilizar el suelo del dique de tierra de la presa Cotarsaya, mediante la adición con Zeolita, para reducir la filtración. Los objetivos específicos son: Analizar el porcentaje de dispersión de la muestra del suelo del dique de tierra y la muestra de suelo dosificadas con Zeolita; Determinar el índice de plasticidad del suelo del dique de tierra y de muestras de suelo dosificados con Zeolita; Evaluar la permeabilidad del suelo que conforma el dique de tierra y el suelo dosificado con Zeolita.

La hipótesis general: una forma de estabilizar el suelo del dique de tierra de la presa Cotarsaya, sería mediante la adición con Zeolita. Las hipótesis específicas serán: Se podría reducirse el porcentaje de dispersión del suelo que conforma el dique de tierra, mediante las dosificaciones con Zeolita; Se lograría mejorar el índice de plasticidad que ayude a estabilizar el dique de tierra; Se lograría reducir la permeabilidad del suelo que conforma el dique de tierra, mediante dosificaciones de suelo con Zeolita.

II. MARCO TEÓRICO

Antecedentes

A fin de desarrollar este trabajo de investigación se buscó estudios, desarrollados en años anteriores; en el ámbito nacional tenemos a Alva y Garay (2017), en su revista mencionaron sobre la “Identificación y ensayos de suelos dispersivos”, cuya importancia del tema se inició en los años 1940 y en 1985 en la universidad de la PUCP del Perú, además mencionan sobre los tres tipos de ensayos Crumb, Doble Hidrómetro y Pinhole; y sus respectivos procedimientos, para determinar el porcentaje de dispersión en algunos proyectos como la laguna de oxidación San José, Ciudad de Dios, Lambayeque, luego que se observó suelo salino en la laguna. Así mismo se realizaron estudios en el proyecto de Presa Chuchoquesera, Huamanga, Ayacucho, donde se realizó ensayos de Doble Hidrómetro y Pinhole, obteniéndose valores de ligeramente dispersos. Finalmente, se realizó ensayos para determinar porcentajes de dispersión en la Presa de Tinajones, Chongoyape, Chiclayo, Lambayeque, presa que presento varias grietas en diferentes años, realizando varias reparaciones sobre todo en la corona, y como resultado se tuvo que la corona tiene dispersión intermedia, finalmente concluyen, de las tres presas analizadas, dos de ellas requieren de un mejoramiento de cuerpos de presa.

Arévalo y Dávila (2022) según la investigación denominada “Identificación y determinación del grado de dispersidad de los suelos en la carretera Puerto Sangama hacia la localidad de Pilluana, provincia de Picota, departamento de San Martín, margen derecha del río Huallaga”, cuyo principal objetivo fue identificar y determinar el grado de dispersividad de los suelos, mediante la caracterización física, caracterización química y dispersividad de los suelos, estudio de tipo aplicada y experimental con un enfoque cuantitativo. La población elegida fue la carretera Puerto Sangama hacia la localidad de Pilluana de muestreo por conveniencia. Se baso en ensayos de caracterización física y química, como contenido de humedad, peso específico, granulometría, limite plástico, limite líquido, densidad seca y salinidad, registrados en fichas cuyo resultados fueron suelos conformados de arcillas y los limos con baja y mediana plasticidad, con 27.02% de contenido de humedad, de consistencia media dura y con presencia de sales, Asimismo se realizaron ensayos de dispersión usando metodologías como

Crumb, Doble Hidrómetro y Pinhole con resultados como dispersidad intermedia y no dispersivas, concluyendo que los suelos de la carretera Puerto Sangama hacia la localidad de Pilluana son limos y arcillas de mediana dispersidad con presencia de sales.

Huamán y Zanabria (2020), lleva como título "Influencia del índice de plasticidad y grado de compactación en el efecto del sifonamiento del núcleo de presa de tierra", con el objetivo de determinar cómo influye el grado de compactación y el índice de plasticidad y en el efecto de sifonamiento del núcleo de presa de tierra. La investigación es aplicada, experimental y de nivel explicativo. La población y la muestra fue de 9 presas considerando un tiempo de servicio entre los 30 a 40 años. Su desarrollo inicia con la modelación física de presas a escala de 1/150 para tres tipos de suelos con IP de 26.8 %, 13.63% y 11 % y con grados de compactación 94.97 %, 85.47% y 75.97%. De los ensayos bajo escenarios de sifonamiento inducido resultó que, la presa de mayor IP (26.8 %) fue la que cumplió su tiempo de servicio y los de menor compactación, mayor bajada del nivel de agua, afectando al tiempo de servicio del cuerpo del núcleo de la presa. Finalmente concluyeron que núcleos de tierra bajos efectos de sifonamiento, a mayor índice de plasticidad mayor es el tiempo de servicio de la presa, y a mayor compactación menor bajada del agua, debido a un reacomodo óptimo de las partículas de suelo alcanzando una mayor densidad y disminuyendo la aparición de tubificaciones.

Rosales (2021), investigación denominada "Análisis experimental del fenómeno de tubificación en presas de tierra", que en base a ensayos experimentales de laboratorio busca evaluar la susceptibilidad a la tubificación de suelos utilizados en la construcción de presas de tierra, la investigación es de tipo aplicada y experimental. Su población y muestra fueron 28 suelos usados en la construcción de presas de tierra y suelos de terreno de fundación, asociados en 7 tipos de suelo, ML, SM, MH, CH, CL arenoso, CL, y SC. De los ensayos basados en la identificación de suelos dispersivos, evaluación del esfuerzo cortante crítico y evaluación del índice representativo de tasa de erosión, resultó que, el comportamiento de los suelos analizados susceptibles a la tubificación se puede cuantificar con el promedio del índice representativo de tasa de erosión cuyos valores varían desde 0.1588 a 0.6607 siendo este parámetro adimensional.

Finalmente concluyen que, la susceptibilidad de los suelos a la tubificación es, extremadamente rápida para la muestra SM, muy rápida para la muestra ML, moderadamente rápida para las muestras MH, CH, y modernamente lenta para las muestras CL, CL arenoso y SC.

En el ámbito internacional tenemos a Martínez (2018), cuya tesis titula “Caracterización del grado de dispersión en arcillas de la zona Sur – Oeste de la cuenca sedimentaria de Loja para determinar el potencial de generación de procesos de piping”, el objetivo planteado fue determinar el grado de dispersión de las arcillas en la zona suroeste de la cuenca del Loja. La investigación es aplicada, experimental y de nivel explicativo con un enfoque cualitativo y cuantitativo. La población y muestra fueron 12 puntos de distintos lugares de la zona Sur Oeste de Loja. Los ensayos realizados fueron Crumb y Doble Hidrómetro, referente al primer ensayo se tiene, obtuvieron valores de grado de dispersión alta, media, bajos y no dispersivos, del ensayo de segundo ensayo obtuvieron valores de medio a dispersivo. Se concluyó que, en toda el área de estudio existe presencia de arcillas dispersivas, siendo las zonas más críticas por la presencia de arcillas dispersivas la vía de Integración del Barrial y un punto en el barrio de Daniel Álvarez, existiendo colapso de estructuras como vías y postes.

Así mismo tenemos a Santamaria (2021), con su tesis “Determinación de la presencia de suelos dispersivos en la comuna 16 (Belén) de la ciudad de Medellín”, que busca determinar la posible presencia de suelos dispersivos, a partir de resultados de ensayos de caracterización física en suelos. La investigación es aplicada y experimental de enfoque cuantitativo. La población es la comuna 16 (Belén) de la ciudad de Medellín, con 11 muestras de zonas críticas. El instrumento fue el ensayo de doble hidrómetro. Se tuvo como resultado que, los puntos tomados cercanos a la plaza Medellín presentan características dispersivas de ligera y moderada, los puntos cercanos a la ladera, fueron de grado no dispersivo. En conclusión, los suelos en estudio no tienen altas características dispersivas, pues del total de sus muestras, casi la mitad resultaron de grado no dispersivo.

Xu, Fu, Wang, Lv, Xu, Wei y Wang (2022), artículo que titula Effect of Zeolite Content on Permeability of Stone Chip-Bentonite-Zeolite Mixture Using a Single Solution, quienes investigaron el efecto de la zeolita en la disminución de la

permeabilidad en suelos combinados como esquirlas de piedra y bentonita para un relleno sanitario. La investigación es tipo aplicada, experimental con enfoque cuantitativo. Realizaron pruebas de permeabilidad mediante el Permeámetro de Pared Flexible (ASTM D5084-90), prueba de Potencial Zeta y prueba de Difracción de Rayos X. Los resultados indican que el coeficiente de permeabilidad del suelo mixto con agua pura es 3.74×10^{-7} cm/s, cuando se incorpora Bentonita al 11% y Zeolita al 12.5%, 25% y 50 %, decrece a 6.55×10^{-8} , 4.65×10^{-8} y 5.10×10^{-8} cm/s. Concluyeron que a la adición de Zeolita puede mejorar la impermeabilidad del suelo mixto.

Ahmadi, Hamid, MolaAbasi, Zeighami (2020), artículo que titula *The effect of zeolite and cement stabilization on the mechanical behavior of expansive soils*, tuvo como objetivo investigar el efecto de diferentes porcentajes de cemento y zeolita como estabilizadores sobre el comportamiento mecánico de una arcilla expansiva. Es una investigación de tipo aplicada y experimental. Se designaron cuatro muestras con contenidos diferentes de cemento (6, 8, 10 y 12%) y muestras con porcentajes de reemplazo de cemento con zeolita (0, 10, 30, 50, 70 y 90%), mediante la realización del ensayo de Compactación Proctor Estándar y Compresión No Confinada. Los resultados indicaron que a la adición de cemento condujo a un aumento en la densidad seca máxima y el contenido óptimo de humedad de la mezcla suelo-cemento, mientras que el aumento del contenido de zeolita dio lugar a tendencias opuestas, el reemplazo del cemento con zeolita al 30% también resultó en el logro de la máxima resistencia a la compresión no confinada.

Rajabi y Bakhshi (2020), artículo denominado *Effects of Natural - Zeolite Additive on Mechanical and Physicochemical Properties of Clayey Soils*, que tuvo el fin de investigar el efecto de la zeolita en suelo arcilloso arenoso y suelo arenoso arcilloso, investigación de tipo aplicada y experimental. Se realizaron ensayos como Límites de Consistencia, Compactación Proctor Modificado, Resistencia a la Compresión Uniaxial y Corte Directo. Además, se han realizado pruebas difracción de rayos X (XRD) y microscopía electrónica de barrido (SEM). Los resultados indicaron cambios en los límites de Atterberg, ángulo de fricción interna y densidad máxima seca en respuesta a la alteración del porcentaje de aditivo Zeolita. Con el aumento en el porcentaje de Zeolita y el alargamiento del tiempo de curado, la resistencia a

la compresión uniaxial de las muestras aumentó, creciendo 4 y 2,5 veces la resistencia inicial del suelo. Finalmente concluyeron que, los parámetros de resistencia del suelo (cohesión y ángulo de fricción interna) mejoraron en respuesta a la adición de zeolita, el máximo incremento se estos parámetros estuvieron relacionados con la Zeolita en un 25%. Los resultados de los análisis XRD y SEM indicaron que la estabilización con zeolita provocó la aparición de reacciones químicas.

Teorías

Variable 01: Zeolita

Desde que el mineralogista sueco Cronsted las descubrió en 1756, varios científicos han estudiado las Zeolitas naturales como Damour, Eichhorne, Weigel, Steinhof, Samashima, entre otros; demostrando sus propiedades, siendo las más importantes el intercambio catiónico, adsorción, capacidad de hidratación y síntesis. Las zeolitas son minerales de silicato de origen natural, que también se pueden producir sintéticamente. La clinoptilolita es probablemente la más abundante de más de 40 zeolitas naturales, lo que la hace fácilmente disponible y económica. El mecanismo de adsorción de las zeolitas es el intercambio de iones. En su estructura tridimensional hay grandes canales que contienen sitios cargados negativamente, unidos al compartir átomos de oxígeno en anillos, celdas y cavidades ocupadas por cationes que se mantienen débilmente en la estructura para compensar la carga. Las zeolitas contienen varios tipos de sitios catiónicos. La carga negativa general de los aniones se equilibra con cationes que ocupan los canales dentro de la estructura y pueden reemplazarse con iones de metales pesados. zeolitas, en particular la clinoptilolita, tienen una gran afinidad por los iones de metales pesados.

Las zeolitas ofrecen potencial para una variedad de usos industriales, incluidos tamices moleculares, intercambiadores de iones, adsorbedores, catalizadores, eliminación de cationes del drenaje como ácido de minas y aguas residuales.



Figura 1. Zeolita en forma de piedra (a) y sometida a un proceso de trituración (b)

Fuente: Guzmán Domínguez

Variable 02: Propiedades del suelo que conforma el dique

Suelo y su clasificación

El suelo es el material más antiguo utilizado en la construcción de obras civiles y especialmente hidráulicas. Por su naturaleza, no siempre cumplen los requisitos de uso de la construcción, por lo que se debe buscar una de mejor calidad o mejorar las propiedades. Según la ingeniería, la calidad de los suelos está dada por las propiedades mecánicas como la resistencia, permeabilidad, estabilidad volumétrica, flexibilidad, entre otras; en general las obras requieren que algunas de estas propiedades cumplan con un determinado rango de valores que se estima óptimo en función del tipo de obra, por ejemplo en obras hidráulicas como las presas de tierra se requiere, que el suelo utilizado para la conformación del núcleo tenga bajos valores de permeabilidad menores que 10^{-6} cm/s y suficiente flexibilidad. Puede ocurrir que el suelo disponible para una determinada estructura no tenga los valores óptimos de la propiedad mecánica requerida y que la posibilidad de sustituirlo sea poco económica, en relación con actividades para el mejoramiento de esa propiedad.

Clasificación de suelos

Braja (2013), Para clasificar e identificar los suelos se conocen dos métodos más usados, el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y método propuesto por la American Association of State Highway and Transportation

Officials (AASHTO). La primera clasificación está estandarizada como la norma ASTM D-2487-93 diferenciándose suelos finos de los gruesos, el suelo es de grano fino si es más del 50% de suelo que pasa por la malla N°200; el suelo es de grano grueso cuando pasa menos del 50% del suelo por la malla N° 200. Braja (2013), El segundo método se basa en agrupar en función de su capa de soporte, este se clasifica en 07 grupos A-1, A-2, A-3,... A-7, según su granulometría, plasticidad y en función del porcentaje que pase por los tamices N° 200, 40 y 10.

CLASIFICACIÓN EN LABORATORIO				CLASIFICACIÓN EN LABORATORIO								
FINOS ≥ 50 % pasa Malla # 200 (0.08 mm.)				GRUESOS < 50 % pasa Malla # 200 (0.08 mm.)								
Tipo de Suelo	Símbolo	Lim. Liq.	Índice de Plasticidad * ID	Tipo de Suelo	Símbolo	% RET Malla N° 4	% Pasa Malla N° 200	CU	CC	** IP		
Limos Inorgánicos	ML	< 50	< 0.73 (wl - 20) A < 4	Gravas	GW	? 50% de lo Ret. En 0.06mm	< 5	> 4	1 a 3			
	MH	> 50	< 0.73 (wl - 20)		GP			≤ 6	<1 ó >3			
Arcillas Inorgánicas	CL	< 50	> 0.73 (wl - 20) γ > 7		GM		> 12					< 0.73 (wl-20) ó < 4
	CH	> 50	> 0.73 (wl - 20)		GC							> 0.73 (wl-20) ó > 7
Limos o Arcillas Orgánicos	OL	< 50	** wl seco al horno ≤ 75 % del wl seco al aire	Arenas	SW	< 50% de lo Ret. En 0.08 mm	< 5	> 6	1 a 3			
	OH	> 50			SP			≤ 6	<1 ó >3			
							SM	> 12				
			SC		> 0.73 (wl-20) γ > 7							
Altamente Orgánicos	P ₁	Materia orgánica fibrosa se carboniza, se quema o se pone incandescente.		* Entre 5 y 12% usar símbolo doble como GW-GC, GP-GM, SW-SM, SP-SC.								
Si IP ≥ 0.73 (wl - 20) ó si IP entre 4 y 7 E IP > 0.73 (wl - 20), usar símbolo doble: CL-ML, CH-OH				** Si IP ≥ 0.73 (wl-20) ó si IP entre 4 y 7 e IP > 0.73 (wl-20), usar símbolo doble: GM-GC, SM-SC.								
** Si tiene olor orgánico debe determinarse adicionalmente wl seco al horno				En casos dudosos favorecer clasificación menos plástica Ej: GW-GM en vez de GW-GC.								
En casos dudosos favorecer clasificación más plástica Ej: CH-MH en vez de CL-ML.				CU = $\frac{D_{60}}{D_{10}}$			CC = $\frac{D_{30}^2}{D_{60} * D_{10}}$					
Si wl = 50; CL-CH ó ML-MH												

(Mora, S. 1988)

Figura 2. Sistema de Clasificación de suelos (SUCS).

Fuente: Ocon Infante

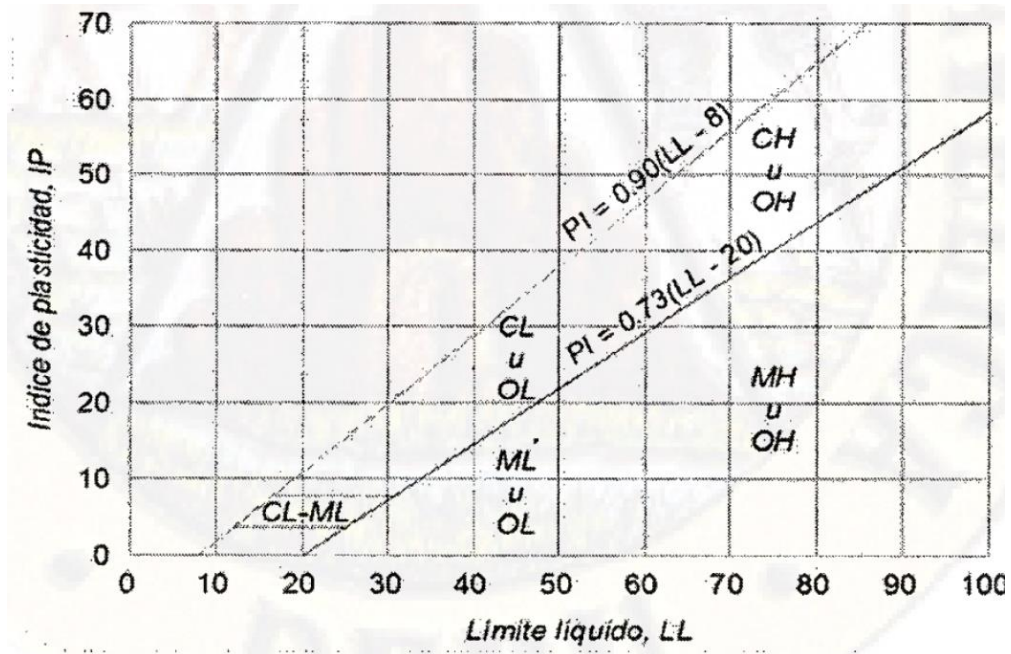


Figura 3. Carta de plasticidad - Clasificación de suelos finos

Fuente: Ocon Infante

Clasificación General	Materiales Granulares (35% o menos del total pasa el tamiz N° 200)						Materiales limo-arcillosos (más del 35% del total pasa el tamiz N°200)					
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
Clasificación de grupo	A-1-a	A-1-b	A-2-4		A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5 A-7-6	
Porcentaje de material que pasa el tamiz												
N° 10	50 máx.											
N° 40	30 máx.	51 máx.	51 mín.									
N° 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	35 mín.	36 mín.	36 mín.	
Características de la fracción que pasa el tamiz N° 40												
Limite Líquido, WL	6 máx.		NP		40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice Plástico, IP					10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Índice de Grupo	0		0		0		4 máx.		8 máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.

(Mora, S. 1988)

Figura 4. Clasificación de suelos sistema AASHTO.

Fuente: Ocon Infante.

Enfoques conceptuales

Variable 01: La Zeolita

Las Zeolitas se clasifican en naturales o sintéticas; las primeras constituidas por Silicatos, aparecen en la naturaleza en yacimientos al aire libre, mientras que las segundas son producto de procesos industriales que equivalen a los procesos naturales ocurridos al largo de las eras geológicas de la tierra. Las zeolitas naturales son aluminosilicatos con estructura cristalina-tetraédrica y poros rellenos con cationes y moléculas de agua que se caracterizan por su libertad de movimiento, además posee una red molecular abierta lo que permite el intercambio catiónico y en muchos casos una deshidratación reversible. Guzmán (2019)

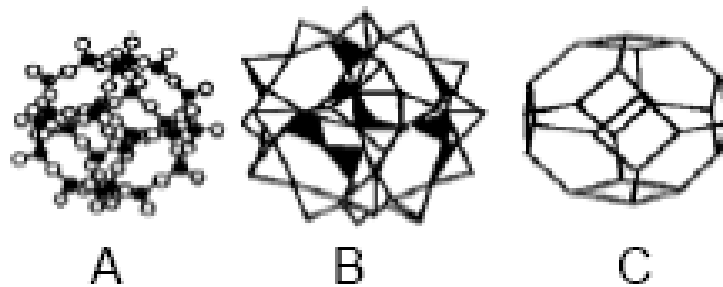


Figura 5. Estructura de las Zeolitas. (A atómica, B Tetraédrica, y C cristalina)

Fuente: Guzmán Domínguez

Dentro de sus propiedades más relevantes se encuentran, la porosidad (tamiz molecular), adsorción, intercambio iónico, esta última se da porque tiene una geometría molecular bien definida en la que los poros suelen estar saturados de agua, cuyos vínculos crean canales y/o cavidades que admiten ganar y perder agua de forma reversible e intercambiar cationes sin cambiar su estructura; esta propiedad en la Zeolita depende de factores como: concentración de los cationes en solución, cationes en solución, temperatura, y aniones agrupados a estos, solvente orgánico, solvente agua, estructura de la Zeolita.

Tabla 1. Composición química de la Zeolita

COMPOSICIÓN QUIMICA	PORCENTAJE
Si O ₂	69.9%
Al ₂ O ₃	17.2%
Fe ₂ O ₃	6.5%
K ₂ O	2.0%
Na ₂ O	1.9%
Mg O	0.6%
L O ₁	0.3%
Mn ₂ O ₃	0.3%
Ca	0.2%
Otros	1.2%

Fuente: Laboratorios Analíticos del Sur

Variable 02: Propiedades del suelo

Dispersión

La dispersión es un proceso donde el suelo se rompe o separa cuando el suelo se humedece, la fuerza de atracción de las partículas es mínima y no se pegan. Las causas de la dispersión en suelos es contener suficiente cantidad del ion Na⁺ (sodio) para interferir con la estabilidad estructural del suelo. Las partículas de suelo tienen una carga negativa en su superficie; esta carga se equilibra con cationes cargados positivamente, como Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺ y Na⁺, distribuidos por la superficie del suelo. La capacidad de intercambio de cationes es una medida del número total de sitios de intercambio en una masa de suelo. Cuando la proporción de sodio a otros iones en estos sitios de intercambio es alta, las partículas de suelo están menos unidas entre sí y los agregados del suelo se dispersan fácilmente cuando el suelo se humedece. Los suelos dispersivos no son fáciles de identificar mediante inspecciones visuales, no obstante, existen ensayos para determinar el grado de dispersión, siendo uno de ellos el ensayo del Doble Hidrómetro.

Ensayo de Doble Hidrómetro

Consiste en determinar la distribución granulométrica del suelo con un ensayo con hidrómetro sin floculante y al mismo tiempo realizar un segundo ensayo con hidrómetro con una muestra similar con floculante químico.

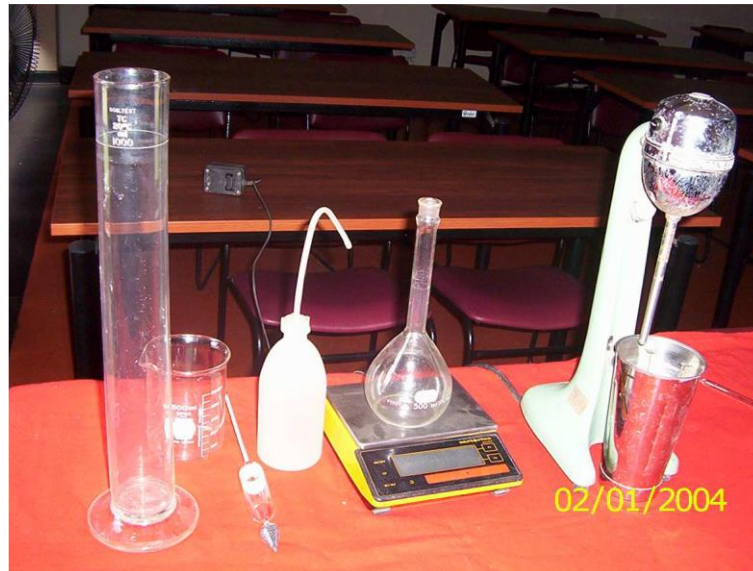


Figura 6. Equipos y utensilios para el ensayo de Doble Hidrómetro.

Fuente: Fichas de laboratorio de la UNI

Con los resultados de ambos ensayos se determina el porcentaje de dispersión de las partículas del suelo, de la relación del porcentaje de suelos obtenido del ensayo sin floculante y el porcentaje de partículas del mismo diámetro obtenido del ensayo con floculante, ver ecuación.

$$\frac{P}{Q} \times 100$$

Donde, P porcentaje de suelos sin dispersante y Q porcentaje de suelos con dispersante.



Figura 7. Probetas con muestra de suelo y agua destilada.

Fuente: Novaro Arones Barbaran

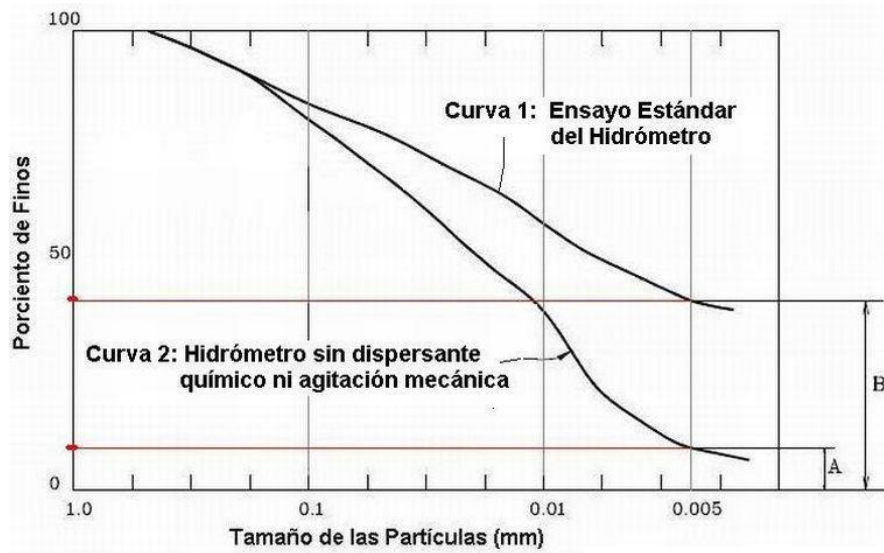


Figura 8. Curvas granulométricas obtenidas del ensayo de Doble Hidrómetro

Fuente: Guzmán Domínguez

La relación que se muestra en la tabla se utiliza para estimar el grado de dispersión.

Tabla 2. Relación entre porcentaje de dispersión y carácter dispersivo del suelo

Porcentaje de Dispersión (%)	Grado de Dispersión
<30	No Dispersivo
30 a 50	Intermedia
> 50	Dispersivo

Fuente: Guzmán Domínguez

Ensayo de Límite de Atterberg o consistencia

Límite Líquido

El contenido mínimo de agua en el que el suelo tiene tendencia a fluir al ser perturbado. También se puede definir como, contenido de agua al cual se cierra una ranura de 2 mm por 25 golpes en el aparato de Casagrande. Todos los suelos tienen similar resistencia al corte en el límite líquido. Este se determina amasando el suelo seco con agua y poniendo la muestra sobre la copa de Casagrande, en el medio de la copa se abre una ranura con un acanalador, y se somete a golpes controlados.



Figura 9. Ensayo de límite líquido - suelo con ranura de 2mm

Fuente: Fichas de laboratorio de la UNI

Limite Plástico

El contenido mínimo de agua en el que el suelo está justo en la etapa plástica. También se conoce como el contenido de agua en el que un suelo comenzaría a desmoronarse si se enrollara en hilos de 3 mm de diámetro. La resistencia al corte es unas 100 veces mayor que en el Límite Líquido. Esta propiedad se determina amasando el suelo seco con agua en poca cantidad, y con ayuda de la mano sobre la superficie se forma cilindros de 3 mm de diámetro. Si en ese instante se cuartean su humedad es la del límite plástico.



Figura 10. Cilindros de suelo de 3 mm de diámetro, ensayo de límite de plástico.

Fuente: Fichas de laboratorio de la UNI

Índice de plasticidad IP

Es el rango de contenido de agua en el que, el suelo exhibe propiedades plásticas. El IP es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico ($PI = LL - PL$). Casagrande definió suelos con un $IP > 50$ son de alta plasticidad es decir consienten agua en grandes cantidades pudiendo experimentar enormes deformaciones plásticas; suelos con $IP < 50$, son de baja plasticidad.

Permeabilidad

Se define como la propiedad de un material poroso que permite el paso o filtración de agua a través de sus interconexiones.

Un material que tiene vacíos continuos se llama permeable. Las gravas son altamente permeables, mientras que la arcilla rígida es la menos permeable y, por lo tanto, dicha arcilla puede denominarse impermeable para todos los fines prácticos.

Ensayo de Permeabilidad de Carga Variable

Los parámetros de la permeabilidad son determinados haciendo uso de la Ley de Darcy y considerando que el flujo de agua que pasa por el suelo es igual al flujo de agua que pasa por una tubería graduada de diámetro uniforme (bureta) que puede ser expresado como.

$$k = 2.3 \frac{aL}{A\Delta t} \log \frac{h_0}{h_1}$$

Dónde, L es la altura del cuerpo de prueba (cm), a es el área interior del tubo de la carga (cm²), A es la sección transversal de la muestra (cm²), Δt es el intervalo de tiempo para que el nivel de agua pase desde h₀ para h₁(cm), h₀ es la distancia inicial del nivel del agua para el reservorio inferior (cm), h₁ es la distancia para el tiempo 1 del nivel de agua para el reservorio inferior (cm).

III. METODOLOGIA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación

Según los objetivos planteados, es una investigación aplicada, porque está orientada a solucionar los problemas que se presentan en una actividad humana (problemas de la vida productiva, filtración de agua en el dique de tierra de la presa Cotarsaya).

Enfoque de investigación

Es cuantitativo, porque la investigación se centra en la recolección y análisis de datos numéricos, que corroboran el planteamiento de la hipótesis y objetivos planteados.

El diseño de la investigación

El diseño es experimental, dentro de ello es una investigación cuasiexperimental, ya que la muestra se establece previamente y es seleccionada por conveniencia.

El nivel de la investigación

El nivel es explicativo, porque determina relaciones de causa y efecto entre el suelo del dique tierra y la Zeolita, buscando la dosificación más óptima.

3.2. Variables y operacionalización

Las variables de investigación son características o cualidades, es decir, cuantitativas y cualitativas, que pueden transformarse en cambios porque son objeto de análisis, medición y manipulación en la investigación Arias (2012). Según su función se determinó como variable Independiente: Zeolita y como variable dependiente: Propiedades del suelo que conforma el dique de tierra.

3.3. Población, muestra y muestreo

Población

Arias (2012), “Una gran colección de individuos u objetos que es el foco principal de la investigación científica”. En este proyecto de investigación la población investigada, está constituida por material que conforman el cuerpo de dique de tierra.

Muestra

Borja (2012), “Este es un subgrupo que representa la población de la que se recopilarán los datos”. En este proyecto de investigación la muestra será obtenida de una calicata de la cantera donde fue obtenida el material que conforma el cuerpo del dique”.

Muestreo

El muestreo consiste en tomar una parte de un conjunto, estudiar una de sus características. En este proyecto de investigación el muestreo será no probabilístico, ya que se seleccionará la muestra.

Unidad de análisis:

Arias (2012), “La unidad de análisis se refiere al principal parámetro investigado en su proyecto o investigación”. Para el proyecto de investigación las unidades de análisis son las propiedades del suelo que conforma el dique de tierra y la Zeolita”.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica

Consiste en la implementación y elaboración de planes detallados que ayuden a recolectar los datos necesarios. Arias (2012), “Este estudio utiliza técnicas de recolección de datos, pruebas de laboratorio, análisis e interpretación de resultados”. En este proyecto de investigación se empleará la observación directa para una correcta obtención de datos.

Instrumentos de recolección de datos

El instrumento a utilizar está compuesto por la ficha de registro de datos, equipos, herramientas de laboratorio y programas computacionales para procesamiento de los datos.

Validez

Se refiere al grado en que un instrumento mide realmente la variable que pretende medir. Existen tres tipos: validez de contenido, validez de criterio y validez de construcción. Para la presente investigación se utilizó la validez de contenido, ya que se realizará mediante el criterio de un experto con amplia experiencia que aprobará la validez de los formatos de recolección de datos.

Confiabilidad de instrumentos

La confiabilidad de los instrumentos de recolección de datos se refiere a la medida en que el instrumento produce los mismos resultados cuando se usa en otros estudios. La confiabilidad en este proyecto de investigación estará asegurada por los certificados de calibración de los equipos de laboratorio que se usarán para los ensayos, los mismos que serán realizados por un experto de la materia.

3.5. Procedimientos

Primeramente, se extraerá la muestra del suelo que conforma el dique de tierra y se analizarán en laboratorio. Los ensayos a realizar son ensayo de Doble Hidrómetro cuyo resultado permitirá obtener el porcentaje de dispersión, ensayo del Permeámetro de Carga Variable que permitirá determinar el coeficiente de permeabilidad y finalmente se determinará los límites de consistencia como límite líquido y límite plástico del suelo estabilizado con Zeolita.

Obtención de muestras

Para la obtención de muestras del suelo del dique de tierra y la Zeolita, se inició reconocimiento de la zona, seleccionando el lugar más adecuado para el estudio es decir la población y la muestra. La población es el dique de tierra de 665 metros

lineales, la muestra es el material suelo de la única calicata en el Km 0+050, con una profundidad de 1.50 m.



Figura 11. Toma de muestra del suelo del dique de tierra

El aditivo Zeolita proviene de la cantera Paxa ubicada en la comunidad del mismo nombre del distrito de Tiquillaca Puno, de ello se obtuvo una muestra representativa para realizar el análisis de composición química y realizar las dosificaciones necesarias.



Figura 12. Toma de muestra del aditivo Zeolita de la Cantera Paxa Tiquillaca.

Dosificación de muestras de suelo y el aditivo Zeolita

Con la muestra proveniente de dique de tierra y la Zeolita se procedió a realizar las dosificaciones del suelo con zeolita de 2.5, 3.5, 4.5, 5.0% en peso. Previo a ello se realizó el secado de la muestra de suelo en el horno.



Figura 13. Horno para el secado del material suelo.

Respecto a las muestras de suelo dosificadas con Zeolita de 2.5% en peso se realizó de la siguiente forma, se pesaron 97.5% en peso de suelo y 2.5% en peso de Zeolita es decir 5.85 kg de suelo y 0.15 kg de Zeolita respectivamente, de igual forma se hizo con porcentajes de 3.5, 4.5 y 5.0% de Zeolita, finalmente se procedió a mezclar la muestra de suelo y la Zeolita de forma uniforme.



Figura 14. Dosificación del suelo y la Zeolita en peso.

Ensayos de los Límites de Atterberg o Consistencia

Limite Líquido (LL)

El ensayo de Limite Líquido (LL) del suelo se realizó por el método de Casagrande, iniciamos con la preparación de la muestra seca, fragmentándola con el mortero y pasada por el tamiz N° 40 logrando una muestra aproximada de 250 gr, este se realizó para las cinco muestras, la primera es el suelo que conforma del dique de tierra (suelo sin zeolita), las cuatro muestras restantes son dosificadas con zeolita de 2.5, 3.5, 4.5, 5.0% en peso.

Posteriormente se humedeció la muestra y mezclamos con la espátula hasta lograr una mezcla uniforme y pegajoso, el mismo que colocamos en el centro de la copa y luego pasamos por el centro el acanalador hasta apreciarse la ranura que separo la masa en dos partes, seguidamente giramos la manivela y aplicamos los golpes necesarios que puso en movimiento la copa, cuando se cerró la ranura se tomó registro de la cantidad de golpes que se efectuaron, luego se tomó la muestra de la parte central de la masa para determinar la humedad.

En el ensayo se utilizó equipos y utensilios como: Copa de Casagrande, taras, espátulas, acanalador, recipientes para mezclado y balanza.



Figura 15. Ensayo de Limite Liquido, ranura en la copa de Casagrande.

Limite Plástico (LP)

El ensayo del Limite Plástico (LP) también se efectuó por el método de Casagrande, este ensayo se realizó para las cinco muestras, la primera es el suelo que conforma del dique de tierra, las cuatro restantes son dosificadas con zeolita de 2.5, 3.5, 4.5, 5.0% en peso.

Del material preparado anteriormente para el límite líquido, se tomó muestras de 20gr, que luego lo amasamos dejando que pierda humedad para poder enrollarlo sin que se nos adhieran a las manos, los cilindros de suelo se adelgazaron hasta llegar al diámetro de 1/8 pulg. y hasta que empezó a cuartearse, finalmente se procedió a pesarlas para determinar su contenido de humedad.



Figura 16. Cilindros de suelo con diámetros de 1/8 pulg - ensayo del Limite Plástico

Los equipos y utensilios utilizados en el ensayo fueron balanza, placa de vidrio, horno para mantener temperatura, espátula de acero, vasija y taras.

Ensayo de Doble Hidrómetro

El procedimiento del ensayo de Doble Hidrómetro, se inició con la preparación de cinco muestras, la primera es el suelo que conforma del dique de tierra (suelo sin zeolita), las cuatro muestras restantes son dosificadas con zeolita de 2.5, 3.5, 4.5,

5.0% en peso. Se realizó el tamizado a cada muestra usando el tamiz 200 (75 μm), por otro lado, se preparó 2000 ml de líquido compuesto de agua destilada el cual fue colocado en las probetas de sedimentación de 1000 ml. La primera probeta estuvo sin agente dispersante y la segunda con agente dispersante (la solución de este agente dispersante hexametáfosfato de sodio fue remojado 24 hrs antes).

Luego se colocó la muestra de suelo (el suelo se dejó en remojo 24 hrs antes y completamente saturado, al final del remojo fue agitado mecánicamente). Después de enrasar la probeta del hidrómetro con agua destilada hasta la marca de 1000 ml.

Se agito la probeta con las manos en cada uno de sus extremos durante un minuto, y se procedió a registrar el tiempo final de la agitación, este fue el inicio del período de sedimentación. Finalmente se colocó el hidrómetro para realizar las lecturas en intervalos de tiempo de 2 minutos, 5, 15, 30 30; 60; 120; 250 y 1 440 minutos.



Figura 17. Ensayo del Doble Hidrómetro, registro de temperatura.

Al mismo tiempo se registraron las temperaturas para su respectiva corrección, inmediatamente después de cada lectura se retiró el hidrómetro cuidadosamente y se colocó en el cilindro graduado con agua limpia destilada.



Figura 18. Registro de sólidos en suspensión con Hidrómetro.

Finalmente se calcula el porcentaje de dispersión de las partículas del suelo, este procedimiento se realizó con las dos muestras obtenidas, la primera sin defloculante y la segunda con aditivo defloculante.

Ensayo de Proctor Estándar

El procedimiento del ensayo de Proctor Estándar, se inició con la preparación de cinco muestras, la primera muestra es el suelo del dique de tierra (suelo sin Zeolita) y los restantes fueron muestras dosificadas de suelo con Zeolita de 2.5, 3.5, 4.5, 5.0% en peso. Los ensayos iniciamos con el tamizado para cada muestra de 6 Kg cada uno, pasada por el tamiz N° 4, respecto a la primera muestra en una bandeja se procedió a mezclar el suelo con contenido de agua cercano al óptimo continuando añadiendo poco a poco el agua y mezclamos el suelo uniformemente. Respecto a las muestras dosificadas con Zeolita, se pesaron 97.5% de peso de suelo y 2.5% de peso de Zeolita es decir 5.85 kg de suelo y 0.15 kg de Zeolita respectivamente.



Figura 19. Ensayo de Proctor Estándar, distribución uniforme del agua en la muestra preparada.

Se ha unido las placas de la base superior e inferior del molde seguido a ello se tomó los datos del molde que fueron de 101,6 mm de diámetro (4 pulg), una vez mezclada uniformemente el suelo se procedió a compactar manualmente en tres capas iguales con el pistón dando 25 golpes por cada capa, seguidamente nivelamos el límite superior de la placa con la regla metálica, luego removemos las placas para tomar su peso de la muestra compactada.



Figura 20. Compactación de la muestra a 25 golpes - Ensayo Proctor Estándar

Equipos y utensilios manejados en el ensayo: Horno de secado, balanza, regla, tamices, moldes para Proctor de 4 pulg, placa o collar de extensión para molde, pisón manual, paletas, espátulas, bandeja y brocha.

Ensayo de Permeámetro de Carga Variable

El ensayo de permeámetro se inició haciendo la preparación de la muestra por compactación en el molde de compactación estándar por medio del ensayo de Proctor Estándar.



Figura 21. Cilindro con muestra compactada para el ensayo de Permeámetro de Carga Variable

Se introdujo la muestra del suelo compactado, al cilindro y en ambos extremos superior e inferior se protegió con placas de piedras porosas.

Se coloca con agua la muestra y la placa de piedra porosa quedando sumergida totalmente la parte inferior y la muestra quedando bajo presión de confinamiento y saturación. Luego se procedió a conectar el extremo superior del cilindro a un tubo piezométrico abierto. El ensayo se inició llenando la columna con agua sin aire permitiendo que se produzca la filtración a través de la muestra.

Finalmente tomamos registro de la altura del agua en la columna a diferentes tiempos durante el ensayo.



Figura 22. Ensayo de Permeámetro de Carga Variable

Equipos y utensilios utilizados en el ensayo: panel de control de presión, celda de permeabilidad, indicador de lectura; además la celda de permeabilidad contempla placas superior e inferior, tres patas de base, tres varillas de fijación, casquete superior y pedestal de base.

3.6. Método de análisis de datos

En este paso se describen las diversas operaciones que se realizan con la información obtenida, tales como clasificación, registro, tabulación y codificación, que en este estudio utiliza una metodología inductiva, ya que luego de los estudios de campo y laboratorio, se interpretan los resultados de laboratorio, empleando tablas comparativas y gráficos estadísticos respecto a la variable independiente.

3.7. Aspectos éticos

Este documento ha sido elaborado conforme a los principios de veracidad y autenticidad; el contenido desarrollado en los diversos capítulos respeta citas de teorías escritas y conceptos correctamente especificados en la referencia bibliográfica, confirmada por la universidad donde se reseña el título, autor, año y número de página de cada investigación mencionada. El uso de Turnitin respalda la integridad del proyecto y la transparencia total.

IV. RESULTADOS

Descripción de la zona de estudio

Ubicación política

El lugar de estudio está ubicado en el distrito de Asillo, provincia de Azángaro y región de Puno, esta región se encuentra en la parte sur del territorio nacional. En la figura 23, se presenta la ubicación política del lugar de estudio.

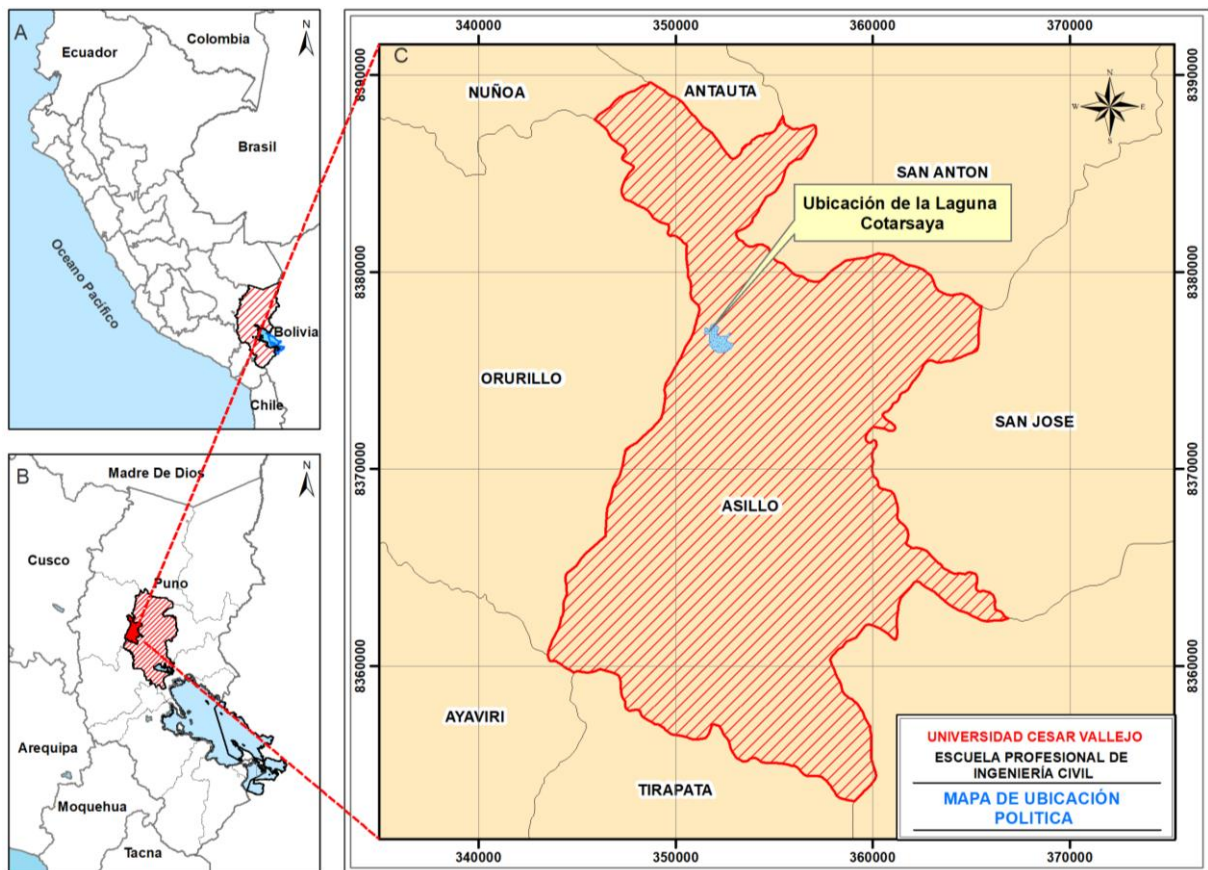


Figura 23. Ubicación política del lugar de estudio

Ubicación del proyecto

El proyecto dique de tierra de la presa Cotarsaya, está ubicada en la parte sur oeste de la Laguna Cotarsaya, en la figura 24, se presenta la ubicación del dique en mención.

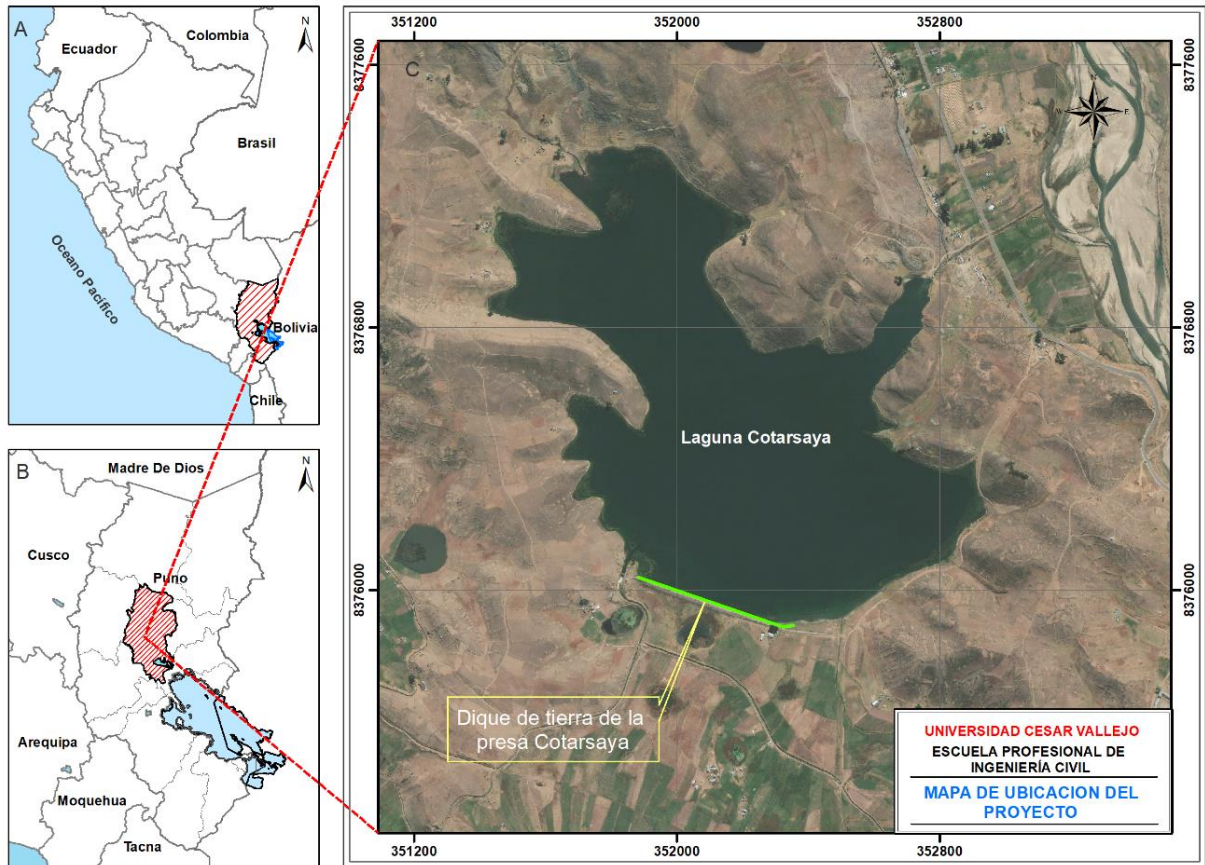


Figura 24. Mapa de ubicación del proyecto

Límites

Limita con los distritos de:

- Norte : Nuñoa, Antauta y San Antón.
- Sur : Tirapata y Azángaro.
- Este : San José.
- Oeste : Orurillo.

Ubicación geográfica

El lugar de estudio se encuentra ubicada en el hemisferio sur, a una latitud de $14^{\circ}41.51'$, longitud de $70^{\circ}22.42'$ y tiene una altitud promedio de 3928 msnm.

Clima

Según el mapa de clasificación climática nacional del SENAMHI, el tipo de clima para el lugar de estudio es lluvioso en verano, con otoño e invierno secos y frío. En la estación climática Progreso, la temperatura promedio es de 8.7°C , teniendo

valores máximos de 19.6°C y mínimos de -7°C, la precipitación total anual promedio es de 608.9 mm.

Objetivo específico 1: Analizar el porcentaje de dispersión de la muestra del suelo del dique de tierra y las muestras del suelo dosificadas con Zeolita.

Se realizaron cinco ensayos, un ensayo para la muestra de suelo del dique de tierra y cuatro ensayos para muestras de suelo con dosificación de Zeolita de 2.5, 3.5, 4.5 y 5.0%, en la tabla 3 se presenta los resultados de los ensayos.

Tabla 3. Resultados de porcentajes de dispersión, mediante el ensayo de Doble Hidrómetro

N°	Muestra dosificada	Porcentaje de Dispersión (%)	Grado de Dispersión
1	Suelo del dique de tierra (100%)	35.58	Intermedia
2	Suelo del dique de tierra (97.5%) + Zeolita (2.5%)	32.93	Intermedia
3	Suelo del dique de tierra (96.5%) + Zeolita (3.5%)	30.12	Intermedia
4	Suelo del dique de tierra (95.5%) + Zeolita (4.5%)	22.51	No dispersivo
5	Suelo del dique de tierra (95.0%) + Zeolita (5.0%)	15.38	No dispersivo

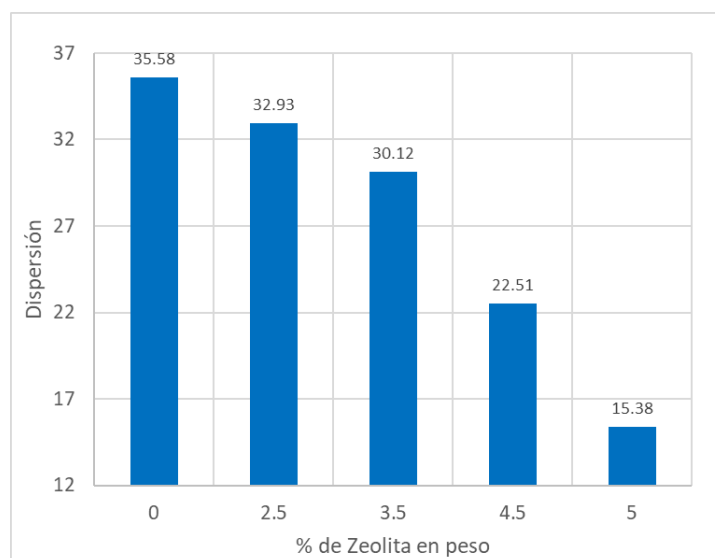


Figura 25. Grafica de barras de los porcentajes de dispersión, para suelo con dosificaciones de Zeolita

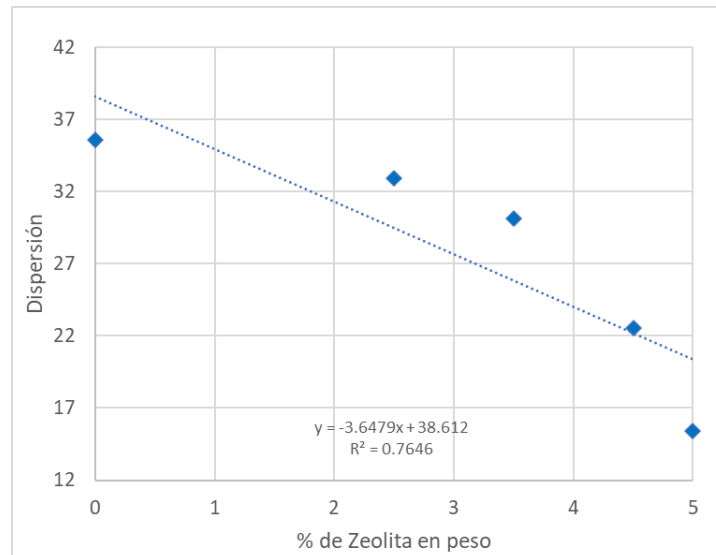


Figura 26. Grafica de dispersión de los porcentajes de dispersión, para suelo con dosificaciones de Zeolita

Según la tabla 3 y figuras 25 y 26, el porcentaje de dispersión disminuyen para una mayor dosificación de Zeolita, presentan una relación lineal inversa. La muestra del suelo del dique de tierra tiene un grado de dispersión intermedia y las muestras de suelo con dosificaciones de Zeolita de 2.5, 3.5% en peso, mantienen el grado de dispersión intermedia; a diferencia de las muestras de suelo con dosificaciones de Zeolita de 4.5, 5.0%, pasan a un grado de dispersión no dispersivo.

Objetivo específico 2: Determinar el índice de plasticidad de la muestra de suelo del dique de tierra y de muestras de suelo dosificados con Zeolita.

En la tabla 4, se muestra los resultados del ensayo de Límites de Consistencia, específicamente el índice de plasticidad. Así mismo en las figuras 27 y 28, se presentan graficas de barras y de dispersión, del índice de plasticidad.

Tabla 4. Resultados del índice de plasticidad, mediante el ensayo de Límites de Consistencia.

N°	Muestra dosificada	Índice de Plasticidad
1	Suelo del dique de tierra (100%)	13.5
2	Suelo del dique de tierra (97.5%) + Zeolita (2.5%)	16.3
3	Suelo del dique de tierra (96.5%) + Zeolita (3.5%)	17.4
4	Suelo del dique de tierra (95.5%) + Zeolita (4.5%)	18.2
5	Suelo del dique de tierra (95.0%) + Zeolita (5.0%)	19.1

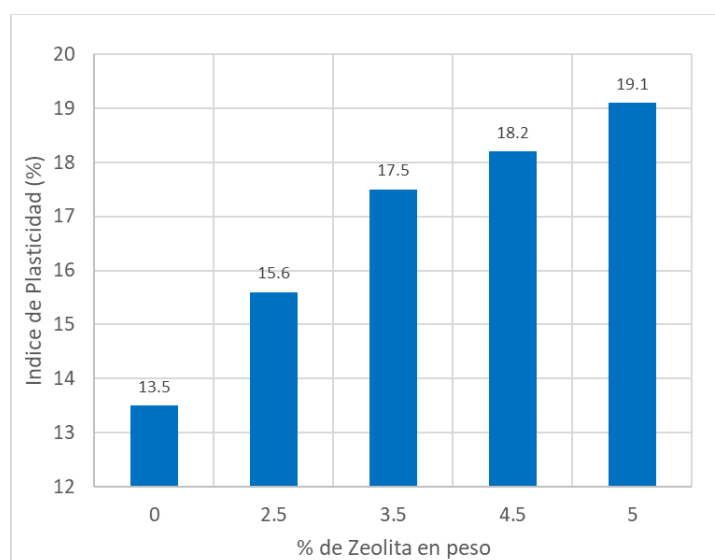


Figura 27. Gráfica de barras del índice de plasticidad, para suelo con dosificaciones de Zeolita

Según la tabla 4 y figuras 27 y 28, el índice de plasticidad para la muestra de suelo del dique de tierra presenta un valor de 13.5, con la dosificación de Zeolita en 2.5, 3.5, 4.5 y 5 %, se obtuvo índices de plasticidad de 15.6, 17.5, 18.2 y 19.1 respectivamente; la Zeolita y el índice de plasticidad tienen una relación lineal directa, es decir a un incremento del porcentaje de Zeolita aumenta el índice de plasticidad.

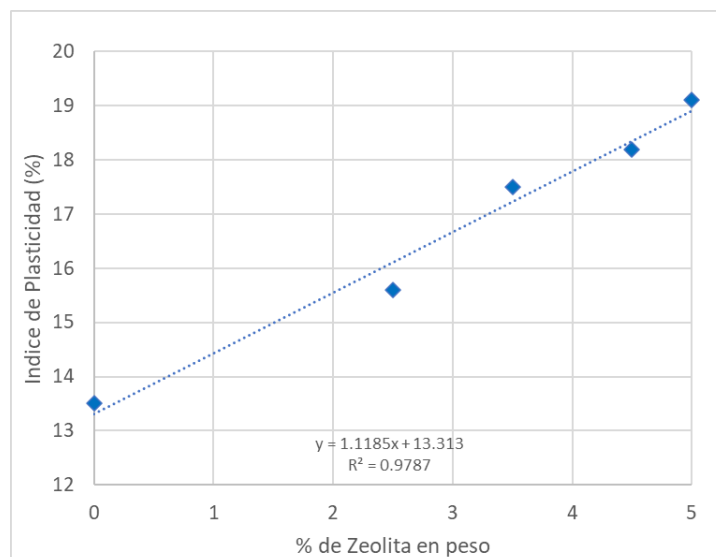


Figura 28. Grafica de dispersión de los índices de plasticidad, para suelo con dosificaciones de Zeolita

Objetivo específico 3: Evaluar la permeabilidad del suelo que conforma el dique de tierra y el suelo dosificado con Zeolita.

En la tabla 5, se muestra los valores de permeabilidad, obtenidos mediante el ensayo de Permeámetro de Carga Variable. En las figuras 29 y 30, se presentan graficas de barras y de dispersión, de la permeabilidad.

Tabla 5. Resultados de la permeabilidad, mediante el ensayo de Permeámetro de Carga Variable

N°	Muestra dosificada	Permeabilidad (cm/seg)
1	Suelo del dique de tierra (100%)	7.20164E-06
2	Suelo del dique de tierra (97.5%) + Zeolita (2.5%)	5.30103E-06
3	Suelo del dique de tierra (96.5%) + Zeolita (3.5%)	2.31022E-06
4	Suelo del dique de tierra (95.5%) + Zeolita (4.5%)	1.22001E-06
5	Suelo del dique de tierra (95.0%) + Zeolita (5.0%)	6.50296E-07

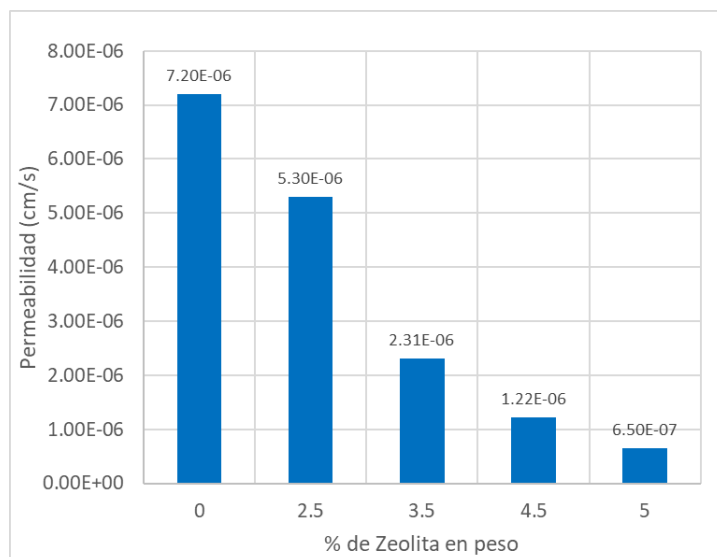


Figura 29. Grafica de barras de la permeabilidad, para suelo con dosificaciones de Zeolita

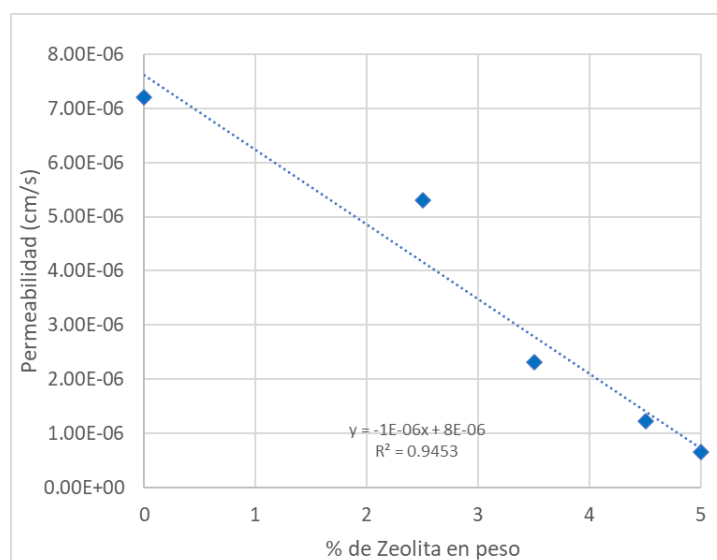


Figura 30. Grafica de dispersión de la permeabilidad, para suelo con dosificaciones de Zeolita

Según la tabla 5 y figuras 30 y 31, la permeabilidad del suelo que conforma el dique de tierra tiene un valor de 7.20×10^{-6} cm/s, con la adición de Zeolita en 2.5, 3.5, 4.5 y 5 %, se obtuvo permeabilidades de 5.30×10^{-6} , 2.31×10^{-6} , 1.22×10^{-6} y 6.50×10^{-6} cm/s respectivamente, la Zeolita y la permeabilidad presentan una relación lineal inversa, con un coeficiente R^2 de 0.945.

Contrastación de las Hipótesis

A. Evaluación de normalidad

En la tabla 6, se presenta la prueba de normalidad para las variables analizadas.

Tabla 6. Resumen de prueba de normalidad para las variables

Variable	Planteamiento de hipótesis	Nivel de significancia	Prueba estadística	Regla de decisión	Resultado	Conclusión
Porcentaje de Dispersion	Ho: Los valores de la variable tienen normalidad	$\alpha = 5\%$	Si $n = 5$, entonces <i>Shapiro-Wilk</i> (para muestras $n < 50$)	$p\text{-valor} \leq 0.05$, se acepta la hipótesis alternativa H1	$p\text{-valor} = 0.596$	p-valor > 0.05 Aceptamos Ho: Los valores de las variables tienen normalidad, para un $\alpha = 5.0\%$.
Indice de Plasticidad	H1: Los valores de la variable no tienen normalidad			$p\text{-valor} > 0.05$, se acepta la hipótesis nula Ho	$p\text{-valor} = 0.685$	
Permeabilidad					$p\text{-valor} = 0.475$	

B. Prueba de correlación

En la tabla 7, se evalúa el grado de asociación de las variables con la adición de Zeolita, mediante el coeficiente de correlación Pearson "r".

Tabla 7. Prueba de correlación de Pearson de las variables con la Zeolita

Variable	Planteamiento de hipótesis	Nivel de significancia	Prueba estadística	Regla de decisión	Resultado	Correlación "r"	Conclusión
Porcentaje de Dispersion	Ho: La variable no está relacionada con la adición de Zeolita	$\alpha = 5\%$	Coeficiente de correlación de Pearson "r"	$p\text{-valor} \leq 0.05$, se acepta la hipótesis alternativa H1	$p\text{-valor} = 0.05$	$r = -0.87$	p-valor ≤ 0.05, Aceptamos H1: Las variables si están relacionadas con la adición de la Zeolita, para un $\alpha = 5.0\%$.
Indice de Plasticidad	H1: La variable si está relacionada con la adición de Zeolita			$p\text{-valor} > 0.05$, se acepta la hipótesis nula Ho	$p\text{-valor} = 0.001$	$r = 0.98$	
Permeabilidad					$p\text{-valor} = 0.003$	$r = -0.98$	

V. DISCUSIÓN

Discusión 1: Con el objetivo de determinar el porcentaje de dispersión en la muestra de suelo, se efectuó ensayo de Doble Hidrómetro, obteniendo un porcentaje de dispersión de 35.6%, que corresponde a un grado de dispersión intermedia para el suelo que conforma el dique de tierra; a la muestra de suelo del dique de tierra, se adiciono porcentajes de Zeolita de 2.5 y 3.5% en peso, los resultados del porcentaje de dispersión fueron de 32.9 y 30.1% respectivamente, encontrándose en el grado de dispersión intermedia; al adicionar porcentajes de Zeolita de 4.5 y 5.0% en peso, los resultados del porcentaje de dispersión fueron de 22.5 y 15.4% respectivamente, los cuales corresponden a un grado de dispersión de no dispersivos, mejorando las condiciones de estabilidad del suelo que conforma el dique de tierra. Estos resultados coinciden con la referencia Guzmán (2019), donde analizo la influencia de Zeolita micronizada en suelos dispersivos concluyendo que el aditivo Zeolita con dosificación del 5 % del volumen de suelo, neutraliza el fenómeno de la dispersividad de la arcilla Bentonita, asimismo, para una dosificación de 10% no tiene resultados apreciables en la estabilización de la arcilla bentonita dispersiva.

Discusión 2: Con el objetivo de evaluar el Índice de Plasticidad de las nuestras de suelos dosificados con Zeolita, se realizó los ensayos de límites de consistencia (ASTM D4318), obteniendo un Índice de Plasticidad para el suelo que conforma el dique de tierra de 13.5. A la muestra de suelo del dique de tierra, se adiciono porcentajes de Zeolita de 2.5, 3.5, 4.5 y 5.0% en peso, los resultados del Índice de Plasticidad fueron de 15.6, 17.5, 18.2 y 19.1 respectivamente, además se determinó que el tipo de suelo según la clasificación SUCS es arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media – CL; los resultados son coincidentes con los valores de índice de permeabilidad encontrados en la tesis de Rosoles (2021), para el tipo de suelo CL, encontró índice de plasticidad en el rango de 8.0 a 24.4, para un numero de siete muestras.

En el trabajo de investigación de Huaman y Zanabria (2020), quienes analizaron la influencia del Índice de Plasticidad (IP) y grado de compactación en el efecto del sifonamiento del núcleo de presa de tierra, donde analizaron 9 presas con 3 índices de plasticidad distintos (11%, 13.63% y 26.8%), concluyendo que a mayor IP mayor

será el tiempo de servicio del núcleo de la presa de tierra, aun bajo efectos de sifonamiento, es decir que a medida que aumenta el IP menor es la infiltración, además concluyen que valores por encima de 25% de IP cumple con el tiempo de servicio proyectado a efectos de sifonamiento. En el presente trabajo de investigación, con la adición incremental de porcentajes de Zeolita, se logra también incrementar los IP. Según Gonzales de vallejo (2002), recomienda como materiales geológicos adecuados para la construcción de núcleos de presas índices de plasticidad en el rango de 15 y 35, los valores de índice de plasticidad encontrados en el presente trabajo de investigación se encuentran en este rango.

Discusión 3: Con el objetivo de determinar el coeficiente de permeabilidad del suelo estabilizado con Zeolita, se realizó los ensayos de permeabilidad de carga variable, obteniéndose un valor de permeabilidad para la muestra del suelo que conforma el dique de tierra de 7.20×10^{-6} cm/s, a la muestra de suelo del dique de tierra se adiciono ciertos porcentajes de Zeolita de 2.5, 3.5, 4.5, y 5.0% en peso, los resultados de permeabilidad fueron de 5.30×10^{-6} , 2.30×10^{-6} , 1.22×10^{-6} y 6.50×10^{-7} , respectivamente; siendo coincidentes con lo indicado en el artículo Sifa Xu (2022), donde indican que la adición de zeolita puede mejorar la impermeabilidad del suelo mixto (Bentonita, esquirlas de piedra, agua). El coeficiente de permeabilidad del suelo mixto, es 3.74×10^{-7} cm/s, cuando se incorpora Zeolita al 12.5%, 25% y 50 %, decrece a 6.55×10^{-8} , 4.65×10^{-8} y 5.10×10^{-8} cm/s. Además, los valores de permeabilidad hallados en el trabajo de investigación, son coincidentes a los encontrados por Rosales (2021), para el tipo de suelo CL, valores de permeabilidad que fluctúan entre 5.02×10^{-7} y 1.98×10^{-6} .

VI. CONCLUSIONES

Conclusión 1: La presente investigación tuvo como objetivo estabilizar el dique de tierra de la presa Cotarsaya, mediante la adición de Zeolita, dado que este dique está conformado por suelos de baja capacidad de impermeabilización, que ha provocado la filtración aguas abajo del dique de tierra, por lo cual se plantea dosificaciones de suelo con contenido de Zeolita de 2.5, 3.5, 4.5, 5.0% en peso, los cambios en las propiedades del suelo como el Porcentaje de Dispersión, Índice de Plasticidad y la Permeabilidad fueron evaluadas en laboratorio mediante los ensayos de Doble Hidrómetro, Límites de Consistencia y Permeámetro de Carga Variable respectivamente.

Conclusión 2: De los resultados obtenidos del ensayo de Doble Hidrómetro; para la muestra de suelo del dique de tierra, se tiene un porcentaje de dispersión de 35.58%, y con dosificaciones de suelo con contenido de Zeolita de 2.5, 3.5, 4.5, 5.0% en peso, se obtuvo porcentajes de dispersión de 32.93, 30.12, 22.51 y 15.38% respectivamente, estos valores de porcentaje de dispersión disminuyen frente a un incremento de dosificación con Zeolita, pasando de un grado de dispersión intermedia (30% - 50%) a un grado de no dispersivo (<30%) para dosificaciones de Zeolita en 4.5 y 5.0%.

Conclusión 3: Se determinó el Índice de Plasticidad (IP) de la diferencia del límite líquido y el límite plástico, a través del ensayo de Límites de Consistencia; para la muestra de suelo del dique de tierra y suelo con dosificaciones de Zeolita de 2.5, 3.5, 4.5 y 5.0% en peso, obteniéndose un valor de 13.5 para la muestra sin dosificación de Zeolita y 15.6, 17.5, 18.2 y 19.1 para las muestras con dosificaciones de Zeolita respectivamente; los valores de IP con dosificación de Zeolita se han visto incrementados en comparación al valor de IP para la muestra sin dosificación de Zeolita, ubicándose dentro un rango recomendado para conformaciones de dique de tierra (15 - 35), que nos indican una condición de suelo estable (no expansible, ni compresible).

Conclusión 4: El parámetro que permite medir la capacidad de filtración en suelos es la permeabilidad, para la muestra de suelo del dique de tierra se obtuvo un valor de $7.20 \times 10^{-6} \text{cm/s}$, con la dosificación de Zeolita de 2.5, 3.5, 4.5, 5.0% en peso, se tiene permeabilidades de 5.30×10^{-6} , 2.31×10^{-6} , 1.22×10^{-6} y $6.50 \times 10^{-7} \text{cm/s}$

respectivamente, donde se evidencia que al incremento de la dosificación de Zeolita se reduce la permeabilidad, disminuyendo la filtración que pueda afectar la estabilidad y funcionalidad de la obra.

VII. RECOMENDACIONES

Recomendación 1: Se recomienda en futuras investigaciones, ampliar el alcance de la presente investigación, usando diferentes tipos de suelo que permitan evaluar los cambios en sus propiedades físicas.

Recomendación 2: Se recomienda futuras investigaciones del uso de la Zeolita en combinación con la bentonita, para la impermeabilización en suelos de rellenos sanitarios, que podrían tener reacciones adecuadas frente a los metales pesados y los lixiviados.

Recomendación 3: Para las canteras de suelo a utilizar en la conformación de diques de tierra se recomienda realizar el ensayo de Permeámetro de Carga Variable, con el fin de evitar fallas por filtración.

Recomendación 4: Se recomienda a las instituciones pertinentes como la Autoridad Nacional de Agua, la elaboración de normativas nacionales, donde se indique cuáles son los rangos de permeabilidad adecuados en el diseño de presas de tierra.

REFERENCIAS

- Ahmadi, Hamid, MolaAbasi, Zeighami (2020), The effect of zeolite and cement stabilization on the mechanical behavior of expansive soils. Artículo científico.
- Alarcón & Alva J 1999. XII Congreso nacional de ingeniería civil. Ensayos de permeabilidad en materiales de baja permeabilidad compactados.
- Alva J. & Garay H. 2017 Identificación y ensayos en suelos dispersivos, Revista de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería Perú.
- Angelone, S., Garibay, M., & Cauhapé C 2006. Geología y Geotecnia. Permeabilidad de suelos. Universidad nacional de Rosario. Facultad de ciencias exactas, ingeniería y agrimensura.
- Arévalo, K. y Dávila, C. 2022 Identificación y determinación del grado de dispersividad de los suelos en la carretera puerto Sangama hacia la localidad de Pilluana, Tesis de pregrado de la Universidad Nacional de San Martín Tarapoto.
- Arias, Fidas. 2006. El Proyecto de Investigación. s.l.: Episteme, 2006. 6a Edición.
- Aronès, N. 2017, Control del contenido de Cemento de inyecciones en suelo aplicación práctica, Universidad Politécnica de Madrid.
- Badillo, Juarez y Rodriguez, Rico. 1985. Fundamentos de la Mecánica de Suelos. 1985.
- Badillo, Juarez. 2014. Fundamentos de la Mecánica de Suelos. México Limusa, 2014.
- Borja, Manuel. 2012. Metodología de la investigación científica para ingenieros. Chiclayo: s.n., 2012.
- Braja, D. 2013 Fundamentos de ingeniería geotécnica. Editorial Cengage Learning.
- Braja, M Das. 2006. Principios de Ingeniería de cimentaciones. Quinta edición. Editorial, EDAMSA.

- Catacora, A. y Valeriano, W. 2014 Comportamiento del diseño de mezcla asfáltica tibia, con adición de zeolita para la pavimentación de la ciudad de Juliaca, Universidad Nacional del Altiplano Puno Perú.
- Crespo Villalaz, Carlos. 2004. Mecánica de suelos y cimentaciones. México Editorial Limusa S.A., 2004.
- Crespo, C. 2004 Mecánica de suelos y cimentaciones. Editorial Lumisa.
- Gonzales de Vallejo, 2002. Ingeniería Geológica. Editorial Prentice Hall. España.
- Gonzales, L. 2002 Ingeniería Geológica Madrid. Editorial Prentice Hall.
- Guzmán, E. 2019 Estabilización de un suelo dispersivo mediante zeolita micronizada. Instituto superior politécnico José A. Echeverría La Habana.
- Huaman, J. y Zanabria, J. 2020, Influencia del índice de plasticidad y grado de compactación en el efecto del sifonamiento del núcleo de presa de tierra, Tesis de pregrado de la Universidad Nacional de Huancavelica Perú
- ICOLD, International Committee on Large Dams. 2003. Crecidas y Presas: Pautas e Historia de Casos. Septiembre, 2003.
- Iglesias, Celso. 1997 Mecánica del suelo Editorial Sintesis. España
- Karl Terzaghi- Ralph B Peck. (1967 traducido 1972 O M Oretó). Mecánica de suelo en la ingeniería práctica. Segunda edición. Editorial, Ateneo.
- Lambe, W. y Whitman, R. 2001. Mecánica de Suelos Editorial Limusa.
- Lambe, W., & Whitman, R. 2002. Mecánica de suelos. Segunda edición. Editorial, LIMUSA México.
- Martínez G., Rosario. 2020. El secreto detrás de una tesis, Crea imagen SAC. Lima Perú.
- Martinez, V. 2018, Caracterización del grado de dispersión en arcillas de la zona Sur-Oeste de la cuenca sedimentaria de Loja, para determinar potencial de generación de procesos de piping, Tesis de universidad técnica particular de Loja Ecuador.
- Mendoza Lopez, Manuel. 1992. Enfoques recientes en la compactación de suelos. Querétaro.

- Ocon, J. 2013, Influencia del índice plástico en el contenido de óptimo de humedad en suelos arcillosos. Cajamarca.
- Rajabi y Bakhshi (2020), Effects of Natural - Zeolite Additive on Mechanical and Physicochemical Properties of Clayey Soils. Artículo científico.
- Rosales, E. 2021, Análisis experimental del fenómeno de tubificación en presas de tierra” Tesis para optar el grado de Magister Scientiae en Recursos Hídricos, Universidad Nacional Agraria la Molina Perú.
- Sagués, Patricia. 2008. Propiedades de los Suelos Compactados. Buenos Aires: s.n., 2008.
- Whitlow, R. 2009 Fundamentos de Mecánico de Suelos, Compañía editorial continental, S.A. de C.V. México.
- Xu, Fu, Wang, Lv, Xu, Wei y Wang (2022), Effect of Zeolite Content on Permeability of Stone Chip-Bentonite-Zeolite Mixture Using a Single Solution. Artículo científico.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

PROBLEMA General	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES Independiente	DIMENSION	INDICADOR	INSTRUMENTO
El dique de tierra de la presa Cotarsaya presenta filtraciones aguas abajo, formando bofedales que afectan al canal Principal Progreso Asillo ¿Como influirá el uso de la Zeolita en la estabilización del suelo el dique de tierra de la presa Cotarsaya, que permita reducir la filtración?	Estabilizar el suelo del dique de tierra de la presa Cotarsaya, mediante la adición con Zeolita, para reducir la filtración.	Una forma de estabilizar el suelo del dique de tierra de la presa Cotarsaya, sería mediante la adición con Zeolita.	Zeolita	Dosificación en laboratorio	2.5, 3.5, 4.5 y 5.0% de Zeolita	Laboratorio
PROBLEMAS Especifico	OBJETIVOS Especifico	HIPOTESIS	VARIABLES Dependiente	DIMENSION	INDICADOR	INSTRUMENTO
Porcentajes altos de dispersión de los suelos que conforman el dique de tierra, permiten la filtración y la formación de tubificaciones ¿Con la dosificación del suelo con Zeolita, podría reducirse el porcentaje de dispersión?	Analizar el porcentaje de dispersión de la muestra del suelo del dique de tierra y la muestra de suelo dosificadas con Zeolita	Se podría reducirse el porcentaje de dispersión del suelo que conforma el dique de tierra, mediante las dosificaciones con Zeolita	Propiedades del suelo que conforma el dique de tierra	Propiedades físicas del suelo	Porcentaje de dispersión	Laboratorio
Valores bajos o muy altos de índice de plasticidad influyen negativamente en la estabilidad del dique de tierra ¿Con la dosificación del suelo con Zeolita, mejoraría su índice de plasticidad?	Determinar el índice de plasticidad de la muestra de suelo del dique de tierra y de muestras de suelo dosificados con Zeolita	Se lograría mejorar el índice de plasticidad que ayude a estabilizar el dique de tierra			Indice de Plasticidad	Laboratorio
El suelo que conforma el dique de tierra, tiene una permeabilidad de baja capacidad de impermeabilización, que permite la filtración a través de ella que afecta a la estabilidad del dique ¿Con la dosificación de suelo con Zeolita, la permeabilidad podría disminuir?	Evaluar la permeabilidad del suelo que conforma el dique de tierra y el suelo dosificado con Zeolita	Se lograría reducir la permeabilidad del suelo que conforma el dique de tierra, mediante dosificaciones de suelo con Zeolita.			Permeabilidad	Laboratorio

Anexo 2. Composición química de la Zeolita Natural



Laboratorios Analíticos del Sur

FICHA TECNICA

1.- DESCRIPCION DEL PRODUCTO

- 1.1 Nombre comercial: **ZEOLITA NATURAL**
- 1.2 Clase de producto: Mineral natural
- 1.3 Tipo de formulación: Granulado
- 1.4 Presentación: 15 kg


2.- COMPOSICION QUIMICA DE LA ZEOLITA NATURAL

COMPOSICIÓN QUIMICA	PORCENTAJE	UNIDAD
SiO ₂	69.96	%
Al ₂ O ₃	17.15	%
Fe ₂ O ₃	6.47	%
K ₂ O	2.02	%
Na ₂ O	1.86	%
MgO	0.58	%
LOI	0.31	%
Mn ₂ O ₃	0.26	%
Ca	0.20	%
Otros	1.19	%

3. OTRAS PROPIEDADES

PARAMETRO EVALUADO	CONCENTRACION	UNIDAD
PH	7.5	%
HUMEDAD	0.3 - 5.0	%
RETENCION DE HUMEDAD	30 - 45	%
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO	50 - 89	me/100g
CLINOPTILOLITA	43-69	%

Anexo 3. Resultados del ensayo de Permeámetro de Carga Variable




MegaLaboratorio del Sur S.R.L.
RUC: 20448773176

MEGALABORATORIO DEL SUR S.R.L.

Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto, Análisis de Agua y Ensayos de Materiales

TRAZABILIDAD Y PATRONES DE REFERENCIA



INFORME DE CONTROL DE ENSAYOS EN LABORATORIO (PERMEABILIDAD CARGA VARIABLE)

PROYECTO:	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS MEDIANTE LA ADICIÓN DE LA ZEOLITA EN EL DIQUE DE TIERRA DE LA PRESA COTARSAYA, AZANGARO, PUNO		
SOLICITANTE:	SOLEDAD IRMA TIPO QUISEP		
UBICACIÓN:	C.P. DE PROGRESO - PROVINCIA DE AZANGARO - DEPARTAMENTO DE PUNO		
LUGAR:	PRESA COTARSAYA, AZANGARO		
MUESTRA:	M-01, MUESTREADO POR EL SOLICITANTE		
SUELO:	100% DE ARCILLAS LIMO ELASTICAS (CL)		
ZEOLITA:	0%		
	FECHA:	19 DE DICIEMBRE DEL 2022	
	OPERADOR:	PERSONAL DEL LABORATORIO	

PERMEABILIDAD METODO DE CARGA VARIABLE AASHTO T 123, ASTM - D - 2434, ASTM - D - 2084

Nº	CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA	DATOS
1	CLASIFICACION SUCS	CL
2	CLASIFICACION AASTHO	A-0
3	LIMITE LIQUIDO	30.4
4	INDICE DE PLASTICIDAD	13.5
5	DENSIDAD MAXIMA PROCTOR ESTANDAR AL 90%	1.74
6	CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMA	14.6
7	DENSIDAD MAXIMA PROCTOR ESTANDAR AL 90%	1.643
8	AREA DEL ESPECIMEN DEL ENSAYO	46.16
9	ALTURA DE LA MUESTRA	13.00
10	VOLUMEN DE LA MUESTRA	631.74

Cuadro1. Tabla de Permeabilidad

Tipo de suelo	Grado relativo de permeabilidad	Coefficiente de permeabilidad K (cm/seg.)	Propiedades de drenaje
Grava limpia	Alto	1x10 ⁻¹	Buena
Grava sucia	Medio	1x10 ⁻²	Buena
Grava arenosa	Medio	1x10 ⁻³	Buena
Arena fina	Baja	1x10 ⁻⁴ a 1x10 ⁻⁵	Fraca a pobre
Limo	Baja	1x10 ⁻⁵ a 1x10 ⁻⁶	Fraca a pobre
Arena limo arcillosa	Muy baja	1x10 ⁻⁶ a 1x10 ⁻⁷	Pobre a prácticamente impermeable
Arcilla homogénea	Muy baja a prácticamente impermeable	<1x10 ⁻⁷	Prácticamente impermeable

DATOS DEL PERMEAMETRO: CARGA VARIABLE

DIAMETRO (cm)	AREA (cm ²)	ALTURA (cm)	VOLUMEN (DM ³)
7.858	46.100	13.00	631.74
Diámetro del tubo alimentador (cm)	Sección transversal del tubo (cm ²)	Longitud de la muestra (cm)	Sección de la muestra
0.29044	0.070	13.00	46.16

Fuente: JIAREZ BADILO, Estelio y RICO RODRIGUEZ, Alfonso. Mecánica de Suelos, México: Limusa, 2005, p.158.

RESULTADOS DE ENSAYO

Nº DE PRUEBA	Altura h1 (cm)	Altura h2 (cm)	Tiempo en segundos	Temperatura del agua (°C)	R _t	K (cm/s)	K ₂₀ (cm/s)
1	123.5	60	14400	15.4	1.125230	6.9496E-06	7.8195E-06
2	123.5	60	15750	15.4	1.125230	5.8499E-06	6.5024E-06
					PROMEDIO	7.2011E-06	

ECUACION

$$K = \frac{\alpha \cdot L}{A \cdot \Delta t} \log \frac{h_1}{h_2}$$


DONDE:

- K= Coeficiente de permeabilidad (cm/seg)
- a= Sección transversal del tubo de carga (cm²)
- L= Longitud de la muestra (cm)
- A= Sección de la muestra (cm²)
- t= Tiempo del ensayo (seg)
- h1= Altura del agua al comienzo del ensayo (cm)
- h2= Altura del agua finalizando el ensayo (cm)
- RT= Factor de corrección por temperatura del agua
- K₂₀= Coeficiente corregido a T de 20°

Observaciones:


Muestra identificada y proporcionada por el solicitante

Prohibida su reproducción parcial o total de este documento sin la autorización de MEGALABORATORIO DE SUR S. R. L.




MEGALABORATORIO DEL SUR S.R.L.

ALEX DAVID MIMIZ VARGAS
TECNICO DE LABORATORIO



MEGALABORATORIO DEL SUR S.R.L.

WALTER MACHACA ZAMATI
INGENIERO CIVIL CIP. Nº 126148
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

DIRECCIÓN: JR. AYAVIRI N° 264 - PUNO (Referencia: Jr. Ancash 456) | MegaLaboratorio del sur SRL |  megalaboratorio del sur

Email: megalaboratorio@hotmail.com



INFORME DE CONTROL DE ENSAYOS EN LABORATORIO (PERMEABILIDAD CARGA VARIABLE)	
PROYECTO:	ESTABILIZACION DE SUELOS MEDIANTE LA ADICION DE LA ZEOLITA EN EL DIQUE DE TIERRA DE LA PRESA COTARSAYA, AZANGARO, PUNO
SOLICITANTE:	SOLEDAD RMA TPO QUISPE
UBICACION:	C.P. DE PROGRESO - PROVINCIA DE AZANGARO - DEPARTAMENTO DE PUNO
LUGAR:	PRESA COTARSAYA, AZANGARO
MUESTRA:	M-01, MUESTREADO POR EL SOLICITANTE
SUELO:	97.5% DE ARCILLAS LMO ELASTICAS (CL)
ZEOLITA:	2.5%
FECHA: 19 DE DICIEMBRE DEL 2022 OPERADOR: PERSONAL DEL LABORATORIO	

PERMEABILIDAD METODO DE CARGA VARIABLE AASHTO T 123, ASTM - D - 2434, ASTM - D - 5884		
Nº	CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA	DATOS
1	CLASIFICACION SUCS	CL
2	CLASIFICACION AASHTO	A-6
3	LIMITE LIQUIDO	33.8
4	INDICE DE PLASTICIDAD	16.3
5	DENSIDAD MAXIMA PROCTOR ESTANDAR AL 95%	1.72
6	CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMA	14.73
7	DENSIDAD MAXIMA PROCTOR ESTANDAR AL 90%	1.505
8	AREA DEL ESPECIMEN DEL ENSAYO	46.16
9	ALTURA DE LA MUESTRA	13.05
10	VOLUMEN DE LA MUESTRA	631.74

Cuadro1. Tabla de Permeabilidad

Tipo de suelo	Grado relativo de permeabilidad	Coeficiente de permeabilidad K (cm/seg.)	Propiedades de drenaje	DATOS DEL PERMEAMETRO: CARGA VARIABLE			
				DIAMETRO (cm)	AREA (cm ²)	ALTURA (cm)	VOLUMEN (DM.3)
Grava limpia	Alto	1x10 ⁻¹	Buena	7.656	46.160	13.05	631.74
Grava sucia	Medio	1x10 ⁻²	Buena				
Grava arenosa	Medio	1x10 ⁻³	Buena	Seccion transversal del tubo alimentador (cm ²)	Seccion transversal de la muestra (cm ²)	Longitud de la muestra (cm)	Seccion de la muestra
Arena fina	Bajo	1x10 ⁻⁴ a 1x10 ⁻⁵	Pobre a pobre				
Arena mediana	Bajo	1x10 ⁻⁵ a 1x10 ⁻⁶	Pobre a pobre	0.250544	0.070	13.05	46.16
Arena fina arcillosa	Muy bajo	1x10 ⁻⁶ a 1x10 ⁻⁷	Pobre o prácticamente impermeable				
Arcilla bentonita	Muy baja o prácticamente impermeable	< 1x10 ⁻⁷	Prácticamente impermeable				

Fuente: JUÁREZ BADILO, Eulalia y RICO RODRIGUEZ, Alfonso. Mecánica de Suelos. México: Limusa, 2005, p.186

Nº DE PRUEBA	RESULTADOS DE ENSAYO						
	Altura h1 (cm)	Altura h2 (cm)	Tiempo en segundos	Temperatura del agua (°C)	R _T	K (cm/s)	K ₂₀ (cm/s)
1	123.5	65	20900	15.4	1.125230	5.00369E-06	5.63028E-06
2	123.5	65	20900	15.4	1.125230	4.41679E-06	4.96890E-06
					PROMEDIO	5.3001E-06	

ECUACION

$$K = \frac{a \cdot L}{A \cdot \Delta t} \log \frac{h_1}{h_2}$$

DONDE:

- K= Coeficiente de permeabilidad (cm/seg)
- a= Seccion transversal del tubo de carga (cm²)
- L= Longitud de la muestra (cm)
- A= Seccion de la muestra (cm²)
- t= Tiempo del ensayo (seg)
- h1= Altura del agua al comienzo del ensayo (cm)
- h2= Altura del agua finalizando el ensayo (cm)
- RT= Factor de correccion por temperatura del agua
- K₂₀= Coeficiente corregido a T de 20°

Observaciones:

- Muestra identificada y proporcionada por el solicitante
- Prohibida su reproduccion parcial o total de este documento sin la autorizacion de MEGALABORATORIO DEL SUR S.R.L.



MEGALABORATORIO DEL SUR S.R.L.

ALEX DAVID MUNIZ VARGA
TECNICO DE LABORATORIO



MEGALABORATORIO DEL SUR S.R.L.

WALTER MACHACA ZAMAT
INGENIERO CIVIL CIP. Nº 126148
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



INFORME DE CONTROL DE ENSAYOS EN LABORATORIO (PERMEABILIDAD CARGA VARIABLE)	
PROYECTO:	ESTABILIZACION DE SUELOS MEDIANTE LA ADICION DE LA ZEOLITA EN EL DIQUE DE TIERRA DE LA PRESA COTARSAYA, AZANGARO, PUNO
SOLICITANTE:	SOLEDAD IRMA TIPO QUISPE
UBICACION:	C.P. DE PROGRESO - PROVINCIA DE AZANGARO - DEPARTAMENTO DE PUNO
LUGAR:	PRESA COTARSAYA, AZANGARO
MUESTRA:	M-01, MUESTREADO POR EL SOLICITANTE
SUELO:	96.5% DE ARCILLAS LIMO ELASTICAS (CL)
ZEOLITA:	3.5%
FECHA: 27 DE ENERO DEL 2023 OPERADOR: PERSONAL DEL LABORATORIO	

PERMEABILIDAD METODO DE CARGA VARIABLE AASHTO T 122, ASTM - D - 2434, ASTM - D - 5084		
Nº	CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA	DATOS
1	CLASIFICACION SUCS	CL
2	CLASIFICACION AASTHO	A-6
3	LIMITE LIQUIDO	35.1
4	INDICE DE PLASTICIDAD	17.4
5	DENSIDAD MAXIMA PROCTOR ESTANDAR AL 95%	1.71
6	CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMA	14.85
7	DENSIDAD MAXIMA PROCTOR ESTANDAR AL 90%	1.554
8	AREA DEL ESPECIMEN DEL ENSAYO	46.16
9	ALTURA DE LA MUESTRA	13.65
10	VOLUMEN DE LA MUESTRA	631.74

Cuadro 1. Tabla de Permeabilidad

DATOS DEL PERMEAMETRO: CARGA VARIABLE			
DIAMETRO (cm)	AREA (cm ²)	ALTURA (cm)	VOLUMEN (DM ³)
7.600	46.160	13.65	631.74
tubo alimentador (cm ²)	Seccion transversal del tubo (cm ²)	Longitud de la muestra (cm)	Seccion de la muestra
0.250644	0.070	13.65	46.16

Fuente: JUAREZ BADILO, Eulalia y RICO RODRIGUEZ, Alfonso. Mecánica de Suelo, Mexico: Limusa, 2005, p.186.

Nº DE PRUEBA	RESULTADOS DE ENSAYO						
	Altura h1 (cm)	Altura h2 (cm)	Tiempo en segundos	Temperatura del agua (°C)	Rt	K (cm/s)	K ₂₀ (cm/s)
1	123.5	85	45010	15.4	1.125230	2.16453E-06	2.45610E-06
2	123.5	85	47610	15.4	1.125230	1.93079E-06	2.17256E-06
PROMEDIO						2.31534E-06	

ECUACION

$$K = \frac{aL}{A \cdot \Delta t} \log \frac{h_1}{h_2}$$

DONDE:

- K= Coeficiente de permeabilidad (cm/seg)
- a= Seccion transversal del tubo de carga (cm²)
- L= Longitud de la muestra (cm)
- A= Seccion de la muestra (cm²)
- t= Tiempo del ensayo (seg)
- h1= Altura del agua al comienzo del ensayo (cm)
- h2= Altura del agua finalizando el ensayo (cm)
- RT= Factor de correccion por temperatura del agua
- K₂₀= Coeficiente corregido a T de 20°

Observaciones:

Muestra identificada y proporcionada por el solicitante
Prohibida su reproduccion parcial o total de este documento sin la autorizacion de MEGALABORATORIO DE SUR S.



MEGALABORATORIO DEL SUR S.R.L.

ALEX DAVID MUAÑO VARGAS
TECNICO DE LABORATORIO



MEGALABORATORIO DEL SUR S.R.L.

WALTER MACHACA ZAMA
INGENIERO CIVIL CIP Nº 12411-
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



INFORME DE CONTROL DE ENSAYOS EN LABORATORIO (PERMEABILIDAD CARGA VARIABLE)	
PROYECTO:	ESTABILIZACION DE SUELOS MEDIANTE LA ADICION DE LA ZEOLITA EN EL DIQUE DE TIERRA DE LA PRESA COTARSAYA, AZANGARO, PUNO
SOLICITANTE:	SOLEDAD IRMA TIPO QUISPE
UBICACION:	C.P. DE PROGRESO - PROVINCIA DE AZANGARO - DEPARTAMENTO DE PUNO
LUGAR:	PRESA COTARSAYA, AZANGARO
MUESTRA:	M-01, MUESTREADO POR EL SOLICITANTE
SUELO:	95.5% DE ARCILLAS LIMO ELASTICAS (CL)
ZEOLITA:	4.50%
FECHA:	16 DE ENERO DEL 2023
OPERADOR:	PERSONAL DEL LABORATORIO

PERMEABILIDAD METODO DE CARGA VARIABLE AASHTO T 125, ASTM - D - 2434, ASTM - D - 3084		
Nº	CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA	DATOS
1	CLASIFICACION SUCS	CL
2	CLASIFICACION AASHTO	A-6
3	LIMITE LIQUIDO	36.0
4	INDICE DE PLASTICIDAD	10.2
5	DENSIDAD MAXIMA PROCTOR ESTANDAR AL 95%	1.69
6	CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMA	15.1
7	DENSIDAD MAXIMA PROCTOR ESTANDAR AL 90%	1.5205
8	AREA DEL ESPECIMEN DEL ENSAYO	46.10
9	ALTURA DE LA MUESTRA	13.65
10	VOLUMEN DE LA MUESTRA	631.74

Cuadro 1. Tabla de Permeabilidad

Tipo de suelo	Grado relativo de permeabilidad	Coeficiente de permeabilidad K (cm/seg.)	Propiedades de drenaje	DATOS DEL PERMEAMETRO: CARGA VARIABLE			
				DIAMETRO (cm)	AREA (cm ²)	ALTURA (cm)	VOLUMEN (D.M.3)
arena limpia	Alto	>10 ⁻³	Buena	7.000	46.100	13.65	631.74
arena arenosa	Medio	10 ⁻³ a 10 ⁻⁴	Buena a pobre				
arena fina	Bajo	10 ⁻⁴ a 10 ⁻⁵	Pobre a pobre				
limo	Muy bajo	10 ⁻⁵ a 10 ⁻⁶	Pobre o prácticamente impermeable				
arena limo arcillosa	Muy bajo a prácticamente impermeable	<10 ⁻⁶	Prácticamente impermeable	0.2500	0.070	13.65	46.10

Fuente: JUAREZ BADILO, Esteban y RICO RODRIGUEZ, Alfonso. Mecánica de Suelos, México: Limusa, 2005, p. 138.

Nº DE PRUEBA	RESULTADOS DE ENSAYO						
	Altura h1 (cm)	Altura h2 (cm)	Tiempo en segundos	Temperatura del agua (°C)	R _T	K (cm/s)	K ₂₀ (cm/s)
1	123.5	85	89000	15.4	1.125230	1.12341E-06	1.26410E-06
2	123.5	85	87000	15.4	1.125230	1.06007E-06	1.19282E-06
						PROMEDIO	1.22046E-06

ECUACION

$$K = \frac{a \cdot L}{A \cdot \Delta t} \log \frac{h_1}{h_2}$$

DONDE:

- K = Coeficiente de permeabilidad (cm/seg)
- a = Sección transversal del tubo de carga (cm²)
- L = Longitud de la muestra (cm)
- A = Sección de la muestra (cm²)
- t = Tiempo del ensayo (seg)
- h1 = Altura del agua al comienzo del ensayo (cm)
- h2 = Altura del agua finalizando el ensayo (cm)
- RT = Factor de corrección por temperatura del agua
- K₂₀ = Coeficiente corregido a T de 20°

Observaciones:

Muestra identificada y proporcionada por el solicitante
Prohibida su reproducción parcial o total de este documento sin la autorización de MEGALABORATORIO DEL SUR S.R.L.



ALEX DAVID MUÑOZ VARGAS
TECNICO DE LABORATORIO



WALTER MACHACA ZAMATI
INGENIERO CIVIL CIP. Nº 125148
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



INFORME DE CONTROL DE ENSAYOS EN LABORATORIO (PERMEABILIDAD CARGA VARIABLE)	
PROYECTO:	ESTABILIZACION DE SUELOS MEDIANTE LA ADICION DE LA ZEOLITA EN EL DÍQUE DE TIERRA DE LA PRESA COTARSAYA, AZANGARO, PUNO
SOLICITANTE:	SOLEDAD RMA TPO QUISPE
UBICACIÓN:	C.P. DE PROGRESO - PROVINCIA DE AZANGARO - DEPARTAMENTO DE PUNO
LUGAR:	PRESA COTARSAYA, AZANGARO
MUESTRA:	M-01, MUESTREADO POR EL SOLICITANTE
SUELO:	90% DE ARCILLAS LIMO ELASTICAS (CL)
ZEOLITA:	5%
FECHA: 19 DE DICIEMBRE DEL 2022 OPERADOR: PERSONAL DEL LABORATORIO	

PERMEABILIDAD METODO DE CARGA VARIABLE AASHTO T 125, ASTM - D - 2434, ASTM - D - 5084		
Nº	CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA	DATOS
1	CLASIFICACION SUCS	CL
2	CLASIFICACION AASTHO	A-6
3	LIMITE LIQUIDO	37.3
4	INDICE DE PLASTICIDAD	19.1
5	DENSIDAD MAXIMA PROCTOR ESTANDAR AL 90%	1.66
6	CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMA	15.3
7	DENSIDAD MAXIMA PROCTOR ESTANDAR AL 90%	1.512
8	AREA DEL ESPECIMEN DEL ENSAYO	46.18
9	ALTURA DE LA MUESTRA	13.66
10	VOLUMEN DE LA MUESTRA	631.74

Cuadro 1. Tabla de Permeabilidad

Tipo de suelo	Grado relativo de permeabilidad	Clasificación de permeabilidad N (cm/seg.)	Preparación de ensayo	DATOS DEL PERMEAMETRO: CARGA VARIABLE			
				DIAMETRO (cm)	AREA (cm ²)	ALTURA (cm)	VOLUMEN (D.M.3)
Grava limpia	Alto	>10 ³	Buena				
Arena limpia	Medio	10 ²	Buena				
Grava arcillosa	Medio	10 ²	Buena				
Arena fina	Bajo	10 ¹ a 10 ²	Frasca a pedruzco				
Limón	Bajo	10 ¹ a 10 ²	Frasca a pedruzco				
Arena limo arcillosa	Muy bajo	10 ⁰ a 10 ¹	Pedruzco o pedruzcos impermeables				
Arcilla homogénea	Muy bajo a prácticamente impermeable	<10 ⁰	Prácticamente impermeable				

Fuente: SUÁREZ BADIÑO, Esteban y RICO RODRIGUEZ, Alfonso. Mecánica de Suelos, México: Limusa, 2005, p. 388.

Nº DE PRUEBA	RESULTADOS DE ENSAYO						
	Altura h1 (cm)	Altura h2 (cm)	Tiempo en segundos	Temperatura del agua (°C)	R _t	K (cm/s)	K ₂₀ (cm/s)
1	123.5	05	100900	15.4	1.125230	6.21961E-07	6.98849E-07
2	123.5	05	172900	15.4	1.125230	5.33890E-07	6.00759E-07
					PROMEDIO	6.30303E-07	

ECUACIÓN

$$K = \frac{a \cdot L}{A \cdot \Delta t} \log \frac{h_1}{h_2}$$

DONDE:

- K= Coeficiente de permeabilidad (cm/seg)
- a= Sección transversal del tubo de carga (cm²)
- L= Longitud de la muestra (cm)
- A= Sección de la muestra (cm²)
- t= Tiempo del ensayo (seg)
- h1= Altura del agua al comienzo del ensayo (cm)
- h2= Altura del agua finalizando el ensayo (cm)
- RT= Factor de corrección por temperatura del agua
- K₂₀= Coeficiente corregido a T de 20°

Observaciones:

Muestra identificada y proporcionada por el solicitante

Prohibida su reproducción parcial o total de este documento sin la autorización de MEGALABORATORIO DEL SUR S. R. L.

Mega Laboratorio del Sur S.R.L.
RUC: 20448773176
ALEX DAVID MUMIZ VARGAS
TECNICO DE LABORATORIO

Mega Laboratorio del Sur S.R.L.
RUC: 20448773176
WALTER MACHACA ZAMATÁ
INGENIERO CIVIL CIP. Nº 126146
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

Anexo 4. Resultados del ensayo de Límites de Consistencia



GOBIERNO REGIONAL - PUNO
 PROGRAMA REGIONAL DE RIEGO Y DRENAJE
 (PRORRIDRE)
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO
 JR. CARABAYA N° 351 - PUNO



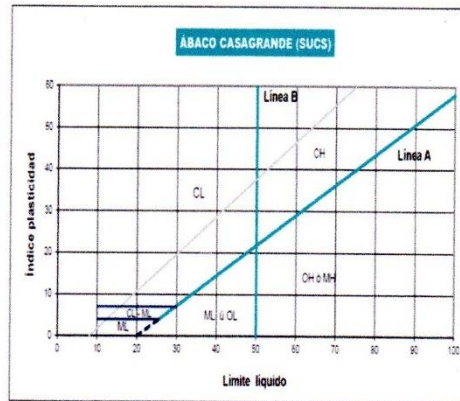
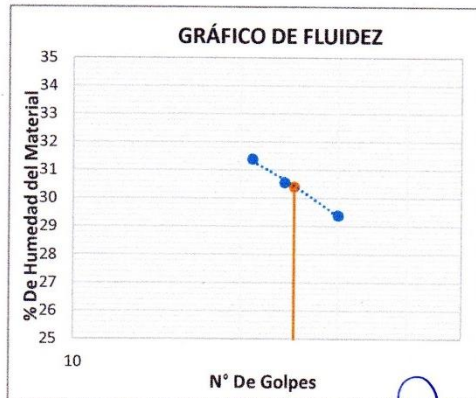
PROYECTO: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS MEDIANTE LA ADICIÓN DE LA ZEOLITA EN EL DIQUE DE TIERRA DE LA PRESA COTARSAYA, AZÁNGARO, PUNO.	CALICATA: UNICA
UBICACIÓN: PUNO, AZANGARO, PROGRESO	MUESTRA: M - 01
LUGAR : PRESA COTARSAYA	COMPONENTE: DIQUE DE TIERRA (100 %)
SOLICITANTE: SOLEDAD IRMA TIPO QUISPE	ENCARGADO: ING. BRUNO TURPO SUCARI
	FECHA: 05/12/22

LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4318)

Metodo de ensayo : Multipunto
 Metodo de preparacion : Ambiente
 Secado al horno : 110 ±5°C

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
	L01	L02	L03	P01	P02
Cod.Tara					
Peso Tara	41.32	40.97	15.13	13.6	12.7
Peso Tara + Suelo Humedo	68	67.51	37.99	23.2	19.7
Peso Tara + Suelo Seco	61.94	61.3	32.53	21.8	18.7
Peso del Agua	6.06	6.21	5.46	1.40	1.00
Peso del suelo seco	20.62	20.33	17.4	8.20	6.00
% Humedad	29.39	30.55	31.38	17.07	16.67
Nº de Golpes	30	24	21	-	-

Limite Liquido (LL)	Limite Plastico (LP)	Indice de Plasticidad (IP)	Indice de Liquidez (IL)	Consistencia (IC)
30.4	16.9	13.5	-	-



GOBIERNO REGIONAL - PUNO
 PRORRIDRE
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO
 Ing. Bruno Turpo Sucari
 CIP. 106575
 JEFE DEL LABORATORIO



GOBIERNO REGIONAL - PUNO
PROGRAMA REGIONAL DE RIEGO Y DRENAJE
(PRORRIDRE)
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO
 JR. CARABAYA N° 351 - PUNO



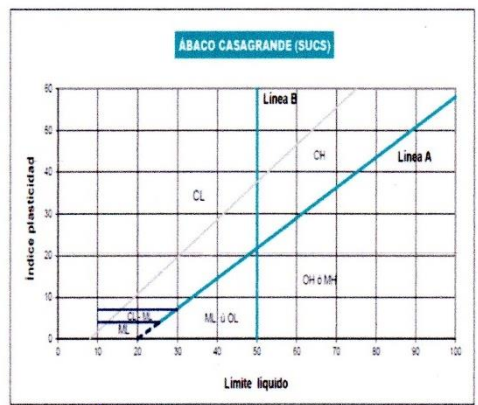
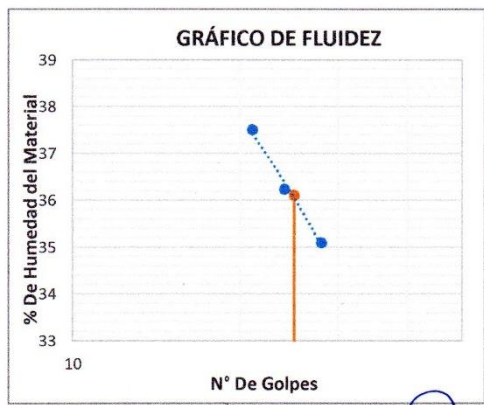
PROYECTO: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS MEDIANTE LA ADICIÓN DE LA ZEOLITA EN EL DIQUE DE TIERRA DE LA PRESA COTARSAYA, AZÁNGARO, PUNO.	CALICATA: UNICA
UBICACIÓN: PUNO, AZANGARO, PROGRESO	MUESTRA: M - 01
LUGAR : PRESA COTARSAYA	COMPONENTE: DIQUE DE TIERRA (95.50 %)+ZEOLITA (4.5 %)
SOLICITANTE: SOLEDAD IRMA TIPO QUISPE	ENCARGADO: ING. BRUNO TURPO SUCARI
	FECHA: 22/01/23

LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4318)

Metodo de ensayo : Multipunto
 Metodo de preparacion : Ambiente
 Secado al horno : 110 ±5°C

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
	L01	L02	L03	P01	P02
Cod.Tara					
Peso Tara	41.32	40.97	39.81	13.63	12.68
Peso Tara + Suelo Humedo	63.515	62.535	59.885	21.21	20.33
Peso Tara + Suelo Seco	57.75	56.8	54.41	20.06	19.18
Peso del Agua	5.765	5.735	5.475	1.155	1.155
Peso del suelo seco	16.43	15.83	14.6	6.425	6.495
% Humedad	35.09	36.23	37.50	17.98	17.78
Nº de Golpes	28	24	21	-	-

Limite Liquido (LL)	Limite Plastico (LP)	Indice de Plasticidad (IP)	Indice de Liquez (IL)	Consistencia (IC)
36.1	17.9	18.2	-	-




 GOBIERNO REGIONAL - PUNO
 PRORRIDRE
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO
 Ing. Bruno Turpo Sucari
 CIP 105876
 JEFE LABORATORIO



GOBIERNO REGIONAL - PUNO
PROGRAMA REGIONAL DE RIEGO Y DRENAJE
(PRORRIDRE)
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO
 JR. CARABAYA N° 351 - PUNO



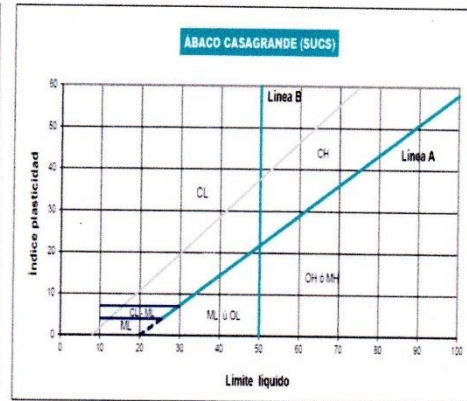
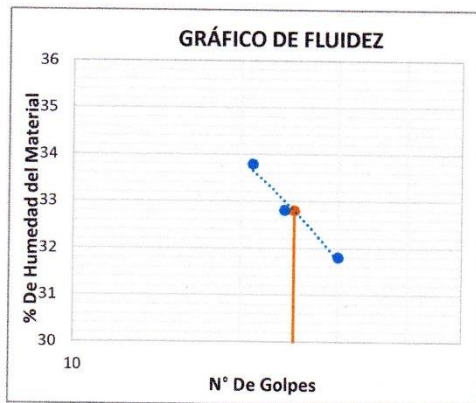
PROYECTO: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS MEDIANTE LA ADICIÓN DE LA ZEOLITA EN EL DIQUE DE TIERRA DE LA PRESA COTARSAYA, AZÁNGARO, PUNO.	CALICATA: UNICA
UBICACIÓN: PUNO, AZANGARO, PROGRESO	MUESTRA: M - 01
LUGAR : PRESA COTARSAYA	COMPONENTE: DIQUE DE TIERRA (97.50 %)+ZEOLITA (2.5 %)
SOLICITANTE: SOLEDAD IRMA TIPO QUISPE	ENCARGADO: ING. BRUNO TURPO SUCARI
	FECHA: 09/01/23

LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4318)

Metodo de ensayo : Multipunto
 Metodo de preparacion : Ambiente
 Secado al horno : 110 ±5°C

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
	L01	L02	L03	P01	P02
Cod.Tara					
Peso Tara	41.32	40.97	39.81	13.63	12.68
Peso Tara + Suelo Humedo	63.16	62.18	59.53	21.17	20.29
Peso Tara + Suelo Seco	57.89	56.94	54.55	20.06	19.18
Peso del Agua	5.27	5.24	4.98	1.11	1.11
Peso del suelo seco	16.57	15.97	14.74	6.43	6.5
% Humedad	31.80	32.81	33.79	17.26	17.08
N° de Golpes	30	24	21	-	-

Limite Liquido (LL)	Limite Plastico (LP)	Indice de Plasticidad (IP)	Indice de Liquidez (IL)	Consistencia (IC)
32.8	17.2	15.6	-	-



GOBIERNO REGIONAL - PUNO
 PRORRIDRE
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

Ing. Bruno Turpo Sucari
 CIP 188879
 JEFE DE LABORATORIO



GOBIERNO REGIONAL - PUNO
PROGRAMA REGIONAL DE RIEGO Y DRENAJE
(PRORRIDRE)
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO
 JR. CARABAYA N° 351 - PUNO



PROYECTO: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS MEDIANTE LA ADICIÓN DE LA ZEOLITA EN EL DIQUE DE TIERRA DE LA PRESA COTARSAYA, AZÁNGARO, PUNO.
UBICACIÓN: PUNO, AZANGARO, PROGRESO
LUGAR : PRESA COTARSAYA
SOLICITANTE: SOLEDAD IRMA TIPO QUISPE

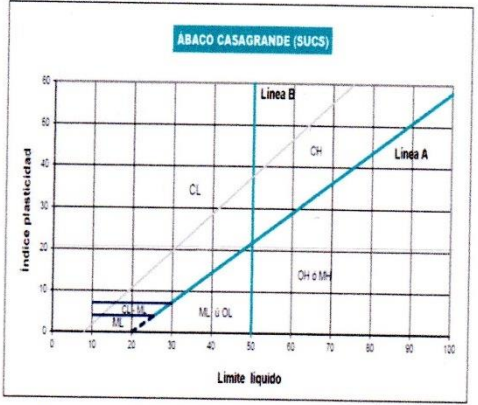
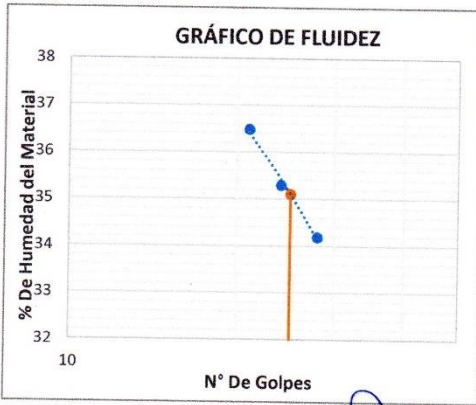
CALICATA: UNICA
MUESTRA: M - 01
COMPONENTE: DIQUE DE TIERRA (96.50 %)+ZEOLITA (3.5 %)
ENCARGADO: ING. BRUNO TURPO SUCARI
FECHA: 22/01/23


LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4318)

Metodo de ensayo : Multipunto
 Metodo de preparacion : Ambiente
 Secado al horno : 110 ±5°C

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
	L01	L02	L03	P01	P02
Cod. Tara					
Peso Tara	41.32	40.97	39.81	13.63	12.68
Peso Tara + Suelo Humedo	63.42	62.44	59.79	21.20	20.32
Peso Tara + Suelo Seco	57.79	56.84	54.45	20.06	19.18
Peso del Agua	5.63	5.6	5.34	1.136	1.136
Peso del suelo seco	16.47	15.87	14.64	6.429	6.499
% Humedad	34.18	35.29	36.48	17.67	17.48
Nº de Golpes	28	24	21	-	-

Limite Liquido (LL)	Limite Plastico (LP)	Indice de Plasticidad (IP)	Indice de Liquidez (IL)	Consistencia (IC)
35.1	17.6	17.5	-	-




GOBIERNO REGIONAL - PUNO
PROGRESO
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO
Ing. Bruno Turpo Sucari
CIP 1053975
JEPF E LABORATORIO



GOBIERNO REGIONAL - PUNO
PROGRAMA REGIONAL DE RIEGO Y DRENAJE
 (PRORRIIRE)
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO
 JR. CARABAYA N° 351 - PUNO



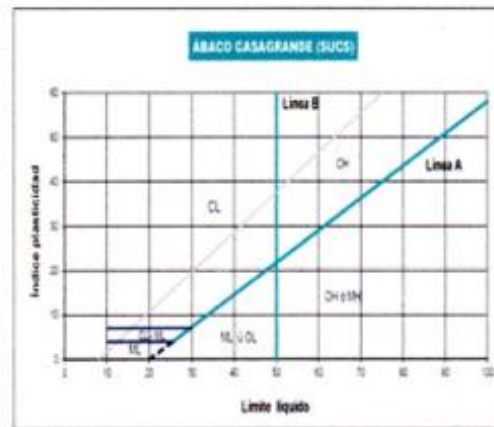
PROYECTO: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS MEDIANTE LA ADICIÓN DE LA ZEOLITA EN EL DIQUE DE TIERRA DE LA PRESA COTARSAYA, AZÁNGARO, PUNO.	CALICATA: UNICA
UBICACIÓN: PUNO, AZANGARO, PROGRESO	MUESTRA: M - 01
LUGAR : PRESA COTARSAYA	COMPONENTE: DIQUE DE TIERRA (95.0 %)+ZEOLITA (5 %)
SOLICITANTE: SOLEDAD IRMA TIPO QUISPE	ENCARGADO: ING. BRUNO TURPO SUCARI
	FECHA: 05/12/22

LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4318)

Metodo de ensayo : Multipunto
 Metodo de preparacion : Ambiente
 Secado al horno : 110 ±5°C

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
	L01	L02	L03	P01	P02
Cod.Tara					
Peso Tara	41.32	40.97	39.81	13.63	12.68
Peso Tara + Suelo Humedo	63.86	62.88	60.23	21.24	20.36
Peso Tara + Suelo Seco	57.89	56.94	54.55	20.07	19.18
Peso del Agua	5.97	5.94	5.68	1.17	1.18
Peso del suelo seco	16.57	15.97	14.74	6.44	6.5
% Humedad	36.03	37.19	38.53	18.17	18.15
Nº de Golpes	28	24	21	-	-

Limite Liquido (LL)	Limite Plastico (LP)	Indice de Plasticidad (IP)	Indice de Liquidez (IL)	Consistencia (IC)
37.3	18.2	19.1	-	-



GOBIERNO REGIONAL PUNO
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO
 Ing. BRUNO TURPO SUCARI
 CIP 10558
 REPRESENTANTE LABORATORIO

Anexo 5. Resultados del ensayo de Doble Hidrómetro



GOBIERNO REGIONAL - PUNO
 PROGRAMA REGIONAL DE RIEGO Y DRENAJE (PRORRIDRE)
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO
 JR. CARABAYA N° 351 - PUNO



PROYECTO: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS MEDIANTE LA ADICIÓN DE LA ZEOLITA EN EL DIQUE DE TIERRA DE LA PRESA COTARSAYA, AZANGARO, PUNO. UBICACIÓN: PUNO, AZANGARO, PROGRESO LUGAR : PRESA COTARSAYA SOLICITANTE: SOLEDAD IRMA TIPO QUISPE	CALICATA: UNICA MUESTRA: M - 01 COMPONENTES: DIQUE DE TIERRA (100 %) ENCARGADO: ING. BRUNO TURPO SUCARI FECHA: 13/12/22
--	--

ENSAYO DE DOBLE HIDRÓMETRO

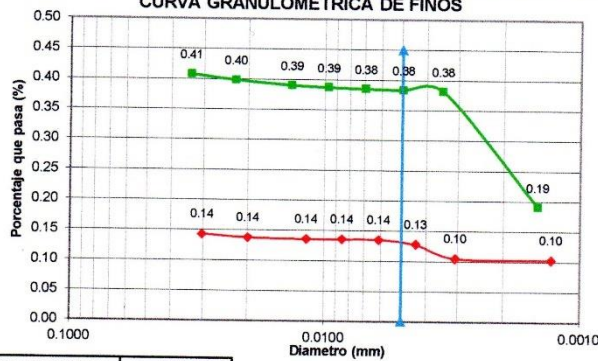
HIDROMETRO: 151H	AGENTE DISPERSANTE: NaPO3	CONCENTRACION: 0,05 N
CORRECCION POR DEFLOCULANTE Cd: 0.3026	CORRECCION POR MENISCO, Cm: 0.0006	
VOLUMEN DEL HIDROMETRO: 60 cm ³	Ws, gr: 52	Gs: 2.65
		a: 1.000

FECHA	HORA	TIEMPO (min)	R'M	T °c	CT	RHC	WD1 %	R'H+CM	L(cm)	L/t (cm/min)	K	D (mm)	% QUE PASA
13-Dic	13:26	2	1.027	16.5	-0.65	0.0744	0.14	1.0276	9.02	4.51	0.01423	0.0302	0.14
13-Dic	13:29	5	1.024	16.5	-0.65	0.0714	0.14	1.0246	9.82	1.96	0.01423	0.0199	0.14
13-Dic	13:39	15	1.023	16.5	-0.65	0.0704	0.14	1.0236	10.32	0.69	0.01423	0.0118	0.14
13-Dic	13:54	30	1.023	16.5	-0.65	0.0704	0.14	1.0236	10.77	0.36	0.01423	0.0085	0.14
13-Dic	14:24	60	1.0229	16.5	-0.65	0.0703	0.14	1.0235	11.12	0.19	0.01423	0.0061	0.14
13-Dic	15:24	120	1.019	16.5	-0.65	0.0664	0.13	1.0196	11.38	0.09	0.01424	0.0044	0.13
13-Dic	17:34	250	1.017	16.7	-0.66	0.0544	0.10	1.0176	11.62	0.05	0.01424	0.0031	0.10
14-Dic	13:24	1440	1.016	16.6	-0.66	0.0534	0.10	1.0166	11.92	0.01	0.01424	0.0013	0.10

% PASANTE TAMIZ N° 200: 100

FECHA	HORA	TIEMPO (min)	R'M	T °c	CT	RHC	WD1 %	R'H+CM	L(cm)	L/t (cm/min)	K	D (mm)	% QUE PASA
14-Dic	09:04	2	1.017	17	-0.5	0.2144	0.41	1.0176	11.62	5.81	0.01396	0.0336	0.41
14-Dic	09:07	5	1.012	16.9	-0.5	0.2094	0.40	1.0126	12.98	2.60	0.01396	0.0225	0.40
14-Dic	09:17	15	1.0075	16.9	-0.5	0.2049	0.39	1.0081	14.17	0.94	0.01396	0.0136	0.39
14-Dic	09:32	30	1.006	16.9	-0.5	0.2034	0.39	1.0066	14.52	0.48	0.01396	0.0097	0.39
14-Dic	10:02	60	1.005	17.2	-0.5	0.2024	0.38	1.0056	14.82	0.25	0.01398	0.0069	0.38
14-Dic	11:02	120	1.004	17.2	-0.5	0.2014	0.38	1.0046	15.08	0.13	0.01398	0.0050	0.38
14-Dic	13:12	250	1.003	17.2	-0.5	0.2004	0.38	1.0036	15.32	0.06	0.01398	0.0035	0.38
15-Dic	09:02	1440	1.003	16.8	-0.6	0.1004	0.19	1.0036	15.32	0.01	0.01417	0.0015	0.19

CURVA GRANULOMÉTRICA DE FINOS



% DE SUELOS (SIN DISPERSANTE):	13.5%
% DE SUELOS (CON DISPERSANTE):	38.0%
% DE DISPERSIÓN:	35.58%

GOBIERNO REGIONAL - PUNO
 PROGRAMA REGIONAL DE RIEGO Y DRENAJE (PRORRIDRE)
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO
 Ing. Bruno Turpo Sucari
 D.P. 105875
 JEFE DE LABORATORIO



GOBIERNO REGIONAL - PUNO
PROGRAMA REGIONAL DE RIEGO Y DRENAJE (PRORRIDRE)
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO
 JR. CARABAYA N° 351 - PUNO



PROYECTO: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS MEDIANTE LA ADICIÓN DE LA ZEOLITA EN EL DIQUE DE TIERRA DE LA PRESA COTARSAYA, AZANGARO, PUNO.	CALICATA: UNICA
UBICACIÓN: PUNO, AZANGARO, PROGRESO	MUESTRA: M - 01
LUGAR : PRESA COTARSAYA	COMPONENTES: DIQUE DE TIERRA (97.50 %)+ZEOLITA (2.5 %)
SOLICITANTE: SOLEDAD IRMA TIPO QUISPE	ENCARGADO: ING. BRUNO TURPO SUCARI
	FECHA: 11/01/23

ENSAYO DE DOBLE HIDRÓMETRO

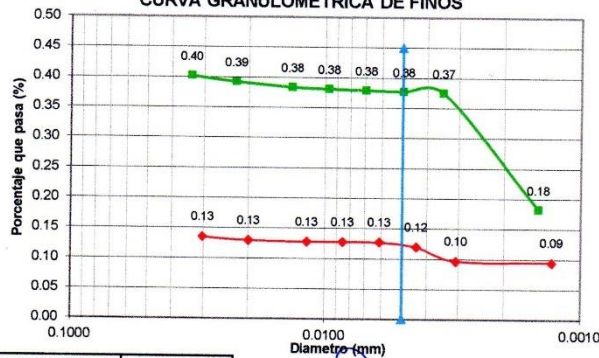
HIDROMETRO: 151H	AGENTE DISPERSANTE: NaPO3	CONCENTRACION: 0,05 N
CORRECCION POR DEFLOCULANTE Cd: 0.3026		CORRECCION POR MENISCO, Cm: 0.0006
VOLUMEN DEL HIDROMETRO: 60 cm3	Ws, gr: 52	Gs: 2.65
		a: 1.000

FECHA	HORA	TIEMPO (min)	R'M	T °c	CT	RHC	WD1 %	R'H+CM	L(cm)	L/t (cm/min)	K	D (mm)	% QUE PASA
11-Ene	08:30	2	1.0227	16.5	-0.65	0.0701	0.13	1.0233	9.02	4.51	0.01423	0.0302	0.13
11-Ene	08:33	5	1.0197	16.5	-0.65	0.0671	0.13	1.0203	9.82	1.96	0.01423	0.0199	0.13
11-Ene	08:43	15	1.0187	16.5	-0.65	0.0661	0.13	1.0193	10.32	0.69	0.01423	0.0118	0.13
11-Ene	08:58	30	1.019	16.5	-0.65	0.0661	0.13	1.0193	10.77	0.36	0.01423	0.0085	0.13
11-Ene	09:28	60	1.0186	16.5	-0.65	0.066	0.13	1.0192	11.12	0.19	0.01423	0.0061	0.13
11-Ene	10:28	120	1.0147	16.5	-0.65	0.0621	0.12	1.0153	11.38	0.09	0.01424	0.0044	0.12
11-Ene	12:38	250	1.0127	16.7	-0.66	0.0501	0.10	1.0133	11.62	0.05	0.01424	0.0031	0.10
12-Ene	08:28	1440	1.0117	16.6	-0.66	0.0491	0.09	1.0123	11.92	0.01	0.01424	0.0013	0.09

% PASANTE TAMIZ N° 200: 100

FECHA	HORA	TIEMPO (min)	R'M	T °c	CT	RHC	WD1 %	R'H+CM	L(cm)	L/t (cm/min)	K	D (mm)	% QUE PASA
12-Ene	09:02	2	1.012	17	-0.5	0.2089	0.40	1.0121	11.62	5.81	0.01396	0.0336	0.40
12-Ene	09:05	5	1.007	16.9	-0.5	0.2039	0.39	1.0071	12.98	2.60	0.01396	0.0225	0.39
12-Ene	09:15	15	1.002	16.9	-0.5	0.1994	0.38	1.0026	14.17	0.94	0.01396	0.0136	0.38
12-Ene	09:30	30	1.001	16.9	-0.5	0.1979	0.38	1.0011	14.52	0.48	0.01396	0.0097	0.38
12-Ene	10:00	60	1.000	17.2	-0.5	0.1969	0.38	1.0001	14.82	0.25	0.01398	0.0069	0.38
12-Ene	11:00	120	0.999	17.2	-0.5	0.1959	0.38	0.9991	15.08	0.13	0.01398	0.0050	0.38
12-Ene	13:10	250	0.998	17.2	-0.5	0.1949	0.37	0.9981	15.32	0.06	0.01398	0.0035	0.37
13-Ene	09:00	1440	0.998	16.8	-0.6	0.0949	0.18	0.9981	15.32	0.01	0.01417	0.0015	0.18

CURVA GRANULOMÉTRICA DE FINOS



% DE SUELOS (SIN DISPERSANTE):	12.6%
% DE SUELOS (CON DISPERSANTE):	38.2%
% DE DISPERSIÓN:	32.93%

GOBIERNO REGIONAL PUNO
PRORRIDRE
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO
Ing. Bruno Turpo Sucari
CIP. 105875
JEFE DE LABORATORIO



GOBIERNO REGIONAL - PUNO
 PROGRAMA REGIONAL DE RIEGO Y DRENAJE (PRORRIDRE)
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO
 JR. CARABAYA N° 351 - PUNO



PROYECTO: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS MEDIANTE LA ADICIÓN DE LA ZEOLITA EN EL DIQUE DE TIERRA DE LA PRESA COTARSAYA, AZANGARO, PUNO.	CALICATA: UNICA
UBICACIÓN: PUNO, AZANGARO, PROGRESO	MUESTRA: M - 01
LUGAR : PRESA COTARSAYA	COMPONENTES: DIQUE DE TIERRA (96.50 %)+ZEOLITA (3.5 %)
SOLICITANTE: SOLEDAD IRMA TIPO QUISPE	ENCARGADO: ING. BRUNO TURPO SUCARI
	FECHA: 23/01/23

ENSAYO DE DOBLE HIDRÓMETRO

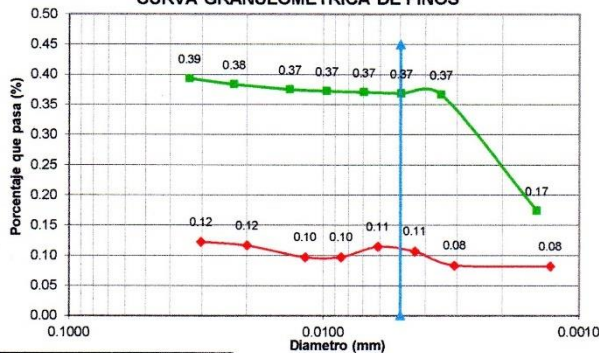
HIDROMETRO: 151H	AGENTE DISPERSANTE: NaPO3	CONCENTRACION: 0.05 N
CORRECCION POR DEFLOCULANTE Cd: 0.3026		CORRECCION POR MENISCO, Cm: 0.0006
VOLUMEN DEL HIDROMETRO: 60 cm ³	Ws, gr: 52	Gs: 2.65
		a: 1.000

FECHA	HORA	TIEMPO (min)	R'M	T °c	CT	RHC	WD1 %	R'H+CM	L(cm)	L/t (cm/min)	K	D (mm)	% QUE PASA
23-Ene	14:05:00	2	1.016	16.5	-0.65	0.0634	0.12	1.0166	9.02	4.51	0.01423	0.0302	0.12
23-Ene	14:08:00	5	1.013	16.5	-0.65	0.0604	0.12	1.0136	9.82	1.96	0.01423	0.0199	0.12
23-Ene	14:18:00	15	1.003	16.5	-0.65	0.0504	0.10	1.0036	10.32	0.69	0.01423	0.0118	0.10
23-Ene	14:33:00	30	1.003	16.5	-0.65	0.0504	0.10	1.0036	10.77	0.36	0.01423	0.0085	0.10
23-Ene	15:03:00	60	1.012	16.5	-0.65	0.0593	0.11	1.0125	11.12	0.19	0.01423	0.0061	0.11
23-Ene	16:03:00	120	1.008	16.5	-0.65	0.0554	0.11	1.0086	11.38	0.09	0.01424	0.0044	0.11
23-Ene	18:13:00	250	1.006	16.7	-0.66	0.0434	0.08	1.0066	11.62	0.05	0.01424	0.0031	0.08
24-Ene	14:03:00	1440	1.005	16.6	-0.66	0.0424	0.08	1.0056	11.92	0.01	0.01424	0.0013	0.08

% PASANTE TAMIZ N° 200: 100

FECHA	HORA	TIEMPO (min)	R'M	T °c	CT	RHC	WD1 %	R'H+CM	L(cm)	L/t (cm/min)	K	D (mm)	% QUE PASA
24-Ene	09:30	2	1.007	17	-0.5	0.2044	0.39	1.0076	11.62	5.81	0.01396	0.0336	0.39
24-Ene	09:33	5	1.002	16.9	-0.5	0.1994	0.38	1.0026	12.98	2.60	0.01396	0.0225	0.38
24-Ene	09:43	15	0.998	16.9	-0.5	0.1949	0.37	0.9981	14.17	0.94	0.01396	0.0136	0.37
24-Ene	09:58	30	0.996	16.9	-0.5	0.1934	0.37	0.9966	14.52	0.48	0.01396	0.0097	0.37
24-Ene	10:28	60	0.995	17.2	-0.5	0.1924	0.37	0.9956	14.82	0.25	0.01398	0.0069	0.37
24-Ene	11:28	120	0.994	17.2	-0.5	0.1914	0.37	0.9946	15.08	0.13	0.01398	0.0050	0.37
24-Ene	13:38	250	0.993	17.2	-0.5	0.1904	0.37	0.9936	15.32	0.06	0.01398	0.0035	0.37
25-Ene	09:28	1440	0.993	16.8	-0.6	0.0904	0.17	0.9936	15.32	0.01	0.01417	0.0015	0.17

CURVA GRANULOMÉTRICA DE FINOS



% DE SUELOS (SIN DISPERSANTE):	11.2%
% DE SUELOS (CON DISPERSANTE):	37.3%
% DE DISPERSIÓN:	30.12%

GOBIERNO REGIONAL - PUNO
 PRORRIDRE
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO
 Ing. Bruno Turpo Sucari
 CIP. 105873
 JEFE DE LABORATORIO



GOBIERNO REGIONAL - PUNO
 PROGRAMA REGIONAL DE RIEGO Y DRENAJE (PRORRIDRE)
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO
 JR. CARABAYA N° 351 - PUNO



PROYECTO: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS MEDIANTE LA ADICIÓN DE LA ZEOLITA EN EL DIQUE DE TIERRA DE LA PRESA COTARSAYA, AZANGARO, PUNO.	CALICATA: UNICA
UBICACIÓN: PUNO, AZANGARO, PROGRESO	MUESTRA: M - 01
LUGAR: PRESA COTARSAYA	COMPONENTES: DIQUE DE TIERRA (95.50 %)+ZEOLITA (4.5 %)
SOLICITANTE: SOLEDAD IRMA TIPO QUISPE	ENCARGADO: ING. BRUNO TURPO SUCARI
	FECHA: 25/01/23

ENSAYO DE DOBLE HIDRÓMETRO

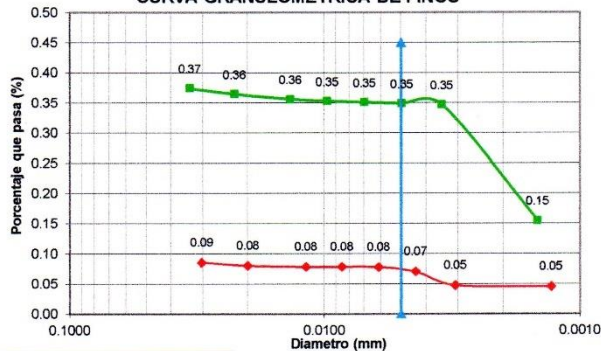
HIDROMETRO: 151H	AGENTE DISPERSANTE: NaPO3	CONCENTRACION: 0,05 N
CORRECCION POR DEFLOCULANTE Cd: 0.3026		CORRECCION POR MENISCO, Cm: 0.0006
VOLUMEN DEL HIDROMETRO: 60 cm3	Ws, gr: 52	Gs: 2.65
		a: 1.000

FECHA	HORA	TIEMPO (min)	R'M	T °c	CT	RHC	WD1 %	R'H+CM	L(cm)	L/t (cm/min)	K	D (mm)	% QUE PASA
25-Ene	13:20	2	0.997	16.5	-0.65	0.044	0.09	0.998	9.02	4.51	0.01423	0.0302	0.09
25-Ene	13:23	5	0.994	16.5	-0.65	0.0414	0.08	0.9946	9.82	1.96	0.01423	0.0199	0.08
25-Ene	13:33	15	0.993	16.5	-0.65	0.0404	0.08	0.9936	10.32	0.69	0.01423	0.0118	0.08
25-Ene	13:48	30	0.993	16.5	-0.65	0.0404	0.08	0.9936	10.77	0.36	0.01423	0.0085	0.08
25-Ene	14:18	60	0.993	16.5	-0.65	0.0403	0.08	0.9935	11.12	0.19	0.01423	0.0061	0.08
25-Ene	15:18	120	0.989	16.5	-0.65	0.0364	0.07	0.9896	11.38	0.09	0.01424	0.0044	0.07
25-Ene	17:28	250	0.987	16.7	-0.66	0.0244	0.05	0.9876	11.62	0.05	0.01424	0.0031	0.05
26-Ene	13:18	1440	0.986	16.6	-0.66	0.0234	0.05	0.9866	11.92	0.01	0.01424	0.0013	0.05

% PASANTE TAMIZ N° 200: 100

FECHA	HORA	TIEMPO (min)	R'M	T °c	CT	RHC	WD1 %	R'H+CM	L(cm)	L/t (cm/min)	K	D (mm)	% QUE PASA
26-Ene	08:45	2	0.997	17	-0.5	0.1944	0.37	0.9976	11.62	5.81	0.01396	0.0336	0.37
26-Ene	08:48	5	0.992	16.9	-0.5	0.1894	0.36	0.9926	12.98	2.60	0.01396	0.0225	0.36
26-Ene	08:58	15	0.988	16.9	-0.5	0.1849	0.36	0.9881	14.17	0.94	0.01396	0.0136	0.36
26-Ene	09:13	30	0.986	16.9	-0.5	0.1834	0.35	0.9866	14.52	0.48	0.01396	0.0097	0.35
26-Ene	09:43	60	0.985	17.2	-0.5	0.1824	0.35	0.9856	14.82	0.25	0.01398	0.0069	0.35
26-Ene	10:43	120	0.984	17.2	-0.5	0.1814	0.35	0.9846	15.08	0.13	0.01398	0.0050	0.35
26-Ene	12:53	250	0.983	17.2	-0.5	0.1804	0.35	0.9836	15.32	0.06	0.01398	0.0035	0.35
27-Ene	08:43	1440	0.983	16.8	-0.6	0.0804	0.15	0.9836	15.32	0.01	0.01417	0.0015	0.15

CURVA GRANULOMÉTRICA DE FINOS



% DE SUELOS (SIN DISPERSANTE):	7.90%
% DE SUELOS (CON DISPERSANTE):	35.1%
% DE DISPERSIÓN:	22.51%

GOBIERNO REGIONAL - PUNO
 PRORRIDRE
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO
 Ing. Bruno Turpo Sucari
 OIP 108875
 JEFE DEL LABORATORIO



GOBIERNO REGIONAL - PUNO
PROGRAMA REGIONAL DE RIEGO Y DRENAJE (PRORRIDRE)
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO
 JR. CARABAYA N° 351 - PUNO



PROYECTO: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS MEDIANTE LA ADICIÓN DE LA ZEOLITA EN EL DIQUE DE TIERRA DE LA PRESA COTARSAYA, AZANGARO, PUNO.	CALICATA: UNICA
UBICACIÓN: PUNO, AZANGARO, PROGRESO	MUESTRA: M - 01
LUGAR : PRESA COTARSAYA	COMPONENTES: DIQUE DE TIERRA (95.0 %)+ZEOLITA (5 %)
SOLICITANTE: SOLEDAD IRMA TIPO QUISPE	ENCARGADO: ING. BRUNO TURPO SUCARI
	FECHA: 13/12/22

ENSAYO DE DOBLE HIDRÓMETRO

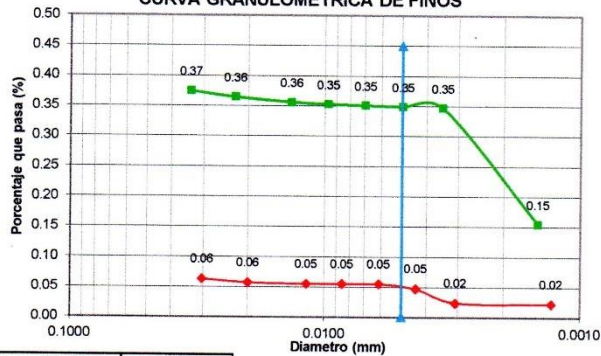
HIDROMETRO: 151H	AGENTE DISPERSANTE: NaPO3	CONCENTRACION: 0,05 N
CORRECCION POR DEFLOCULANTE Cd: 0.3026	CORRECCION POR MENISCO, Cm: 0.0006	
VOLUMEN DEL HIDROMETRO: 60 cm ³	Ws, gr: 52	Gs: 2.65
		a: 1.000

FECHA	HORA	TIEMPO (min)	R'M	T °c	CT	RHC	WD1 %	R'H+CM	L(cm)	Lt (cm/min)	K	D (mm)	% QUE PASA
13-Dic	13:26	2	0.985	16.5	-0.65	0.032	0.06	0.986	9.02	4.51	0.01423	0.0302	0.06
13-Dic	13:29	5	0.982	16.5	-0.65	0.0294	0.06	0.9826	9.82	1.96	0.01423	0.0199	0.06
13-Dic	13:39	15	0.981	16.5	-0.65	0.0284	0.05	0.9816	10.32	0.69	0.01423	0.0118	0.05
13-Dic	13:54	30	0.981	16.5	-0.65	0.0284	0.05	0.9816	10.77	0.36	0.01423	0.0085	0.05
13-Dic	14:24	60	0.981	16.5	-0.65	0.0283	0.05	0.9815	11.12	0.19	0.01423	0.0061	0.05
13-Dic	15:24	120	0.977	16.5	-0.65	0.0244	0.05	0.9776	11.38	0.09	0.01424	0.0044	0.05
13-Dic	17:34	250	0.975	16.7	-0.66	0.0124	0.02	0.9756	11.62	0.05	0.01424	0.0031	0.02
14-Dic	13:24	1440	0.974	16.6	-0.66	0.0114	0.02	0.9746	11.92	0.01	0.01424	0.0013	0.02

% PASANTE TAMIZ N° 200: 100

FECHA	HORA	TIEMPO (min)	R'M	T °c	CT	RHC	WD1 %	R'H+CM	L(cm)	Lt (cm/min)	K	D (mm)	% QUE PASA
14-Dic	08:40	2	0.997	17	-0.5	0.1944	0.37	0.9976	11.62	5.81	0.01396	0.0336	0.37
14-Dic	08:43	5	0.992	16.9	-0.5	0.1894	0.36	0.9926	12.98	2.60	0.01396	0.0225	0.36
14-Dic	08:53	15	0.988	16.9	-0.5	0.1849	0.36	0.9881	14.17	0.94	0.01396	0.0136	0.36
14-Dic	09:08	30	0.986	16.9	-0.5	0.1834	0.35	0.9866	14.52	0.48	0.01396	0.0087	0.35
14-Dic	09:38	60	0.985	17.2	-0.5	0.1824	0.35	0.9856	14.82	0.25	0.01398	0.0069	0.35
14-Dic	10:38	120	0.984	17.2	-0.5	0.1814	0.35	0.9846	15.08	0.13	0.01398	0.0050	0.35
14-Dic	12:48	250	0.983	17.2	-0.5	0.1804	0.35	0.9836	15.32	0.06	0.01398	0.0035	0.35
15-Dic	08:38	1440	0.983	16.8	-0.6	0.0804	0.15	0.9836	15.32	0.01	0.01417	0.0015	0.15


CURVA GRANULOMÉTRICA DE FINOS



% DE SUELOS (SIN DISPERSANTE):	5.5%
% DE SUELOS (CON DISPERSANTE):	35.7%
% DE DISPERSIÓN:	15.38%

GOBIERNO REGIONAL - PUNO
 PRORRIDRE
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO
 Ing. Bruno Turpo Sucari
 CIP: 16587/3
 JEFE DE LABORATORIO

Anexo 6. Certificados de calibración de los equipos



Product Certification

This is to Certify

that the material herein identified has been inspected and calibrated (when applicable) in accordance with standard procedures set forth and is found to be within the prescribed tolerances.



PRODUCT MANUFACTURE: FORNEY, LLC

PRODUCT ITEM NUMBER: LA-3634-01


MANUFACTURING SPECIFICATIONS: ASTM D 2134

PRODUCT DESCRIPTION: PERMEAMETER, CONSTANT FALLING HEAD, 3.0 IN (76.0 MM)

MODELO: LA-3634-01



FORNEY REPRESENTATIVE

This Certificate is issued as a statement of the fact that on this date the above instrument(s) had an accuracy as indicated. It should not be construed or regarded as a Guarantee or Warranty of any kind (in favor of the client, the client's customers, or the public at large) that the instrument(s) will continue to retain the same percentage (%) of accuracy or efficiency as determined on the date, when the calibration, and adjustments if required, was performed and reported by "FORNEY INCORPORATED", since the calibrator has absolutely no control over the future operation, damage, maintenance repairs and overall condition of the instrument(s) and hereby expressly disclaims any and all liability for damage or loss sustained by all parties arising or resulting from deterioration, obsolescence, malfunction, or sub-standard performance of said instrument(s), which shall be deemed to be and which shall remain the sole responsibility of the machines regular custodian, owner and/or manufacturer.


FORNEY

WORLD EXPERTS IN MATERIAL TESTING
1565 Broadway Ave., Hermitage, PA 16148
Phone 724-346-7400 Fax: 724-346-7408
email - sales@forneyonline.com



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-LL - 015 - 2022

Área de Metrología
Laboratorio de Longitud

Página 1 de 3

1. Expediente	03293-2022	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	MEGALABORATORIO DEL SUR S.R.L.	
3. Dirección	JR. AYAVIRI NRO. 264 URB. SAN ANTONIO PUNO - PUNO - PUNO	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.
4. Instrumento de Medición	VERNIER (PIE DE REY)	
Alcance de indicación	0 mm a 200 mm / 0 pulg. a 8 pulg.	
División de Escala / Resolución	0.01 mm / 0.001 pulg.	
Marca	INSIZE	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.
Modelo	1108-200W	
Número de Serie	2308161122 (*)	
Procedencia	NO INDICA	
Identificación	NO INDICA	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
Tipo de indicación	DIGITAL	
5. Fecha de Calibración	2022-09-01	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

2022-09-05

Jefe del Laboratorio de Metrología

JOSE ALEJANDRO FLORES MINAYA

Sello



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

📍 Av. Chillón Lote 50 B - 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 CALIBRACION PT-LL - 015 - 2022



Área de Metrología
Laboratorio de Longitud

Página 2 de 3

6. Método de Calibración

La calibración se realizó por comparación entre bloques patrones calibrados y la indicación del instrumento a calibrar tomando como referencia el método descrito en el PC-012: "Procedimiento de Calibración de Pie de Rey" del SNM-INDECOPI. Segunda Edición.

7. Lugar de calibración

Las instalaciones del cliente.
JR. AYAVIRI NRO. 264 URB. SAN ANTONIO PUNO - PUNO - PUNO

8. Condiciones Ambientales

	mínima	máxima
Temperatura	13.2 °C	14.5 °C
Humedad Relativa	35 %	35 %

9. Patrones de Referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL	BLOQUES PATRON DE LONGITUD MARCA: INSIZE	LLA-C-053-2022
METROIL	TERMOHIGROMETRO DIGITAL BOECO	1AT-1704-2022

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALBRADO**.
- (*) Serie grabada en el instrumento.
- El instrumento presenta errores menores a los errores máximos permisibles.



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

📍 Av. Chillón Lote 50 B - 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-LL-015-2022

Área de Metrología
 Laboratorio de Longitud

Página 3 de 3

11. Resultados de Medición

VALOR PATRÓN (mm)	INDICACIÓN DEL PIE DE REY			MAXIMO ERROR ENCONTRADO (± μm)	ERRORES MAXIMOS PERMITIDOS (± μm)
	EXTERIOR (mm)	INTERIOR (mm)	PROFUNDIDAD (mm)		
10.000	10.000	10.000	10.000	0	20
20.000	20.004	20.003	20.000	4	20
40.000	40.004	40.000	40.000	4	20
80.000	80.002	80.003	80.000	3	20
100.000	100.002	100.000	100.010	10	20
150.000	150.002	150.000	150.000	2	20
200.000	200.004	200.000	200.010	10	30

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN : 3.7 μm ; para k=2

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.



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

📍 Av. Chillón Lote 50 B - 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 - LM - 0138 - 2022

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 1 de 4

1. Expediente	03293-2022
2. Solicitante	MEGALABORATORIO DEL SUR S.R.L.
3. Dirección	JR. AYAVIRI NRO. 264 URB. SAN ANTONIO PUNO - PUNO - PUNO
4. Equipo de medición	BALANZA ELECTRÓNICA
Capacidad Máxima	6000 g
División de escala (d)	0.1 g
Div. de verificación (e)	0.1 g
Clase de exactitud	II
Marca	OHAUS
Modelo	SPJ6001
Número de Serie	7130520240
Capacidad mínima	2.0 g
Procedencia	CHINA
Identificación	NO INDICA
5. Fecha de Calibración	2022-09-01

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.

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

2022-09-05

Jefe del Laboratorio de Metrología


MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES

Sello



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

📍 Av. Chillón Lote 50 B - 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 - LM - 0138 - 2022

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 2 de 4

6. Método de Calibración

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-001: "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y Clase II" del SNM- INACAL

7. Lugar de calibración

En las instalaciones del cliente.
JR. AYAVIRI NRO. 264 URB. SAN ANTONIO PUNO - PUNO - PUNO

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	14.6 °C	14.6 °C
Humedad Relativa	35%	35%

9. Patrones de referencia

Los resultados de la calibración son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa de la Dirección de Metrología - INACAL en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
ELICROM	JUEGO DE PESAS 1kg a 5 kg (Clase de Exactitud: F1)	CCP-0938-001-22
ELICROM	JUEGO DE PESAS 1 mg a 1 kg (Clase de Exactitud: F1)	CCP-9008-001-22
METROIL	TERMOHIGROMETRO DIGITAL MARCA: BOECO	1AT-1704-2022

10. Observaciones

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO
- (***) Código indicada en una etiqueta adherido al equipo.



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

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



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LM - 0138 - 2022

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 3 de 4

11. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL

AJUSTE DE CERO	TIENE	PLATAFORMA	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	SISTEMA DE TRABA	TIENE	CURSOR	NO TIENE
		NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Carga L1 = 3,000 g			Carga L2 = 6,000 g			
	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	
1	3000.0	50	0	6000.0	50	0	
2	3000.0	60	-10	6000.0	40	10	
3	3000.0	60	-10	6000.0	40	10	
4	3000.0	50	0	5999.9	20	-70	
5	3000.0	50	0	6000.0	60	-10	
6	3000.0	60	-10	6000.0	50	0	
7	3000.1	80	70	6000.0	60	-10	
8	3000.1	90	80	6000.0	50	0	
9	3000.0	50	0	5999.9	30	-80	
10	2999.9	20	-70	6000.0	50	0	
Diferencia Máxima			140	Diferencia Máxima			90
Error Máximo Permisible			300.0	Error Máximo Permisible			300.0

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

2	1	5
3		4

Posición de las cargas

Temperatura	Inicial	Final
	12.8 °C	12.8 °C

Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero Eo				Determinación del Error Corregido Ec				
	Carga Mínima	I (g)	ΔL (mg)	Eo (mg)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)
1	1.0	1.0	50	0	2000.0	2000.0	50	0	0
2		1.0	50	0		2000.0	60	-10	-10
3		1.0	40	10		2000.0	40	10	0
4		1.0	50	0		2000.0	50	0	0
5		1.0	50	0		1999.9	30	-80	-80
Error máximo permisible								300.0	

* Valor entre 0 y 10e



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 CALIBRACION PT - LM - 0138 - 2022

Área de Metrología
 Laboratorio de Masas

Página 4 de 4

ENSAYO DE PESAJE

Temperatura	Inicial	Final
	12.8 °C	12.8 °C

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				e.m.p ** (± mg)
	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	
1.0	1.0	50	0						
2.0	2.0	40	10	10	2.0	40	10	10	100
100.0	100.0	60	-10	-10	100.0	50	0	0	100
300.0	300.0	50	0	0	300.0	60	-10	-10	100
500.0	500.0	40	10	10	500.0	50	0	0	200
1000.0	1000.0	50	0	0	1000.0	60	-10	-10	200
2000.0	2000.0	60	-10	-10	2000.0	40	10	10	300
3000.0	3000.0	50	0	0	3000.0	50	0	0	300
4000.0	4000.1	80	70	70	4000.0	40	10	10	300
5000.0	5000.1	80	70	70	5000.0	60	-10	-10	300
6000.0	6000.1	90	60	60	6000.1	80	70	70	300

** error máximo permisible

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza ΔL: Carga adicional. E₀: Error en cero.
 l: Indicación de la balanza. E: Error encontrado E_c: Error corregido.

Incertidumbre expandida de medición $U = 2 \times \sqrt{(0.003712 \text{ g}^2 + 0.00000000015 \text{ R}^2)}$

Lectura corregida $R_{\text{CORREGIDA}} = R + 0.0000113 R$

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

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

📍 Av. Chillón Lote 50 B - 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 - LT - 041 - 2022

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 1 de 5

1. Expediente	03293-2022	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	MEGALABORATORIO DEL SUR S.R.L.	
3. Dirección	JR. AYAVIRI NRO. 264 URB. SAN ANTONIO PUNO - PUNO - PUNO	
4. Equipo	HORNÓ	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.
Alcance Máximo	300 °C	
Marca	PERUTEST	
Modelo	PT-H225	
Número de Serie	0119	
Procedencia	PERÚ	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.
Identificación	NO INDICÁ	
Ubicación	NO INDICÁ	

Descripción	Controlador / Selector	Instrumento de medición
Alcance	30 °C a 300 °C	30 °C a 300 °C
División de escala / Resolución	0.1 °C	0.1 °C
Tipo	CONTROLADOR ELECTRONICO	TERMÓMETRO DIGITAL

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.

5. Fecha de Calibración 2022-09-01

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2022-09-05


JOSÉ ALEJANDRO FLORES MINAYA



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

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



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LT - 041 - 2021

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 2 de 5

6. Método de Calibración

La calibración se efectuó por comparación directa con termómetros patrones calibrados que tienen trazabilidad a la Escala Internacional de Temperatura de 1990 (EIT 90), se consideró como referencia el Procedimiento para la Calibración de Medios Isotérmicos con aire como Medio Termostático PC-018; 2da edición; Junio 2009, del SNM-INDECOPI.

7. Lugar de calibración

En las instalaciones del cliente.
JR. AYAVIRI NRO. 264 URB. SAN ANTONIO PUNO - PUNO - PUNO

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	13.6 °C	13.7 °C
Humedad Relativa	35 %	35 %

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado y/o Informe de calibración
SAT	TERMÓMETRO DE INDICACIÓN DIGITAL DE 10 CANALES TERMOPARES TIPO T - DIGISENSE	LT-0377-2022
METROIL - LABORATORIO ACREDITADO REGISTRO: LC-001	THERMOHIGROMETRO DIGITAL BOECO MODELO: HTC-8	1AT-1704-2022

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de **CALIBRADO**.
- (*) Código indicado en una etiqueta adherido al equipo.
- La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento de medición.





CERTIFICADO DE CALIBRACION PT - LT - 041 - 2022

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 3 de 5

11. Resultados de Medición

Temperatura ambiental promedio 13.55 °C
Tiempo de calentamiento y estabilización del equipo 2 horas
El controlador se seteo en 110

PARA LA TEMPERATURA DE 110 °C

Tiempo (min)	Termómetro del equipo (°C)	TEMPERATURAS EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C)										T prom (°C)	Tmax-Tmin (°C)
		NIVEL SUPERIOR					NIVEL INFERIOR						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00	110.0	105.8	107.1	105.8	109.7	112.4	109.7	112.3	111.0	109.0	109.7	109.2	6.6
02	110.0	105.8	107.1	105.8	109.7	113.0	109.7	111.9	109.7	108.6	109.7	109.1	7.2
04	110.0	105.8	106.9	105.8	109.6	112.6	109.6	112.4	111.3	108.6	109.6	109.2	6.8
06	110.0	105.5	107.0	105.5	109.7	112.6	109.7	112.5	110.5	108.6	109.7	109.1	7.1
08	110.0	105.7	107.1	105.7	109.7	112.4	109.7	112.4	111.0	109.0	109.7	109.2	6.7
10	110.0	105.6	107.0	105.7	109.6	113.0	109.6	112.3	109.7	108.6	109.6	109.1	7.4
12	110.0	105.5	107.1	105.5	109.7	112.6	109.7	112.4	111.0	108.6	109.7	109.2	7.1
14	110.0	105.5	106.9	105.5	109.7	112.6	109.7	112.7	109.7	109.0	109.7	109.1	7.2
16	110.0	106.1	107.0	106.1	109.6	112.4	109.6	112.5	111.3	108.6	109.6	109.3	6.4
18	110.0	106.3	107.1	106.3	109.7	113.0	109.7	112.6	110.5	109.0	109.7	109.4	6.7
20	110.0	106.2	107.1	106.2	109.7	112.6	109.7	112.3	111.3	108.6	109.7	109.3	6.4
22	110.0	106.1	107.1	106.1	109.6	112.6	109.6	112.7	110.5	108.6	109.6	109.2	6.6
24	110.0	106.2	106.9	106.2	109.7	112.6	109.7	112.6	111.0	108.6	109.7	109.3	6.4
26	110.0	106.5	107.0	106.5	109.7	112.4	109.7	112.3	109.7	108.6	109.7	109.2	5.9
28	110.0	106.3	106.9	106.3	109.6	113.0	109.6	112.6	111.3	108.6	109.6	109.4	6.7
30	110.0	106.4	107.0	106.4	109.7	112.4	109.7	112.5	110.5	109.0	109.7	109.3	6.1
32	110.0	106.4	107.1	106.4	109.7	113.0	109.7	112.7	111.0	108.6	109.7	109.4	6.6
34	110.0	106.3	107.0	106.3	109.6	112.6	109.6	112.6	109.7	109.0	109.6	109.2	6.3
36	110.0	106.2	107.1	106.2	109.7	112.6	109.7	112.3	111.3	108.6	109.7	109.3	6.4
38	110.0	106.3	107.1	106.3	109.7	113.0	109.7	112.4	110.5	108.6	109.7	109.3	6.7
40	110.0	106.4	106.9	106.4	109.6	112.6	109.6	112.4	111.0	109.0	109.6	109.3	6.2
42	110.0	105.9	107.0	105.9	109.7	112.4	109.7	112.8	109.7	108.6	109.7	109.1	6.9
44	110.0	106.7	107.0	106.7	109.7	113.0	109.7	112.7	111.0	108.6	109.7	109.5	6.3
46	110.0	106.7	107.1	106.7	109.6	112.6	109.6	112.7	109.7	108.6	109.6	109.3	6.0
48	110.0	106.6	107.1	106.6	109.7	112.6	109.7	112.3	111.3	109.0	109.7	109.5	6.0
50	110.0	106.3	106.9	106.3	109.7	112.4	109.7	112.4	110.5	108.6	109.7	109.2	6.1
52	110.0	106.4	107.0	106.4	109.6	113.0	109.6	112.5	111.3	108.6	109.6	109.4	6.6
54	110.0	106.2	107.1	106.2	109.6	112.6	109.6	112.7	111.0	108.6	109.6	109.3	6.5
56	110.0	106.4	107.1	106.4	109.7	112.6	109.7	112.6	109.7	108.6	109.7	109.2	6.2
58	110.0	106.3	106.9	106.3	109.7	113.0	109.7	112.4	111.3	109.0	109.7	109.4	6.7
60	110.0	106.1	107.0	106.1	109.6	112.6	109.6	112.4	110.5	108.6	109.6	109.2	6.5
T.PROM	110.0	106.1	107.0	106.1	109.7	112.7	109.7	112.5	110.6	108.7	109.7	109.3	
T.MAX	110.0	106.7	107.1	106.7	109.7	113.0	109.7	112.8	111.3	109.0	109.7		
T.MIN	110.0	105.5	106.9	105.5	109.6	112.4	109.6	111.9	109.7	108.6	109.6		
DTT	0.0	1.2	0.2	1.2	0.1	0.6	0.1	0.9	1.6	0.4	0.1		





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 - LT - 041 - 2022

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 4 de 5

PARÁMETRO	VALOR (°C)	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA (°C)
Máxima Temperatura Medida	113.0	20.1
Mínima Temperatura Medida	105.5	0.0
Desviación de Temperatura en el Tiempo	1.6	0.1
Desviación de Temperatura en el Espacio	6.5	21.3
Estabilidad Medida (±)	0.8	0.04
Uniformidad Medida	7.4	21.3

- 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.

Incetidumbre 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 SI CUMPLE con los límites especificados de temperatura.



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

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

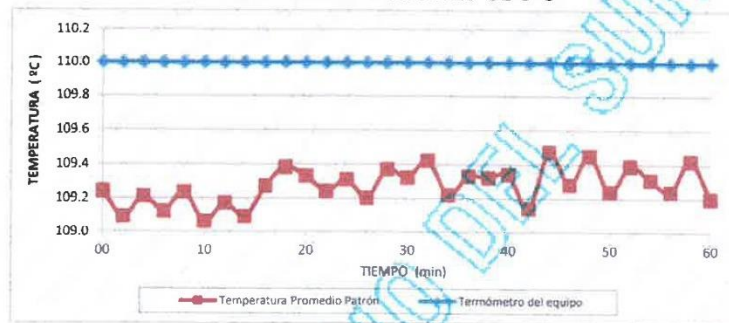


CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LT - 041 - 2022

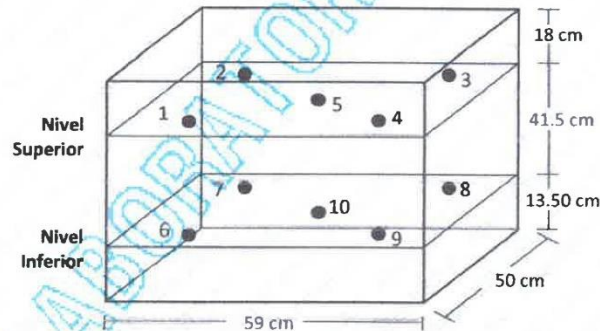
Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 5 de 5

DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURAS EN EL EQUIPO TEMPERATURA DE TRABAJO: $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$



DISTRIBUCIÓN DE LOS TERMOPARES



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

Los sensores del 1 al 4 y del 6 al 9 se colocaron a 9 cm de las paredes laterales y a 9 cm del fondo y frente del equipo a calibrar.

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%.

Fin del documento





INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Metrología

Laboratorio de Longitud y Angulo

Certificado de Calibración

LLA - C - 053 - 2022

Consistente con las capacidades de medida y
Calibración (CMC - MRA)



Página 1 de 7

Expediente	1047038	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)
Solicitante	CALIBRATEC SAC	
Dirección	Av. Chillón Lote. 50 B Urb. Chacacerro - Comas - Lima	
Instrumento de Medición	BLOQUES PATRON DE LONGITUD	Este certificado es consistente con las capacidades que se incluyen en el Apéndice C del MRA elaborado por el CIPM. En el marco del MRA, todos los institutos participantes reconocen entre sí la validez de sus certificados de calibración y medición para las magnitudes, alcances e incertidumbres de medición especificados en el Apéndice C (para más detalles ver http://www.bipm.org).
Longitud Nominal	1 mm a 100 mm	
Grado	0 (*)	
Marca	INSIZE (*)	
Modelo	4100-32 (*)	
Número de Serie	140099 (*)	<i>This certificate is consistent with the capabilities that are included in Appendix C of the MRA drawn up by the CIPM. Under the MRA, all participating institutes recognize the validity of each other's calibration and measurement certificates for the quantities, ranges and measurement uncertainties specified in Appendix C (for details see http://www.bipm.org).</i>
Cantidad	11	
Material	ACERO	
Fecha de Calibración	2022-07-04	

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la Dirección de Metrología del INACAL.
Certificados sin firma digital y sello carecen de validez.

Responsable del área

Responsable del laboratorio



Dirección de Metrología

Dirección de Metrología

Instituto Nacional de Calidad - INACAL
Dirección de Metrología.
Calle Las Camelias N° 817, San Isidro, Lima - Perú
Telf.: (01) 640-8820 Anexo 1501
email: metrologia@inacal.gob.pe
Web: www.inacal.gob.pe





INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Metrología

Certificado de Calibración

LLA - C - 053 - 2022

Consistente con las capacidades de medida y
Calibración (CMC - MRA)



Laboratorio de Longitud y Angulo

Página 2 de 7

Método de Calibración

Determinación de la desviación a la longitud nominal y la variación de longitud, por el método de comparación, utilizando bloques patrón de longitud de mejor grado y un comparador de bloques patrón.
Se tomó como referencia la Norma ISO 3650:1998

Lugar de Calibración

Laboratorio de Longitud y Ángulo
Calle De La Prosa N° 150 - San Borja, Lima

Condiciones Ambientales

Temperatura	20,0 °C ± 0,5 °C
-------------	------------------

Patrones de referencia

Trazabilidad metrológica	Patrón de medición	Documento de calibración
Patrones de Referencia del Centro Español de Metrología (CEM)	Bloques patrón de longitud LA 01 010 Grado K	240468004/M1 2022-01-13
Patrones de Referencia de la Dirección de Metrología - INACAL	Comparador de bloques patrón LA-05-019 con incertidumbre del orden de 0,032 µm	INACAL DM/LLA-303-2022 2022-06-07

Observaciones

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde INACAL-DM.
(*) Datos dados en la caja que los contiene.



INACAL
 Instituto Nacional
 de Calidad
 Metrología

Certificado de Calibración
LLA - C - 053 - 2022
 Consistente con las capacidades de medida y
 Calibración (CMC - MRA)



Laboratorio de Longitud y Angulo

Página 3 de 7

Resultados de Medición

Longitud Nominal (mm)	Número de Casillero	CARA IZQUIERDA / CARA SIN MARCAR						CARA DERECHA / CARA MARCADA						RE-SMG	
		AR	LR	R	SR	C	AD	AR	LR	R	SR	C	AD		
1	146299			X		X	NO			X				NO	NO
2	147782			X			NO			X				NO	NO
3	142411			X			NO			X				NO	NO
4	146953			X			NO			X				NO	NO
5	148402			X			NO			X				NO	NO
6	143687		X				SI		X					SI	NO
7	147130		X				SI		X			X		NO	NO
8	140420		X				SI							NO	NO
9	146827			X			SI			X				SI	NO
10	144104			X			SI			X				SI	NO
20	148851			X			NO			X			X	NO	NO

Un casillero marcado con X significa que el instrumento de medición entra dentro de la clasificación indicada en el encabezado de dicha columna.
 Un casillero sin marca alguna significa que el instrumento de medición no entra dentro de la clasificación indicada en el encabezado de dicha columna.
 Las clasificaciones se describen en la siguiente página.





INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Metrología

Certificado de Calibración

LLA - C - 053 - 2022

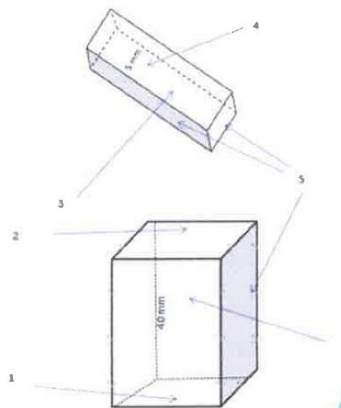
Consistente con las capacidades de medida y
Calibración (CMC - MRA)



Laboratorio de Longitud y Angulo

Página 4 de 7

Denominación de las caras de los bloques patrón de longitud



a) para longitudes $l < 6$ mm

b) para longitudes nominales $l \geq 6$ mm

Leyenda

- 1 cara de medición izquierda
- 2 cara de medición derecha
- 3 cara de medida sin marcar
- 4 cara de medida marcada
- 5 cara laterales
- 6 cara lateral marcada

Considerar las clasificaciones siguientes:

AR	Ausencia de rayas. No debe observarse rayas en la totalidad de la cara.
LR	Levemente rayado. Se observa una pequeña cantidad de rayas, no mayor de veinte.
R	Rayado. Se observa una cantidad de rayas considerablemente mayor a las del caso anterior, prácticamente es imposible de determinar su número.
SR	Severamente rayado. No existe sector alguno libre de rayas sobre la cara observada, o bien está presente al menos una raya de gran longitud y profundidad.
C	Corrosión. Se observa corrosión de cualquier tipo sobre la cara observada.
AD	Resultado de la prueba de adherencia (SPNC)
DESMG	Fue necesario desmagnetizar el bloque (SPNC)



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Metrología

Certificado de Calibración
LLA - C – 053 – 2022
Consistente con las capacidades de medida y
Calibración (CMC – MRA)



Laboratorio de Longitud y Angulo

Página 5 de 7

LONGITUD NOMINAL	NÚMERO DE SERIE DEL BLOQUE PATRÓN DE LONGITUD	DESVIACIÓN A LA LONGITUD NOMINAL	LONGITUD CENTRAL MEDIDA	VARIACIÓN DE LONGITUD	GRADO G	
					MÁXIMA DESVIACIÓN PERMITIDA EN CUALQUIER PUNTO RESPECTO A LA LONGITUD NOMINAL	ERROR MÁXIMO PERMITIDO DE LA VARIACIÓN DE LONGITUD
l_n (mm)		$(l_c - l_n)$ (μm)	(l_c) (mm)	$(v = l_{max} - l_{min})$ (μm)	$\pm t_c$ (μm)	t_v (μm)
1	146299	0,04	1,00004	0,03	0,12	0,10
2	147782	0,06	2,00006	0,04	0,12	0,10
3	142411	0,10	3,00010	0,07	0,12	0,10
4	146863	-0,03	3,99997	0,03	0,12	0,10
5	149402	0,01	5,00001	0,06	0,12	0,10
6	143587	0,03	5,00003	0,07	0,12	0,10
7	147130	-0,01	6,99999	0,04	0,12	0,10
8	140420	0,03	8,00003	0,06	0,12	0,10
9	146827	-0,03	8,99997	0,06	0,12	0,10
10	144104	-0,05	9,99995	0,08	0,12	0,10
20	148861	-0,01	10,99999	0,06	0,14	0,10



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Metrología

Certificado de Calibración

LLA - C - 053 - 2022

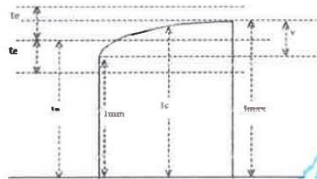
Consistente con las capacidades de medida y
Calibración (CMC - MRA)



Laboratorio de Longitud y Angulo

Página 6 de 7

Determinación de la desviación a la longitud nominal y la variación de longitud del
bloque patrón de longitud



Incidumbre expandida de medición : $U = \sqrt{(91 \text{ nm})^2 + (1,24 \cdot 10^{-6} \cdot L)^2}$
L : Longitud nominal expresado en milímetros.

Nota 1:

El coeficiente de dilatación térmica del bloque patrón de longitud grado K es $(10,8 \pm 0,5) \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, dato dado por el fabricante.

El coeficiente de dilatación térmica del bloque patrón de longitud grado 0 utilizado es $(11,5 \pm 1,0) \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ y los errores máximos permitidos, datos tomados de la Norma ISO 3650:1998.

Nota 2:

Solo la CMC es para la longitud central el cual se encuentra publicado en el Apéndice C de la base de datos del BPM, respaldada por el Acuerdo Reconocimiento MRA, CIPM MRA.



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Metrología

Certificado de Calibración

LLA - C - 053 - 2022

Consistente con las capacidades de medida y
Calibración (CMC - MRA)



Laboratorio de Longitud y Angulo

Página 7 de 7

Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar combinada por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la Medición", segunda edición, julio del 2001 (Traducción al castellano efectuada por Indecopi, con autorización de ISO, de la GUM, "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", corrected and reprinted in 1995, equivalente a la publicación del BIPM JCGM:100 2008, GUM 1995 with minor corrections "Evaluation of Measurement Data - Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement").

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.

Recalibración

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 reglamentaciones vigentes.

DIRECCION DE METROLOGIA

El Servicio Nacional de Metrología (actualmente la Dirección de Metrología del INACAL), fue creado mediante Ley N° 23560 el 6 enero de 1983 y fue encomendado al INDECOPI mediante Decreto Supremo DS-024-93 ITINCI.

El 11 de julio 2014 fue aprobada la Ley N° 30224 la cual crea el Sistema Nacional de Calidad, y tiene como objetivo promover y garantizar el cumplimiento de la Política Nacional de Calidad para el desarrollo y la competitividad de las actividades económicas y la protección del consumidor.

El Instituto Nacional de la Calidad (INACAL) es un organismo público técnico especializado adscrito al Ministerio de Producción, es el cuerpo rector y autoridad técnica máxima en la normativa del Sistema Nacional de la Calidad y el responsable de la operación del sistema bajo las disposiciones de la ley, y tiene en el ámbito de sus competencias: Metrología, Normalización y Acreditación.

La Dirección de Metrología del INACAL cuenta con diversos Laboratorios Metrológicos debidamente acondicionados, instrumentos de medición de alta exactitud y personal calificado. Cuenta con un Sistema de Gestión de la Calidad que cumple con las siguientes Normas internacionales vigentes ISO/IEC 17025; ISO 17034; ISO 27001 e ISO 37001; con lo cual se constituye en una entidad capaz de brindar un servicio integral, confiable y eficaz de aseguramiento metrológico para la industria, la ciencia y el comercio brindando trazabilidad metrológicamente válida al Sistema Internacional de Unidades SI y al Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP).

La Dirección de Metrología del INACAL cuenta con la cooperación técnica de organismos metrológicos internacionales de alto prestigio tales como: el Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) de Alemania; el Centro Nacional de Metrología (CENAM) de México; el National Institute of Standards and Technology (NIST) de USA; el Centro Español de Metrología (CEM) de España; el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) de Argentina; el Instituto Nacional de Metrología (INMETRO) de Brasil; entre otros.

LABORATORIO DE LONGITUD Y ANGULO - LLA

Diversos servicios del Laboratorio de Longitud y Angulo cuentan con el reconocimiento internacional ya que están incluidos en el Apéndice C, dentro del marco del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo internacional (MRA) del Comité Internacional de Pesas y Medidas (CIPM) conforme puede verse en la base de datos internacional del Bureau International des Poids et Mesures BIPM en el siguiente link

http://www.bipm.org/exalead_kcdb/exa_kcdb.jsp?_c=+12386644022181527139&_C=eJyLz2FlzWOIL8tj8HZ2cYp3LChIzUvJrHBmiM8yKMNmZytmMIQzg1MTi5IzQAKJBCwGDP

[E5uSB2AZos2ChILSpIIM*ILHErzclhMDJgAAuGRu6&_p=AppC">E5uSB2AZos2ChILSpIIM*ILHErzclhMDJgAAuGRu6&_p=AppC](#). Concordantemente todos estos servicios tienen su Sistema de Calidad aprobado por el Quality System Task Force (QSTF) que es el grupo encargado de evaluar los Sistemas de Calidad de los Institutos Nacionales de Metrología INMs del Sistema Interamericano de Metrología (SIM).

Instituto Nacional de Calidad - INACAL
Dirección de Metrología
Calle Las Camelias N° 817, San Isidro, Lima - Perú
Telf.: (01) 640-8820 Anexo 1501
email: metrologia@inacal.gob.pe
WEB www.inacal.gob.pe





CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 1AT-1704-2022



Expediente N° 1A04485
Página 1 de 2

Fecha de emisión: 2022-06-17

1. **Solicitante** : CALIBRATEC S.A.C.
2. **Dirección** : Av. Chillón Lote 50B Urb. Chacra Cerro - Comas - Lima - Lima
3. **Instrumento calibrado** : MEDIDOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD (TERMOHIGRÓMETRO)
- Marca / Fabricante** : BOECO
- Identificación** : LT-004 (*)
- Serie** : 170719424
- Modelo** : HTC-8
- Intervalo de Indicación** : IN: -50 °C a 70 °C / OUT: -50 °C a 70 °C
10 % H.R. a 99 % H.R.
- Resolución** : IN: 0,1 °C / OUT: 0,1 °C
1 % H.R.
- Procedencia** : Alemania
- Ubicación** : No indica
4. **Lugar de calibración** : En el Laboratorio de Temperatura y Humedad de METROIL S.A.C.
5. **Fecha de calibración** : Del 2022-06-16 al 2022-06-17
6. **Método de calibración**
La calibración se realizó por comparación directa según el PC-MT-002 Rev. 00 "Procedimiento para Calibración de Medidores de Humedad y/o Temperatura" de METROIL S.A.C.
7. **Trazabilidad**
Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL - DM, en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI) y el Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP).

Los resultados del certificado son válidos sólo para el objeto calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.

Se recomienda al usuario recalibrar el instrumento a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del instrumento.

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

Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de METROIL S.A.C.

El certificado de calibración no es válido sin la firma del responsable técnico de METROIL S.A.C.

Código	Instrumento Patrón	Certificado de Calibración
IT-479	Termohigrómetro con incertidumbre del Orden desde 0,7 %H.R. a 1,5 %H.R.	LH-051-2022 / INACAL - DM
IT-480	Termohigrómetro con incertidumbre del Orden desde 0,5 %H.R. a 1,5 %H.R.	LH-052-2022 / INACAL - DM
IT-481	Termohigrómetro con incertidumbre del Orden desde 0,5 %H.R. a 1,5 %H.R.	LH-048-2022 / INACAL - DM
IT-595	Termómetro digital con incertidumbre del Orden de 0,06 °C	1AT-0197-2022 / METROIL S.A.C.
IT-596	Termómetro digital con incertidumbre del Orden de 0,06 °C	1AT-0198-2022 / METROIL S.A.C.

LUIS D. CAJAVILCA CUTIMANCO
Laboratorio de Calibración



METROLOGÍA E INGENIERÍA LINO S.A.C.

Av. Venezuela N° 2040 - Lima 01 - Lima, Perú Central Telefónica: (511) 713-9080 / (511) 713-5656 / 999 048 181 Atención al Cliente: 975 193 739
Consulta Técnica: (511) 713-5610 / 975 432 445 / 965 403 256 E-mail: ventas@metroil.com.pe / Web: www.metroil.com.pe



8. Condiciones de calibración

Temperatura ambiental : Inicial : 19,8 °C Final : 21,8 °C
Humedad relativa : Inicial : 60,4 % H.R. Final : 68,6 % H.R.

9. Resultados

PARA EL TERMÓMETRO INTERNO (Tipo IN)

INDICACIÓN DEL TERMÓMETRO (°C)	CORRECCIÓN (°C)	TCV (°C)	INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN (°C)
14,8	0,2	15,0	0,3
21,7	0,3	22,0	0,3
29,5	0,5	30,0	0,3

Temperatura Convencionalmente Verdadera (TCV) = Indicación del termómetro + Corrección

PARA EL HIGRÓMETRO

INDICACIÓN DEL HIGRÓMETRO (%H.R.)	CORRECCIÓN (%H.R.)	HRCV (%H.R.)	INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN (%H.R.)
37	-2,0	35,0	2,8
58	2,0	60,0	2,8
91	-1,0	90,0	2,8

Humedad Relativa Convencionalmente Verdadera (HRCV) = Indicación del higrómetro + Corrección

10. Observaciones

- Se colocó en el instrumento una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO", con identificación N° 1AMA-07133-22.
- La incertidumbre de medición expandida reportada es la incertidumbre de medición estándar multiplicada por el factor de cobertura $k=2$ de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95 %.
- (*) Código de identificación indicado en una etiqueta adherida al instrumento.

FIN DEL DOCUMENTO



Certificado de Calibración

Certificate of Calibration

Número
Number

CCP-0908-001-22

Cliente:
Customer CALIBRATEC S.A.C.

Dirección:
Address AV. CHILLON LOTE. 50B URB.
CHACRACÉRRO LIMA - LIMA -
COMAS

Objeto:
Item JUEGO DE PESAS F1


Marca⁽¹⁾:
Manufacturer NO ESPECIFICA

Modelo:
Model SS

No. de Serie⁽¹⁾:
Serial Number NO ESPECIFICA

Identificación:
Identification LM-002

Ubicación del Objeto⁽¹⁾:
Item Location NO ESPECIFICA

Fecha de Recepción:
Date of Receipt 2022-07-30

Fecha de Calibración:
Calibration Date 2022-07-30

Próxima Fecha de Calibración:
Due Date -

Técnico Responsable:
Responsible Technician Ronald Arias

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

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones, el usuario está obligado a recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

This calibration certificate documents the traceability to national standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).

In order to ensure the quality of their measurements, the user is obliged to have the object recalibrated at appropriate intervals.

Persona que Autoriza / Fecha de Emisión: Ing. Savino Pineda / 2022-08-04
Person authorizing / Date of Issue


Gerente General

Autorizado y firmado electrónicamente por SAVINO ENRIQUE PINEDA GONZALEZ
Nombre de reconocimiento (DN): cn=SAVINO ENRIQUE PINEDA GONZALEZ, serialNumber=110621145301, ou=ENTIDAD DE CERTIFICACION DE INFORMACION, o=SECURITY DATA S.A. 2, c=EC
Fecha: 2022-08-04 11:27:23



Certificado de Calibración

Certificate of Calibration

Número

Number

CCP-0908-001-22



Este certificado no podrá reproducirse excepto en su totalidad sin la aprobación escrita del laboratorio Elicrom-Calibración. Los resultados contenidos en este certificado son válidos únicamente para el ítem aquí descrito, en el momento y bajo las condiciones en que se realizó la calibración.

La versión en inglés del certificado de calibración no es una traducción vinculante. Si algún asunto da lugar a controversia, se debe utilizar el texto original en español.

This certificate may not be reproduced other than in full except with the written approval of the Elicrom-Calibration laboratory. The results contained in this certificate relate only to the item calibrated, at the time and under the conditions in which the calibration was performed.

The English version of the calibration certificate is not a binding translation. If any matter gives rise to controversy, the Spanish original text must be used.

Incertidumbre de medida

Measurement Uncertainty

La incertidumbre expandida de medición reportada (intervalo de confianza), se evaluó con base en el documento JCGM 100:2008 (GUM 1995 with minor corrections) "Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement", multiplicando la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura k , que para una distribución t (de Student) corresponde a un nivel de confianza de aproximadamente el 95,45%.

The reported expanded uncertainty of the measurement (confidence interval), was evaluated based on the document JCGM 100:2008 (GUM 1995 with minor corrections) "Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement", and is stated as the combined standard uncertainty of the measurement multiplied by the coverage factor k , which for a t (Student's) distribution corresponds to a confidence level of approximately 95.45%.

Equipamiento Utilizado

Equipment Used

Identificación ID Number	Nombre Name	Marca Manufacturer	Modelo Model	No. de Serie Serial Number	Vence Cal. Due Date	Nº Certificado Nº Certificate
EL.ET.105	COMPARADOR DE MASAS	SARTORIUS	MCM106	33602062	2023-01-17	CC-0006-043-22
EL.ET.106	COMPARADOR DE MASAS	SARTORIUS	MCM2004	33602063	2023-01-17	CC-0006-045-22
EL.PC.032	JUEGO DE PESAS E1	HAFNER	9.XEHR-820	1880116	2025-03-17	115795
EL.PT.466	BARÓMETRO DIGITAL	CONTROL COMPANY	1081	150322677	2022-09-06	CC-4170-001-21
EL.PT.710	TERMOHIGRÓMETRO	CENTER	342	170500256	2023-06-22	CC-2880-016-22



Certificado de Calibración

Certificate of Calibration

Número
Number

CCP-0908-001-22



Calibración

Calibration

Lugar de Calibración:

Calibration Site

Laboratorio De Masa Y Volumen (Elicrom)

Método de Calibración:

Calibration Method

Comparación directa con Masas Patrón e Instrumento de Pesaje (Sustitución Abba)

Documento de Referencia:

Reference Document

CEM ME-025:2020 (Edición Digital 1)

Procedimiento de Calibración:

Calibration Procedure

PEC.EL.17

Condiciones Ambientales:

Environmental Conditions

Temperatura del Aire 20,3 °C ± 0,2 °C
Air Temperature

Humedad Relativa del Aire 50,1 %hr ± 1,1 %hr
Air Relative Humidity

Presión Atmosférica 1011 hPa ± 0 hPa
Atmospheric Pressure

Densidad del Aire 1,2009 kg/m³ ± 0,0023 kg/m³
Air Density

Observaciones

Observations

^(*) Información proporcionada por el cliente. Elicrom no es responsable de dicha información.

^(*) Information provided by the customer. Elicrom is not responsible for such information.

Las pesas marcadas con asterisco (*) hacen referencia a las pesas con el mismo valor nominal y sirve para diferenciar una de otra.

Características del Ítem de Calibración

Calibration Item Characteristics

Intervalo de Medida Measurement Range	Clase Class	Forma Shape	Material
1 mg - 500 mg	F1	Placa	Acero Inoxidable
1 g - 1 kg	F1	Cilíndrico de Botón	Acero Inoxidable

Declaración de Trazabilidad Metrológica

Statement of Metrological Traceability

Los resultados de calibración contenidos en este certificado son trazables al Sistema Internacional de Unidades (SI) por medio de una cadena ininterrumpida de calibraciones a través del PTB (Physikalisch-Technische Bundesanstalt - Alemania) o de otros Institutos Nacionales de Metrología (INMs).

The calibration results contained in this certificate are traceable to the International System of Units (SI) through an unbroken chain of calibrations through PTB (Physikalisch-Technische Bundesanstalt - Germany) or other National Metrology Institutes (NMIs).



Certificado de Calibración

Certificate of Calibration

Número
Number

CCP-0908-001-02



Resultados de la Calibración

Calibration Results

Número de Serie o Identificación <small>Serial Number or ID</small>	Valor de Masa Convencional <small>Conventional Mass Value</small>	Incertidumbre (U) (k=2) <small>Uncertainty (U) (k=2)</small>	Clase de Exactitud <small>Accuracy Class</small>	ρ_{mp} <small>ρ_{mp}</small>	Cumplimiento <small>Compliance</small>
	m_p <small>[+/- mg]</small>	[+/- mg]		[+/- mg]	
1	1 mg +0,0007 mg	0,0060	F1	0,020	Cumple
2*	2 mg -0,0001 mg	0,0060	F1	0,020	Cumple
2	2 mg +0,0029 mg	0,0060	F1	0,020	Cumple
5	5 mg +0,0002 mg	0,0060	F1	0,020	Cumple
10	10 mg +0,0046 mg	0,0080	F1	0,025	Cumple
20*	20 mg +0,002 mg	0,010	F1	0,030	Cumple
20	20 mg +0,000 mg	0,010	F1	0,030	Cumple
50	50 mg +0,001 mg	0,012	F1	0,040	Cumple
100	100 mg +0,001 mg	0,016	F1	0,050	Cumple
200*	200 mg +0,000 mg	0,020	F1	0,060	Cumple
200	200 mg +0,003 mg	0,020	F1	0,060	Cumple
500	500 mg +0,006 mg	0,025	F1	0,080	Cumple
1	1 g +0,004 mg	0,030	F1	0,10	Cumple
2*	2 g +0,007 mg	0,040	F1	0,12	Cumple
2	2 g +0,003 mg	0,040	F1	0,12	Cumple
5	5 g +0,010 mg	0,050	F1	0,16	Cumple
10	10 g +0,009 mg	0,060	F1	0,20	Cumple
20*	20 g +0,024 mg	0,080	F1	0,25	Cumple
20	20 g +0,026 mg	0,080	F1	0,25	Cumple
50	50 g +0,03 mg	0,10	F1	0,30	Cumple
100	100 g +0,04 mg	0,16	F1	0,50	Cumple
200*	200 g +0,15 mg	0,30	F1	1,0	Cumple
200	200 g +0,20 mg	0,30	F1	1,0	Cumple
500	500 g +0,75 mg	0,80	F1	2,5	Cumple
1	1 kg +3,4 mg	1,6	F1	5,0	Cumple

Notas

Notes

- La densidad del aire fue calculada con la fórmula CIPM-2007, versión exponencial simplificada.
- Las propiedades magnéticas no han sido determinadas, lo cual pudo haber afectado a la validez de los resultados.
- A falta de información, la densidad de la(s) pesa(s) y su incertidumbre fueron obtenidas a partir de la tabla B.7 (Método F2) de la OIML R 111-1:2004.
- El error convencional de la masa (o desviación del valor nominal) se muestra con la misma cantidad de decimales que la incertidumbre reportada (véase 7.2.6 de la GUM).

- Air density was calculated with the CIPM-2007 formula, simplified exponential version
- Magnetic properties have not been determined, which could have affected the validity of results.
- Due to lack of information, the density of weight(s) and its uncertainty were obtained from table B.7 (Method F2) of OIML R 111-1:2004.
- The conventional error of the mass (or deviation from the nominal value) is shown with the same number of digits as the reported uncertainty (see 7.2.6 of the GUM)



Certificado de Calibración

Certificate of Calibration

Número
Number

CCP-0908-001-22



Información sobre Declaración de Conformidad

Information about Statement of Conformity

Regla de Decisión (Aceptación Simple): El ítem de calibración se acepta como conforme con el requisito especificado de emp (error máximo permitido) si la suma del valor absoluto del error convencional (diferencia de masa convencional) e_{cm} con la incertidumbre expandida de medición U es menor o igual al error máximo permitido (emp): $(|e_{cm}| + U) \leq emp$

Nota: El error máximo permitido (emp) está dado en el Apartado 5 (Tabla 1) de la OIML R 111-1:2004 y se muestra en la tabla de resultados.

Declaración de Conformidad: De acuerdo a los resultados reportados en este certificado, el ítem de calibración CUMPLE con el requisito especificado de error máximo permitido (emp).

Decision Rule (Simple Acceptance): The calibration item is accepted as conforming to the specified requirement of emp (maximum permissible error) if the sum of the absolute value of the conventional error (conventional mass difference) e_{cm} with the expanded uncertainty of measurement U is less than or equal to the maximum permissible error (emp): $(|e_{cm}| + U) \leq emp$

Note: The maximum permissible error (mp) is given in Section 5 (Table 1) of OIML R 111-1:2004 and is shown in the results table

Statement of Conformity: According to the results reported in this certificate, the calibration item MEETS the specified requirement of maximum permissible error (mpe).

FO.PEC.17-05 Rev. 09

MEGALABORATORIO DEL SUR S.R.L.



Certificado de Calibración

Certificate of Calibration

Número
Number

CCP-0938-001-22

Cliente:
Customer CALIBRATEC S.A.C.

Dirección:
Address AV. CHILLON LOTE. 50B URB.
CHACRACERRO LIMA-LIMA-
COMAS

Objeto:
Item JUEGO DE PESAS F1


Marca⁽¹⁾:
Manufacturer NO ESPECIFICA

Modelo⁽¹⁾:
Model NO ESPECIFICA

No. de Serie:
Serial Number 63531

Identificación⁽¹⁾:
Identification NO ESPECIFICA

Ubicación del Objeto⁽¹⁾:
Item Location NO ESPECIFICA

Fecha de Recepción:
Date of Receipt 2022-08-08

Fecha de Calibración:
Calibration Date 2022-08-08

Próxima Fecha de Calibración:
Due Date -

Técnico Responsable:
Responsible Technician Ronald Arias

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los estándares nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones, el usuario está obligado a recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

This calibration certificate documents the traceability to national standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI)

In order to ensure the quality of their measurements, the user is obliged to have the object recalibrated at appropriate intervals.

Persona que Autoriza / Fecha de Emisión: Ing. Savino Pineda / 2022-08-16
Person authorizing / Date of Issue


Gerente General

Autorizado y firmado electrónicamente por SAVINO ENRIQUE PINEDA GONZALEZ
Nombre de reconocimiento (DN): cn=SAVINO ENRIQUE PINEDA GONZALEZ, serialNumber=110621145301, ou=ENTIDAD DE CERTIFICACION DE INFORMACION, o=SECURITY DATA S.A. 2, c=EC
Fecha: 2022-08-16 17:53:55

Certificado de Calibración

Certificate of Calibration

Número
Number

CCP-0938-001-22

Este certificado no podrá reproducirse excepto en su totalidad sin la aprobación escrita del laboratorio Elicrom-Calibración. Los resultados contenidos en este certificado son válidos únicamente para el ítem aquí descrito, en el momento y bajo las condiciones en que se realizó la calibración.

La versión en inglés del certificado de calibración no es una traducción vinculante. Si algún asunto da lugar a controversia, se debe utilizar el texto original en español.

This certificate may not be reproduced other than in full except with the written approval of the Elicrom-Calibration laboratory. The results contained in this certificate relate only to the item calibrated, at the time and under the conditions in which the calibration was performed.

The English version of the calibration certificate is not a binding translation. If any matter gives rise to controversy, the Spanish original text must be used.

Incertidumbre de medida

Measurement Uncertainty

La incertidumbre expandida de medición reportada (intervalo de confianza), se evaluó con base en el documento JCGM 100:2008 (GUM 1995 with minor corrections) "Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement", multiplicando la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura k , que para una distribución t (de Student) corresponde a un nivel de confianza de aproximadamente el 95,45%.

The reported expanded uncertainty of the measurement (confidence interval), was evaluated based on the document JCGM 100:2008 (GUM 1995 with minor corrections) "Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement", and is stated as the combined standard uncertainty of the measurement multiplied by the coverage factor k , which for a t (Student's) distribution corresponds to a confidence level of approximately 95,45%.

Equipamiento Utilizado

Equipment Used

Identificación ID Number	Nombre Name	Marca Manufacturer	Modelo Model	No. de Serie Serial Number	Vence Cal. Due Date	Nº Certificado Nº Certificate
EL.ET.106	COMPARADOR DE MASAS	SARTORIUS	MCM2004	33602063	2023-01-17	CC-0006-045-22
EL.ET.170	COMPARADOR DE MASA	SARTORIUS	MCM40K3	36501245	2023-01-17	CC-0006-050-22
EL.PC.032	JUEGO DE PESAS E1	HAFNER	9.XEHR-820	1880116	2025-03-17	115795
EL.PC.068	PESA DE 5 kg	HAFNER	CLASE E1	4030518	2025-03-16	115796
EL.PT.466	BARÓMETRO DIGITAL	CONTROL COMPANY	1081	150322677	2022-09-06	CC-4170-001-21
EL.PT.710	TERMOHIGRÓMETRO	CENTER	342	170500256	2023-06-22	CC-2880-016-22



Certificado de Calibración

Certificate of Calibration

Número
Number

CCP-0938-001-22



Calibración

Calibration

Lugar de Calibración:

Calibration Site

Laboratorio De Masa Y Volumen (Elicrom)

Método de Calibración:

Calibration Method

Comparación directa con Masas Patrón e Instrumento de Pesaje (Sustitución Abba)

Documento de Referencia:

Reference Document

CEM ME-025:2020 (Edición Digital 1)

Procedimiento de Calibración:

Calibration Procedure

PEC.EL.17

Condiciones Ambientales:

Environmental Conditions

Temperatura del Aire 20,2 °C ± 0,2 °C
Air Temperature

Humedad Relativa del Aire 49,0 %hr ± 0,4 %hr
Air Relative Humidity

Presión Atmosférica 1011 hPa ± 0 hPa
Atmospheric Pressure

Densidad del Aire 1,2012 kg/m³ ± 0,0015 kg/m³
Air Density

Observaciones

Observations

⁽¹⁾ Información proporcionada por el cliente. Elicrom no es responsable de dicha información.

⁽¹⁾ Information provided by the customer. Elicrom is not responsible for such information.

Características del Ítem de Calibración

Calibration Item Characteristics

Intervalo de Medida Measurement Range	Clase Class	Forma Shape	Material Material
1 kg - 5 kg	F1	Cilindro de Botón	Acero Inoxidable

Declaración de Trazabilidad Metrológica

Statement of Metrological Traceability

Los resultados de calibración contenidos en este certificado son trazables al Sistema Internacional de Unidades (SI) por medio de una cadena ininterrumpida de calibraciones a través del PTB (Physikalisch-Technische Bundesanstalt - Alemania) o de otros Institutos Nacionales de Metrología (INMs).

The calibration results contained in this certificate are traceable to the International System of Units (SI) through an unbroken chain of calibrations through PTB (Physikalisch-Technische Bundesanstalt - Germany) or other National Metrology institutes (NMIs).



Certificado de Calibración

Certificate of Calibration

Número
Number

CCP-0938-001-22



Resultados de la Calibración

Calibration Results

Número de Serie o Identificación <i>Serial Number or ID</i>	Valor de Masa Convencional <i>Conventional Mass Value</i>	Incertidumbre (U) (k=2) <i>Uncertainty (U) (k=2)</i>	Clase de Exactitud <i>Accuracy Class</i>	emp	Cumplimiento <i>Compliance</i>
	m_c	[+/- mg]		[+/- mg]	
1	1 kg +3,4 mg	1,6	F1	5	Cumple
2*	2 kg -3,2 mg	3,0	F1	10	Cumple
2	2 kg -2,7 mg	3,0	F1	10	Cumple
5	5 kg -3,6 mg	8,0	F1	25	Cumple

Notas

Notes

- El valor de masa convencional de la pesa corresponde a la masa de la pesa asumiendo una densidad de 8000 kg/m³ en una densidad de aire de 1,2 kg/m³ de acuerdo con el Documento Internacional No. 28 de la Organización Internacional de Metrología Legal (OIML-D28), edición 2004.
- La densidad del aire fue calculada con la fórmula CIPM-2007, versión exponencial simplificada.
- Las propiedades magnéticas no han sido determinadas, lo cual pudo haber afectado a la validez de los resultados.
- A falta de información, la densidad de la(s) pesa(s) y su incertidumbre fueron obtenidas a partir de la tabla B.7 (Método F2) de la OIML R 111-1:2004.
- El error convencional de la masa (o desviación del valor nominal) se muestra con la misma cantidad de decimales que la incertidumbre reportada (véase 7.2.6 de la GUM).

- The conventional mass value of the weight correspond to the mass of the weight assuming a density of 8000 kg/m³ at an air density of 1.2 kg/m³ in accordance with International Document No. 28 of the International Organization of Legal Metrology (OIML-D28), edition 2004.
- Air density was calculated with the CIPM-2007 formula, simplified exponential version.
- Magnetic properties have not been determined, which could have affected the validity of results.
- Due to lack of information, the density of weight(s) and its uncertainty were obtained from table B 7 (Method F2) of OIML R 111-1:2004.
- The conventional error of the mass (or deviation from the nominal value) is shown with the same number of digits as the reported uncertainty (see 7.2.6 of the GUM).

Información sobre Declaración de Conformidad

Information about Statement of Conformity

Regla de Decisión (Aceptación Simple): El ítem de calibración se acepta como conforme con el requisito especificado de emp (error máximo permitido) si la suma del valor absoluto del error convencional (diferencia de masa convencional) e_{cm} con la incertidumbre expandida de medición U es menor o igual al error máximo permitido (emp): $(|e_{cm}| + U) \leq emp$

Nota: El error máximo permitido (emp) está dado en el Apartado 5 (Tabla 1) de la OIML R 111-1:2004 y se muestra en la tabla de resultados.

Declaración de Conformidad: De acuerdo a los resultados reportados en este certificado, el ítem de calibración CUMPLE con el requisito especificado de error máximo permitido (emp).

Decision Rule (Simple Acceptance): The calibration item is accepted as conforming to the specified requirement of emp (maximum permissible error) if the sum of the absolute value of the conventional error (conventional mass difference) e_{cm} with the expanded uncertainty of measurement U is less than or equal to the maximum permissible error (emp). $(|e_{cm}| + U) \leq emp$

Note: The maximum permissible error (mp) is given in Section 5 (Table 1) of OIML R 111-1:2004 and is shown in the results table.

Statement of Conformity: According to the results reported in this certificate, the calibration item MEETS the specified requirement of maximum permissible error (mpe).

FO.PEC.17-02 Rev. 19



Sociedad de Asesoramiento Técnico S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC-014



Registro N° LC-014



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LT-0377-2022

SERV - 0301-2022
Pag 1 de 3

- 1. Cliente** : CALIBRATEC S.A.C.
Dirección : Av. Chillon Lote. 50B Urb. Chacarero - Comas - Lima - Lima
- 2. Instrumento de Medición** : TERMÓMETRO DE INDICACIÓN DIGITAL
Marca : ANBAI (*)
Modelo : AT4516
Número de Serie : 451602107001
Procedencia : No indica
Intervalo de Indicación : -200 °C a 1300 °C (**)
Resolución : 0,1 °C
Elemento Sensor : Diez termopares tipo K
Identificación : LT-002 (*)
- 3. Fecha y Lugar de calibración**
Fecha de calibración : 2022-04-27
Lugar de calibración : Laboratorio de Temperatura y Humedad de SAT S.A.C.
- 4. Método de Calibración** :
La calibración se realizó por comparación directa según el procedimiento PC-017 2da. Ed , "Procedimiento para la Calibración de Termómetros Digitales" del INDECOP-SNM.
- 5. Trazabilidad** :
Los resultados de la calibración tienen trazabilidad a patrones nacionales del INACAL-DM en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI).

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

Este certificado de calibración es emitido en base a los resultados obtenidos en nuestro laboratorio, es valido unicamente al objeto calibrado en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se recomienda al cliente recalibrar sus instrumentos y equipos a intervalos apropiados de acuerdo a su uso, conservación y mantenimiento.

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Esta prohibida toda reproducción parcial del presente certificado sin la autorización expresa y expresa de SAT.

SAT S.A.C., no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocasionar el uso inadecuado de este instrumento o equipo, ni de una incorrecta interpretación de los resultados del presente certificado.

El certificado de calibración sin la firma digital del responsable de SAT carecen de validez.

Instrumento patrón	Certificado de calibración N°
Termómetro de código LT-T-16 con incertidumbre del orden desde 0,017 °C	LT-108-2021 del INACAL-DM.
Termómetro de código LT-T-11 (PT11-12) con incertidumbre del orden desde 0,016 °C	LT-089-2022 del INACAL-DM.

- 6. Condiciones Ambientales** :
Temperatura ambiental : Mínima : 21,6 °C Máxima : 22,0 °C
Humedad relativa : Mínima : 56 %hr Máxima : 63 %hr

Fecha de emisión: 2022-04-29



Firmado digitalmente por:
Bach. Daniel Bonifacio Carhuancota
Fecha: 29/04/2022 16:56

Jefe de Laboratorio de Temperatura y Humedad



Firmado digitalmente por:
Ing. Yanet Maldonado Panes
Fecha: 29/04/2022 17:01

Jefe de División de Metrología



Sociedad de Asesoramiento Técnico S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC-014



INACAL
DA-Perú
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN
Acreditado

Registro N° LC-014



Certificado de Calibración N°

7. Resultados:

Para el sensor CH01 (Entrada 1) (***)

INDICACION DEL TERMOMETRO (°C)	CORRECCION (°C)	TEMPERATURA CONVENCIONALMENTE VERDADERA (°C)	INCERTIDUMBRE (°C)
-0,6	0,60	0,00	0,17
29,6	0,40	30,00	0,17
59,6	0,40	60,00	0,17
89,9	0,10	90,00	0,18
120,0	0,01	120,01	0,18

Para el sensor CH02 (Entrada 1) (***)

INDICACION DEL TERMOMETRO (°C)	CORRECCION (°C)	TEMPERATURA CONVENCIONALMENTE VERDADERA (°C)	INCERTIDUMBRE (°C)
-0,6	0,60	0,00	0,17
29,5	0,50	30,00	0,17
59,6	0,40	60,00	0,17
89,8	0,20	90,00	0,18
120,0	0,01	120,01	0,18

Para el sensor CH03 (Entrada 1) (***)

INDICACION DEL TERMOMETRO (°C)	CORRECCION (°C)	TEMPERATURA CONVENCIONALMENTE VERDADERA (°C)	INCERTIDUMBRE (°C)
-0,7	0,70	0,00	0,17
29,5	0,50	30,00	0,17
59,6	0,40	60,00	0,17
89,8	0,20	90,00	0,18
120,0	0,01	120,01	0,18

Para el sensor CH04 (Entrada 1) (***)

INDICACION DEL TERMOMETRO (°C)	CORRECCION (°C)	TEMPERATURA CONVENCIONALMENTE VERDADERA (°C)	INCERTIDUMBRE (°C)
-0,6	0,60	0,00	0,17
29,5	0,50	30,00	0,17
59,6	0,40	60,00	0,17
89,8	0,20	90,00	0,18
119,9	0,11	120,01	0,18

Para el sensor CH05 (Entrada 2) (***)

INDICACION DEL TERMOMETRO (°C)	CORRECCION (°C)	TEMPERATURA CONVENCIONALMENTE VERDADERA (°C)	INCERTIDUMBRE (°C)
-0,5	0,50	0,00	0,17
29,6	0,40	30,00	0,17
59,7	0,30	60,00	0,17
89,9	0,10	90,00	0,18
120,0	0,01	120,01	0,18

Para el sensor CH06 (Entrada 2) (***)

INDICACION DEL TERMOMETRO (°C)	CORRECCION (°C)	TEMPERATURA CONVENCIONALMENTE VERDADERA (°C)	INCERTIDUMBRE (°C)
-0,6	0,60	0,00	0,17
29,6	0,40	30,00	0,17
59,6	0,40	60,00	0,17
89,7	0,30	90,00	0,18
119,9	0,11	120,01	0,18



Para el sensor CH07 (Entrada 2) (*)**

INDICACION DEL TERMOMETRO (°C)	CORRECCION (°C)	TEMPERATURA CONVENCIONALMENTE VERDADERA (°C)	INCERTIDUMBRE (°C)
-0,6	0,60	0,00	0,17
29,5	0,50	30,00	0,17
59,6	0,40	60,00	0,17
89,7	0,30	90,00	0,18
119,9	0,11	120,01	0,18

Para el sensor CH08 (Entrada 2) (*)**

INDICACION DEL TERMOMETRO (°C)	CORRECCION (°C)	TEMPERATURA CONVENCIONALMENTE VERDADERA (°C)	INCERTIDUMBRE (°C)
-0,6	0,60	0,00	0,17
29,5	0,50	30,00	0,17
59,7	0,30	60,00	0,17
89,7	0,30	90,00	0,18
119,9	0,11	120,01	0,18

Para el sensor CH09 (Entrada 3) (*)**

INDICACION DEL TERMOMETRO (°C)	CORRECCION (°C)	TEMPERATURA CONVENCIONALMENTE VERDADERA (°C)	INCERTIDUMBRE (°C)
0,0	0,00	0,00	0,17
30,0	0,00	30,00	0,17
60,1	-0,10	60,00	0,17
90,4	-0,40	90,00	0,18
120,5	-0,49	120,01	0,18

Para el sensor CH10 (Entrada 3) (*)**

INDICACION DEL TERMOMETRO (°C)	CORRECCION (°C)	TEMPERATURA CONVENCIONALMENTE VERDADERA (°C)	INCERTIDUMBRE (°C)
-0,2	0,20	0,00	0,17
29,9	0,10	30,00	0,17
60,0	0,00	60,00	0,17
90,3	-0,30	90,00	0,18
120,3	-0,29	120,01	0,18

La temperatura convencionalmente verdadera (TCV) resulta de la relación:

$$TCV = \text{Indicación del termómetro} + \text{corrección}$$

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar combinada por el factor de cobertura $k=2$, de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95 %.

8. Observaciones:

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación "CALIBRADO".
- Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.
- El tiempo de estabilización no menor a 5 minutos.
- La profundidad de inmersión de los sensores fue de 30 cm.
- Las identificaciones CH01 hasta CH10 están grabadas en etiquetas adheridas a sus respectivos sensores y durante la calibración en el indicador se visualizo desde 001K hasta 010K.
- (*) Dato se encuentra grabado en una etiqueta adherida al instrumento.
- (**) Dato obtenido de la página web del fabricante
- (***) Los sensores de código: CH01 al CH04 se calibro en la entrada 1; CH05 al CH08 en la entrada 2; CH09 al CH10 en la entrada 3. Los conectores que agrupan a los sensores tienen grabadas las identificaciones del 1 al 3.

FIN DEL DOCUMENTO

Anexo 7. Panel fotográfico



Foto 1: Presa de concreto Cotarsaya



Foto 2: Vista panorámica de la represa, dique de tierra de la presa Cotarsaya

Anexo 8. Instrumentos de medición a través de juicio de expertos



CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE

N°	VARIABLES 7 DIMENSIONES 7 INDICADORES	Pertinencia 1		Relevancia 2		Claridad 3		Sugerencias
		<input checked="" type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No	
	VARIABLE INDEPENDIENTE: Zeolita							
	DIMENSIÓN 1: Dosificación	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1	Dosificación suelo del dique de tierra (97.5%) + Zeolita (2.5%)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	DIMENSIÓN 2: Dosificación en laboratorio							
2	Dosificación suelo del dique de tierra (96.5%) + Zeolita (3.5%)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	DIMENSIÓN 3: Dosificación en laboratorio							
3	Dosificación suelo del dique de tierra (95.5%) + Zeolita (4.5%)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	DIMENSIÓN 4: Dosificación en laboratorio							
4	Dosificación suelo del dique de tierra (95.0%) + Zeolita (5.0%)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	VARIABLE DEPENDIENTE: Propiedades del suelo que conforma el dique de tierra	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	DIMENSIÓN 1:							
5	Porcentaje de Dispersión	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	DIMENSIÓN 2							
6	Índice de Plasticidad	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	DIMENSIÓN 3							
7	Permeabilidad	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador: PAREDES PINTO DONALD ERMENEGILLO DNI: 42656913

Especialidad del validador: INGENIERO CIVIL

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo ³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

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

Puno 24 de Marzo del 2023



Ronald E. Paredes Pinto
INGENIERO CIVIL
CIP, 182386

Firma del Experto Informante.

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE

N°	VARIABLES7DIMENSIONE7INDICADORES	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		<input checked="" type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No	
	VARIABLE INDEPENDIENTE: Zeolita							
	DIMENSIÓN 1: Dosificación							
1	Dosificación suelo del dique de tierra (97.5%) + Zeolita (2.5%)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	DIMENSIÓN 2: Dosificación en laboratorio							
	Dosificación suelo del dique de tierra (96.5%) + Zeolita (3.5%)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3	DIMENSIÓN 3: Dosificación en laboratorio							
	Dosificación suelo del dique de tierra (95.5%) + Zeolita (4.5%)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4	DIMENSIÓN 4: Dosificación en laboratorio							
	Dosificación suelo del dique de tierra (95.0%) + Zeolita (5.0%)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	VARIABLE DEPENDIENTE: Propiedades del suelo que conforma el dique de tierra	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5	DIMENSIÓN 1:							
	Porcentaje de Dispersión	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6	DIMENSIÓN 2							
	Índice de Plasticidad	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
7	DIMENSIÓN 3							
	Permeabilidad	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

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

Apellidos y nombres del juez validador: TURPO RAMIREZ ELIAS

Especialidad del validador: INGENIERO CIVIL

DNI: 07319810

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo ³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

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

..... de Marzo del 2023



Elias Turpo Ramirez
INGENIERO CIVIL

CIP: 70295

Firma del Experto Informante.

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE

N°	VARIABLES7DIMENSIONE7INDICADORES	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		<input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	
	VARIABLE INDEPENDIENTE: Zeolita							
	DIMENSIÓN 1: Dosificación							
1	Dosificación suelo del dique de tierra (97.5%) + Zeolita (2.5%)	<input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	
	DIMENSIÓN 2: Dosificación en laboratorio							
2	Dosificación suelo del dique de tierra (96.5%) + Zeolita (3.5%)	<input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	
	DIMENSIÓN 3: Dosificación en laboratorio							
3	Dosificación suelo del dique de tierra (95.5%) + Zeolita (4.5%)	<input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	
	DIMENSIÓN 4: Dosificación en laboratorio							
4	Dosificación suelo del dique de tierra (95.0%) + Zeolita (5.0%)	<input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	
	VARIABLE DEPENDIENTE: Propiedades del suelo que conforma el dique de tierra							
	DIMENSIÓN 1:							
5	Porcentaje de Dispersión	<input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	
	DIMENSIÓN 2							
6	Índice de Plasticidad	<input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	
	DIMENSIÓN 3							
7	Permeabilidad	<input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	

Observaciones (precisar si hay suficiencia): _____

Opinión de aplicabilidad: Aplicable No aplicable

Apellidos y nombres del juez validador: QUISEP PASCOMPA FELIMON DNI: 0326601

Especialidad del validador: INGENIERO CIVIL

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.
²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo.
³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo.
 Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

..... PUNO, 24 de Marzo del 2023



FELIMON QUISEP PASCOMPA
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 231340

Firma del Experto Informante.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, OLARTE PINARES JORGE RICHARD, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ATE, asesor de Tesis titulada: "Estabilización del suelo mediante la adición de Zeolita en el dique de tierra de la presa Cotarsaya, Azángaro, Puno, 2023", cuyo autor es TIPO QUISPE SOLEDAD IRMA, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 22.00%, 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, 29 de Marzo del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
OLARTE PINARES JORGE RICHARD DNI: 40752422 ORCID: 0000-0001-5699-1323	Firmado electrónicamente por: JOLARTEP el 29-03- 2023 11:09:31

Código documento Trilce: TRI - 0539255