



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

**Modificación de las Propiedades de la Subrasante con Escoria  
Siderúrgica y Organosilanos en la Carretera Umayo - Atuncolla,  
Puno, 2022**

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

**Ingeniero Civil**

**AUTORES:**

Apaza Velasquez, Bety Raquel ([orcid.org/0000-0001-9880-1372](https://orcid.org/0000-0001-9880-1372))

Quisca Otazu, Rody ([orcid.org/0000-0003-0690-7335](https://orcid.org/0000-0003-0690-7335))

**ASESOR:**

Mtro. Olarte Pinares, Jorge Richard ([orcid.org/0000-0001-5699-1323](https://orcid.org/0000-0001-5699-1323))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

**TRUJILLO – PERÚ**

2023

## **Dedicatoria**

Esta tesis está dedicada a mis padres: Jesús Guillermo Apaza Condori y Felicitas Velásquez Poma, por haberme formado con valores y contribuir con mis virtudes a lograr mis metas.

También dedico mi tesis a mi hija Analy quien fue mi motivo para seguir adelante con mis estudios y lograr mi objetivo.

### **Apaza Velásquez, Bety Raquel**

Está dedicada primero a Dios, de manera especial a mis Padres Cipriano Rogelio Quisca Cari y Ubalda Otazu Naira por ser los principales promotores de mis sueños, por haberme brindado consejos valiosos y motivado para luchar sin rendirme.

A mis hermanos por su afecto fraternal y apoyo permanente en la elaboración de esta tesis.

### **Quisca Otazu, Rody**



## **Agradecimiento**

Agradezco a Dios por haberme brindado sabiduría e inteligencia para lograr mis metas. A mi familia por apoyarme incondicionalmente y tenerme paciencia, a los docentes de la Universidad César Vallejo por su significativo apoyo para lograr mis objetivos.

**Apaza Velásquez, Bety Raquel**

A mi Asesor por el tiempo dedicado y conocimientos brindados.

A los docentes de la carrera académica profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo por sus exigencias para lograr mi objetivo.

**Quisca Otazu, Rody**

## Índice de contenidos

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>II</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>III</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS .....</b>	<b>IV</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>V</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>VI</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>VIII</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>IX</b>
<b>I INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>5</b>
<b>III METODOLOGÍA.....</b>	<b>16</b>
3.1 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	16
3.2 VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN .....	17
3.3 POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO .....	18
3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	19
3.5 PROCEDIMIENTOS .....	21
3.6 MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS .....	34
3.7 ASPECTOS ÉTICOS .....	34
<b>IV RESULTADOS.....</b>	<b>35</b>
<b>V DISCUSIÓN.....</b>	<b>56</b>
<b>VI CONCLUSIONES.....</b>	<b>59</b>
<b>VII RECOMENDACIONES .....</b>	<b>60</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>61</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>69</b>

## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b> Normas Técnicas Peruanas.....	19
<b>Tabla 2</b> Descripción de las calicatas.....	21
<b>Tabla 3</b> Resumen de resultados del contenido de humedad de la muestra patrón (suelo natural).....	25
<b>Tabla 4</b> Resumen de resultados del límite líquido de la muestra patrón (suelo natural).....	26
<b>Tabla 5</b> Resumen de resultados del límite plástico de la muestra patrón (suelo natural).....	27
<b>Tabla 6</b> Resumen de resultados del índice de plasticidad de la muestra patrón (suelo natural).....	28
<b>Tabla 7</b> Resumen de resultados de pruebas en muestras de terreno natural .....	39
<b>Tabla 8</b> Prueba de normalidad.....	54
<b>Tabla 9</b> Correlaciones.....	55

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b> Calicata 1 extracción de muestras.....	22
<b>Figura 2</b> Calicata 2 extracción de muestras.....	23
<b>Figura 3</b> Análisis granulométrico por tamizado C-1 y C-2 .....	24
<b>Figura 4</b> Análisis granulométrico por tamizado C-1 y C2.....	24
<b>Figura 5</b> Ensayos de límite plástico y limite liquido C-1 y C-2. ....	28
<b>Figura 6</b> Ensayos de limite plástico y limite liquido C-1 y C-2 .....	29
<b>Figura 7</b> Ensayos de Proctor Modificado C-1 y C-2.....	30
<b>Figura 8</b> Ensayos de CBR C-1 y C-2.....	31
<b>Figura 9</b> Adición de escoria siderúrgica y organosilanos al 4%, 6% y 8% a la muestra del terreno natural C-1 y C-2.....	31
<b>Figura 10</b> Adición de escoria siderúrgica y organosilanos al 4%, 6% y 8% a la muestra del terreno natural C-2. ....	32
<b>Figura 11</b> CBR ponderado del terreno estabilizado y terreno natural.....	33
<b>Figura 12</b> Mapa político departamental de Puno .....	35
<b>Figura 13</b> Ubicación del proyecto .....	36
<b>Figura 14</b> Curva granulométrica de terreno natural C-1 .....	38
<b>Figura 15</b> Curva granulométrica de terreno natural C-2 .....	38
<b>Figura 16</b> Limite liquido C-1.....	40
<b>Figura 17</b> Límite liquido C-2.....	41
<b>Figura 18</b> Límite plástico C-1.....	41
<b>Figura 19</b> Límite plástico C-2.....	42
<b>Figura 20</b> Índice plástico C-1.....	43
<b>Figura 21</b> Índice plástico C-2.....	44

<b>Figura 22</b> Máxima Densidad Seca C-1 .....	45
<b>Figura 23</b> Máxima Densidad Seca C-2.....	45
<b>Figura 24</b> Óptimo contenido de Humedad C-1 .....	46
<b>Figura 25</b> Optimo contenido de Humedad C-2 .....	47
<b>Figura 26</b> California Bearing Ratio CBR C-1 .....	48
<b>Figura 27</b> California Bearing Ratio CBR C-2 .....	48
<b>Figura 28</b> Espesor de estabilización 0.50 m .....	51
<b>Figura 29</b> Comparativo de valores CBRP con 0.50 m de estabilización.....	52

## Resumen

La presente investigación busca modificar las propiedades de los suelos cohesivos de la subrasante de la Carretera Umayo – Atuncolla, usando Escoria Siderúrgica y Organosilanos. La metodología fue de tipo aplicada, enfoque cuantitativo, con diseño experimental, de nivel explicativo. La población estuvo conformada por la Carretera Umayo - Atuncolla, y la muestra, está conformada por las progresivas 13+000 y 13+640. El muestreo fue no probabilístico y las técnicas utilizadas, la observación, la revisión bibliográfica y los ensayos de laboratorio. Los instrumentos empleados fueron la ficha de observación, el cuaderno de campo y los formatos de laboratorio.

De acuerdo a los resultados se obtuvo un CBR de 5.80% de la muestra patrón, y con la adición de Escoria Siderúrgica y Organosilanos en una proporción de 8%, se mejora el CBR en un 7.20%, se reducen el límite líquido e índice plástico de la misma, lo cual permitirá elaborar un diseño adecuado. Se concluye que, agregando escoria siderúrgica y organosilanos en las proporciones indicadas mejora la capacidad portante y reduce los límites líquido e índice plástico del suelo de subrasante de la Carretera Umayo-Atuncolla.

**Palabras clave:** Escoria siderúrgica, organosilanos, subrasante, suelos cohesivos.

## **Abstract**

The objective of this investigation was to modify the properties of the cohesive soils of the subgrade of the Umayo - Atuncolla Highway, using Steel Slag and Organosilanes. The methodology was of the applied type, quantitative approach, with an experimental design, explanatory level. The population was made up of the Umayo-Atuncolla Highway, and the sample is made up of the progressive 13+000 and 13+640. The sampling was non-probabilistic and the techniques used were observation, bibliographic review and laboratory tests. The instruments used were the observation sheet, the field notebook and the laboratory formats.

According to the results, a CBR of 5.80% of the standard sample was obtained, and with the addition of Steel Slag and Organosilanes in a proportion of 8%, the CBR is improved by 7.20%, the liquid limit and plastic index are reduced. of the same, which will allow to elaborate an adequate design. It is concluded that adding steel slag and organosilanes in the indicated proportions improves the bearing capacity and reduces the liquid limit and plastic index of the subgrade soil of the Umayo-Atuncolla Highway.

**Keywords:** Steel slag, organosylanes, subgrade, cohesive soils.

## I INTRODUCCIÓN

En nuestro país existen diferentes redes viales que están distribuidas por carreteras longitudinales y transversales, entre las cuales podemos citar la carretera que integra toda la costa del Perú (Panamericana) de nuestro País. En la sierra tenemos carreteras longitudinales que unen las diferentes regiones. Así mismo, en la selva, la carretera Fernando Belaunde Terry, además de las carreteras regionales, locales y distritales. Según Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones de Vivienda y Construcción Puno, que abarca la región del mismo nombre y se circunscribe en la Ley N° 27867, Ley Orgánica de Gobiernos Regionales. De acuerdo con los registros de Gerencia Regional de Infraestructura, la red vial alcanza una longitud superior a los 78,000 kilómetros de los cuales más del 21% corresponde a las carreteras nacionales, mientras que aproximadamente el 18% es de las carreteras de acceso regional. La región Puno se encuentra en el tercer lugar después le siguen Cusco y Arequipa. En la región Puno la longitud supera los 5,000 kilómetros.

Los suelos en el Perú son variados. En la costa los suelos son arenosos, en la selva son orgánicos y en la sierra están compuestas por una variedad de suelos arcillosos y limosos que son netamente finos y por ser de zona altoandina presenta mayor humedad de la normal. La problemática relativa a la resistencia y capacidad portante de la subrasante de las carreteras de acceso corresponde a la presencia de las diferentes patologías que se vinculan estrictamente con el tipo de suelo, por ejemplo, en los suelos cohesivos, la humedad dificulta el manejo respecto de la construcción de carreteras. En tal sentido, se hace necesario aplicar los conocimientos de Ingeniería Civil para proponer alternativas de solución de bajo costo respecto de las subrasantes.

En la carretera Umayo – Atuncolla, se observa que el terreno de fundación está compuesto por un gran porcentaje de arcilla que genera niveles significativos de inestabilidad que no permiten una transitabilidad segura por la presencia de distintos tipos de patologías. En tal sentido para la construcción de una carretera,



se debe considerar los diferentes factores que intervienen en el proceso como son; el clima, las características del terreno de fundación, los materiales a utilizar y los costos implicados. Chang (2012). En este estudio se analizan los suelos de la carretera Umayo – Atuncolla, Distrito de Atuncolla, Provincia y región Puno, ubicada a una altura de 3,822 msnm, a orillas del Lago Umayo. Esta vía presenta patologías que demuestran una débil capacidad de soporte de sus suelos, elevados índices de plasticidad sumadas a los contenidos de humedad siendo crítico en época de lluvias. Basada en estas premisas planteamos como tema de investigación la “Modificación de las Propiedades de la Subrasante con Escoria Siderúrgica y Organosilanos en la Carretera Umayo - Atuncolla, Puno, 2022”. Se debe enfatizar que, si no se encuentra una solución óptima de esta problemática, definitivamente se han de generar sobre costos de mantenimiento además de la presencia de riesgos de accidentes por los problemas de transitabilidad vehicular.

El principal objetivo de esta investigación es obtener una dosificación óptima de escoria siderúrgica y organosilanos que aseguren una mayor capacidad de soporte del suelo. Con respecto a nuestro país, existen carreteras que se sustentan en suelos frágiles, de consistencia débil y de poca durabilidad en la medida en que no tienen la suficiente capacidad de carga, lo cual implica que se ejecuten trabajos de rehabilitación y mantenimiento en muchos casos muy costosos que se repiten en plazos cortos Cáceda Rodríguez y Fernández Mantilla (2017).

Al respecto, existen técnicas y procedimientos dirigidos a optimizar las características y consistencia de las carreteras haciendo uso de aditivos como la escoria siderúrgica y organosilanos. En el Perú, se utilizan estos aditivos para fortalecer suelos finos es poco conocido porque se prefiere utilizar otros materiales como los productos sintéticos que son más costosos. En el presente estudio se propone la aplicación de los aditivos mencionados en proporción de 4%, 6% y 8%, de modo que se logre la estabilización de forma muy eficiente.

Como se mencionó anteriormente para construir vías debe tenerse en cuenta principalmente el tráfico, con el fin de evitar complicaciones en el diseño respectivo Menéndez Acurio (2010).

Se tiene como problema general la siguiente interrogante: ¿En qué medida mejoraría el uso de Escoria Siderúrgica y Organosilanos en las propiedades de los suelos cohesivos de la carretera Umayo- Atuncolla en el departamento de Puno? Seguidamente se tiene como problemas específicos los siguientes: ¿Cómo influiría el uso de Escoria Siderúrgica y Organosilanos en la evolución de la capacidad de soporte de los suelos cohesivos de la subrasante de la carretera Umayo- Atuncolla?, ¿En qué proporción el uso de Escoria Siderúrgica y Organosilanos reduciría el límite líquido e índice de plasticidad de los suelos cohesivos de la subrasante de la carretera Umayo- Atuncolla?, ¿Empleando Escoria Siderúrgica y Organosilanos cuál sería el espesor adecuado por estabilizar, teniendo en cuenta el adecuado diseño del pavimento?.

**Justificación teórica** la carretera Umayo-Atuncolla que está ubicada en la región de Puno, cada año presenta patologías ocasionadas por causa de las precipitaciones, por cuanto sus propiedades físicas y mecánicas corresponden a suelos arcillosos y cohesivos, pero hasta el día de hoy no se han dado soluciones técnicas al respecto. En tal sentido, nuestra motivación para desarrollar esta investigación implica encontrar y plantear una solución técnica para demostrar que la estabilización o mejoramiento de la subrasante de los suelos finos pueda realizarse agregando aditivos en la dosificación de mezclas de manera que, será una de las soluciones óptimas para la estabilización de suelos de limitada resistencia en la vía Umayo - Atuncolla, en tanto significa un problema que se presenta anualmente. En tal sentido, una alternativa de solución implica estabilizar la subrasante utilizando escoria siderúrgica y organosilanos como aditivos significativos para fortalecer la consistencia de las mezclas. En relación con la **justificación social** el estudio beneficiará a los habitantes de Umayo, en la medida en que posibilitará de una manera

sostenible el tránsito fluido en esta pista de acceso. Desde el punto de vista metodológico, el estudio servirá para utilizar métodos de estabilización debidamente comprobados en laboratorio, con el fin de ejecutar labores de rehabilitación, que permitan incrementar la durabilidad de esta carretera. Como **justificación económica**, se evitarán los altos costos de mantenimiento que se realiza anualmente. **Justificación ambiental**, desde la perspectiva ambiental, la investigación contribuirá con la reducción significativa de la sobreexplotación de canteras, que atenta con la sostenibilidad del medio ambiente.

En este estudio se busca como propósito modificar las características de la subrasante de la vía Umayo - Atuncolla usando Escoria Siderúrgica y Organosilanos. Con respecto a los siguientes objetivos específicos, se han establecido los siguientes: Mejorar la capacidad de soporte de los suelos cohesivos de la subrasante de la carretera Umayo - Atuncolla, Reducir el límite líquido e índice plástico de los suelos de la carretera Umayo- Atuncolla, Diseñar una estructura de pavimentos considerando los parámetros Esfuerzo-Deformación para estimar el adecuado espesor de subrasante.

En lo que concierne al sistema de hipótesis, se han considerado las siguientes hipótesis generales: El uso de la escoria siderúrgica y organosilanos mejoraría las propiedades de los suelos cohesivos componentes de la subrasante de la carretera Umayo - Atuncolla. Respecto a las hipótesis específicas se consideran las siguientes: El uso de la escoria siderúrgica y organosilanos elevaría la capacidad de soporte de los suelos de la carretera Umayo - Atuncolla. Una dosificación adecuada de escoria siderúrgica y organosilanos reduciría los límites de consistencia de los suelos de subrasante de la carretera Umayo - Atuncolla. Una metodología adecuada para estimar el espesor adecuado de estabilización con escoria siderúrgica y organosilanos sería considerando la profundidad de esfuerzos y deformaciones en estructuras de pavimentos.

## II MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes Nacionales

Según Ocupa y Troyes (2021), en su investigación titulada “*Aditivos de polvo de acero como elementos estabilizadores de las pistas Jaén – Cajamarca – 2021*”, planteo como objetivo de precisar como incide la escoria de acero como aditivo con el fin de estabilizar esta carretera. El estudio que se realizó fue de tipo descriptivo, con un diseño experimental. Los principales indicativos muestran que el CBR alcanza en un 95% de la Máxima Densidad Seca (MDS). A 0.1”, el parámetro medio presenta un 29.60%. Agregando escoria en porcentajes de 3%, 6% y 12% respectivamente, los parámetros promedios se encuentran en el intervalo 45.35% – 63.45%. Llegando a una conclusión de que agregando el aditivo mencionado incrementan en 34%, las propiedades mecánicas de suelos finos.

Villanueva y Flores (2017), en su investigación titulado “*adición de organosilanos, sulfatos y compuestos poliacrílicos para mejorar el nivel de consistencia de las carreteras de la sierra de poca transitabilidad*”, se tuvo como objetivo el determinar en qué medida estos aditivos incrementan los niveles de estabilidad de la subrasante en estas vías. Como principal conclusión se tiene que al emplear estos aditivos, se elevan los niveles de consistencia en vías afirmadas. En nuestro país, el problema de estabilización de suelos es preocupante, por la consistencia frágil de los mismos y las labores deficientes de mantenimiento continuo. Respecto de este problema se requiere agregar componentes que mejoren la resistencia de los suelos, de modo que se optimice su durabilidad.

Así mismo Palomino (2016), desarrolló el trabajo titulado “*Capacidad Portante de suelos finos, agregando maxxseal cien, Cajamarca*”, con el objetivo de precisar los niveles de capacidad portante de suelos arcillosos, empleando dicho aditivo en proporciones de 2%, 4%, y 6% incrementan en 6%, 9.7% y

11%. Los resultados indican que, con 6% se eleva el CBR 11%, respectivamente.

## **2.2 Antecedentes Internacionales**

López (2017), elaboró un estudio con el fin de evaluar en qué medida *el uso de este componente mejora las propiedades de estos pavimentos*. El estudio fue descriptivo, con enfoque cuantitativo y diseño experimental. Se concluye que, agregando escoria siderúrgica a las mezclas de pavimentos, incrementa las propiedades físicas y soporte a las cargas mejorando las propiedades mecánicas de los suelos cohesivos.

Rodríguez y Pérez (2016), presentaron una investigación para encontrar los *“beneficios del aditivo terrasil en Ecuador”*, con el objetivo de establecer en qué medida se mejora la resistencia de las subrasantes el uso de este aditivo. La investigación tuvo un enfoque cuantitativo con diseño experimental. Los resultados presentan los siguientes parámetros: la humedad se reduce en porcentajes superiores al 28%, la capacidad portante se incrementa en 14%. Las cantidades porcentuales fueron del 2%, 4%, 6% y 8%. En la investigación se concluyó que con estos aditivos se incrementa las propiedades mecánicas de los suelos cohesivos.

Ospina, et al (2020), desarrollaron un artículo en el que se identifican *“las propiedades de la escoria de acero en el fortalecimiento de suelos finos”*. El enfoque fue cuantitativo, con diseño experimental. De acuerdo con los resultados encontrados, se puede afirmar agregando porcentajes determinados de estos aditivos, es posible reducir los niveles de humedad.

## 2.3 Teorías relacionadas

### Suelos

Son componentes de materiales, orgánicos e inorgánicos y cuyas partículas varían en sus dimensiones, textura y otras características. Los suelos presentan partes de arcilla, arena y limo en diferentes proporciones, por lo mismo, diferentes niveles de influencia en su mineralogía. De acuerdo con el Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección: Suelos y Pavimentos R.D. N° 10-2014-MTC/14 (2014).

### Tipos de suelos

**Suelo Arenoso.** El suelo arenoso tiene características especiales porque presenta elementos compuestos por partículas de arena, es liviano y no tiene componentes nutrientes y pueden llamarse también, superficies ligeras. Tiene la facilidad de que el agua discursa fácilmente, es decir, facilitan la escorrentía que está mezclado por partículas de piedra de 0.05mm a 2 mm de diámetros, textura leve, suave, ligera que son erosionados por el viento y el agua con bastante facilidad.

**Suelo Arcilloso.** El suelo arcilloso es un suelo fino con gran capacidad de adherencia de sus moléculas, por lo que se le denomina suelos cohesivos. Su composición implica gran cantidad de elementos arcillosos y pueden contener gran cantidad de agua. Los suelos finos compuestos por arcillas son muy susceptibles a las presiones y cargas por su baja capacidad de soporte.

**Suelo Limoso.** El suelo limoso son suelos ligeros con alta capacidad de retener la humedad, son fértiles y sus partículas son en promedio de magnitud mediana. Una de sus características es de que pueden compactarse con facilidad. Cuando los suelos son más resistentes, no hay problemas para construir elementos estructurales, pero cuando son finos se presentan dificultades.

**Suelo de Turba.** Tiene un alto contenido de componentes orgánicos y pueden contener gran cantidad de agua, por lo que se observa en general, en los jardines y aguas estancadas. Básicamente presentan una coloración marrón oscuro a negro y fragancia a materia orgánica, a este se deberá designarse como suelo altamente orgánico y se identifica como turba.

### **Propiedades del suelo**

Según Suryakanta (2015), en el estudio que realizó considera que el suelo es una combinación de materiales sólidos, líquidos y gaseosos. La proporción de los componentes de la muestra determina una serie de propiedades que se conocen como: cohesión, ángulo de fricción interna, capilaridad, permeabilidad, compresibilidad, plasticidad y elasticidad respectivamente.

**Cohesión.** Es la atracción molecular interna que resiste la ruptura o cizallamiento de un material. La cohesión se deriva de las superficies que tienen partículas muy finas. La cohesión es la propiedad del suelo de grano fino con tamaño de partícula inferior a 0,002 mm. La cohesión de un suelo reduce en función al incremento de la humedad. La cohesión es mayor en arcillas bien compactadas y es independiente de la carga externa aplicada Suryakanta (2015).

**Ángulo de fricción.** Interna es la resistencia al deslizamiento de las partículas de grano de una masa de suelo depende del ángulo de fricción interna. Se suele considerar que el valor de los parámetros de fricción es casi independiente de la presión normal, pero varía con el grado de empaquetamiento de las partículas, es decir, con la densidad. Los suelos sometidos a esfuerzos normales más altos tendrán contenidos de humedad más bajos y densidades aparentes más altas en el momento de falla que aquellos sujetos a esfuerzos normales más bajos y por lo tanto, el ángulo de fricción interna puede cambiar. Siendo el verdadero ángulo de fricción interna de la arcilla rara vez es cero y

puede llegar a 26°. A su vez los suelos granulares puede variar entre 28° y 50° Suryakanta (2015).

**Capilaridad.** Es la capacidad del suelo para transmitir humedad en todas las direcciones, independientemente de cualquier fuerza gravitatoria. El agua sube a través de los poros del suelo debido a la atracción capilar. La altura máxima teórica del ascenso capilar depende de la presión que tiende a empujar el agua hacia el suelo, y esta fuerza aumenta a medida que decrece el dimensionamiento de las partículas de los diferentes tipos de suelo. En cuanto a la subida capilar en un suelo cuando está húmedo puede ser igual a 4 o 5 veces la altura del ascenso capilar en el mismo suelo cuando está seco Suryakanta (2015). La grava gruesa no tiene ascenso capilar; la arena gruesa tiene hasta 30 cm; La arena fina y los suelos tienen una elevación capilar de hasta 1,2 m, pero la arena seca tiene muy poca capilaridad. Las arcillas pueden tener una elevación capilar de 0,9 a 1,2 m, pero las arcillas puras tienen un valor muy bajo.

**Permeabilidad.** Hace referencia a la rapidez con la que el líquido fluye a través de las gradientes. El paso de la humedad a través de los espacios intermedios o poros del suelo se denomina “percolación”. Los suelos que tienen suficiente porosidad para que se produzca la percolación se denominan “permeables”, mientras que los que no permiten el paso del agua se denominan “impermeables”. La tasación de flujo es directamente proporcional a la cabeza de agua Suryakanta (2015). La permeabilidad es una propiedad de la masa del suelo y no de partículas individuales. La permeabilidad del suelo cohesivo es, en general, muy pequeña. El conocimiento de la permeabilidad es necesario no sólo para los problemas de filtración, drenaje y aguas subterráneas, sino también para la tasa de asentamiento de las estructuras en suelos saturados Suryakanta (2015).

**Comprensibilidad.** Se refiere a las gravas, arenas y limos que son incompresibles, es decir, si una masa húmeda de esos materiales se somete a



compresión; no sufren cambios significativos de volumen. Las arcillas son comprimibles, es decir, si una masa húmeda de arcilla se somete a compresión, se expulsan los contenidos de aire y humedad. La reducción del volumen por el incremento de la presión implica un nivel de consolidación del suelo, que corresponde a la medida de la velocidad a la que procede la consolidación. La compresibilidad de la arena y el limo varía con la densidad y la compresibilidad de la arcilla varía con el contenido de agua e inversamente con la fuerza cohesiva Suryakanta (2015).

**Plasticidad.** Según, Juárez Badillo y Rico Rodríguez (2005) hacen referencia al comportamiento mecánico de los suelos reflejada en su capacidad de deformación frente a las presiones, cargas y tensiones. Es posible expresarla en porcentajes que determinan las partes del módulo patrón. La plasticidad de un suelo indica el rango de los límites que corresponden al nivel de liquidez y plasticidad. Lo que se expresa de acuerdo con la siguiente formula:

$$I.P. = L.L. - L.P.$$

**Elasticidad.** Se refiere al desarrollo de un modelo matemático del estado dinámico de tensión-deformación y un método para construir y ajustar el diseño de deflexiones dinámicas bajo carga de choque para resolver el problema y determinar los módulos elásticos de capas de carreteras no rígidas. Pavimento en la etapa de su operación con este método, se determinaron los módulos elásticos dinámicos reales de los materiales de la capa de pavimento para una sección de prueba de la carretera. En conclusión, se discuten las perspectivas de desarrollo del método presentado como resultado del análisis de las características de amplitud-tiempo de los desplazamientos registrados en la superficie del pavimento de la carretera bajo cargas de choque.

## **Pavimento**

Es una estructura que tiene diferentes tipos de capas que conjuntamente trabajan unidas entre sí, para proteger al estrato más débil que es la subrasante en ese sentido la Enciclopedia Británica (2015), define al pavimento como el revestimiento de una superficie horizontal en la que la funcionalidad implica transmitir cargas a la base, subbase y subrasante. En el caso de los pavimentos flexibles, contienen agregados de arena y piedra chancada, combinados con materiales bituminosos como el alquitrán o el aceite asfáltico.

Las capas de material generalmente se organizan dentro de una estructura de pavimento en orden descendente de capacidad de carga con el material de mayor capacidad de carga (y el más costoso) en la parte superior y el material de menor capacidad de carga (y el menos costoso) en la parte inferior Pavementinteractive (2022).

**Carpeta de rodadura.** Carpeta de rodadura que está conformada elementalmente por mezclas asfálticas y materiales pétreos. Esta capa está diseñada para admitir directamente las cargas vehiculares y los efectos ambientales como la lluvia y la radiación solar. En este caso la superficie horizontal tiene que poseer características adecuadas para soportar las cargas.

**Base.** Es una superficie que se localiza debajo de la carpeta asfáltica y tiene características propias como la consistencia, resistencia, solides, aunque puede contener bolsas de aire. En este aspecto la funcionalidad implica la presencia de elementos que transmitan las cargas generadas por el tránsito.

**Subbase.** Es la superficie granular que permite la fluidez y filtración por capilaridad. Se encuentra entre la base y la subrasante, una de sus características principales es que funciona como soporte de la estructura reduciendo los niveles de intrusión de suelos finos. Son más consistentes que los suelos de la subrasante.

## **Subrasante**

Es el suelo de fundación, encargada de soportar el peso de la estructura del pavimento, este suelo no debe presentar material orgánico, su función esencial es que puede distribuir de manera uniforme las fuerzas. Se visualizan la capacidad de carga, el nivel de humedad y el grado de compactación. Teniendo en cuenta que los suelos finos compuestos por arcillas son muy susceptibles a las presiones y cargas por su baja capacidad de soporte.

**Estabilización de suelos.** Es un conjunto de procesos a través de los cuales se aplican técnicas y métodos sobre una superficie horizontal con el fin de acrecentar sus propiedades físicas y químicas, así posibilitando la obtención de condiciones con atributos significativos positivos de humedad y densidad que servirán para mejorar la resistencia e incrementar la durabilidad, de acuerdo al Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección: Suelos y Pavimentos R.D. N° 10-2014-MTC/14 (2014).

## **Aditivos**

Los productos químicos utilizados para estabilizar las distintas muestras de suelos son aditivos que ayudan a mejorar y modifican la capacidad de soporte de los suelos de fundación, pueden ser químicos o naturales y también la combinación de ambos. Por lo general se vende con alto control de calidad y considerando la licencia de fabricación Humicorp (2012).

Dentro de ellos podemos mencionar los aditivos como la cal, que incrementa la consistencia del suelo reduciendo significativamente su plasticidad, de la misma manera se puede mencionar otros aditivos naturales y químicos. También podemos mencionar los productos asfálticos que tienen la propiedad de fortalecer la consistencia de los suelos de fundación, entre los cuales se pueden citar: Cloruro de Sodio, Cloruro de calcio, cenizas y escorias de fundición, polímeros, copolímeros de vinilo hidrofóbico.

## **Escoria Siderúrgica**

Según Aranguren Campos (2014), menciona que la escoria siderúrgica es un componente que se obtiene de los hornos de fundición. Posee calcio y magnesio, se emplea para fabricar aglomerantes y como estabilizador de subrasantes. Asimismo, este material es procedente de la fabricación de acero de altos hornos que se forma durante el proceso de la elaboración del acero y que por el menor peso específico tiene que separarse. Mejora la consistencia del pavimento, otorgándole mayor durabilidad.

## **Organosilanos**

Respecto a los organosilanos, son aditivos que mejoran notablemente las propiedades de los suelos es soluble al agua, resiste altas temperaturas y otorga a los suelos altos grados de consistencia, porque impermeabiliza sus partículas, este aditivo está compuesta por elementos y componentes que pueden reaccionar ante la presencia de cargas ante la superficie horizontal. Teniendo como ventaja reducir los niveles de plasticidad, incrementando la capacidad de resistir a la comprensión. No permite la penetración de agua y vaporiza el agua para expulsarse.

### **Características del aditivo Organosilanos.**

- Alta capacidad de impermeabilizar el agua
- Es un poderoso elemento impermeabilizante
- Reduce significativamente expansión de los suelos
- Es ecológico y de manejo seguro

**Ventajas.** Las ventajas técnicas del aditivo organosilanos sean: incrementa el CBR, modificación los silicatos que contiene el suelo, incrementa la resistencia de las cargas de soporte, mayor densidad del suelo permite la aplicación en

cualquier suelo, disminuye los niveles de expansividad y su aplicación es sencilla.

### **Ensayos de laboratorio**

**Granulometría.** Consiste en la determinación y dimensionamiento de los componentes de las clases de suelos que también es usado en la clasificación de suelos para uso de ingeniería: carreteras, aeropistas, presas de tierra, diques y terraplenes. Los ensayos que corresponden a la granulometría hacen referencia a la clasificación y distribución de los componentes de un material en función a su tamaño y propiedades físicas según el Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección: Suelos y Pavimentos R.D. N° 10-2014-MTC/14 (2014).

Los suelos se clasifican de acuerdo con sus características como particularidades lo cual nos indicara su comportamiento Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección: Suelos y Pavimentos R.D. N° 10-2014-MTC/14 (2014).

**Límites de Atterberg.** Los porcentajes de humedad que indican los parámetros referidos a los límites líquido y plasticidad. ASTM D 4318 – 05. Con respecto a los parámetros líquidos de una superficie implica la cantidad de humedad que se expresa en porcentaje. Es decir, es un parámetro que expresa la capacidad de corte del suelo y es análogo a un ensayo de resistencia. El límite plástico (LP) es el contenido de humedad expresado en porcentaje, para el cual la muestra se halla en el límite entre los estados plástico y semisólido, que se dirige a aumentar los parámetros de acuerdo con la reducción del tamaño de los fragmentos presentes en la muestra. Tanto el límite líquido como el límite plástico dependen del porcentaje de arcilla presente en la fracción.

**Proctor Modificado.** El suelo tomado como muestra se sujeta a un proceso de compactación orientado a mejorar las propiedades de la muestra patrón en lo

que se refiere al esfuerzo de corte compresión y niveles de permeabilidad estos experimentos nos permiten determinar en qué medidas se pueden mejorar las características de ellos suelos, que previamente se ha compactado en laboratorio empleando un molde metálico de 4 o 6 pulgadas de diámetro con un pisón de diez libras fuerza que se deja caer aproximada de 18” Osorio (2006).

**El California Bearing Ratio (CBR).** Corresponde al ensayo dirigido a determinar los parámetros de relación de resistencia del suelo de acuerdo con niveles de humedad y densidad previamente definidas, de manera que podrá ser posible precisar la capacidad de soporte del suelo, en otros términos, es el porcentaje de presión derivada por la acción del pistón sobre la muestra seleccionada. El ensayo se realiza usualmente sobre suelo preparado en laboratorio, en condiciones determinadas de humedad y densidad; pero también puede llevarse a cabo de manera semejante sobre muestras inalteradas tomadas en el terreno. Por lo que, este índice se utiliza para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante y de las capas de base, subbase, y de afirmado. Ello permite establecer una relación entre la resistencia a la penetración de un suelo y su capacidad de soporte como base de sustentación de pavimentos flexibles.

### **III METODOLOGÍA**

#### **3.1 Tipo y diseño de investigación**

##### **Tipo de investigación**

Para Hernández Sampieri (2014), los estudios aplicados se centran en la observación de la realidad objetiva, de manera que sea posible plantear alternativas de solución a la problemática encontrada en el suceso, situación o fenómeno, lo que genera resultados tangibles. De acuerdo con esta referencia, se ha determinado el problema de investigación, para luego analizar el problema y encontrar la solución a través de una propuesta para su aplicación, por lo tanto, nuestra investigación es aplicada.

##### **Diseño de investigación**

Con respecto al diseño de investigación fue experimental. Según Hernández Sampieri (2014), un experimento es un conjunto de procesos dirigidos a controlar y manipular una o más variables independientes, que corresponden a las causas, lo que servirá para evaluar qué tipo de efectos se producirán luego de esa manipulación sobre una o más variables dependientes que vienen a ser los efectos. En tal sentido, la presente investigación ha permitido conocer las causas del problema y los efectos que pueden generar mediante la aplicación de soluciones planteadas después de un proceso de experimento.

##### **Enfoque de investigación**

En una investigación científica, cuando se aplica el enfoque cuantitativo, implica recoger datos que deberán contrastarse con las hipótesis formuladas, cuya verificación se realiza con el tratamiento numérico y el análisis estadístico Hernández Sampieri (2014). Por tanto, el enfoque de esta investigación es cuantitativo porque el recojo de información se ejecutará con el fin de

verificación de las hipótesis, utilizando parámetros numéricos para medir el comportamiento de las variables y el tratamiento estadístico.

### **Nivel de investigación**

Es de nivel explicativo, porque se determinó las causas y efectos del fenómeno de estudio con el fin de proponer mejoras de las propiedades físicas y mecánicas de los suelos finos de esta vía de acceso. Las investigaciones explicativas tienen mayor alcance que las investigaciones descriptivas en la medida en que están orientadas a establecer y dar respuesta a las causas de los sucesos y problemas que se estudian; es decir, se enfoca en explicar porque ocurre un problema fenómeno y en qué condiciones se suscitan Hernández Sampieri (2014)

Los estudios explicativos se presentan mejor estructurados que los demás porque implican definir los objetivos vinculados con la descripción, exploración y correlación aparte de que permiten interpretar el problema o fenómeno que se estudia. En función a lo referido nuestra tiene un nivel explicativo por que ha permitido definir y explicar por qué la carretera mencionada tiene un terreno de fundación muy frágil de poca resistencia a las cargas.

### **3.2 Variables y operacionalización**

Toda variable es un atributo o característica que puede expresarse numéricamente, o cualitativamente, pero que es susceptible de modificarse, manipulada o controlada en una investigación científica. Por lo general, en las investigaciones metodológicas las variables se clasifican en independientes y dependientes. En el primer caso, permiten relacionar o influenciar en la variable dependiente, y en cuanto a la variable dependiente corresponde a los efectos y resultados que se han de encontrar Arias (2012).

En tal sentido las variables de esta investigación son las siguientes:



Variable 1 o variable dependiente, modificación de las propiedades de la subrasante, presenta los resultados que pudieran derivarse con la utilización de los productos estabilizantes propuestos en este estudio.

Variable 2 o variable independiente, dosificación de escoria siderúrgica y organosilanos, es la variable que ha de generar los efectos que se esperan en el comportamiento de los suelos finos al aplicarse los productos.

### **3.3 Población, muestra y muestreo**

#### **Población**

Según Arias (2012), corresponde a todos los elementos que ingresan a la unidad de análisis y que presentan los mismos atributos y propiedades. En nuestro caso la población estará conformada por carretera Umayo – Atuncolla, región Puno.

#### **Muestra**

Asimismo, de acuerdo con Arias (2012), la muestra es una parte de la población con aceptable nivel de representatividad que garantice que el trabajo de investigación tenga una cierta validez que se considere apta para su consideración científica, en tal sentido en nuestro estudio la muestra estará conformada por el tramo del Km 13+000 al Km 13+640 de la carretera Umayo – Atuncolla.

#### **Muestreo**

El muestreo es un procedimiento que nos permite elegir la muestra, y en las investigaciones científicas se utilizan el muestreo probabilístico y no probabilístico. En el primer caso, se identifica la probabilidad de cada uno de los sujetos para integrar la muestra. En el segundo caso, no se conoce la probabilidad que los elementos puedan incluirse en la muestra. En este estudio se utilizó el muestreo no probabilístico.

## Unidad de análisis

El concepto en los trabajos de investigación metodológica, las unidades de análisis se denominan también sujetos o elementos, de manera que en este estudio se trata de identificar con precisión los elementos, objetos y situaciones relacionados con la problemática o fenómeno de investigación. Estas dependen de los procedimientos de investigación Hernández Sampieri (2014). Por lo que es este estudio la unidad de análisis es la subrasante de la carretera Umayo - Atuncolla tramo Km 13+000 al Km 13+640, Distrito de Atuncolla, Región Puno.

### 3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

#### Técnicas

Se utilizará la observación directa, lo cual implica la interacción In situ entre el observador el hecho o fenómeno que se suscita en la realidad con el investigador. Asimismo, se emplearán las técnicas de laboratorio, las que son normalizadas por las Normas Técnicas Peruanas.

Excavación de calicatas y muestreo de suelos.

Ensayos de laboratorio, considerando el contenido de humedad, el análisis granulométrico, el límite líquido, el límite plástico, el PROCTOR modificado y el CBR. Estos ensayos se detallan a continuación.

**Tabla 1 Normas Técnicas Peruanas**

Ensayo	Norma Técnica	Descripción
<b>Contenido de humedad</b>	MTC E 108 ASTM D 2216 AASHTO T 265	Es un ensayo que está dirigido a precisar el contenido de humedad de un suelo, entendiendo que implica la relación entre el peso del agua de la masa extraída y el peso de las partículas sólidas.

<b>Análisis granulométrico</b>	MTC E 107 ASTM D 422 AASHTO T 88	Esta técnica permite cuantificar en qué medida se distribuyen las partículas de acuerdo con su tamaño, lo que se presenta en porcentajes de suelo en correspondencia con los tamices que se emplean en el ensayo.
<b>Límite líquido</b>	MTC E 110 ASTM D 4318 AASHTO T 89	Hace referencia a los niveles de humedad del suelo que se ha secado en horno pero que se encuentra entre el estado plástico y el estado líquido.
<b>Límite plástico</b>	MTC E 111 ASTM D 4318 AASHTO T 90	Concierno al conocimiento de los niveles de humedad que contienen las capas del suelo.
<b>CBR</b>	MTC E 132 ASTM D 1883 AASHTO T 193	Consiste en identificar los índices de resistencia de los suelos, que equivale a conocer en qué medida el suelo soporta las cargas.

**Nota 1** Fuente: Dirección Regional Transportes Puno. Of. Planificación y Presupuesto

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

Para Hernández Sampieri (2014), el recojo de los datos es recomendable utilizar fichas de campo o de trabajo en la cual se registra toda la información requerida para analizar el problema o fenómeno de estudio. Para el desarrollo de nuestro estudio se utilizarán la ficha o guía de observación, el cuaderno de campo y los formatos de laboratorio.

### **Validez**

Hernández Sampieri (2014) menciona que la validez implica el nivel con que un instrumento mide el comportamiento de las variables, la correspondiente validez se comprobaba con los certificados de los laboratorios puesto que el instrumento de la presente investigación es el trabajo realizado en los laboratorios correspondientes.

### **Confiabilidad de los Instrumentos**

De acuerdo con Hernández Sampieri (2014), la confiabilidad de un instrumento hace referencia al nivel de un instrumento para generar resultados consistentes, es decir, se relaciona con la aplicación reiterada al mismo sujeto de estudio para comparar si generan los mismos hallazgos, por lo que en esta investigación se utilizara una confiabilidad del 95%.

## **3.5 Procedimientos**

En la siguiente investigación consideramos las siguientes fases:

Dentro de la población se ha encontrado un sector a analizar de forma no probabilística específicamente en el tramo km 13+000 al km 13+640 de la carretera Umayo – Atuncolla se empezó a realizar dos calicatas donde se realizó el muestreo del suelo.

### **Exploración de Suelos**

Se apertura dos calicatas a cada trescientos metros con una profundidad de 1.50 m cada una, en los siguientes progresivos km 13+300 C-1, km 13+600 C-2 de la carretera Umayo – Atuncolla seguidamente se procedió a la extracción de muestras de suelo para posteriormente ensayarse en laboratorio.

***Tabla 2 Descripción de las calicatas***

---

<b>Calicata</b>	<b>Margen</b>	<b>Profundidad</b>	<b>Coordenadas UTM</b>
-----------------	---------------	--------------------	------------------------

---

			Este	norte
<b>C - 01</b>	Derecho	1,50 m.	376870.877	8261685.499
<b>C - 02</b>	Izquierdo	1,50 m.	376724.459	8261423.126

**Nota 2** *Elaboración propia.*

En la tabla 3 observamos la descripción de cada calicata excavadas a 1,50 m. de profundidad, que corresponde a la norma vigente del MTC de Suelos y Pavimentos, con la correspondiente ubicación mediante coordenadas UTM.

A partir de la identificación y extracción de las muestras relativas a cada calicata se identificaron las propiedades físicas y mecánicas del suelo patrón.

**Figura 1** *Calicata 1 extracción de muestras*



**Nota 3** *Elaboración propia.*

**Figura 2 Calicata 2 extracción de muestras**



**Nota 4** Elaboración propia.

### **Ensayos de laboratorio**

**Propiedades físicas del suelo.** Al respecto se ejecutaron los experimentos siguientes:

**Análisis granulométrico de suelos por tamizado.** Se ejecutó con las muestras seleccionadas teniendo en cuenta las especificaciones técnicas de MTC E 107 basado en la ASTM D 422.

Los equipos y materiales utilizados fueron:

- Balanza con precisión de 0.01 gramos.
- Horno a temperatura de 110 °C.
- Tamices de malla cuadrada.
- Envases, cepillo y brocha.

En relación con esta experimentación, corresponde a la forma de distribuir la muestra patrón de acuerdo a sus dimensiones con el fin de utilizar los tamices correspondientes .

**Figura 3** Análisis granulométrico por tamizado C-1 y C-2



**Nota 5** Elaboración propia

**Figura 4** Análisis granulométrico por tamizado C-1 y C2



**Nota 6 Elaboración propia.**

Al terminar el análisis, el tratamiento correspondiente de granulometría se procedió con los ensayos iniciando por la precisión de la humedad, consistencia, Proctor y California Bearing Ratio (CBR).

**Contenido de humedad.** Este ensayo nos permite determinar la cantidad de agua que contiene el suelo determinado en unidades de porcentaje.

Los equipos y materiales utilizados fueron:

- Horno de secado a 110°C.
- Balanza con precisión de 0.01 gr.
- Reloj de cristal.
- Espátulas
- Guante de jebe y cuero.
- Cucharón.
- Identificador de muestras.

**Tabla 3** Resumen de resultados del contenido de humedad de la muestra patrón (suelo natural).

CALICATA	MARGEN	ALTURA (m.)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)
C - 01	Derecho	0,30-1,50	15.33
C - 02	Izquierdo	0,30-1,50	14.80

**Nota 7 Elaboración propia.**

**Ensayos para límites de consistencia.** En este caso se utilizó la normativa MTC E 110 en concordancia con la NTP 339.129. Con el fin de establecer los



parámetros del límite líquido, plástico y la propia plasticidad del suelo. Para el efecto se emplearon los insumos y equipo siguientes:

- Recipiente de porcelana.
- Recipiente quirúrgico.
- Tamiz de 426  $\mu\text{m}$  (N.º 40).
- Cuchara de Casagrande.
- Acanalador.
- Calibrador (Vernier).
- Recipientes.
- Balanza de precisión con sensibilidad de 0.01 g.
- Estufa.
- Horno.
- Espátula de hoja flexible.
- Agua destilada.

Se realiza para conocer qué nivel de humedad se encuentra los estados líquido y plástico, así como la plasticidad

**Tabla 4** Resumen de resultados del límite líquido de la muestra patrón (suelo natural)

CALICATA	MARGEN	ALTURA (m.)	LÍMITE LÍQUIDO (%)
C - 01	Derecho	0,30 – 1,50	28.37
C - 02	Izquierdo	0,25 – 1,50	30.95

**Nota 8** Elaboración propia.

El límite líquido de la muestra patrón se relaciona en nuestro caso con la metodología instructiva del MTC E 111 con referencia a la NTP 339.129. Para lo cual, se hizo uso de los siguientes instrumentos:

- Espátula de hoja flexible.
- Recipiente de porcelana.
- Recipiente quirúrgico.
- Balanza con aproximación a 0.01 g.
- Horno o estufa a 110°C.
- Tamiz de 426  $\mu\text{m}$  (N.º 40).
- Agua destilada.
- Superficie de rodadura (vidrio grueso esmerilado).

Este experimento posibilita precisar el nivel de humedad y el grado que presenta el estado semisólido y el estado plástico, con el fin de determinar el índice de plasticidad.

**Tabla 5** Resumen de resultados del límite plástico de la muestra patrón (suelo natural)

CALICATA	MARGEN	ALTURA (m.)	LÍMITE PLÁSTICO (%)
C - 01	Derecho	1,50	14.49
C - 02	Izquierdo	1,50	17.18

**Nota 9** Elaboración propia.

Se observa que, los parámetros de plasticidad de un suelo se han realizado de acuerdo con los instructivos señalados en la NTP 339.129. que nos permitirá clasificar el suelo por el sistema SUCS y por el sistema AASHTO.

**Tabla 6** Resumen de resultados del índice de plasticidad de la muestra patrón (suelo natural)

CALICATA	MARGEN	ALTURA (m.)	ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)
C - 01	Derecho	1,50	13,88
C - 02	Izquierdo	1,50	13,77

**Nota 10** Elaboración propia.

**Figura 5** Ensayos de límite plástico y límite líquido C-1 y C-2.



**Nota 11** Elaboración propia.

**Figura 6** Ensayos de límite plástico y límite líquido C-1 y C-2



**Nota 12** Elaboración propia.

**Compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía Modificada (Proctor Modificado Método A).** Con el propósito de establecer la correspondencia entre la unidad y el peso unitario seco de la superficie del suelo, se ejecutó el ensayo de Proctor modificado según el método MTC E 115 con referencia a la NTP 339.141 y ASTM D 1557: donde se hace la descripción del experimento utilizado para compactar el suelo en condiciones de laboratorio y con energía modificada (2,700 kN-m/m<sup>3</sup> (56,000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>)). Para el procedimiento se utilizaron los siguientes equipos y materiales:

- Molde de 4 pulgadas de diámetro interior.
- Pisón de 44.5N.
- Extractor de muestras.
- Balanza con una aproximación de 0.01 g.
- Horno.
- Regla metálica rígida.
- Tamices  $\frac{3}{4}$  y N°4.
- Herramientas de mezcla.



- Dos diales con recorrido mínimo de 0.0025mm y recorrido de 6.4mm.
- Recipiente, con la capacidad suficiente para la inmersión de los moldes en agua.
- Estufa.
- Balanzas, una de 20 kg de capacidad y otra de 1,000 g.
- Tamices  $\frac{3}{4}$  y N°4.
- Misceláneos de uso general como cuarteador, mezclador, cápsulas, probetas, espátulas, discos de papel de filtro del diámetro del molde.

**Figura 8** Ensayos de CBR C-1 y C-2



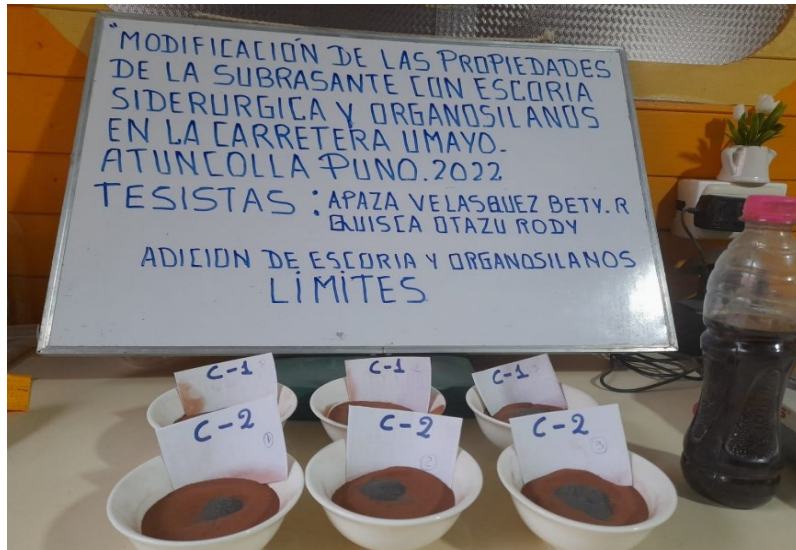
**Nota 14** Elaboración propia.

### **Adición de Escoria Siderúrgica y Organosilanos**

Se mezcló el terreno natural con la escoria siderúrgica con organosilanos en proporciones de 4%, 6% y 8% respectivamente, luego se realizaron los ensayos dirigidos a estabilizar los límites de consistencia, Proctor modificado y CBR a cada una de las mezclas tanto al agregarle escoria siderúrgica y organosilanos.

**Figura 9** Adición de escoria siderúrgica y organosilanos al 4%, 6% y 8% a la muestra del terreno natural C-1 y C-2





**Nota 15** Elaboración propia.

**Figura 10** Adición de escoria siderúrgica y organosilanos al 4%, 6% y 8% a la muestra del terreno natural C-2.



**Nota 16** Elaboración propia.

**Diseño del espesor adecuado de estabilización empleando escoria siderúrgica y organosilanos**

A respecto se utilizó la siguiente formula:

$$CBR_p = \frac{D_{S1}^3 CBR_1 + D_{S2}^3 CBR_2}{(D_{S1})^3 + (D_{S2})^3}$$

Dónde:

CBRP = CBR Ponderado

DS1 = Espesor de Suelo Estabilizado

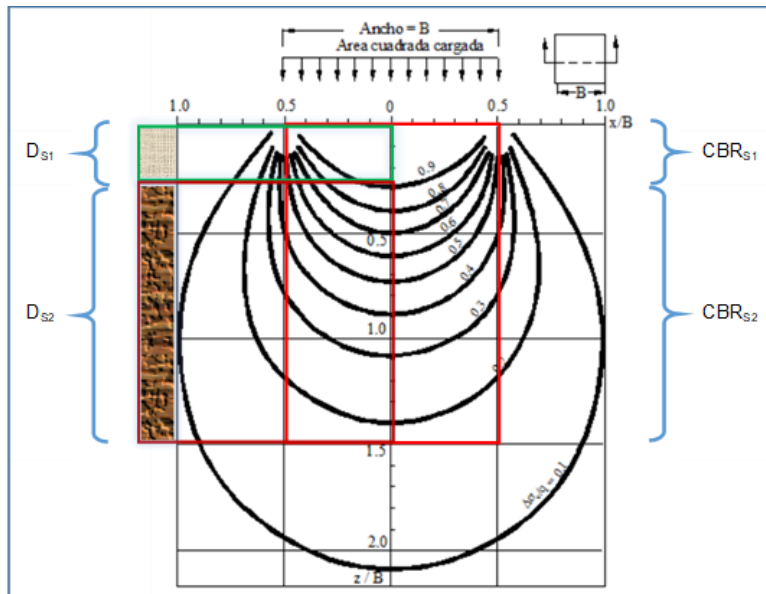
DS2 = Espesor de Terreno Natural

CBR1 = CBR de Suelo Estabilizado

CBR2 = CBR de Terreno Natural

En los ensayos de laboratorio se emplearon mezclas de 2% y 4% de cal y cemento respecto de los valores de CBR, lo cual se detalla en la figura correspondiente.

**Figura 11** CBR ponderado del terreno estabilizado y terreno natural.



**Nota 17** Elaboración propia.



### **3.6 Método de análisis de datos**

Se utilizó una evaluación cuantitativa en la medida en que se manejan parámetros numéricos recogidos en las guías de control con la aplicación de software Microsoft Excel y para validar la hipótesis se empleó la estadística inferencial utilizando el software SPSS v26.

### **3.7 Aspectos Éticos**

Se considerarán los niveles de reserva y confidencialidad de la información en base a la práctica de la seriedad y el rigor objetivo de la investigación metodológica, y la autenticidad de los procedimientos del recojo de los datos.

## IV RESULTADOS

### 4.1 Descripción de la zona de estudio

#### Ubicación Política

*Figura 12 Mapa político departamental de Puno*

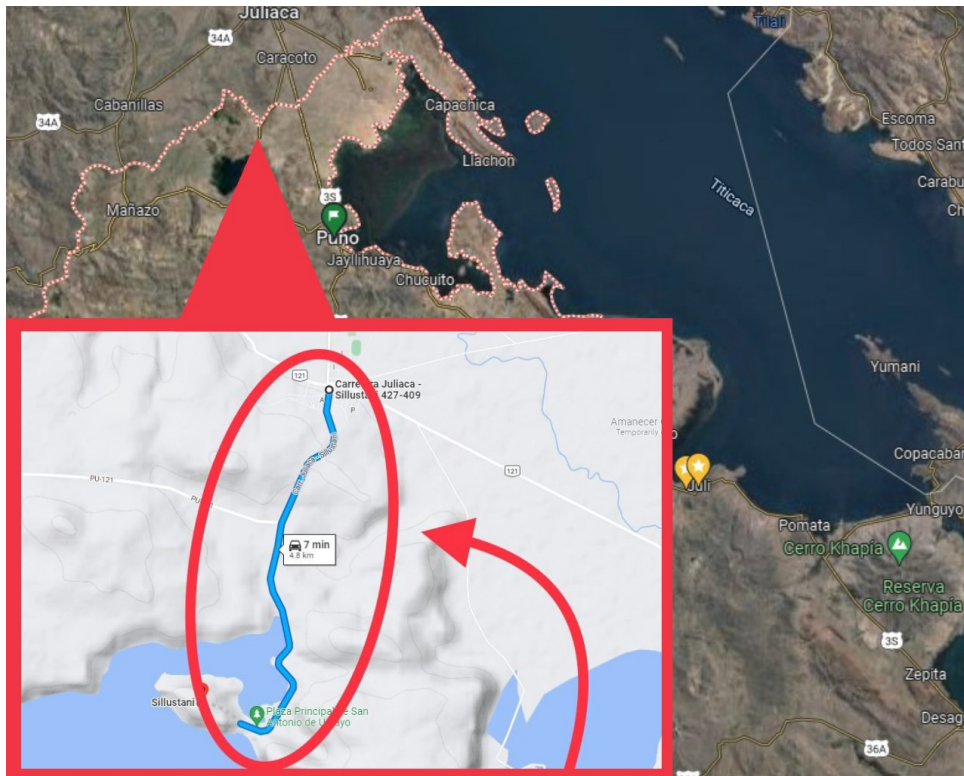


**Nota 18** *Elaboración propia.*

#### Ubicación del proyecto

El presente proyecto se realizó en la carretera Atuncolla - Sillustani, en el Distrito de Atuncolla, Provincia de Puno y Departamento de Puno.

**Figura 13 Ubicación del proyecto**



**Nota 19** Elaboración propia.

### **Limites**

Norte : Distrito de Caracoto.

Sur : Distrito de Tiquillaca.

Este : Distrito de Paucarcolla.

Oeste : Distrito de Cabana y Vilque.

### **Ubicación Geográfica**

El distrito de Atuncolla se ubica en las siguientes coordenadas geográficas: Latitud Sur 15° 41' 16" Longitud Oeste 70° 08' 41" contando con un área de

124.74 km<sup>2</sup> aproximadamente con una altitud media de 3822 msnm Según el INEI (2007) contaba con una población de 5333 habitantes.

## **Clima**

En el Distrito de Atuncolla el clima que posee en las diferentes temporadas es, los veranillos son cortos, frescos y nublados; el invierno es corto, muy frío y mayormente despejado y está seco durante todo el año. Durante el año, la temperatura generalmente desciende y varía de -4 °C a 18 °C y rara vez baja a menos de -6 °C o sube a más de 20 °C.

### **4.2 Objetivo específico 1 Mejorar la capacidad de soporte de los suelos cohesivos de la subrasante de la carretera Umayo - Atuncolla**

Con respecto al objetivo específico 1, se utilizarán los ensayos relativos al tipo de suelo, de acuerdo con las normas métricas MTC E 108, ASTM D 2216, AASHTO T 265. Estos ensayos están dirigidos a precisar el contenido de humedad del suelo que considera la correspondencia entre el peso del agua de la masa extraída y el peso de las partículas sólidas.

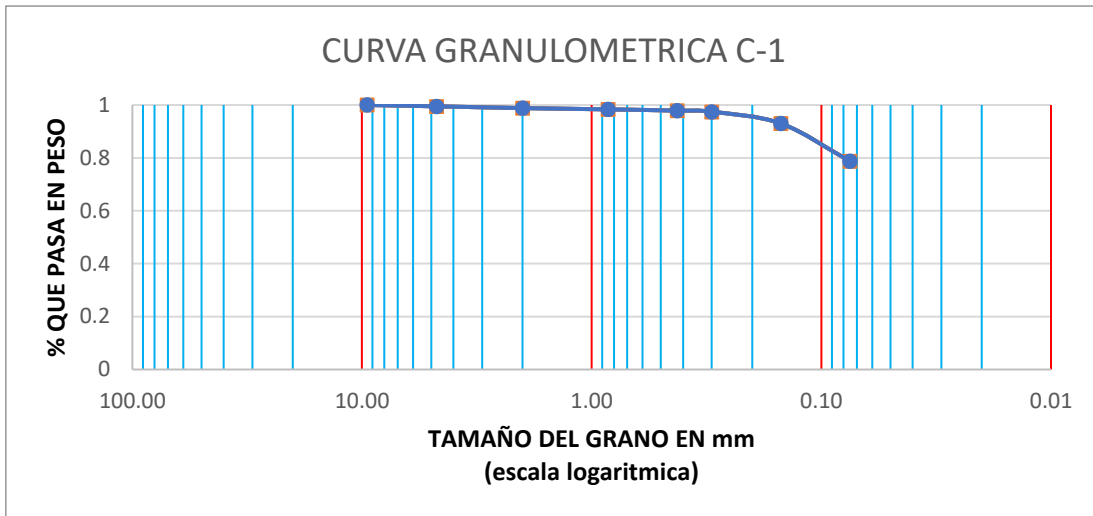
Asimismo, se considerará el análisis granulométrico de acuerdo con MTC E 107, ASTM D 422, AASHTO T 88, entendiéndose que se debe cuantificar en qué medida se distribuye las partículas de acuerdo con su tamaño.

Para los cuales, en primer lugar, se hizo la clasificación del suelo, determinando su resistencia, con las muestras extraídas y llevadas al laboratorio se procedió a realizar los ensayos siguientes;

- Análisis granulométrico
- Contenido de humedad
- Límites de consistencia
- Proctor modificado
- CBR

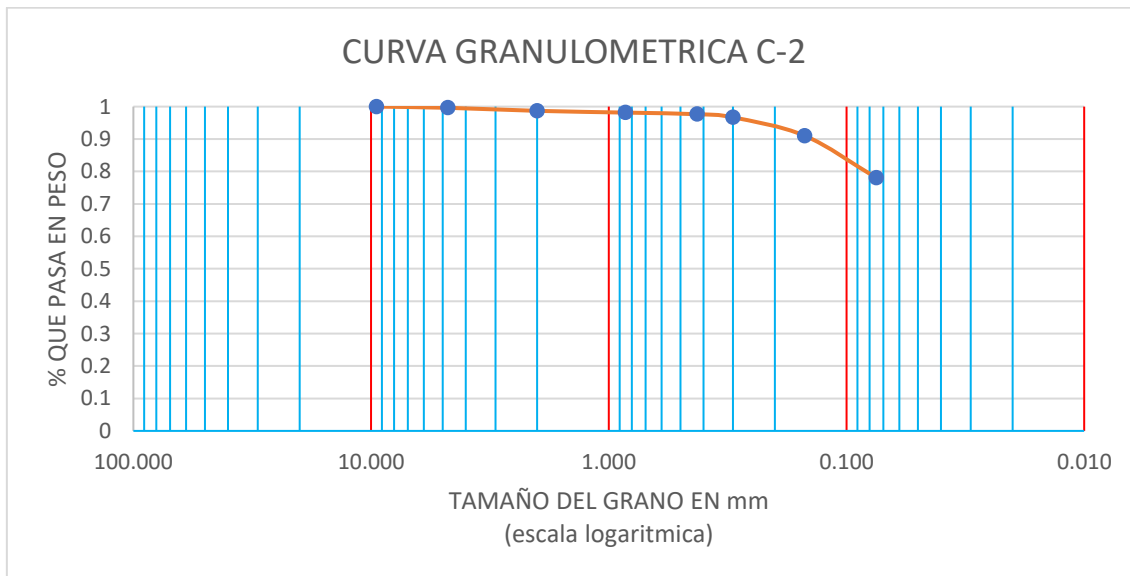
Obteniéndose los siguientes resultados:

**Figura 14** Curva granulométrica de terreno natural C-1



**Nota 20** Elaboración propia.

**Figura 15** Curva granulométrica de terreno natural C-2



**Nota 21** Elaboración propia.

**Tabla 7** Resumen de resultados de pruebas en muestras de terreno natural

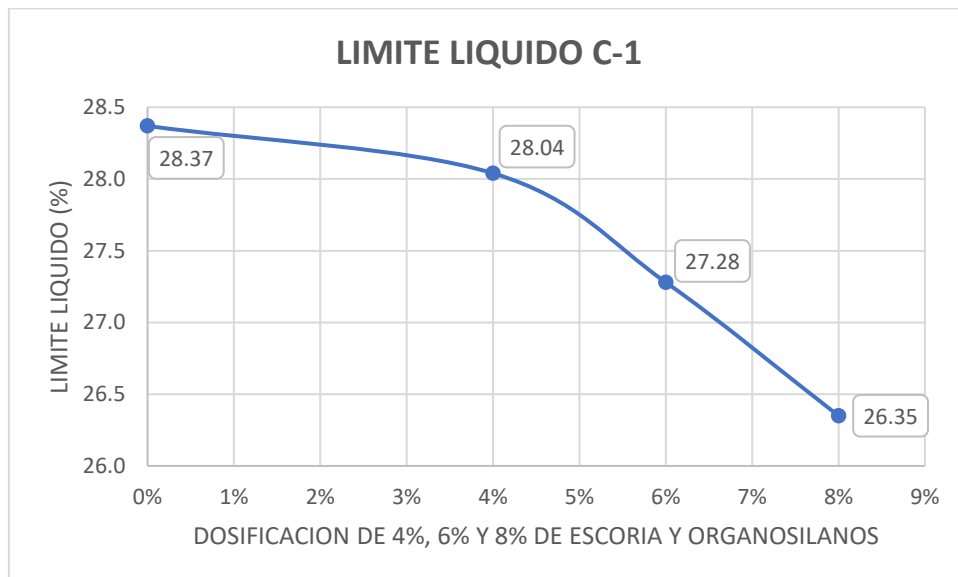
<b>PÁRAMETRO\CALICATA</b>		<b>C-1</b>	<b>C-2</b>
<b>PROF.CALICATA(m)</b>		1.5	1.5
<b>PROF.NF(m)</b>		-	-
<b>HUM. (%)</b>		15.33	14.8
<b>GLANUMETRIA</b>	% GRAVA	0.51	0.37
	%ARENA	21.25	21.93
	% FINOS	78.07	78.75
<b>CLASIFICACIÓN</b>	SUCS	CL	CL
	AASHTO	A-6 (10)	A-6 (10)
<b>LIM. DE CONSISTENCIA</b>	LL	28.37	30.95
	LP	14.49	17.18
	IP	13.88	13.77
<b>PROCTOR MODIFICADO</b>	MDS g/cm <sup>3</sup>	1.73	1.71
	OCH (%)	15.02	13.75

<b>CBR</b>	AL 95 % MDA (%)	5.80	5.90
	AL 100 %MDS (%)	9.00	9.30

**Nota 22** *Elaboración propia.*

De la Tabla 8 se toma las muestras de las dos calicatas para tener mayor precisión, como observamos los resultados del CBR al 95% MDS 5.80% de la C-1 y el CBR al 95% MDS 5.90% de la C-2 razón por la cual se procedió a adicionar independientemente escoria siderúrgica y de organosilanos en proporción de 2%, 3% y 4% respectivamente, obteniéndose los siguientes resultados:

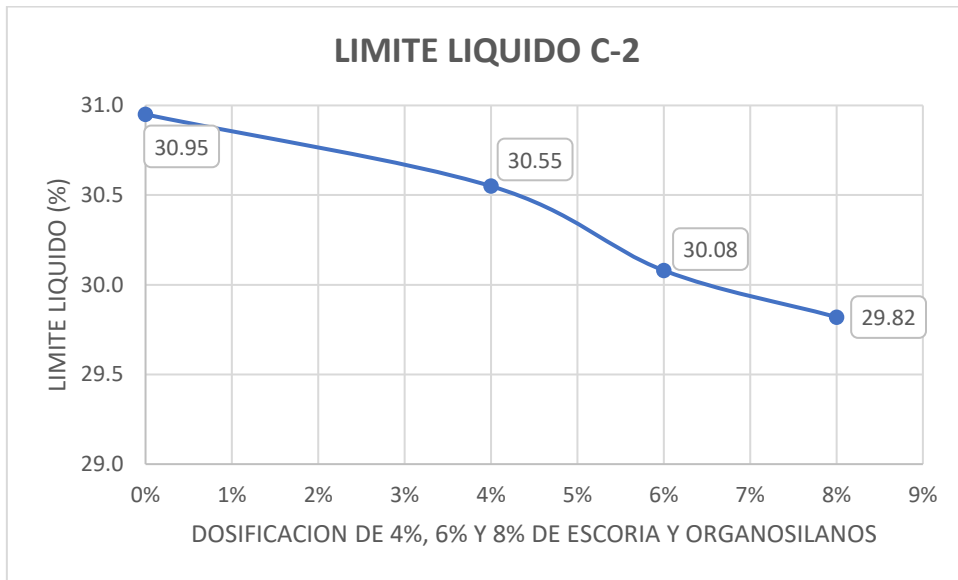
**Figura 16** *Limite liquido C-1*



**Nota 23** *Elaboración propia.*

En la Figura 16 el límite líquido de C-1 indica un parámetro de 28.37%, para una media de 1.15 puntos respecto del valor porcentual de la humedad cuando se agrega escoria siderúrgica y organosilanos con 2%, 3% y 4% el terreno natural seco.

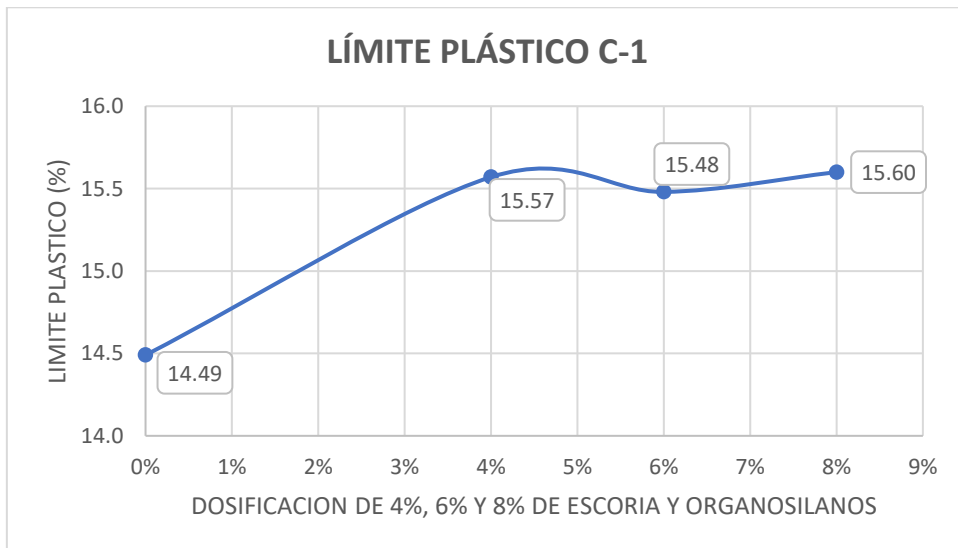
**Figura 17 Límite líquido C-2**



**Nota 24** Elaboración propia.

En la Figura 17 para C-2 se indica una media de 0.8 puntos con respecto a la humedad, agregando escoria siderúrgica y organosilanos en proporciones de 2%, 3% y 4% por lo que se nota una reducción muy baja de los parámetros, de las muestras con adición y las muestras sin adición.

**Figura 18 Límite plástico C-1**

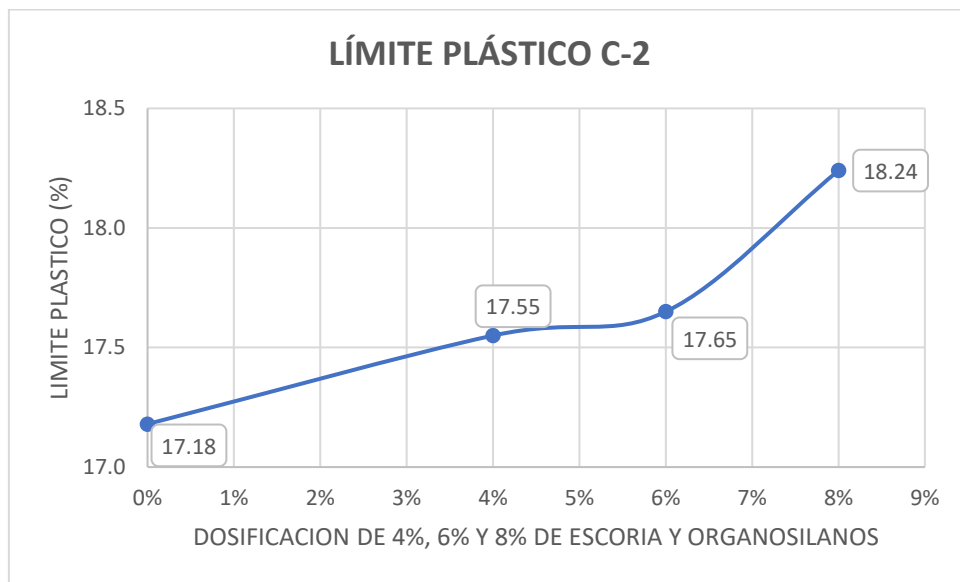




**Nota 25 Elaboración propia.**

Asimismo, en la Figura 18 con respecto al límite plástico C-1 se presenta 14.49%, y en esa medida se visualiza de manera comparativa del comportamiento de la muestra de terreno natural con la adición de escoria siderúrgica y organosilanos en 2%, 3%, y 4%. El aumento es de 1.06 puntos para los parámetros de límite plástico, en la muestra sin adición como en las muestras con adición.

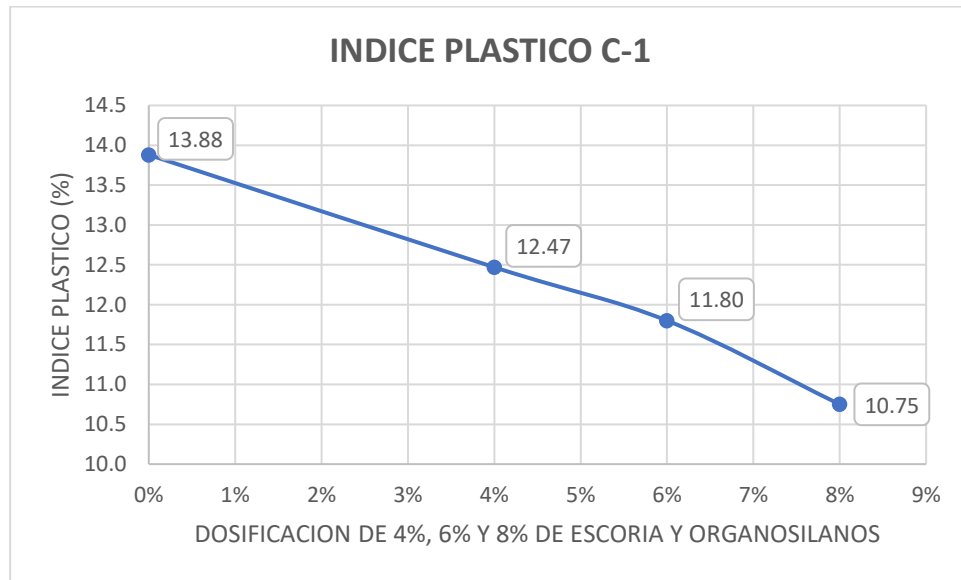
**Figura 19 Límite plástico C-2**



**Nota 26 Elaboración propia.**

Asimismo, en la Figura 19, en el caso C-2 en relación con el límite plástico que alcanza 17,18%, el comportamiento de la muestra de terreno natural adicionando escoria siderurgia y organosilanos en 4%, 6%, y 8% respectivamente, se observa un incremento de 0.63 puntos en los parámetros de límite plástico.

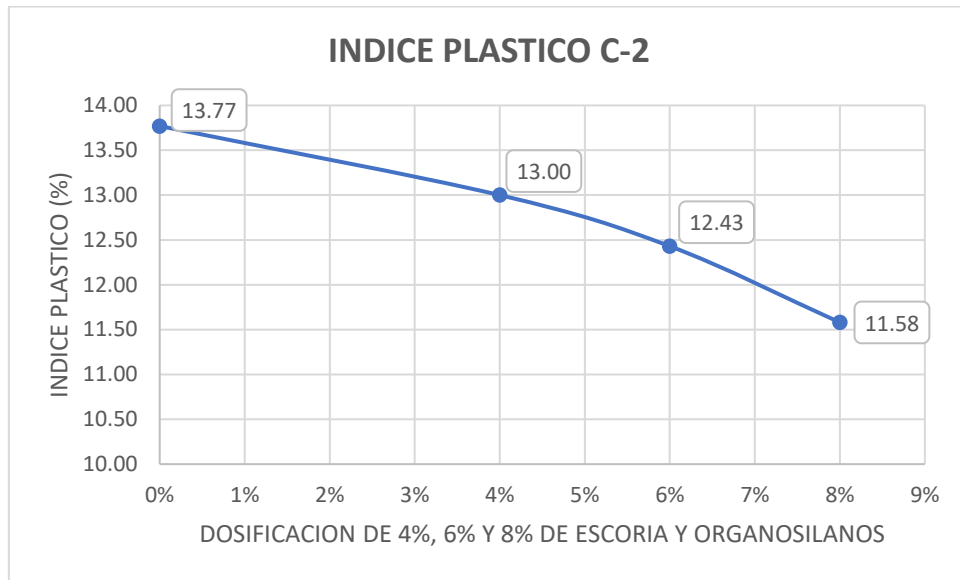
**Figura 20 Índice plástico C-1**



**Nota 27 Elaboración propia.**

Para el índice plástico C-1 en la Figura 20, cuando se agrega escoria siderúrgica y organosilanos se disminuyen los valores de índice plástico hasta 13.88 del terreno natural a 12.47, agregando escoria siderúrgica en 2% y organosilanos en 2%, el 11.80 agregando el 3% de escoria siderúrgica + 3% de organosilanos y 10.75 agregando el 4% de escoria siderúrgica y 4% de organosilanos, por lo que se presenta una mayor reducción del índice de plasticidad.

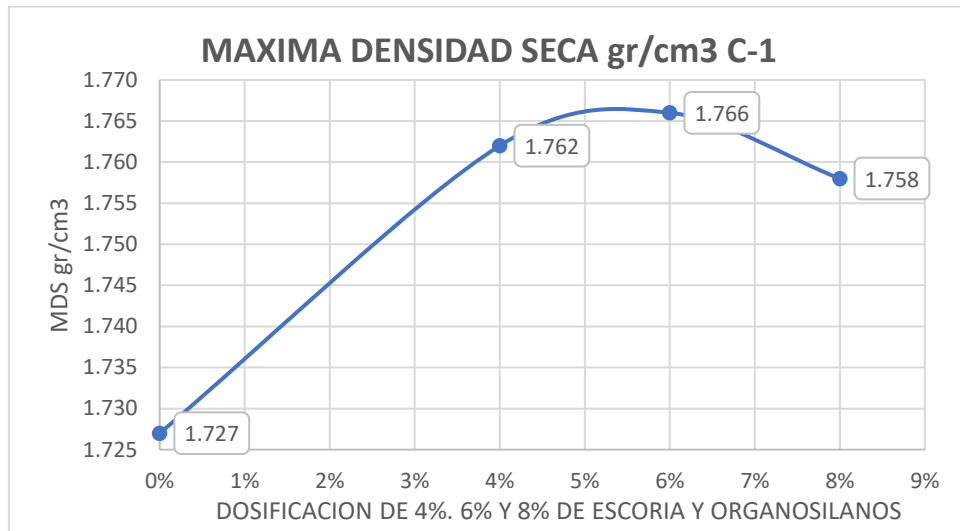
**Figura 21 Índice plástico C-2**



**Nota 28** *Elaboración propia.*

Con respecto al índice de plástico C-1 en la Figura 21, añadiendo escoria siderúrgica y organosilanos se reduce el índice de plasticidad alcanzando el 13.77. Con 2% de organosilanos y 2% de escoria siderúrgica, con el 3% de ambos aditivos se llega al 12.43, mientras que con el 4% de ambos componentes se presenta 11.58, por lo que la mayor disminución se alcanza al agregar 4%.

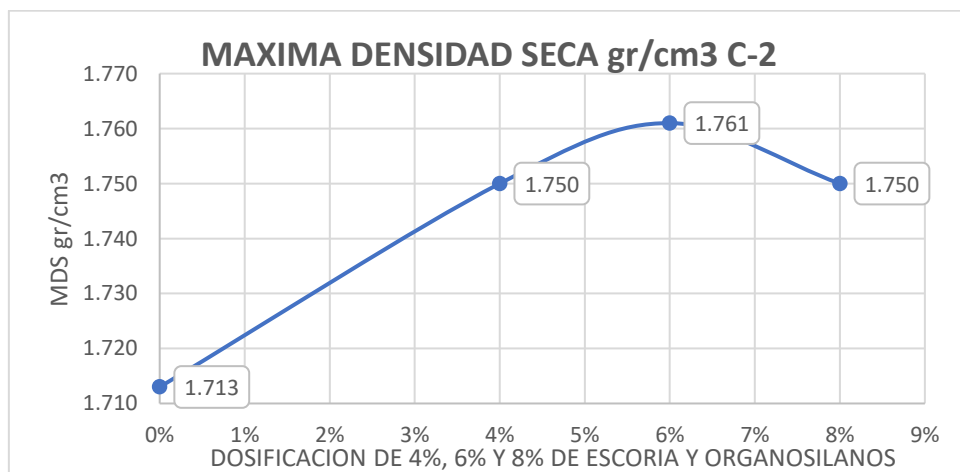
**Figura 22** *Máxima Densidad Seca C-1*



**Nota 29** *Elaboración propia.*

En la Figura 22 se verifica el aumento de la Máxima Densidad Seca (MDS) mediante los ensayos de Proctor Modificado lo cual se expresa en gramos por centímetro cúbico y se inicia con 1.727 g/cm<sup>3</sup> para el terreno natural. Agregando los aditivos estabilizantes en 4%, se alcanza un valor de 1.762 g/cm<sup>3</sup> con el 6% de ambos aditivos se alcanza 1.766 g/cm<sup>3</sup> mientras que con el 8% se alcanza 1.758 g/cm<sup>3</sup>.

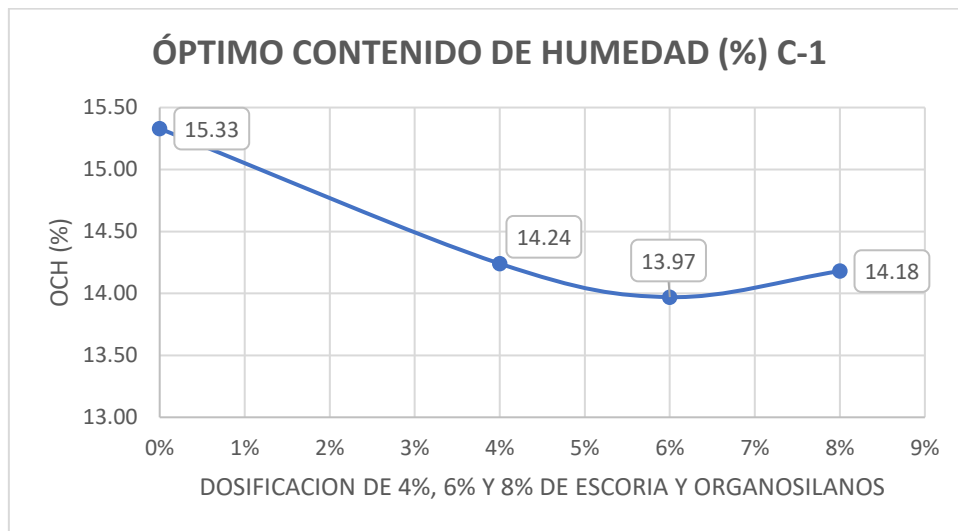
**Figura 23** *Máxima Densidad Seca C-2*



**Nota 30** *Elaboración propia.*

En la Figura 23 con respecto al aumento de la Máxima Densidad Seca mediante los ensayos de Proctor Modificado se inicia con 1.713 g/cm<sup>3</sup> con respecto al terreno natural, agregando los materiales estabilizantes de escoria siderúrgica y organosilanos en 4% se alcanza 1.750 g/cm<sup>3</sup>; con el 6% de ambos aditivos el parámetro es de 1.761 g/cm<sup>3</sup> y con el 8% se alcanza 1.750 g/cm<sup>3</sup>.

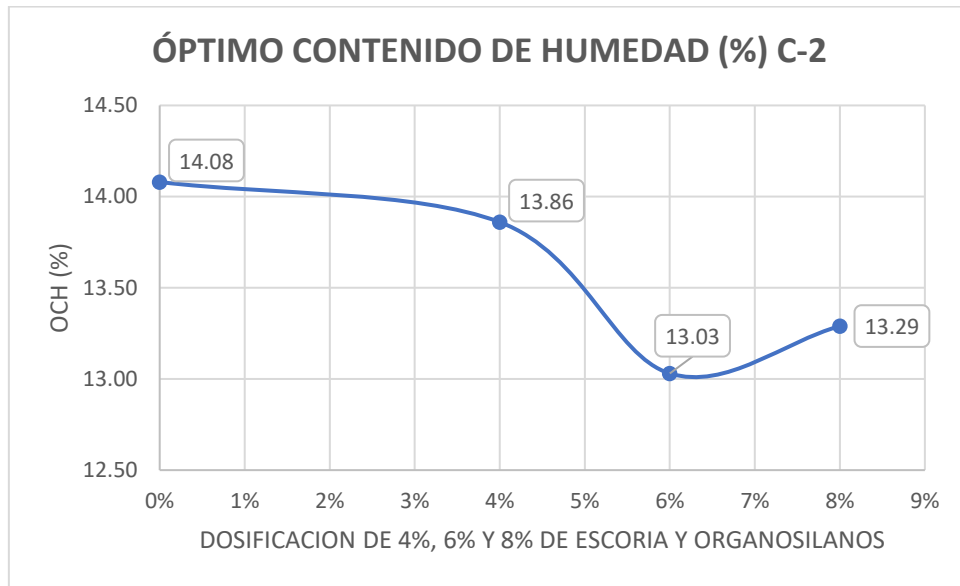
**Figura 24** *Óptimo contenido de Humedad C-1*



**Nota 31** *Elaboración propia.*

En la Figura 24, en relación con el Óptimo Contenido de Humedad (OCH) de C-1 el valor de la muestra de terreno natural alcanza en 15.02%. Este valor se reduce a medida que se agrega los materiales estabilizantes en 4%, 6% y 8%, lo que da como resultado que agregando 2% de escoria siderúrgica y organosilanos se alcanza el 14.24%, mientras que, con el 3% el parámetro para el OCH es de 13.97% y con el 4% de ambos componentes el parámetro es de 14.18%.

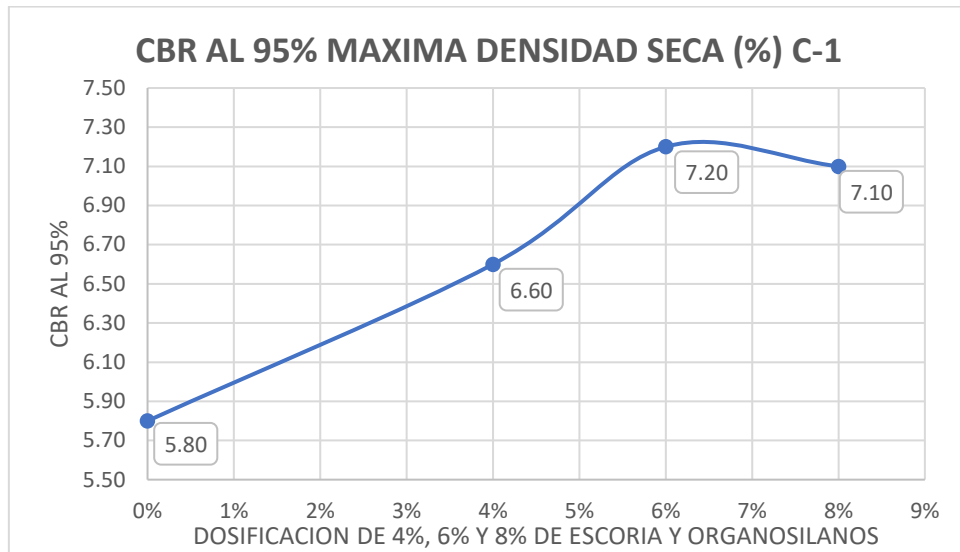
**Figura 25** Óptimo contenido de Humedad C-2



**Nota 32** Elaboración propia.

En la Figura 25, con respecto a la información de Óptimo Contenido de Humedad (OCH) de C-2 e valor de la muestra de terreno natural es de 13.75%, pero este parámetro aumenta a medida que se agrega los materiales estabilizantes desde 4%, 6% y 8% del terreno natural seco, lo que permite obtener para la adición de 4% el 13.86% de OCH, con la adición del 6% el valor es de 13.03% de OCH y para el 8% el OCH es de 13.29%.

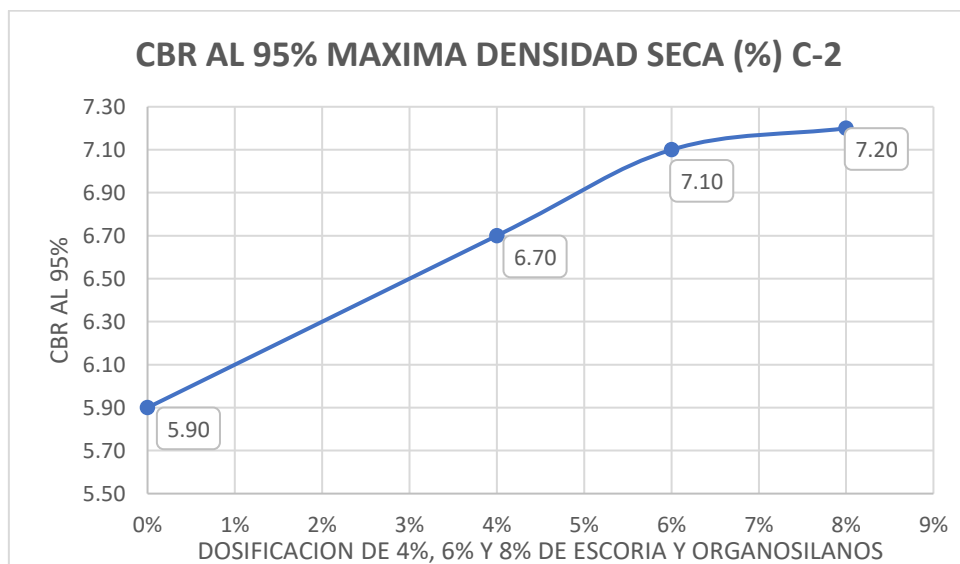
**Figura 26 California Bearing Ratio CBR C-1**



**Nota 33** Elaboración propia.

Las muestras llevadas al ensayo de *California Bearing Ratio* (CBR) presentan un indicador de relación de soporte del suelo de 5.80%, al agregar escoria siderúrgica y organosilanos al 4% se incrementa en un 6.6%; agregando 6% de ambos componentes el valor aumenta a un 7.20%, mientras que para el terreno natural más 8% de escoria siderúrgica + 4% de organosilanos el CBR disminuye a 7.10%.

**Figura 27 California Bearing Ratio CBR C-2**



**Nota 34** *Elaboración propia.*

Con respecto a las muestras para efectuar los procedimientos de *California Bearing Ratio* (CBR) el valor de relación de soporte del suelo es de 5.90%, al agregar escoria siderúrgica y organosilanos en un 4%, el CBR es de 6.70%; con el 6% de ambos materiales se alcanza un valor de 7.10%, con el 8% se incrementa a 7.20%.

**4.3 Objetivo específico 2 Reducir el límite líquido e índice plástico de los suelos de subrasante de la carretera Umayo- Atuncolla.**

En relación con este objetivo se determinará los límites líquidos considerando los niveles de humedad del suelo en un estado intermedio entre el estado plástico y el estado líquido.

En los que concierne al límite plástico se utilizaran MTC E 111, ASTM D 4318, AASHTO T 90, que corresponde a la identificación de los niveles de humedad de las capas del suelo.

Se concluye que el Índice Plástico disminuye en las dos muestras, en la C-1 disminuye 2.21 puntos y en la C-2 disminuye 1.43 puntos, el Limite líquido en la C-1 disminuye 1.15 puntos y en la C-2 disminuye 0.8 puntos logrando reducir el Limite líquido e Índice de Plasticidad.

**4.4 Objetivo específico 3 Diseñar una estructura de pavimentos considerando los parámetros Esfuerzo-Deformación para estimar el adecuado espesor de subrasante.**

En este aspecto, tendremos en cuenta MTC E 132, ASTM D 1883, AASHTO T 193. Este ensayo permitirá identificar los índices de resistencia de los suelos y su correspondiente capacidad de soporte.

Para el diseño del espesor adecuado de estabilización se trabajó con los valores de CBR obtenidos en los ensayos realizados con las mezclas de terreno natural



adicionando 4%, 6% y 8% de escoria siderúrgica y organosilanos los valores son los siguientes:

Terreno natural escoria + siderúrgica 2%+organosilanos 2% CBR 6.70%

Terreno natural escoria + siderúrgica 3%+organosilanos 3% CBR 7.10%

Terreno natural escoria + siderúrgica 4%+organosilanos 4% CBR 7.20%

Terreno natural CBR 5.90%

Se practicó la fórmula para hallar el CBR ponderado que es la siguiente:

$$CBR_p = \frac{D_{S1}^3 CBR_1 + D_{S2}^3 CBR_2}{(D_{S1})^3 + (D_{S2})^3}$$

Dónde:

CBRP = CBR Ponderado.

DS1 = Espesor de Suelo Estabilizado.

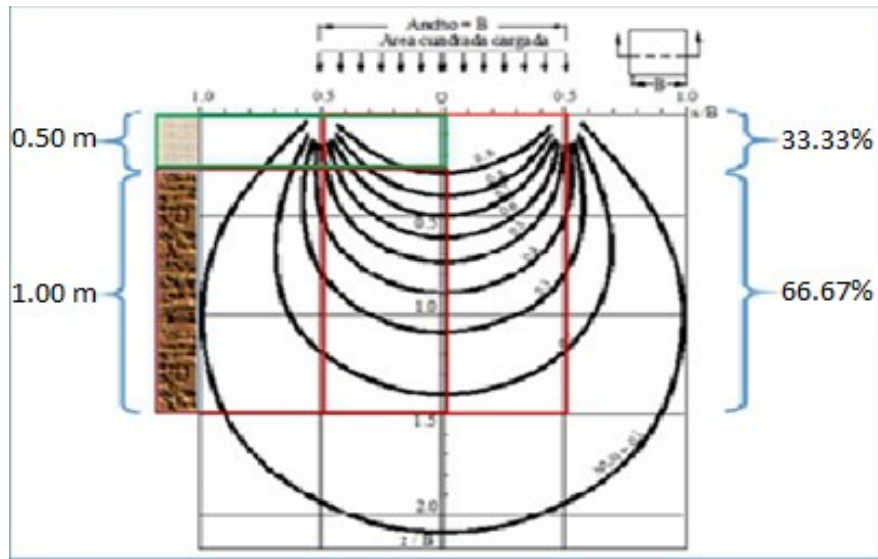
DS2 = Espesor de Terreno Natural.

CBR1 = CBR de Suelo Estabilizado.

CBR2 = CBR de Terreno Natural.

Primeramente, reemplazamos la fórmula con nuestros datos con un espesor de 0.50 m (50 cm) de la siguiente forma:

**Figura 28** Espesor de estabilización 0.50 m



**Nota 35** Elaboración propia.

Espesor de estabilización de 0.50 m con una mezcla de terreno natural + escoria 2%+organosilanos 2% con CBR de 6.70%

$$CBR_{P(esc+orga)} = \frac{0.50^3 (6.70\%) + 1.00^3 (5.90\%)}{0.50^3 + 1.00^3}$$

$$CBR_{P(esc+orga)} = 5.98\%$$

Espesor de estabilización de 0.50 m con una mezcla de terreno natural + escoria 3% + organosilanos 3% con CBR de 7.10%

$$CBR_{P(esc+orga)} = \frac{0.50^3 (7.10\%) + 1.00^3 (5.90\%)}{0.50^3 + 1.00^3}$$

$$CBR_{P(esc+orga)} = 6.03\%$$

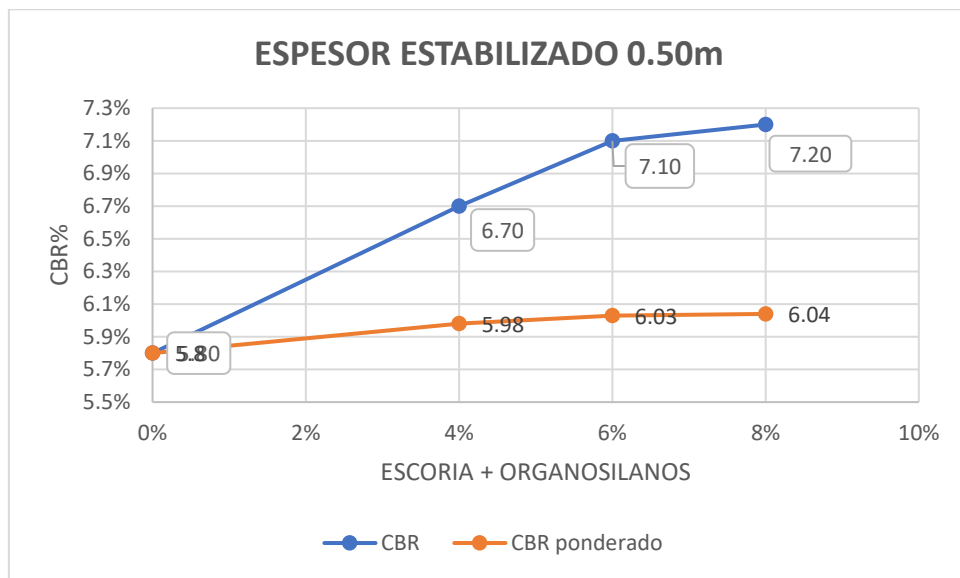
Espesor de estabilización de 0.50 m con una mezcla de terreno natural + escoria 4% + organosilanos 4% con CBR de 7.20%.

$$CBR_{P(esc+orga)} = \frac{0.50^3 (7.20\%) + 1.00^3 (5.90\%)}{0.50^3 + 1.00^3}$$

$$CBR_{P(esc+orga)} = 6.04\%$$

Seguidamente se muestra el análisis comparativo de los valores CBRP obtenidos por espesores calculados. Para el espesor de 0.50 m tenemos la siguiente figura:

**Figura 29** Comparativo de valores CBRP con 0.50 m de estabilización



**Nota 36** Elaboración propia.

Estrato inicial estabilizado es 0.50 m los valores obtenidos con la fórmula tenemos que para el terreno natural + 2% de escoria siderurgica + 2% de organosilanos el CBR ponderado es 5.98%, para el suelo natural + 3% de escoria escoria + 3% de organosilanos el CBRP es 6.03%; mientras que para la mezcla de terreno natural + 4% de escoria siderurgica + 4% de organosilanos el CBRP es 6.04%.

Para el presente diseño se consideró como altura total 1.50 metros ya que hasta esa altura se logra alcanzar los esfuerzo en la vía y 2 estratos de Suelo, D1

altura de la capa estabilizada y D2 la altura del suelo natural. Para que se apoye el afirmado o la estructura del pavimento, se requiere que los últimos sea de 0.50 m de la capa de suelos. El porcentaje mínimo requerido de CBR, Según el manual de carreteras DG-2013 en la sección de suelos y pavimentos a nivel del suelo de subrasante tenga un  $CBR \geq 6\%$ . Si los suelos no cumplen esta condición por tratarse de suelos de mala calidad,  $CBR < 6\%$ .

#### **4.5 Análisis Estadístico**

##### **Pruebas de normalidad**

Según Droppelmann (2018) señala que implica la distribución normal que corresponde a las probabilidades de las variables según su comportamiento y naturaleza en relación con la campana de Gauss.

Para ello se procede unos pasos necesarios que a continuación se mencionan:

##### **Planteamiento de hipótesis (nula y alternativa)**

H0: Datos de la variable x (CBR) tiene normalidad

H1: Datos de la variable x (CBR) no tiene normalidad

##### **Nivel de significancia**

$\alpha=5\%$  (0.05)

Elección de la prueba estadística

$n>50$  utilizamos Kolmogorov-Smimov

$n\leq 50$  utilizamos Shapiro-Wilk

Se utilizó Shapiro Wilk para comprobar la normalidad del comportamiento de variables por cuanto el tamaño de muestra es menor a 50. Se formularon las siguientes hipótesis:

**Tabla 8 Prueba de normalidad**

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
D_E_O	,192	4	.	,971	4	,850
CBR	,237	4	.	,880	4	,338

a. Corrección de la significación de Lilliefors

**Nota 37** *Elaboración propia.*

### **Regla de decisión**

$p \leq 0,05$  rechazamos la  $H_0$  y acepto la  $H_a$

Si  $p > 0,05$  aceptamos la  $H_0$  y rechazamos la  $H_a$

$p\text{-valor} = 0.338$        $0.338 > 0.05$  aceptamos la hipótesis nula.

### **Conclusión de la prueba**

Los datos de la variable CBR tiene normalidad con un nivel de significancia de 5%. Entonces utilizamos la correlación de Pearson.

### **Grado de asociación por coeficiente de correlación “r” de Pearson**

#### **Planteamiento del problema**

$H_0$ : Hipótesis nula: Datos de la variable x no están relacionados (el incremento de CBR no está relacionado a la adición de escoria siderúrgica y organosilanos)

$H_1$ : Hipótesis alterna: Datos de la variable x están relacionados (el incremento de CBR si está relacionado a la adición de escoria siderúrgica y organosilanos)

#### **Nivel de significancia**

$\alpha = 5\%$  (0.05)

## Elección de la prueba estadística

Utilizamos el coeficiente de correlación “r” de Pearson.

**Tabla 9** Correlaciones

		<b>D_E_O</b>	<b>CBR</b>
	Correlación de Pearson	1	,983*
<b>D_E_O</b>	Sig. (bilateral)		,017
	N	4	4
	Correlación de Pearson	,983*	1
<b>CBR</b>	Sig. (bilateral)	,017	
	N	4	4

\*. La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

**Nota 38** *Elaboración propia.*

### Regla de decisión

Si  $p \leq 0,05$  rechazamos la  $H_0$  y aceptamos la  $H_a$

Si  $p > 0,05$  aceptamos la  $H_0$  y rechazamos la  $H_a$

$p\text{-valor} = 0.017$      $0.017 < 0.05$  aceptamos la hipótesis alterna.

### Conclusión de la prueba

Estadísticamente se verifica de forma precisa que el CBR está relacionado de forma directa y positiva con la adición de escoria siderúrgica y organosilanos ( $r=0.983$ ).

## **V DISCUSIÓN**

### **Discusión 1**

Con respecto al OE 01: Mejorar la capacidad de soporte de los suelos cohesivos de la subrasante de la carretera Umayo- Atuncolla. En nuestra investigación se encuentra que el valor del CBR de la muestra patron es de 5.80%, cuando se adiciona escoria siderúrgica y organosilanos en proporciones 4%, 6% y 8% respectivamente; da como resultados 6.70%, 7.10% y 7.20% de valor de soporte en esta subrasante. Estos resultados son parcialmente similares con los hallazgos presentados Ocupa Meza y Troyes Mego (2021), “Adición de escoria de acero para estabilizar la subrasante en la Carretera Tramo Puente Blanco - Chunchuquillo, Colasay – Jaén – Cajamarca – 2021”, cuya finalidad fue precisar como incide la escoria de acero como aditivo para estabilizar la subrasante de la carretera mencionada. Los principales indicativos muestran que el CBR alcanza el 95 por ciento de la MDS. A 0.1”, el parámetro medio presenta un 29,60%. Agregando escoria en porcentajes de 3%, 6% y 12% respectivamente, los parámetros promedios se encuentran en el intervalo 45,35% - 63,45%. En la investigación se concluye que agregando escoria siderúrgica a los suelos finos se optimizan sus propiedades mecánicas.

### **Discusión 2**

Con respecto al OE 2. Reducir el límite líquido e índice plástico de los suelos de subrasante de la carretera Umayo – Atuncolla, en nuestro estudio los resultados indican que reducen los limites líquido y índice plástico de los suelos de subrasante, en tanto el límite liquido de la muestra patrón es de 28.37%, y se puede ver comparativamente el comportamiento de la muestra de terreno natural agregada Escoria Siderúrgica y Organosilanos a razón del 4%, 6%, y 8% respectivamente, notándose que reduce a 26.35% con una adición del 8%. En lo que respecta al índice plástico se observa que la adición de escoria siderúrgica y de organosilanos se reduce los valores de IP llegando de 13.88% del terreno natural a 12.47, adicionando 2% de Escoria Siderúrgica + 2% de

organosilanos, 11.80% adicionando el 3% de Escoria Siderúrgica + 3% de Organosilanos y 10.75 adicionando al 4% de Escoria Siderúrgica + 4% de Organosilanos. Se registra mayor reducción del índice de plasticidad al adicionar 4%. Al comparar estos resultados con hallazgos presentados por Lopez Caiza (2017) "Uso de escoria siderúrgica para mejorar la superficie asfáltica en pavimentos flexibles", nuestros indicadores son parcialmente similares, en tanto se indica que agregando escoria siderúrgica a las mezclas de pavimentos asfálticos se fortalece su capacidad de soporte a las cargas.

### **Discusión 3**

En relación con el OE 3. Diseñar una estructura de pavimentos considerando los parámetros Esfuerzo-Deformación para estimar el adecuado espesor de subrasante, en nuestro estudio encontramos que el espesor óptimo de estabilización es de 0.50 m con una mezcla de terreno natural + Escoria Siderúrgica 4% + Organosilanos 4% con CBR de 7.20% dando un resultado de 6.04% de CRB equivalente. Con respecto a nuestro diseño relativo al espesor, nuestro parámetro es diferente al presentado por Salas Mercado (2018) donde se indica que el espesor total para el material que recibe material de agentes estabilizantes es de 38 cm. Como se podría inferir que está en función del tipo de suelos.

### **Discusión 4**

Con respecto a nuestro OG. Modificar las propiedades de los suelos cohesivos de la subrasante de la carretera Umayo - Atuncolla usando Escoria Siderúrgica y Organosilanos, en nuestra investigación se demuestra que las propiedades de los suelos cohesivos de la subrasante de la vía mencionada se modifican significativamente por cuanto se fortalece su capacidad portante y de resistencia a las cargas. Podemos asegurar que son resultados parcialmente similares con los hallazgos presentados por Villanueva Flores (2017) donde se indica que adicionando organosilanos, sulfatos y compuestos poliacrílicos, se mejora el



nivel de consistencia de carreteras andinas de poca transitabilidad para mejorar el nivel de consistencia de las carreteras de la sierra de poca transitabilidad.

## VI CONCLUSIONES

En la presente investigación se detectó un problema en la vía, las cuales presenta suelos finos de baja capacidad de soporte con un CBR de 5.80%, para ello se dio la solución correspondiente de modificar las propiedades de la subrasante adicionando Escoria Siderúrgica y Organosilanos en proporciones de 4%, 6% y 8% incrementando su CBR a 6.70%, 7.10% y 7.20% respectivamente así modificando las propiedades físicas y mecánicas de los suelos de esta subrasante, garantizando la confiabilidad de resistencia a las cargas del pavimento flexible en los tramos indicados.

De acuerdo a los resultados de ensayo en Laboratorio se determina que adicionando 4%, 6% y 8% de Escoria Siderúrgica y Organosilanos a la Carretera Umayo – Atuncolla, se reducen los valores de IP (índice de plasticidad), de 13.77% del terreno natural a 13.00%, adicionando 2% de Escoria Siderúrgica + 2% de Organosilanos 12.43%, adicionando el 3% de Escoria Siderúrgica + 3% de Organosilanos y 11.58% adicionando al 4% de Escoria Siderúrgica + 4% de Organosilanos respectivamente llegando a los valores permitidos para mejorar las propiedades físicas de sus suelos cohesivos reduciendo los índices de plasticidad y limite líquido.

En relación con el espesor por estabilizar con aditivos de Escoria Siderúrgica y Organosilanos, se utilizó la ecuación del CBR equivalente, donde el análisis fue la capa por estabilizar a una profundidad de 1.50m, realizando diferentes pruebas se demostró que con 0.50m de espesor cumple el requerimiento técnico mínimo de CBR requerido que es  $\geq 6\%$ , obteniendo como resultado  $CBRp = 6.04\%$ .

## **VII RECOMENDACIONES**

Se recomienda utilizar la escoria siderúrgica y organosilanos en otras investigaciones con diferentes tipos de suelos para ampliar el rango de aplicación de estos dos aditivos, con el fin de mejorar las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante, garantizando su mayor durabilidad y resistencia. De esta manera se podrá asegurar un tránsito fluido y sin dificultades en las vías de acceso.

Se recomienda a los estudiantes de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Cesar Vallejo, modificar las dosificaciones de escoria siderúrgica y organosilanos que permitan incrementar el CBR ponderado para diseño y garantizar resultados  $\geq$  a 6 % para una transitabilidad continua de los vehículos de carga pesada en las vías de acceso.

Se recomienda a los docentes de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Cesar Vallejo, implementar talleres para el tratamiento científico de estabilización de subrasante en suelos cohesivos en otras condiciones de tráfico. Para que los estudiantes de la especialidad puedan desarrollar sus investigaciones sin ningún tipo de dificultades y aplicando la metodología científica que corresponde a una tesis de ingeniería.

## REFERENCIAS

ABD AZIZ, A., LEE, B.-T., HAN, H.-J. y KIM, K.-W., 2019. Assessment of the stabilization of heavy metal contaminants in soils using chemical leaching and an earthworm bioassay. *Environmental geochemistry and health* [en línea], vol. 41, no. 1, pp. 447-460. ISSN 0269-4042. DOI 10.1007/s10653-018-0173-1. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/s10653-018-0173-1>.

ARANGUREN CAMPOS, E.R., 2014. *Caracterización de una mezcla asfáltica empleando alquitrán, escoria granulada y agregado de caliza* [en línea]. S.I.: Universidad Militar Nueva Granada. [Consulta: 16 noviembre 2022]. Disponible en: <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/13369>.

ARIAS, F., 2012. *El Proyecto de Investigación* [en línea]. Caracas - República Bolivariana de Venezuel: EDITORIAL EPISTEME, C.A. [Consulta: 16 noviembre 2022]. Disponible en: <https://abacoenred.com/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigaci%C3%B3n-F.G.-Arias-2012-pdf-1.pdf>.

BECERRA SANTILLÁN, A.C.F. y HERRERA GONZÁLES, A.E., 2019. *ESTABILIZACIÓN DE ARCILLAS, ARENAS Y AFIRMADOS, EMPLEANDO LOS CEMENTOS PACASMAYO VÍAFORTE, MOCHICA Y QHUNA; LAMBAYEQUE. 2018* [en línea]. S.I.: Universidad Señor de Sipán. [Consulta: 16 noviembre 2022]. Disponible en: <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/6119>.

BEHAR RIVERO, D., 2008. *Metodología de la Investigación* [en línea]. S.I.: Editorial Shalom 2008. [Consulta: 16 noviembre 2022]. Disponible en: <http://187.191.86.244/rceis/wp-content/uploads/2015/07/Metodolog%C3%ADa-de-la-Investigaci%C3%B3n-DANIEL-S.-BEHAR-RIVERO.pdf>.

BERNAL, C., 2010. *Metodología de la investigación administración, economía, humanidades y ciencias sociales* [en línea]. Carrera 65B No. 13-62, Bogotá D.C., Colombia: Pearson Educación de Colombia Ltda. [Consulta: 14 noviembre 2022].

Disponible en: <https://abacoenred.com/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigaci%C3%B3n-F.G.-Arias-2012-pdf.pdf>.

BONIFACIO VERGARA, W.M. y SÁNCHEZ BERNILLA, J.A., 2015. *Estabilización química en carreteras no pavimentadas usando cloruro de magnesio, cloruro de calcio y cemento en la región Lambayeque* [en línea]. S.I.: Universidad Señor de Sipán. [Consulta: 16 noviembre 2022]. Disponible en: <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/3947>.

BORJA, M., 2016. *Metodología de la Investigación Científica para Ingenieros* [en línea]. S.I.: s.n. Disponible en: <https://docer.com.ar/doc/c8sc1v>.

CÁCEDA RODRÍGUEZ, E.E. y FERNÁNDEZ MANTILLA, J. del R., 2017. *Mejoramiento del suelo colapsable con fines de cimentación mezclando cemento diluido en agua en el Asentamiento Humano Magdalena Nueva – Chimbote 2017* [en línea]. S.I.: Universidad César Vallejo. [Consulta: 16 noviembre 2022]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/10222?show=full>.

CAMPOS RODRIGUEZ, J. y GUARDIA NIÑO DE GUZMAN, G., 2005. *Apoyo didáctico al aprendizaje de la mecánica de suelos mediante problemas resueltos* [en línea]. Cochabamba Bolivia: Universidad Mayor de San Simón. [Consulta: 13 noviembre 2022]. Disponible en: [https://www.academia.edu/22550682/CAMPOS\\_RODRIGUEZ\\_JORGE\\_GUARDIA\\_NI%C3%91O\\_DE\\_GUZM%C3%81N\\_GERM%C3%81N\\_MARCELO](https://www.academia.edu/22550682/CAMPOS_RODRIGUEZ_JORGE_GUARDIA_NI%C3%91O_DE_GUZM%C3%81N_GERM%C3%81N_MARCELO).

CHANG, C., 2012. *Sostenibilidad de pavimentos de concreto*. [en línea]. S.I. [Consulta: 16 noviembre 2022]. Disponible en: <https://docplayer.es/31368082-Sostenibilidad-de-pavimentos-de-concreto-carlos-chang-universidad-de-texas-estados-unidos.html>.

CLAVIJO ALDANA, D.E. y JURADO RENDÓN, C.G., 2016. *“Estabilización de suelos con cemento tipo MH para mejorar las características físicas y mecánicas del material de subsuelo de la zona de talleres y cocheras de la PLMQ, sector Quitumbe”* [en línea].

S.I.: PUCE. [Consulta: 16 noviembre 2022]. Disponible en: <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/13191>.

*CÓDIGO DE ÉTICA DEL COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ TÍTULO I DISPOSICIONES GENERALES CAPÍTULO I DE LA BASE LEGAL* [en línea], 2018. 2018. S.I.: s.n. [Consulta: 13 noviembre 2022]. Disponible en: [https://www.cip.org.pe/publicaciones/reglamentosCNCD2018/codigo de etica del cip.pdf](https://www.cip.org.pe/publicaciones/reglamentosCNCD2018/codigo_de_etica_del_cip.pdf).

CRESPO VILLALAZ, C., 2005. *Mecánica de suelos y cimentaciones* [en línea]. S.I.: Limusa. ISBN 9789681864897. Disponible en: <https://books.google.at/books?id=Db2SQbBHVPQC>.

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES, COMUNICACIONES, VIVIENDA Y CONSTRUCCIÓN PUNO, 2008. Plan de desarrollo concertado a mediano plazo 2008 – 2012. *Región Puno* [en línea]. [Consulta: 16 noviembre 2022]. Disponible en: [https://www.regionpuno.gob.pe/descargas/planes/plan\\_transportes.pdf](https://www.regionpuno.gob.pe/descargas/planes/plan_transportes.pdf).

ENCICLOPEDIA BRITÁNICA, 2015. Pavimento. *Encyclopedia Britannica* [en línea]. Disponible en: <https://www.britannica.com/technology/pavement-civil-engineering>.

FIGUEROA CHAVEZ, I.D. y MAMANI QUINTO, C., 2019. *Diseño de carreteras afirmadas en base a escorias negras, provenientes de la planta de aceros Arequipa de Pisco, para zonas rurales* [en línea]. S.I.: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. [Consulta: 13 noviembre 2022]. Disponible en: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/625099>.

HERNÁNDEZ SAMPIERI, R., 2014. *Metodología de la Investigación* [en línea]. Edificio Punta Santa Fe Prolongación Paseo de la Reforma 1015, Torre A Piso 17, Colonia Desarrollo Santa Fe.; McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. Disponible en: <https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>.

HIDALGO BENAVIDES, D.I. y ALMEIDA LEMA, V.F., 2016. *Análisis comparativo de los procesos de estabilización de suelo con enzimas orgánicas y suelo-cemento, aplicado a suelos arcillosos de sub-rasante* [en línea]. S.I.: Universidad Técnica de Ambato. [Consulta: 13 noviembre 2022]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/24610>.

HUMICORP, 2012. Trabajos de estabilización en suelos muy cohesivos y con exceso de agua. Tarea sencilla si se utilizan los copolímeros de Humicorp. *Humicorp Nanopolímeros SL | Productos para estabilización de suelos y control de polvo* [en línea]. [Consulta: 16 noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.humicorp.com/trabajos-de-estabilizacion-en-suelos-muy-cohesivos-y-con-exceso-de-agua-tarea-sencilla-si-se-utilizan-los-copolimeros-de-humicorp/>.

JUÁREZ BADILLO, E. y RICO RODRIGUEZ, A., 2005. *Mecánica de Suelos Tomo 1 - Fundamentos de la Mecánica de Suelos* [en línea]. S.I.: Limusa. [Consulta: 16 noviembre 2022]. ISBN 9789681800697. Disponible en: [https://suelos.milaulas.com/pluginfile.php/128/mod\\_resource/content/1/Mecanica%20de%20suelos%20-%20Juarez%20Badillo.pdf](https://suelos.milaulas.com/pluginfile.php/128/mod_resource/content/1/Mecanica%20de%20suelos%20-%20Juarez%20Badillo.pdf).

LEIVA VIDAL, D., 2017. *Caracterización de un suelo arcilloso y su mezcla con escoria blanca proveniente de la siderurgia integral* [en línea]. S.I.: Universidad Católica de la Santísima Concepción. [Consulta: 16 noviembre 2022]. Disponible en: <http://repositoriodigital.ucsc.cl/handle/25022009/1418>.

LOPEZ CAIZA, R.D., 2017. *Mejoramiento de la carpeta asfáltica a base de escoria siderúrgica para pavimentos flexibles (mezcla asfáltica)* [en línea]. S.I.: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA. [Consulta: 16 noviembre 2022]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14565/1/UPS%20-%20ST003209.pdf>.

LOVERA DÁVILA, D., ARIAS ARCE, V. y CORONADO FALCÓN, R., 2004. La valoración de las escorias metalúrgicas como recursos industriales. *ALICIA*

CONCYTEC [en línea], [Consulta: 16 noviembre 2022]. Disponible en: [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/1682-3087\\_98c9db87666dd43ca99f356b9ae69ab1](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/1682-3087_98c9db87666dd43ca99f356b9ae69ab1).

MENÉNDEZ ACURIO, J.R., 2010. *Ingeniería De Pavimentos - Materiales, Diseño Y Conservación* [en línea]. S.I.: Instituto de la Construcción y Gerencia. [Consulta: 16 noviembre 2022]. Disponible en: <https://civilarq.com/libro/ingenieria-de-pavimentos-materiales-diseno-y-conservacion-jose-rafael-menendez-acurio/>.

MINISTERIO DE ECONOMÍA Y FINANZAS, 2015. Pautas Metodológicas para el desarrollo de alternativas de pavimentos en la formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública de carreteras. [en línea]. S.I.: Disponible en: [https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv\\_publica/docs/normas/normasv/2015/RD003-2015/Pautas\\_Pavimentos.pdf](https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/normas/normasv/2015/RD003-2015/Pautas_Pavimentos.pdf).

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2014. Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. [en línea]. S.I.: Disponible en: [http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/P\\_recientes/4515.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/4515.pdf).

MUÑOZ ESTÉVEZ, R.N., 2013. *Estudio de mezclas de áridos reciclados de hormigón y asfáltico estabilizados con cemento para su aplicación en bases y subbases de carreteras* [en línea]. S.I.: Universitat Politècnica de Catalunya. [Consulta: 16 noviembre 2022]. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/26051>.

OCUPA MEZA, S.D. y TROYES MEGO, H., 2021. *Adición de escoria de acero para estabilizar la subrasante en la Carretera Tramo Puente Blanco - Chunchuquillo, Colasay – Jaén – Cajamarca - 2021* [en línea]. S.I.: Universidad César Vallejo. [Consulta: 16 noviembre 2022]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/68271>.

OSORIO, R., 2006. Taller básico de mecánica de suelos. *UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA* [en línea]. [Consulta: 16 noviembre 2022]. Disponible en:



[https://datospdf.com/download/taller-basico-de-mecanica-de-suelos-5a449f53b7d7bc422b7a9dd8\\_pdf](https://datospdf.com/download/taller-basico-de-mecanica-de-suelos-5a449f53b7d7bc422b7a9dd8_pdf).

OSPINA-GARCÍA, M.Á., CHAVES-PABÓN, S.B. y JIMÉNEZ-SICACHÁ, L.M., 2020. Mejoramiento de subrasantes de tipo arcilloso mediante la adición de escoria de acero. *Revista de Investigación Desarrollo e Innovación* [en línea], vol. 11, no. 1, pp. 185-196. [Consulta: 16 noviembre 2022]. ISSN 2027-8306. DOI 10.19053/20278306.v11.n1.2020.11692. Disponible en: [https://revistas.uptc.edu.co/index.php/investigacion\\_uitama/article/view/11692](https://revistas.uptc.edu.co/index.php/investigacion_uitama/article/view/11692).

PALOMINO TERÁN, K.E., 2016. *Capacidad portante (CBR) de un suelo arcilloso, con la incorporación del estabilizador MaxxSeal 100* [en línea]. S.l.: Universidad Privada del Norte. [Consulta: 16 noviembre 2022]. Disponible en: [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUPN\\_6206361d7596e55a20627c96e02\\_febec/Details](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUPN_6206361d7596e55a20627c96e02_febec/Details).

PAVEMENTINTERACTIVE, 2022. Pavement distresses. *Pavementinteractive.org* [en línea]. [Consulta: 16 noviembre 2022]. Disponible en: <https://pavementinteractive.org/reference-desk/pavement-management/pavement-distresses/>.

QUEZADA OSORIA, S.E., 2018. *Estudio comparativo de la estabilización de suelos arcillosos con valvas de moluscos para pavimentación* [en línea]. S.l.: Universidad de Piura. [Consulta: 16 noviembre 2022]. Disponible en: <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/3207>.

REPUBLICA DEL PERÚ, 1993. *Constitución Política del Perú* [en línea]. [Consulta: 13 noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/presidencia/informes-publicaciones/196158-constitucion-politica-del-peru>.

RIVERA, J.F., AGUIRRE-GUERRERO, A., MEJÍA DE GUTIÉRREZ, R. y OROBIO, A., 2020. Estabilización química de suelos - Materiales convencionales y activados alcalinamente (revisión). *Informador técnico* [en línea], vol. 84, no. 2, pp. 43-67.

[Consulta: 16 noviembre 2022]. ISSN 0122-056X. DOI 10.23850/22565035.2530. Disponible en: [https://revistas.sena.edu.co/index.php/inf\\_tec/article/view/2530](https://revistas.sena.edu.co/index.php/inf_tec/article/view/2530).

RODRÍGUEZ VINCES, D.I. y PÉREZ MALDONADO, R.L., 2016. *Análisis comparativo de la compactación y humedad de la subrasante natural y la subrasante utilizando productos químicos biodegradables (terrasil), de la vía ecológica del cantón Quevedo, provincia de los Ríos* [en línea]. S.I.: Universidad Técnica de Ambato. [Consulta: 16 noviembre 2022]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/23558>.

RONDÓN QUINTANA, H. y REYES LIZCANO, F., 2015. *Pavimentos: Materiales, construcción y diseño* [en línea]. S.I.: Ecoe Ediciones. ISBN 9789587711769. Disponible en: <https://books.google.at/books?id=zuwcDgAAQBAJ>.

RONDÓN QUINTANA, H., RUGE CÁRDENAS, J.C., PATIÑO SÁNCHEZ, D., VACCA GAMEZ, H., REYES LIZCANO, F. y FERNÁNDEZ GÓMEZ, W., 2018. Caracterización de una escoria de alto horno para proyectos. *Revista de ingeniería de construcción* [en línea], vol. 33, no. 1, pp. 83-92. [Consulta: 16 noviembre 2022]. ISSN 0716-2952. DOI 10.4067/s0718-50732018000100083. Disponible en: [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-50732018000100083&lng=en&nrm=iso&tlng=en](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732018000100083&lng=en&nrm=iso&tlng=en).

RONDÓN QUINTANA, H.A., MUNIZ DE FARIAS, M. y REYES LIZCANO, F.A., 2018. Uso de escorias de alto horno y acero en mezclas asfálticas: revisión. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín* [en línea], vol. 17, no. 33, pp. 71-97. ISSN 1692-3324. DOI 10.22395/rium.v17n33a4. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.22395/rium.v17n33a4>.

SALAS MERCADO, D., 2018. Estabilización de suelos con Adición de cemento y Aditivo Terrasil para el mejoramiento de la Base del Km 11+000 al Km 9+000 de la Carretera Puno - Tiquillaca - Mañazo. *ALICIA CONCYTEC* [en línea], [Consulta: 16 noviembre 2022]. Disponible en:

[https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UANT\\_add3618126eb81eb9cd020ffd6fcfbae](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UANT_add3618126eb81eb9cd020ffd6fcfbae).

SURYAKANTA, 2015. Liquid Limit of soil – what, why & how? *Civilblog.org* [en línea]. [Consulta: 16 noviembre 2022]. Disponible en: <https://civilblog.org/2015/03/07/liquid-limit-of-soil-what-why-how/>.

VILLANUEVA FLORES, S.M., 2017. *Propuesta de estabilización de carreteras de bajo volumen de tránsito en la sierra, sobre los 2000 m.s.n.m, utilizando poliacrilamida aniónica, organosilano y un sulfonato. CASO: PONCOS – KOCHAYOC, departamento de ANCASH* [en línea]. S.l.: Universidad Ricardo Palma. [Consulta: 16 noviembre 2022]. Disponible en: <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/1672>.

## ANEXOS

### Anexo 1. Matriz de operacionalización de variables

#### MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Modificación de las Propiedades de la Subrasante con Escoria Siderúrgica y Organosilanos en la Carretera Umayo - Atuncolla, Puno, 2022

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA	METODOLOGÍA
<b>INDEPENDIENTE</b>		<b>Como ingresa</b>				
Escoria Siderúrgica y Organosilanos.	Según Rondón y otros, (2018) la escoria siderúrgica es un material que se forma cuando el hierro se funde por las altas temperaturas del horno. Los Organosilanos son productos con alta capacidad de impermeabilizar los suelos, reduciendo los niveles de hinchamiento.	Es un material que se obtiene por procesos de fundición del uso de los metales, en la cual interviene una mezcla de óxidos metálicos. En la dosificación de mezclas se emplea como agregado adicional, con el fin de otorgar alta resistencia al desplazamiento con diversos porcentajes que pueden variar entre el 2% al 18%. Este producto es un gran modificador de las superficies de un suelo, puede disolverse en agua y es estable al calor.	Dosificación de la adición de Escoria Siderúrgica y Organosilanos.	4%  6%  8%	RAZON	<p><b>Tipo de investigación:</b> Aplicada  <b>Enfoque de la investigación:</b> Cuantitativo  <b>Diseño de la investigación:</b> Experimental  <b>Nivel de la investigación:</b> Cuasi-experimental  <b>Población:</b> Carretera Umayo-Atuncolla.  <b>Muestra:</b> Estará conformada por las progresivas 13+000 y 13+640 de la carretera Umayo – Atuncolla.  <b>Muestreo:</b> No probabilístico, tomándose las muestras a criterio del investigador.  <b>Unidad de análisis:</b> La unidad de análisis es la sub rasante de la carretera Umayo – Atuncolla tramo Km 13+000 al Km 13+640, distrito de Atuncolla, región Puno.</p> <p><b>Técnicas:</b>            -Observación directa            -Excavación de calicatas y muestreo de suelos            -Ensayos de laboratorio, considerando el contenido de humedad, el análisis granulométrico, el límite líquido, el límite plástico, CBR.  <b>Instrumentos:</b>            -Ficha o guía de observación,            - Cuaderno de campo            - Formatos de laboratorio.  <b>Validez:</b>            La validez se comprobará con los certificados de los laboratorios.</p>
<b>DEPENDIENTE</b>		<b>Que efecto</b>				
Modificación de las propiedades de la subrasante	La subrasante está definida como el suelo preparado y compactado para soportar la estructura de un pavimento. Las propiedades físicas y mecánicas se mantienen invariables, aunque se sometan a tratamientos tales como homogenización y compactación. Sin embargo, ambas propiedades cambiarían cuando se realicen en ellos procedimientos de estabilización, a través de procesos de mezclas con otros materiales (escoria siderúrgica y organosilanos).	Para conocer las propiedades de los suelos, es necesario tomar muestras en (calicatas), posteriormente en el laboratorio se determinarán sus propiedades: Granulometría, Límites de Atterberg (líquido e índice plástico), Valor Soporte (CBR), Densidad (Proctor) y Humedad, con la combinación de estos aditivos modificará las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante para este caso se medirá su calidad mediante ensayos de laboratorio para el incremento de su capacidad portante. Finalmente, los resultados se procesarán en formatos y fichas técnicas.	Propiedades físicas y mecánicas del suelo de subrasante	Límite líquido  Índice de plasticidad  CBR	RAZON  RAZON  RAZON	

## Anexo 2. Matriz de consistencia.

### MATRIZ DE CONSISTENCIA

#### Modificación de las Propiedades de la Subrasante con Escoria Siderúrgica y Organosilanos en la Carretera Umayo - Atuncolla, Puno, 2022

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
P. General	O. General	H. General	INDEPENDIENTE			
Los suelos de subrasante de la carretera Umayo - Atuncolla están compuestos por suelos cohesivos de limitada resistencia, los mismos que ante el incremento de humedad en épocas de avenidas termina por provocar el deterioro de la estructura del pavimento existente. <b>¿En qué medida mejoraría el uso de Escoria Siderúrgica y Organosilanos en las propiedades de los suelos cohesivos de la carretera Umayo- Atuncolla en el departamento de Puno?</b>	Modificar las propiedades de los suelos cohesivos de la subrasante de la carretera Umayo -Atuncolla usando Escoria Siderúrgica y Organosilanos	El uso de la Escoria Siderúrgica y Organosilanos mejoraría las propiedades de los suelos cohesivos, componentes de la subrasante de la carretera Umayo-Atuncolla.	Escoria Siderúrgica y Organosilanos.	Dosificación de la adición de Escoria Siderúrgica y Organosilanos.	4%	<b>Laboratorio</b>
					6%	
					8%	
P. Específicos	O. Específico	H. Específico	DEPENDIENTE			
De acuerdo con los antecedentes y resultados de laboratorio se tiene que, los suelos que componen la subrasante de la carretera Umayo-Atuncolla están compuestos de suelos tipo CH y MH, los mismos que presentan una deficiente capacidad de soporte. <b>¿Cómo influiría el uso de Escoria Siderúrgica y Organosilanos en la evolución de la capacidad de soporte de los suelos cohesivos de la subrasante de la carretera Umayo- Atuncolla?</b>	Mejorar la capacidad de soporte de los suelos cohesivos de la subrasante de la carretera Umayo-Atuncolla	El uso de la Escoria Siderúrgica y Organosilanos elevaría la capacidad de soporte de los suelos de la carretera Umayo-Atuncolla	Modificación de las Propiedades de la subrasante	Propiedades físicas y mecánicas del suelo de subrasante	Límites de Consistencia	<b>Equipos de laboratorio</b>
					CBR	
De acuerdo con la caracterización de los suelos cohesivos de la subrasante de la carretera Umayo-Atuncolla se tiene que, tanto el límite líquido y el índice de plasticidad de los suelos tienen valores elevados incumpliendo las Especificaciones Técnicas de carreteras (EG-2013). <b>¿En qué proporción el uso de Escoria Siderúrgica y Organosilanos reduciría el límite líquido e índice de plasticidad de los suelos cohesivos de la subrasante de la carretera Umayo-Atuncolla?</b>	Reducir el límite líquido e índice plástico de los suelos de subrasante de la carretera Umayo-Atuncolla	Una dosificación adecuada de Escoria Siderúrgica y Organosilanos reduciría los límites de consistencia en los suelos de subrasante de la carretera Umayo- Atuncolla				
Tradicionalmente en la estabilización de suelos no se dimensiona adecuadamente el espesor de la capa por donde estabilizar, ocurriendo fallas prematuras en el pavimento. <b>¿Empleando Escoria Siderúrgica y Organosilanos cuál sería el espesor adecuado por estabilizar, teniendo en cuenta el adecuado diseño del pavimento?</b>	Diseñar una estructura de pavimentos considerando los parámetros Esfuerzo/Deformación para estimar el adecuado espesor de subrasante	Una metodología adecuada para estimar el espesor adecuado de estabilización con Escoria Siderúrgica y Organosilanos sería considerando la profundidad de esfuerzos y deformaciones en estructuras de pavimentos				

### Anexo 3. Instrumento de recolección de datos.

PÁRAMETRO\CALICATA	C-1	C-2	C-1 PRUEBA 1	C-1 PRUEBA 2	C-1 PRUEBA 3	C-2 PRUEBA 1	C-2 PRUEBA 2	C-2 PRUEBA 3	
CONDICION	Terreno Natural	Terreno Natural	Terreno natural + 2 % de escoria+ 2% de organosilanos	Terreno natural + 2 % de escoria+ 2% de organosilanos	Terreno natural + 2 % de escoria+ 2% de organosilanos	Terreno natural + 2 % de escoria+ 2% de organosilanos	Terreno natural + 2 % de escoria+ 2% de organosilanos	Terreno natural + 2 % de escoria+ 2% de organosilanos	
PROF. CALICATA(m)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	
HUM. (%)	15.02	13.75	-	-	-	-	-	-	
GLANUMETRIA	% GRAVA	0.51	0.37	-	-	-	-	-	
	% ARENA	21.25	21.93	-	-	-	-	-	
	% FINOS	78.07	78.75	-	-	-	-	-	
CLASIFICACIÓN	SUCS	CL	CL	-	-	-	-	-	
	AASHTO	A-6 (10)	A-6 (10)	-	-	-	-	-	
LIM. DE CONSISTENCIA	LL	28.37	30.95	28.04	27.28	26.35	30.55	30.08	29.82
	LP	14.49	17.18	15.57	15.48	15.6	17.55	17.65	18.24
	IP	13.88	13.77	12.47	11.8	10.75	13	12.43	11.58
PROCTOR MODIFICADO	MDS g/cm3	1.727	1.713	1.762	1.766	1.758	1.750	1.761	1.750
	AI 95% MDS (%)	5.80	5.90	6.60	7.20	7.10	6.70	7.10	7.20
CBR	AI 100% MDS (%)	9.00	9.30	10.60	11.10	10.90	10.40	11.00	10.90
	OCH (%)	15.33	14.08	14.24	13.97	14.18	13.86	13.03	13.29

## Anexo 4 Calibración de equipos

	<b>CALIBRATEC S.A.C.</b> LABORATORIO DE METROLOGIA	<b>CALIBRACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS</b> RUC: 20606479680
<b>Área de Metrología</b> Laboratorio de Masas		<b>CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN</b> <b>CA - LM - 039 - 2022</b>
Página 1 de 4		
<b>1. Expediente</b>	<b>0249-2022</b>	<p>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).</p> <p>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.</p> <p>CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.</p> <p>Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.</p> <p>El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.</p>
<b>2. Solicitante</b>	<b>TRIPLE GEO EIRL</b>	
<b>3. Dirección</b>	<b>LT. 14 MZ. G URB. VILLA DEL LAGO - PUNO - PUNO - PUNO</b>	
<b>4. Equipo de medición</b>	<b>BALANZA ELECTRÓNICA</b>	
<b>Capacidad Máxima</b>	<b>620 g</b>	
<b>División de escala (d)</b>	<b>0.01 g</b>	
<b>Div. de verificación (e)</b>	<b>0.01 g</b>	
<b>Clase de exactitud</b>	<b>III</b>	
<b>Marca</b>	<b>OHAUS</b>	
<b>Modelo</b>	<b>NV622ZH</b>	
<b>Número de Serie</b>	<b>8342157621</b>	
<b>Capacidad mínima</b>	<b>0.2 g</b>	
<b>Procedencia</b>	<b>CHINA</b>	
<b>Identificación</b>	<b>NO INDICA</b>	
<b>5. Fecha de Calibración</b>	<b>2022-01-31</b>	
<b>Fecha de Emisión</b>	<b>Jefe del Laboratorio de Metrología</b>	<b>Sello</b>
<b>2022-01-31</b>	 <b>MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES</b>	 
 977 997 385 - 913 028 621  913 028 622 - 913 028 623  913 028 624	 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  comercial@calibratec.com.pe  CALIBRATEC SAC	



## INFORME DE VERIFICACIÓN CA - IV - 0124 - 2021

Área de Metrología  
Laboratorio de Longitud

Página 3 de 3

### 11. Resultados

El equipo cumple con las especificaciones técnicas siguientes:

#### DIMENSIONES DE LA BASE DE GOMA DURA

Altura (mm)	Largo (mm)	Ancho (mm)
50.20	149.60	125.40

#### HERRAMIENTA DE RANURADO

EXTREMO CURVADO		
Espesor (mm)	Borde Cortante (mm)	Ancho (mm)
10.02	1.99	13.01

#### DIMENSIONES DE LA COPA

Radio de la copa (mm)	Espesor de la copa (mm)	Altura desde la guía del elevador hasta la base (mm)
46.80	1.95	47.01

Fin del Documento



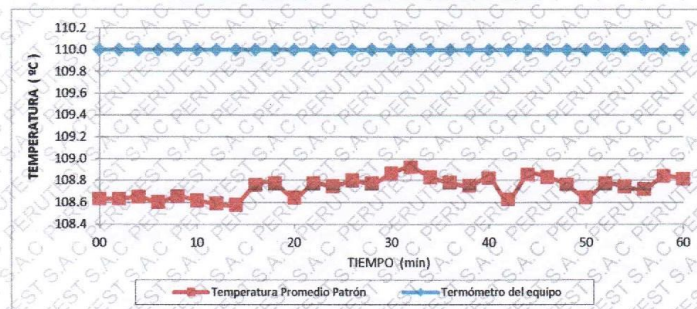


## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LT - 066 - 2020

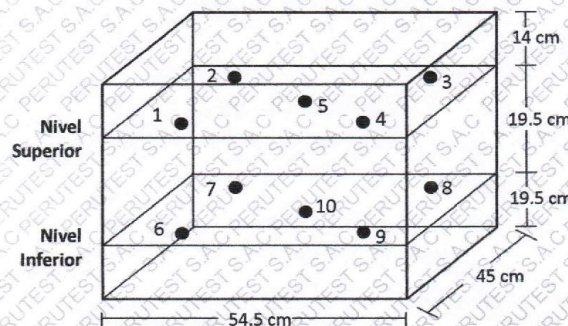
Área de Metrología  
Laboratorio de Temperatura

Página 5 de 5

### DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURAS EN EL EQUIPO TEMPERATURA DE TRABAJO: $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$



### 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 8 cm de las paredes laterales y a 8 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







# PERUTEST S.A.C

**CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO**

**SUELOS-MATERIALES- CONCRETOS-ASFALTO- ROCAS- FISICA- QUIMICA**

**RUC N° 20602182721**

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

**PT - LT - 066 - 2020**

Área de Metrología  
Laboratorio de Temperatura

Página 1 de 5

- 1. Expediente** 01416-2020
- 2. Solicitante** COCPA GORDILLO ELIZABETH
- 3. Dirección** JR. PICHACANI 114 - SANTA ROSA - PUNO - PUNO - PUNO
- 4. Equipo** HORNO  
**Alcance Máximo** 300 °C  
**Marca** PERUTEST  
**Modelo** PT-H136  
**Número de Serie** 0127  
**Procedencia** CHINA  
**Identificación** NO INDICA  
**Ubicación** NO INDICA

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

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

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.

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

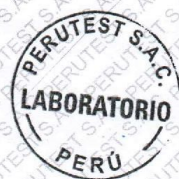
- 5. Fecha de Calibración** 2020-11-27

Fecha de Emisión Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2020-11-27

MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES



913028621 - 913028622  
913028623 - 913028624  
ventas@perutest.com.pe  
www.perutest.com.pe

Jr. La Madrid S/N Mz D lote 25 urb Los Olivos  
San Martín de Porres - Lima  
SUCURSAL: Sinchi Roca 1320 - la Victoria - Chiclayo





**PERUTEST S.A.C.**  
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

# PERUTEST S.A.C.

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

RUC N° 20602182721

## INFORME DE VERIFICACIÓN PT - IV - 062 - 2022

Área de Metrología  
Laboratorio de Longitud

Página 2 de 2

### 6. Método de Verificación

La verificación se realizó mediante una inspección detallada de las características del Tamiz tomando como referencia la Norma ASTM E 11-20 "Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves".

### 7. Lugar de Verificación

En el laboratorio de Longitud de PERUTEST S.A.C.  
Avenida Chillón Lote 50 B - Comas - Lima

### 8. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	20.6 °C	20.6 °C
Humedad Relativa	63%	63%

### 9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL	RETICULA DE MEDICIÓN PARA MICROSCOPIO DIGITAL	LLA-022-2022
METROIL	WINCHA 3 METROS MARCA: STANLEY	1AD-0849-2022
METROIL	TERMOHIGROMETRO DIGITAL MARCA: BOECO	1AT-1704-2022

### 10. Observaciones

Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación de VERIFICADO.  
Se realizó una inspección visual del instrumento encontrándola en buenas condiciones

### 11. Resultados

El equipo cumple con las especificaciones técnicas siguientes:

± Y Variación de abertura Promedio (µm)	+X Variación máxima de abertura (µm)	Resultando Abertura Máxima Individual (µm)	Diámetro de alambre Típica (mm)
-1.650	1.850	76.90	0.055

**Nota 1.-** La variación máxima de abertura promedio permitido para tamices de No. 200 es de  $\pm 4.1 \mu\text{m}$ .

**Nota 2.-** La variación máxima de abertura permitida para tamices de No. 200 es de  $29 \mu\text{m}$ .

**Nota 3.-** El error máximo permitido de la abertura máxima individual para tamices de No. 200 es de  $104 \mu\text{m}$ .

**Nota 4.-** El rango admisible del diametro del tamiz de No. 200 es de  $0.05 \pm 0.007 \text{ mm}$ .

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.**  
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

# PERUTEST S.A.C.

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

RUC N° 20602182721

## INFORME DE VERIFICACIÓN PT - IV - 062 - 2022

Área de Metrología  
Laboratorio de Longitud

Página 1 de 2

<b>1. Expediente</b>	<b>02799-2022</b>
<b>2. Solicitante</b>	<b>TRIPLE GEO E.I.R.L.</b>
<b>3. Dirección</b>	<b>MZA. G LOTE. 14 URB. VILLA DEL LAGO - PUNO - PUNO - PUNO</b>
<b>4. Instrumento</b>	<b>TAMIZ DE ENSAYO (SIEVE TEST)</b>
<b>Diametro</b>	<b>8 pulgadas</b>
<b>Designación</b>	<b>No. 200 75 µm</b>
<b>Marca</b>	<b>FORNEY</b>
<b>Número de serie</b>	<b>NO INDICA</b>
<b>Procedencia</b>	<b>U.S.A.</b>
<b>Identificación</b>	<b>IV-062</b>
<b>5. Fecha de Verificación</b>	<b>2022-08-08</b>

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

Los resultados son validos en el momento de la verificación. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una reevaluación, 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 informe de verificación no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El informe de verificación sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

2022-08-10

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

## INFORME DE VERIFICACIÓN PT - IV - 067 - 2022

Área de Metrología  
Laboratorio de Longitud

Página 1 de 2

1. Expediente 02799-2022

2. Solicitante TRIPLE GEO E.I.R.L.

3. Dirección MZA. G LOTE. 14 URB. VILLA DEL LAGO -  
PUNO - PUNO - PUNO

4. Instrumento TAMIZ DE ENSAYO  
(SIEVE TEST)

Diametro 8 pulgadas

Designación No. 20  
850 µm

Marca SOIL TEST, INC

Número de serie NO INDICA

Procedencia U.S.A.

Identificación IV-067

5. Fecha de Verificación 2022-08-08

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

Los resultados son validos en el momento de la verificación. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una reevaluación, 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 informe de verificación no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El informe de verificación sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

2022-08-10

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

## INFORME DE VERIFICACIÓN PT - IV - 067 - 2022

Área de Metrología  
Laboratorio de Longitud

Página 2 de 2

### 6. Método de Verificación

La verificación se realizó mediante una inspección detallada de las características del Tamiz tomando como referencia la Norma ASTM E 11-20 "Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves".

### 7. Lugar de Verificación

En el laboratorio de Longitud de PERUTEST S.A.C.  
AVENIDA CHILLON LOTE 50 B - COMAS - LIMA

### 8. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	20.6 °C	20.6 °C
Humedad Relativa	63%	63%

### 9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL	RETICULA DE MEDICION PARA MICROSCOPIO DIGITAL	LLA-022-2022
METROIL	WINCHA 3 METROS MARCA: STANLEY	1AD-0849-2022
METROIL	TERMOHIGROMETRO DIGITAL MARCA: BOECO	1AT-1704-2022

### 10. Observaciones

Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación de VERIFICADO.  
Se realizó una inspección visual del instrumento encontrandola en buenas condiciones

### 11. Resultados

El equipo cumple con las especificaciones técnicas siguientes:

$\pm Y$ Variación de abertura Promedio ( $\mu\text{m}$ )	+ X Variación máxima de abertura ( $\mu\text{m}$ )	Resultando Abertura Máxima Individual ( $\mu\text{m}$ )	Diámetro de alambre Típica (mm)
2.650	2.700	852.70	0.43

**Nota 1.-** La variación máxima de abertura promedio permitido para tamices de No. 20 es de  $\pm 29.1 \mu\text{m}$ .

**Nota 2.-** La variación máxima de abertura permitida para tamices de No. 20 es de  $127 \mu\text{m}$ .

**Nota 3.-** El error máximo permitido de la abertura máxima individual para tamices de No. 20 es de  $977 \mu\text{m}$ .

**Nota 4.-** El rango admisible del diametro del tamiz de No. 20 es de  $0.5 \pm 0.08 \text{ mm}$ .

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

Area de Metrología  
Laboratorio de Longitud

## INFORME DE VERIFICACIÓN PT - IV - 069 - 2022

Página 1 de 2

1. Expediente 02799-2022

2. Solicitante TRIPLE GEO E.I.R.L.

3. Dirección MZA. G LOTE. 14 URB. VILLA DEL LAGO - PUNO - PUNO - PUNO

4. Instrumento TAMIZ DE ENSAYO (SIEVE TEST)

Diametro 8 pulgadas

Designación No. 10  
2 mm

Marca ELE INTERNATIONAL

Número de serie 141332F89

Procedencia U.S.A.

Identificación NO INDICA

5. Fecha de Verificación 2022-08-08

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

Los resultados son validos en el momento de la verificación. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una reevaluación, 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 informe de verificación no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El informe de verificación sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión Jefe del Laboratorio de Metrología Sello

2022-08-10

  
JOSE ALEJANDRO FLORES MINAYA



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



## INFORME DE VERIFICACIÓN PT - IV - 069 - 2022

Área de Metrología  
Laboratorio de Longitud

Página 2 de 2

### 6. Método de Verificación

La verificación se realizó mediante una inspección detallada de las características del Tamiz tomando como referencia la Norma ASTM E 11-20 "Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves".

### 7. Lugar de Verificación

En el laboratorio de Longitud de PERUTEST S.A.C.  
AVENIDA CHILLON LOTE 50 B - COMAS - LIMA

### 8. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	20.6 °C	20.6 °C
Humedad Relativa	63%	63%

### 9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL	RETICULA DE MEDICION PARA MICROSCOPIO DIGITAL	LLA-022-2022
METROIL	WINCHA 3 METROS MARCA: STANLEY	1AD-0849-2022
METROIL	TERMOHIGROMETRO DIGITAL MARCA: BOECO	1AT-1704-2022

### 10. Observaciones

Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación de VERIFICADO.  
Se realizó una inspección visual del instrumento encontrandola en buenas condiciones

### 11. Resultados

El equipo cumple con las especificaciones técnicas siguientes:

$\pm Y$ Variación de abertura Promedio (mm)	+ X Variación máxima de abertura (mm)	Resultando Abertura Máxima Individual (mm)	Diámetro de alambre Típica (mm)
-0.047	0.058	2.06	0.87

**Nota 1.-** La variación máxima de abertura promedio permitido para tamices de No. 10 es de  $\pm 0.065$  mm.

**Nota 2.-** La variación máxima de abertura permitida para tamices de No. 10 es de 0.23 mm.

**Nota 3.-** El error máximo permitido de la abertura máxima individual para tamices de No. 10 es de 2.23 mm.

**Nota 4.-** El rango admisible del diametro del tamiz de No. 10 es de  $0.9 \pm 0.13$  mm.

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.**  
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

# PERUTEST S.A.C.

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

RUC N° 20602182721

## INFORME DE VERIFICACIÓN PT - IV - 071 - 2022

Área de Metrología  
Laboratorio de Longitud

Página 2 de 2

### 6. Método de Verificación

La verificación se realizó mediante una inspección detallada de las características del Tamiz tomando como referencia la Norma ASTM E 11-20 "Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves".

### 7. Lugar de Verificación

En el laboratorio de Longitud de PERUTEST S.A.C.  
AVENIDA CHILLON LOTE 50 B - COMAS - LIMA

### 8. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	20.6 ° C	20.6 ° C
Humedad Relativa	63%	63%

### 9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL	RETICULA DE MEDICION PARA MICROSCOPIO DIGITAL	LLA-022-2022
METROIL	WINCHA 3 METROS MARCA: STANLEY	1AD-0849-2022
METROIL	TERMOHIGROMETRO DIGITAL MARCA: BOECO	1AT-1704-2022

### 10. Observaciones

Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación de VERIFICADO.  
Se realizó una inspección visual del instrumento encontrandola en buenas condiciones

### 11. Resultados

El equipo cumple con las especificaciones técnicas siguientes:

± Y Variación de abertura Promedio (mm)	+ X Variación máxima de abertura (mm)	Resultando Abertura Máxima Individual (mm)	Diámetro de alambre Típica (mm)
0.03	0.08	4.83	1.58

**Nota 1.-** La variación máxima de abertura promedio permitido para tamices de No. 4 es de  $\pm 0.15$  mm.

**Nota 2.-** La variación máxima de abertura permitida para tamices de No. 4 es de 0.41 mm.

**Nota 3.-** El error máximo permitido de la abertura máxima individual para tamices de No. 4 es de 5.16 mm.

**Nota 4.-** El rango admisible del diámetro del tamiz de No. 4 es de  $1.6 \pm 0.30$  mm.

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.**  
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

# PERUTEST S.A.C.

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

RUC N° 20602182721

## INFORME DE VERIFICACIÓN PT - IV - 071 - 2022

Área de Metrología  
Laboratorio de Longitud

Página 1 de 2

1. Expediente	02799-2022	<p>Este informe de verificación 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).</p> <p>Los resultados son validos en el momento de la verificación. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una reevaluación, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.</p> <p>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.</p> <p>Este informe de verificación no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.</p> <p>El informe de verificación sin firma y sello carece de validez.</p>
2. Solicitante	TRIPLE GEO E.I.R.L.	
3. Dirección	MZA. G LOTE. 14 URB. VILLA DEL LAGO - PUNO - PUNO - PUNO	
4. Instrumento	TAMIZ DE ENSAYO (SIEVE TEST)	
Díametro	8 pulgadas	
Designación	No. 4 4.75 mm	
Marca	SOIL TEST, INC	
Número de serie	437706	
Procedencia	U.S.A.	
Identificación	NO INDICA	
5. Fecha de Verificación	2022-08-08	

Fecha de Emisión

2022-08-10

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

JOSE ALEJANDRO FLORES MINAYA



☎ 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.**  
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

# PERUTEST S.A.C.

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

RUC N° 20602182721

Área de Metrología  
Laboratorio de Longitud

## INFORME DE VERIFICACIÓN PT - IV - 063 - 2022

Página 1 de 2

1. Expediente	02799-2022
2. Solicitante	TRIPLE GEO E.I.R.L.
3. Dirección	MZA. G LOTE. 14 URB. VILLA DEL LAGO - PUNO - PUNO - PUNO
4. Instrumento	TAMIZ DE ENSAYO (SIEVE TEST)
Diametro	8 pulgadas
Designación	No. 100 150 µm
Marca	SOILTEST, INC.
Número de serie	205549
Procedencia	U.S.A.
Identificación	NO INDICA
5. Fecha de Verificación	2022-08-08

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

Los resultados son validos en el momento de la verificación. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una reevaluación, 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 informe de verificación no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El informe de verificación sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

2022-08-10

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.**  
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

# PERUTEST S.A.C.

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

RUC N° 20602182721

Área de Metrología  
Laboratorio de Longitud

## INFORME DE VERIFICACIÓN PT - IV - 063 - 2022

Página 2 de 2

### 6. Método de Verificación

La verificación se realizó mediante una inspección detallada de las características del Tamiz tomando como referencia la Norma ASTM E 11-20 "Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves".

### 7. Lugar de Verificación

En el laboratorio de Longitud de PERUTEST S.A.C.  
Avenida Chillon Lote 50 B - Comas - Lima

### 8. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	20.6 °C	20.6 °C
Humedad Relativa	63%	63%

### 9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL	RETICULA DE MEDICION PARA MICROSCOPIO DIGITAL	LLA-022-2022
METROIL	WINCHA 3 METROS MARCA: STANLEY	1AD-0849-2022
METROIL	TERMOHIGROMETRO DIGITAL MARCA: BOECO	1AT-1704-2022

### 10. Observaciones

Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación de VERIFICADO.  
Se realizó una inspección visual del instrumento encontrandola en buenas condiciones

### 11. Resultados

El equipo cumple con las especificaciones técnicas siguientes:

± Y Variación de abertura Promedio (µm)	+ X Variación máxima de abertura (µm)	Resultando Abertura Máxima Individual (µm)	Diámetro de alambre Típica (mm)
-3.100	3.600	153.60	0.105

**Nota 1.-** La variación máxima de abertura promedio permitido para tamices de No. 100 es de  $\pm 6.6 \mu\text{m}$ .

**Nota 2.-** La variación máxima de abertura permitida para tamices de No. 100 es de  $43 \mu\text{m}$ .

**Nota 3.-** El error máximo permitido de la abertura máxima individual para tamices de No. 100 es de  $193 \mu\text{m}$ .

**Nota 4.-** El rango admisible del diametro del tamiz de No. 100 es de  $0.1 \pm 0.015 \text{ mm}$ .

Fin del Documento



☎ 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





# PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO  
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA  
RUC N° 20602182721

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LF - 040 - 2022

Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 3

1. Expediente	02799-2022
2. Solicitante	TRIPLE GEO EIRL
3. Dirección	MZA. G LOTE. 14 URB. VILLA DEL LAGO PUNO - PUNO - PUNO
4. Equipo	PRENSA DE ENSAYO CBR
Capacidad	5000 kgf
Marca	PERUTEST
Modelo	PT-CBR
Número de Serie	1135
Procedencia	PERU
Identificación	NO INDICA
Indicación	DIGITAL
Marca	WEIGHING INDICATOR
Modelo	NLD-SS LCD
Número de Serie	DVL2020082731
Resolución	0.1 kgf
Ubicación	NO INDICA
5. Fecha de Calibración	2022-08-08

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

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

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

2022-08-10

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.**  
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

# PERUTEST S.A.C.

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

RUC N° 20602182721

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LF - 040 - 2022

Área de Metrología

Laboratorio de Fuerza

Página 2 de 3

### 6. Método de Calibración

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

### 7. Lugar de calibración

Laboratorio de Fuerza de CALIBRATEC S.A.C.  
Avenida Chillón Lote 50-B - Comas - Lima - Lima

### 8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	20.8 °C	20.8 °C
Humedad Relativa	56 % HR	56 % HR

### 9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Informe de calibración
Celdas patrones calibradas en PUCP - Laboratorio de estructuras antisísmicas	Celda de Carga Código: PF-002 Capacidad: 10,000 kg.f	INF-LE N° 042-22 (A)

### 10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.
- Durante la realización de cada secuencia de calibración la temperatura del equipo de medida de fuerza permanece estable dentro de un intervalo de  $\pm 2,0$  °C.
- El equipo no indica clase sin embargo cumple con el criterio para máquinas de ensayo uniaxiales de clase de 1.0 según la norma UNE-EN ISO 7500-1.



☎ 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.**  
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

# PERUTEST S.A.C.

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

RUC N° 20602182721

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LF - 040 - 2022

Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza

Página 3 de 3

### 11. Resultados de Medición

Indicación del Equipo		Indicación de Fuerza (Ascenso) Patrón de Referencia			
%	$F_i$ (kgf)	$F_1$ (kgf)	$F_2$ (kgf)	$F_3$ (kgf)	$F_{Promedio}$ (kgf)
10	500	499.6	498.8	499.3	499.3
20	1000	1001.0	1000.2	1000.6	1000.6
30	1500	1500.6	1499.9	1500.7	1500.4
40	2000	2002.1	2001.9	2004.8	2003.1
50	2500	2500.4	2499.5	2500.4	2500.2
60	3000	3000.9	2998.8	2999.8	2999.8
70	3500	3501.1	3499.0	3499.7	3499.8
80	4000	4001.3	3999.3	3999.9	4000.1
90	4500	4501.8	4499.4	4500.1	4500.4
100	5000	5002.7	4999.6	5000.4	5000.6
Retorno a Cero		0.0	0.0	0.0	

Indicación del Equipo $F$ (kgf)	Errores Encontrados en el Sistema de Medición				Incertidumbre $U$ (k=2) (%)
	Exactitud $a$ (%)	Repetibilidad $b$ (%)	Reversibilidad $v$ (%)	Resol. Relativa $\alpha$ (%)	
500	0.14	0.16	-0.12	0.02	0.35
1000	-0.06	0.08	-0.03	0.01	0.34
1500	-0.03	0.05	-0.03	0.01	0.34
2000	-0.15	0.14	-0.07	0.01	0.35
2500	-0.01	0.04	-0.04	0.00	0.34
3000	0.01	0.07	-0.03	0.00	0.34
3500	0.00	0.06	-0.01	0.00	0.34
4000	0.00	0.05	-0.02	0.00	0.34
4500	-0.01	0.05	-0.02	0.00	0.34
5000	-0.01	0.06	0.00	0.00	0.34

MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO ( $f_0$ ) 0.00 %



### 12. Incertidumbre

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

☎ 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





# PERUTEST S.A.C.

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

RUC N° 20602182721

## INFORME DE VERIFICACIÓN PT - IV - 061 - 2022

Área de Metrología

Laboratorio de Longitud

Página 2 de 3

### 6. Método de Verificación

La Verificación se realizó tomando las medidas del instrumento, según las especificaciones de la norma internacional ASTM D4318 "Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit and Plastic Index of Soils."

### 7. Lugar de Verificación

En el laboratorio de Longitud de PERUTEST S.A.C.  
Avenida Chillón Lote 50 B - Comas - Lima

### 8. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	20.2 °C	20.2 °C
Humedad Relativa	70 %	70 %

### 9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
METROIL	"PIE DE REY DIGITAL de 200 mm MARCA: INSIZE"	1AD-0845-2022
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 de **VERIFICACIÓN**.

(\*) Serie grabado en el instrumento



☎ 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.**  
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

# PERUTEST S.A.C.

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

RUC N° 20602182721

## INFORME DE VERIFICACIÓN PT - IV - 061 - 2022

Área de Metrología  
Laboratorio de Longitud

Página 1 de 3

<b>1. Expediente</b>	02799-2022	Este informe de verificación 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).
<b>2. Solicitante</b>	TRIPLE GEO E.I.R.L.	
<b>3. Dirección</b>	MZA. G LOTE. 14 URB. VILLA DEL LAGO - PUNO - PUNO - PUNO	Los resultados son validos en el momento de la verificación. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una reevaluación, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
<b>4. Instrumento de medición</b>	EQUIPO LÍMITE LÍQUIDO (CAZUELA CASAGRANDE)	
<b>Marca</b>	ELE INTERNATIONAL	
<b>Modelo</b>	CL-20417	
<b>Procedencia</b>	U.S.A.	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.
<b>Numero de Serie</b>	NO INDICA	
<b>Código de Identificación</b>	IV-061	Este informe de verificación no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
<b>Tipo de contador</b>	ANALOGICO	
<b>5. Fecha de Verificación</b>	2022-08-08	El informe de verificación sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión  
2022-08-10

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

JOSE ALEJANDRO FLORES MINAYA



☎ 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.**  
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

# PERUTEST S.A.C.

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

RUC N° 20602182721

## INFORME DE VERIFICACIÓN PT - IV - 061 - 2022

Área de Metrología  
Laboratorio de Longitud

Página 3 de 3

### 11. Resultados

El equipo cumple con las especificaciones técnicas siguientes:

#### DIMENSIONES DE LA BASE DE GOMA DURA

Altura (mm)	Profundidad (mm)	Ancho (mm)
50.05	150.05	125.09

#### HERRAMIENTA DE RANURADO

EXTREMO CURVADO		
Espesor (mm)	Borde Cortante (mm)	Ancho (mm)
9.99	2.00	13.39

#### DIMENSIONES DE LA COPA

Radio de la copa (mm)	Espesor de la copa (mm)	Altura desde la guía del elevador hasta la base (mm)
54.18	2.01	47.52



Fin del Documento

☎ 913 028 621 - 913 028 622  
☎ 913 028 623 - 913 028 624  
🌐 [www.perutest.com.pe](http://www.perutest.com.pe)

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ [ventas@perutest.com.pe](mailto:ventas@perutest.com.pe)  
🏢 PERUTEST SAC



## Anexo 5. Contrato de laboratorios

### **CONTRATO DE LOCACION DE SERVICIOS**

Conste por el presente, el Contrato de Locación de Servicios que suscriben de una parte, la empresa TRIPLE GEO E.I.R.L. con registro único de contribuyentes (RUC) N° 20607250333, señalando domicilio de la Urbanización Villa del Lago Mz. G Lote 14, representado por la Gerente General Ing. Geólogo **ELIZABETH COOPA GORDILLO**, con DNI 01334159 a quien en adelante se denominara **EL COMITENTE** y de la otra parte los Bachilleres de la carrera profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Cesar Vallejo, Srta. **APAZA VELASQUEZ BETY RAQUEL**, identificada con DNI 46733591 y el Sr. **QUISCA OTAZU RODY**, identificado con DNI 71439222, a quien en adelante se denominara **EL LOCADOR**, en los términos y condiciones siguientes:

**PRIMERO:** es objetivo del presente contrato, realizar trabajos de laboratorio de suelos para la elaboración de tesis que consiste en:

- Ensayos de Contenido de humedad (2).
- Ensayos de Granulometría (8, 2 en muestra patrón y 6 con adiciones de escoria siderúrgica y organosilanos).
- Ensayos de Limites de consistencia (8, 2 en muestra patrón y 6 con adiciones de escoria siderúrgica y organosilanos).
- Ensayos de Proctor modificado (8, 2 en muestra patrón y 6 con adiciones de escoria siderúrgica y organosilanos).
- Ensayos de CBR (8, 2 en muestra patrón y 6 con adiciones de escoria siderúrgica y organosilanos).

Trabajos que serán realizados por el **COMITENTE**, de acuerdo a las especificaciones realizadas por los **LOCADORES**.

**SEGUNDO:** EL **COMITENTE** se obliga a realizar trabajos de estudios de suelos en el laboratorio de su empresa poniendo a disposición su experiencia profesional-técnica y capacidad para realizar los trabajos solicitados por los **LOCADORES**.

**TERCERO: plazo de contrato.** - por la locación de servicios el **COMITENTE**, se obliga a presentar sus servicios a partir del día 23 de setiembre del 2022 debiendo de entregar el trabajo culminado en 30 días.

**CUARTO: honorarios.** - por locación de servicios el **COMITENTE** se obliga a prestar sus servicios por un tiempo de 30 días para realizar el trabajo determinado a cambio de una retribución económica, que deberán abonar los **LOCADORES**, en monto fijado por los servicios prestados por la suma ascendente a s/ 2,000.00 (DOS MIL Y 00/100 SOLES).

**QUINTO: forma de pago.** - dicho monto será cancelado a la prestación efectiva del servicio, de la siguiente manera:

- 50% a la firma del contrato y el 50% a la entrega de los resultados del trabajo.



**URB. VILLA DEL LAGO MZ - "G" LOTE 14 TEL. 94225341 - 951810504**



**SEXTO: confidencialidad de la información.** - la información obtenida por el COMITENTE dentro del cumplimiento de sus obligaciones, así como sus informes y toda clase de documentos que produzca o tenga a su alcance de manera directa o indirecta, relacionados o no con la ejecución de sus trabajos, serán confidenciales, no pudiendo ser divulgados por el COMITENTE, sin la autorización expresa del LOCADORES.

Los contratantes declaran que en la celebración del presente contrato no ha mediado causal alguna que invalide el presente contrato, en fe de lo cual firmamos en señal de conformidad en dos ejemplares en la ciudad de Puno a los 23 días del mes de setiembre del 2022.

Ambas partes en señal de conformidad suscriben el presente contrato.

Puno 23 de setiembre del 2022




*Bmedel*

EL COMITENTE

Bach. Apaza Velásquez; Bety Raquel  
DNI 46733591

Bach. Quisca Otazu, Rody  
DNI 71439222

GEO




TRIPLE GEO

URB. VILLA DEL LAGO MZ - "G" LOTE 14 TEL. 942225341 - 951810504



## Anexo 6. Certificado de los ensayos de laboratorio.



**TRIPLE GEO** S.R.L. LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO  
Calidad y Experiencia Geología - Geofísica - Geotecnia

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

**ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)**

**TESIS** : " MODIFICACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON ESCORIA SIDERÚRGICA Y ORGANOSILANOS EN LA CARRETERA UMACO - ATUNCOLLA, PUNO, 2022"

**SOLICITANTE** : BACHILLER. APAZA VELASQUEZ BETY RAQUEL - BACHILLER. QUISCA OTAZU RODY

**UBICACIÓN** : UMACO - ATUNCOLLA, PUNO

**MUESTRA** : CALICATA N° 1 ( SIN ADICION)


**COORDENADAS** : E376870.877 N8261685.499

**PROFUNDIDAD** : 0.00 - 1.50 m

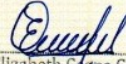
**FECHA** : 02 DE OCTUBRE DEL 2022

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO: DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	75.000						P.I.= 300.00
2 1/2"	63.000						P.L.= 63.76
2"	50.000						P.P.= 236.24
1 1/2"	38.100						% W = 15.33
1"	25.000						<b>LIMITES DE CONSISTENCIA:</b>
3/4"	19.000						L.L.= 28.37
1/2"	12.500						L.P.= 14.49
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00		I.P.= 13.88
1/4"	6.300						<b>CARACT. GRANULOMÉTRICAS:</b>
No4	4.750	1.54	0.51	0.51	99.49		D10= --- Cu= ---
No8	2.360						D30= --- Cc= ---
No10	2.000	2.02	0.67	1.19	98.81		
No16	1.180						<b>CLASIFICACIÓN:</b>
No20	0.850	1.44	0.48	1.67	98.33		I.G. =
No30	0.600						SUCS : CL
No40	0.425	1.40	0.47	2.13	97.87		ASSTHO : A-6 (10)
No 50	0.300	1.34	0.45	2.58	97.42		<b>OBSERVACIONES:</b> SUELO DE COLOR ROJIZO
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.150	13.30	4.43	7.01	92.99		
No200	0.075	42.72	14.24	21.25	78.75		
<b>BASE</b>		236.24	78.75	100.00	0.00		
<b>TOTAL</b>		300.00	100.00				
<b>% PERDIDA</b>			78.75				

### CURVA GRANULOMÉTRICA



NOTA: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR LOS BACHILLERES.

  
 Elizabeth Cota Gordillo  
 INGENIERO GEÓLOGO  
 CIP 121350

LOS RESULTADOS SERAN VALIDOS SOLO CON EL SELLO SECO

**URB. VILLA DEL LAGO MZ - "G" LOTE 14 TEL. 94225341 - 951810504**





**TESIS** : " MODIFICACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON ESCORIA SIDERÚRGICA Y ORGANOSILANOS EN LA CARRETERA UMAYO - ATUNCOLLA,PUNO,2022"  
**SOLICITANTE** : BACHILLER. APAZA VELASQUEZ BETY RAQUEL - BACHILLER.QUISCA OTAZU RODY  
**UBICACIÓN** : UMAYO - ATUNCOLLA,PUNO  
**MUESTRA** : CALICATA N° 1 ( SIN ADICION)  
**COORDENADAS** : E376870.877 N8261685.499  
**PROFUNDIDAD** : 0.00 - 1.50 m  
**FECHA** : 02 DE OCTUBRE DEL 2022

**CONTENIDO DE HUMEDAD  
 ASTM - D - 2216 - MTC - E 108**

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	443.89
SUELO SECO + TARRO	gr	393.54
PESO DEL TARRO	gr	65.05
PESO DEL AGUA	gr	50.35
PESO DEL SUELO SECO	gr	328.49
HUMEDAD %	%	15.33

**LÍMITE LIQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD  
 ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90**

LÍMITE LIQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
TARRO N°		I	J	I	J
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	38.74	37.96	17.35	16.83
SUELO SECO + TARRO	gr	35.55	35.07	16.54	16.09
PESO DEL TARRO	gr	24.29	24.80	10.95	10.98
PESO DEL AGUA	gr	3.19	2.89	0.81	0.74
PESO DEL SUELO SECO	gr	11.26	10.27	5.59	5.11
HUMEDAD %	%	28.33	28.14	14.49	14.48
N° DE GOLPES		26	26		

<b>LÍMITE LIQUIDO %</b> :	<b>28.37</b>	<b>LÍMITE PLÁSTICO %</b> :	<b>14.49</b>
---------------------------	--------------	----------------------------	--------------

<b>ÍNDICE PLÁSTICO %</b> :	<b>13.88</b>
----------------------------	--------------

$LL = Wn * (N/25)^{0.121}$   
 Donde:  
 LL = Límite Líquido  
 Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)  
 N = Número de Golpes

NOTA: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR LOS BACHILLERES.

Elizabeth Ucopa Gordillo  
 INGENIERO GEÓLOGO  
 C.R. 121359

RESULTADOS SERAN VALIDOS SOLO CON EL SELLO SECO

**URB. VILLA DEL LAGO MZ - "G" LOTE 14 TEL. 942225341 - 951810504**





**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO**

(MTC E-115 / ASTM D-1557 / AASHTO T-180)

**TESIS** : \*MODIFICACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON ESCORIA SIDERÚRGICA Y ORGANOSILANOS EN LA CARRETERA UMAYO-ATUNCOLLA,PUNO,2022\*  
**SOLICITANTE** : BACHILLER. APAZA VELASQUEZ BETY RAQUEL - BACHILLER. QUISCA OTAZU RODY  
**UBICACIÓN** : CALICATA N°1 MARGEN DERECHO  
**MUESTRA** : CALICATA N° 1 - ( SIN ADICION ) **FECHA** : 20/10/2022  
**COORDENADAS** : UTM: 378870.877 E - 8261685.499 N **PROFUNDIDAD** : 0.00 - 1.50 m

MÉTODO	4"		6"	VOLUMEN DEL MOLDE (B)	926	cm <sup>3</sup>	NÚMERO DE CAPAS	5
	A	B	C	PESO DEL MOLDE	3740		NÚMERO DE GOLPES	25

P. SUELO HUMEDO + P. MOLDE	gr.	5501	5580	5560	5538
P. DEL MOLDE	gr.	3740	3740	3740	3740
P. SUELO HUMEDO	gr/cm <sup>3</sup> .	1761	1840	1820	1798
DENSIDAD DE SUELO HUMEDO	gr/cm <sup>3</sup> .	1.902	1.988	1.966	1.942

	No	1	2	3	4	5	6	7	8
PESO SUELO HUMEDO + P. TARA	gr.	297.61	370.86	288.12	320.75	306.00	333.08	362.34	350.17
PESO SUELO SECO + P. TARA	gr.	272.00	336.06	280.07	288.75	272.05	296.74	316.92	305.25
PESO DE TARA	gr.	75.95	83.40	74.13	76.92	78.31	81.16	79.58	75.50
PESO DEL AGUA	gr.	25.61	34.81	28.05	32.00	33.95	36.34	45.42	44.92
PESO DE SUELO SECO	gr.	196.15	252.65	185.94	211.83	193.74	215.58	237.34	229.75
PORCENTAJE DE HUMEDAD	%	13.06%	13.78%	15.09%	15.11%	17.52%	16.86%	19.14%	19.55%
PROMEDIO DE HUMEDAD	%	13.42%			15.10%	17.19%			19.34%
DENSIDAD DE SUELO SECO	%	1.677		1.727	1.678		1.627		

RESULTADOS			
MAXIMA DENSIDAD SECA	1.727	gr/cm <sup>3</sup>	ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD
			15.02%



\* LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR LOS BACHILLERES

LOS RESULTADOS SERAN VALIDOS SOLO CON EL SELLO SECO

**URB. VILLA DEL LAGO MZ - "G" LOTE 14 TEL. 942225341 - 951810504**

*Elizabeth C. G. Gordillo*  
 Elizabeth C. Gordillo  
 INGENIERO GEOLOGO  
 CIP. 121350





**VALOR RELATIVO DE SOPORTE (C.B.R.)**

(MTC E 132 / ASTM D-1883)

TESIS : "MODIFICACION DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON ESCORIA SIDERURGICA Y ORGANOSILANOS EN LA CARRETERA UMAYO-ATUNCOLLA,PUNO,2022"  
 SOLICITANTE : BACHILLER, APAZA VELASQUEZ BETY RAQUEL - BACHILLER, QUISCA OTAZU RODY  
 UBICACION : CALICATA N°1 MARGEN DERECHO  
 MUESTRA : CALICATA N° 1 - ( SIN ADICION ) FECHA : 22/10/2022  
 COORDENADAS : UTM: 376870.677 E - 8261685.499 N PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.50 m

MOLDE N°	UNID.	10		11		12	
		55		26		12	
CAPAS		5		5		5	
GOLPES POR CAPA N°		55		26		12	
CONDICIÓN DE MUESTRA		SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO	gr.	14325	14406	14247	14439	14176	14466
PESO DEL MOLDE	gr.	8042	8042	8090	8090	8180	8180
VOLUMEN DE LA MUESTRA	cm <sup>3</sup>	3170	3170	3198	3198	3192	3192
PESO DEL SUELO HUMEDO	gr.	6283	6364	6157	6349	5996	6286
DENSIDAD HUMEDA	gr./cm <sup>3</sup>	1.982	2.008	1.925	1.985	1.878	1.969
TARRO N°		1	A-3	2	A-4	3	A-5
TARRO + SUELO HUMEDO	gr.	321.49	310.92	339.83	300.49	330.25	316.27
TARRO + SUELO SECO	gr.	289.42	273.56	305.87	260.97	296.67	270.18
PESO DEL TARRO	gr.	78.85	63.44	83.4	64.66	74.13	66.69
PESO DEL AGUA	gr.	32.07	37.36	33.96	39.52	33.58	46.09
PESO DEL SUELO SECO	gr.	210.57	210.12	222.47	196.31	222.54	203.49
HUMEDAD	%	15.23%	17.78%	15.26%	20.13%	15.09%	22.85%
DENSIDAD SECA	gr./cm <sup>3</sup>	1.720	1.706	1.670	1.653	1.632	1.606

**ENSAYO EXPANSIÓN**

FECHA	HORA	TIEMPO (HORAS)	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%
23/10/22	1.00 Pm	0:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24/10/22	1.00 Pm	24:00:00	7.90	-0.18	0.14	14.00	0.36	0.28	18.00	0.46	0.36
25/10/22	1.00 Pm	48:00:00	11.00	0.26	0.22	18.00	0.46	0.36	23.00	0.58	0.46
26/10/22	1.00 Pm	72:00:00	15.00	0.38	0.30	22.00	0.56	0.44	27.00	0.69	0.54
27/10/22	1.00 Pm	96:00:00	17.00	0.43	0.34	25.00	0.64	0.50	30.00	0.76	0.60

**PENETRACIÓN**

TIEMPO	PENETRACIÓN		DIAL	CARGA	ESFUERZO	CORREG.	DIAL	CARGA	ESFUERZO	CORREG.	DIAL	CARGA	ESFUERZO	CORREG.
	mm	pulg.												
0:00	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0:30	0.635	0.025	39.0	39	2.0	29.0	29	1.5	22.0	22	1.1			
1:00	1.270	0.050	56.0	56	2.8	51.0	51	2.6	32.0	32	1.6			
1:30	1.900	0.075	85.0	85	4.3	70.0	70	3.5	48.0	48	2.4			
2:00	2.540	0.100	113.0	113	5.7	89.0	89	4.5	62.0	62	3.1			
3:00	3.810	0.150	152.0	152	7.7	119.0	119	6.0	81.0	81	4.1			
4:00	5.080	0.200	182.0	182	9.2	144.0	144	7.3	95.0	95	4.8			
5:00	6.350	0.250	211.0	211	10.7	168.0	168	8.5	110.0	110	5.6			
6:00	7.620	0.300	237.0	237	12.0	187.0	187	9.5	123.0	123	6.2			
8:00	10.160	0.400	260.0	260	13.1	213.0	213	10.8	138.0	138	7.0			
10:00	12.700	0.500	263.0	263	13.3	218.0	218	11.0	141.0	141	7.1			

\* LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR LOS BACHILLERES

LOS RESULTADOS SERAN VALIDOS SOLO CON EL SELLO SECO

URB. VILLA DEL LAGO MZ - "G" LOTE 14 TEL. 942225341 - 951810504

*Elizabeth*  
**Elizabeth Copca Gordillo**  
 INGENIERO GEÓLOGO  
 CIP 121350





**TESIS** : "MODIFICACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON ESCORIA SIDERÚRGICA Y ORGANOSILANOS EN LA CARRETERA UMAYO-ATUNCOLLA, PUNO, 2022"  
**SOLICITANTE** : BACHILLER. APAZA VELASQUEZ BETY RAQUEL - BACHILLER. QUISCA OTAZU RODY  
**UBICACIÓN** : CALICATA N°1 MARGEN DERECHO  
**MUESTRA** : CALICATA N° 1 - ( SIN ADICION )  
**COORDENADAS** : UTM: 376670.877 E - 8261685.499 N  
**FECHA** : 22/10/2022  
**PROFUNDIDAD** : 0.00 - 1.50 m

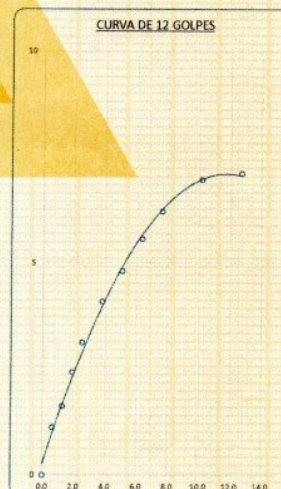
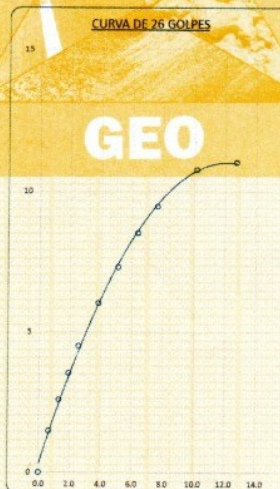
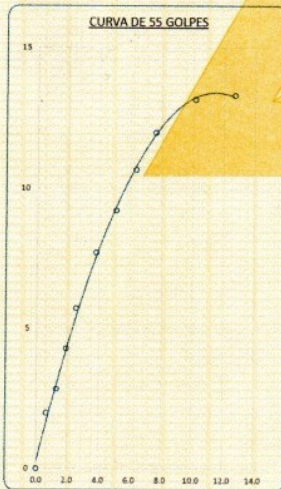


**PARAMETROS DE C.B.R.**

C.B.R. 01" AL 100% = 9.0%  
C.B.R. 01" AL 95% M.D.S. = 5.8%

**LEYENDA**

— CURVA A 0.1"



LOS RESULTADOS SERAN VALIDOS SOLO CON EL SELLO BECO

**URB. VILLA DEL LAGO MZ - "G" LOTE 14 TEL. 942225341 - 951810504**

Elizabeth Y. Copa Gordillo  
INGENIERO GEÓLOGO  
CIP: 121350





**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)**

**ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)**

**TESIS** : \* MODIFICACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON ESCORIA SIDERÚRGICA Y ORGANOSILANOS EN LA CARRETERA UMAYO - ATUNCOLLA, PUNO, 2022\*

**SOLICITANTE** : BACHILLER. APAZA VELASQUEZ BETY RAQUEL - BACHILLER. QUISCA OTAZU RODY

**UBICACIÓN** : UMAYO - ATUNCOLLA, PUNO

**MUESTRA** : CALICATA N° 1 ( ADICION 2% DE ESCORIA Y 2% DE ORGANOSILANOS)

**COORDENADAS** : E376870.877 N8261686.499

**PROFUNDIDAD** : 0.00 - 1.50 m

**FECHA** : 07 DE OCTUBRE DEL 2022

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.
3"	75.000					
2 1/2"	63.000					
2"	50.000					
1 1/2"	38.100					
1"	25.000					
3/4"	19.000					
1/2"	12.500					
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/4"	6.300					
No4	4.750	1.93	0.64	0.64	99.36	
No8	2.360					
No10	2.000	2.09	0.70	1.34	98.66	
No16	1.180					
No20	0.850	1.58	0.53	1.87	98.13	
No30	0.600					
No40	0.425	1.69	0.56	2.43	97.57	
No 50	0.300	1.90	0.63	3.06	96.94	
No60	0.250					
No80	0.180					
No100	0.150	14.01	4.67	7.73	92.27	
No200	0.075	43.18	14.39	22.13	77.87	
<b>BASE</b>		233.62	77.87	100.00	0.00	
<b>TOTAL</b>		300.00	100.00			
<b>% PERDIDA</b>			77.87			

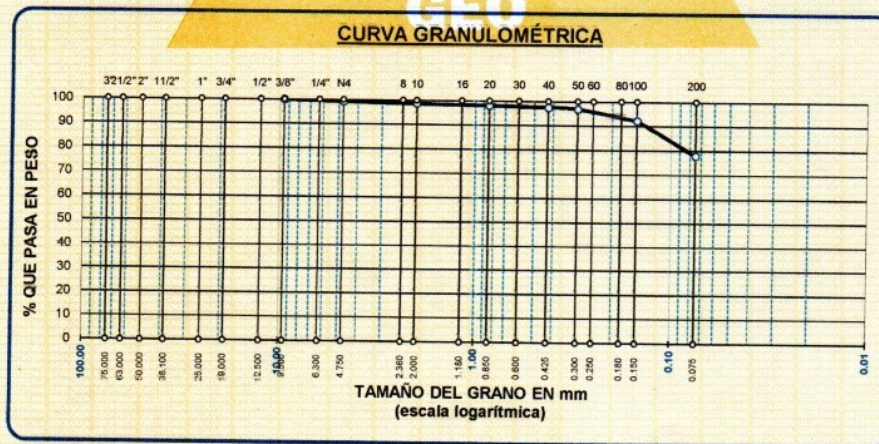
**TAMAÑO MAXIMO:**  
 DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA  
 P.I.= 300.00  
 P.L.= 66.38  
 P.P.= 233.62  
 % w = 14.80

**LIMITES DE CONSISTENCIA:**  
 L.L.= 28.04  
 L.P.= 15.57  
 I.P.= 12.47

**CARACT. GRANULOMÉTRICAS:**  
 D10= --- Cu= ---  
 D30= --- Cc= ---  
 D60= ---

**CLASIFICACIÓN:**  
 I.G. = :  
 SUCS : CL  
 ASSTHO : A-6 (9)

**OBSERVACIONES:** SUELO DE COLOR ROJIZO



NOTA: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR LOS BACHILLERES.



LOS RESULTADOS SERAN VALIDOS SOLO CON EL SELLO SECO

*Elizabeth C. Copia Gordillo*  
 INGENIERO GEÓLOGO  
 CIP: 121350

**URB. VILLA DEL LAGO MZ - "G" LOTE 14 TEL. 942225341 - 951810504**





**TESIS** : " MODIFICACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON ESCORIA SIDERÚRGICA Y ORGANOSILANOS EN LA CARRETERA U MAYO - ATUNCOLLA, PUNO, 2022"

**SOLICITANTE** : BACHILLER. APAZA VELASQUEZ BETY RAQUEL - BACHILLER QUISCA OTAZU RODY

**UBICACIÓN** : U MAYO - ATUNCOLLA, PUNO

**MUESTRA** : CALICATA N° 1 ( ADICION 2% DE ESCORIA Y 2% DE ORGANOSILANOS)

**COORDENADAS** : E376870.877 N6261685.499

**PROFUNDIDAD** : 0.00 - 1.50 m

**FECHA** : 07 DE OCTUBRE DEL 2022

**CONTENIDO DE HUMEDAD  
 ASTM - D - 2216 - MTC - E 108**

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	
SUELO SECO + TARRO	gr	
PESO DEL TARRO	gr	
PESO DEL AGUA	gr	
PESO DEL SUELO SECO	gr	
HUMEDAD %	%	

**LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD  
 ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90**

**LÍMITE LÍQUIDO**

TARRO N°		K	L
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	35.71	36.70
SUELO SECO + TARRO	gr	33.06	33.78
PESO DEL TARRO	gr	23.54	23.25
PESO DEL AGUA	gr	2.65	2.92
PESO DEL SUELO SECO	gr	9.52	10.53
HUMEDAD %	%	27.84	27.73
N° DE GOLPES		27	27

**LÍMITE PLÁSTICO**

K	L
16.21	16.05
15.49	15.35
10.92	10.80
0.72	0.70
4.57	4.55
15.75	15.38

**LÍMITE LÍQUIDO %** : **28.04**      **LÍMITE PLÁSTICO %** : **15.57**

**ÍNDICE PLÁSTICO %** : **12.47**

$LL = Wn * (N/25)^{0.121}$   
 Donde:  
 LL = Límite Líquido  
 Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)  
 N = Número de Golpes

NOTA: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR LOS BACHILLERES.

RESULTADOS SERAN VALIDOS SOLO CON EL SELLO SECO

Elizabeth Cropa Gordillo  
 INGENIERO GEÓLOGO  
 CIP 121350

**URB. VILLA DEL LAGO MZ - "G" LOTE 14 TEL. 942225341 - 951810504**





**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO**

(MTC E-115 / ASTM D-1557 / AASHTO T-180)

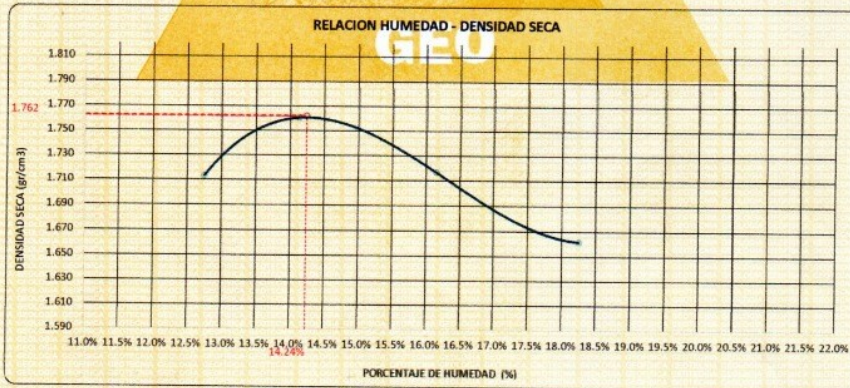
**TESIS** : "MODIFICACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON ESCORIA SIDERÚRGICA Y ORGANOSILANOS EN LA CARRETERA UMAYO-ATUNCOLLA, PUNO, 2022"  
**SOLICITANTE** : BACHILLER. APAZA VELASQUEZ BETY RAQUEL - BACHILLER. QUISCA OTAZU RODY  
**UBICACIÓN** : CALICATA N°1 MARGEN DERECHO  
**MUESTRA** : CALICATA N° 1 - ( CON ADICION 2% DE ESCORIA Y 2% DE ORGANOSILANOS )  
**COORDENADAS** : UTM: 376870.877 E - 8261685.499 N  
**FECHA** : 20/10/2022  
**PROFUNDIDAD** : 0.00 - 1.50 m

MÉTODO	4"			VOLUMEN DEL MOLDE (B)	926 cm <sup>3</sup>	NÚMERO DE CAPAS	5
	A	B	C				

P. SUELO HUMEDO - P. MOLDE	gr.	5528	5600	5586	5559
P. DEL MOLDE	gr.	3740	3740	3740	3740
P. SUELO HUMEDO	gr/cm <sup>3</sup> .	1788	1860	1846	1819
DENSIDAD DE SUELO HUMEDO	gr/cm <sup>3</sup> .	1.932	2.009	1.994	1.965

	No	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6	A-7	A-8
PESO SUELO HUMEDO + P. TARA	gr.	310.29	326.19	309.84	360.27	350.17	338.96	324.19	321.47
PESO SUELO SECO + P. TARA	gr.	282.48	290.73	279.24	323.59	311.00	300.76	284.02	282.19
PESO DE TARA	gr.	64.74	65.06	63.44	64.66	66.69	65.90	64.22	66.57
PESO DEL AGUA	gr.	27.81	29.46	30.40	36.68	39.17	38.20	40.17	39.28
PESO DE SUELO SECO	gr.	217.74	231.68	215.80	258.93	244.31	234.86	219.80	215.62
PORCENTAJE DE HUMEDAD	%	12.77%	12.72%	14.09%	14.17%	16.03%	16.27%	18.28%	18.22%
PROMEDIO DE HUMEDAD	%	12.74%		14.13%		16.16%		18.25%	
DENSIDAD DE SUELO SECO	%	1.713		1.761		1.717		1.662	

RESULTADOS			
MAXIMA DENSIDAD SECA	1.762	gr/cm <sup>3</sup>	ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD
			14.24%



\* LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR LOS BACHILLERES

LOS RESULTADOS SERAN VALIDOS SOLO CON EL SELLO SECO

URB. VILLA DEL LAGO MZ - "G" LOTE 14 TEL. 942225341 - 951810504

*Elizabeth Cerna Gordillo*  
 Elizabeth Cerna Gordillo  
 INGENIERA GEOLOGA  
 CIP 121350





**VALOR RELATIVO DE SOPORTE (C.B.R.)**

(MTC E 132 / ASTM D-1883)

TESIS : MODIFICACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON ESCORIA SIDERURGICA Y ORGANOSILANOS EN LA CARRETERA UMAYO-ATUNCOLLA,PUNO,2022"  
 SOLICITANTE : BACHILLER. APAZA VELASQUEZ BETY RAQUEL - BACHILLER. QUISCA OTAZU RODY  
 UBICACIÓN : CALICATA N°1 MARGEN DERECHO  
 MUESTRA : CALICATA N° 1 - ( CON ADICION 2% DE ESCORIA Y 2% DE ORGANOSILANOS ) FECHA : 22/10/2022  
 COORDENADAS : UTM: 376870.677 E - 6261685.499 N PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.50 m

MOLDE N°	UNID	13	14	15			
CAPAS		5	5	5			
GOLPES POR CAPA N°		55	26	12			
CONDICIÓN DE MUESTRA		SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO	gr.	14450	14438	14402	14500	14214	14327
PESO DEL MOLDE	gr.	8014	8014	8032	8032	7998	7998
VOLUMEN DE LA MUESTRA	cm3	3186	3186	3233	3233	3207	3207
PESO DEL SUELO HUMEDO	gr.	6436	6424	6370	6468	6216	6329
DENSIDAD HUMEDA	gr./cm3	2.020	2.016	1.970	2.001	1.938	1.973
TARRO N°		4	A-6	5	A-7	6	A-8
TARRO + SUELO HUMEDO	gr.	350.6	290.28	349.08	313.11	337.26	320.14
TARRO + SUELO SECO	gr.	318.26	251.39	314.34	273.68	304.45	277.05
PESO DEL TARRO	gr.	76.92	15.9	78.31	64.22	81.16	66.57
PESO DEL AGUA	gr.	34.34	38.89	34.74	39.43	32.81	43.09
PESO DEL SUELO SECO	gr.	239.34	235.49	236.03	206.46	223.29	210.48
HUMEDAD	%	14.35%	16.51%	14.72%	18.82%	14.69%	20.47%
		14.35%	16.51%	14.72%	18.82%	14.69%	20.47%
DENSIDAD SECA	gr./cm3	1.767	1.731	1.718	1.684	1.690	1.638

**ENSAYO EXPANSIÓN**

FECHA	HORA	TIEMPO (HORAS)	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%
23/10/22	2:00 Pm	0:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24/10/22	2:00 Pm	24:00:00	5.00	0.13	0.10	12.00	0.30	0.24	16.00	0.41	0.32
25/10/22	2:00 Pm	48:00:00	9.00	0.23	0.18	16.00	0.41	0.32	21.00	0.53	0.42
26/10/22	2:00 Pm	72:00:00	13.00	0.33	0.26	21.00	0.53	0.42	25.00	0.64	0.50
27/10/22	2:00 Pm	96:00:00	16.00	0.41	0.32	23.00	0.58	0.46	27.00	0.69	0.54

**PENETRACIÓN**

TIEMPO	PENETRACIÓN		DIAL	CARGA	ESFUERZO	CORREG.	DIAL	CARGA	ESFUERZO	CORREG.	DIAL	CARGA	ESFUERZO	CORREG.
	mm	pulg.												
0:00	0.000		0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	
0:30	0.635	0.025	46.0	46	2.3		32.0	32	1.6		29.0	29	1.5	
1:00	1.270	0.050	65.0	65	3.3		60.0	60	3.0		40.0	40	2.0	
1:30	1.900	0.075	96.0	96	4.9		77.0	77	3.9		55.0	55	2.8	
2:00	2.540	0.100	128.0	128	6.5		96.0	96	4.9		70.0	70	3.5	
3:00	3.810	0.150	167.0	167	8.4		128.0	128	6.5		89.0	89	4.5	
4:00	5.080	0.200	196.0	196	9.9		153.0	153	7.7		104.0	104	5.3	
5:00	6.350	0.250	224.0	224	11.3		176.0	176	8.9		120.0	120	6.1	
6:00	7.620	0.300	251.0	251	12.7		198.0	198	10.0		132.0	132	6.7	
8:00	10.160	0.400	275.0	275	13.9		220.0	220	11.1		146.0	146	7.4	
10:00	12.700	0.500	270.0	270	13.6		222.0	222	11.2		143.0	143	7.2	

\* LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR LOS BACHILLERES



*Elizabeth*  
**Elizabeth Zeopa Gordillo**  
 INGENIERO GEÓLOGO  
 CIP. 121250

LOS RESULTADOS SERAN VALIDOS SOLO CON EL SELLO SECO

**URB. VILLA DEL LAGO MZ - "G" LOTE 14 TEL. 942225341 - 951810504**





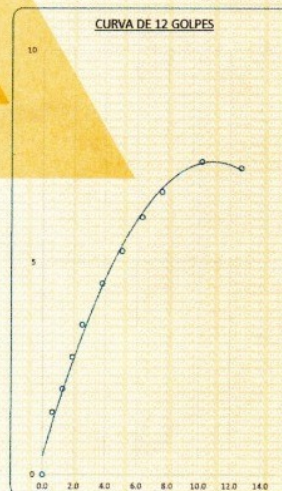
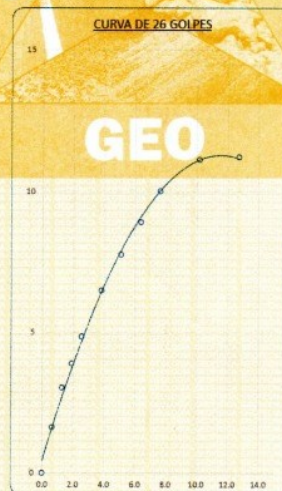
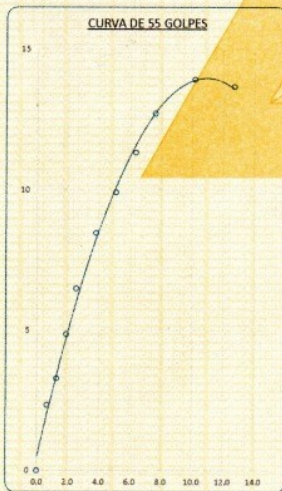
**TESIS** : "MODIFICACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON ESCORIA SIDERÚRGICA Y ORGANOSILANOS EN LA CARRETERA UMAYO-ATUNCOLLA PUNO 2022"  
**SOLICITANTE** : BACHILLER. APAZA VELASQUEZ BETY RAQUEL - BACHILLER. QUISCA OTAZU RODY  
**UBICACIÓN** : CALICATA N°1 MARGEN DERECHO  
**MUESTRA** : CALICATA N° 1 - ( CON ADICION 2% DE ESCORIA Y 2% DE ORGANOSILANOS )  
**COORDENADAS** : UTM: 376870.877 E - 8261685.499 N  
**FECHA** : 22/10/2022  
**PROFUNDIDAD** : 0.00 - 1.50 m



**PARAMETROS DE C.B.R.**  
C.B.R. 01" AL 100% = 10.6%  
C.B.R. 01" AL 95% M.D.S. = 6.6%

**LEYENDA**

— CURVA A 0.1"



*Elizabeth*  
Elizabeth Copa Gordillo  
INGENIERO GEÓLOGO  
CIP 121350

LOS RESULTADOS SERAN VALIDOS SOLO CON EL SELLO SECO

**URB. VILLA DEL LAGO MZ - "G" LOTE 14 TEL. 942225341 - 951810504**





**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)**

**ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)**

**PROYECTO** : " MODIFICACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON ESCORIA SIDERÚRGICA Y ORGANOSILANOS EN LA CARRETERA UMAYO - ATUNCOLLA,PUNO,2022"

**SOLICITANTE** : BACHILLER. APAZA VELASQUEZ BETY RAQUEL - BACHILLER QUISCA OTAZU RODY

**UBICACIÓN** : UMAYO - ATUNCOLLA,PUNO

**MUESTRA** : CALICATA N° 1 ( ADICION 3% DE ESCORIA Y 3% DE ORGANOSILANOS)

**COORDENADAS** : E376870.877 N8261685.499

**PROFUNDIDAD** : 0.00 - 1.50 m.

**FECHA** : 07 DE OCTUBRE DEL 2022

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.
3"	75.000					
2 1/2"	63.000					
2"	50.000					
1 1/2"	38.100					
1"	25.000					
3/4"	19.000					
1/2"	12.500					
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/4"	6.300					
No4	4.750	1.42	0.57	0.57	99.43	
No8	2.360					
No10	2.000	1.94	0.78	1.34	98.66	
No16	1.180					
No20	0.850	1.69	0.68	2.02	97.98	
No30	0.600					
No40	0.425	1.98	0.79	2.81	97.19	
No 50	0.300	2.04	0.82	3.63	96.37	
No60	0.250					
No80	0.180					
No100	0.150	14.88	5.95	9.58	90.42	
No200	0.075	44.23	17.69	27.27	72.73	
<b>BASE</b>		181.82	72.73	100.00	0.00	
<b>TOTAL</b>		250.00	100.00			
<b>% PERDIDA</b>		72.73				

**TAMAÑO MAXIMO:**

**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA**  
 P.I.= 250.00  
 P.L.= 68.18  
 P.P.= 181.82  
 % W =

**LIMITES DE CONSISTENCIA:**  
 L.L.= 27.28  
 L.P.= 15.48  
 I.P.= 11.80

**CARACT. GRANULOMÉTRICAS:**  
 D10= --- Cu= ---  
 D30= --- Cc= ---  
 D60= ---

**CLASIFICACIÓN:**  
 I.G. = :  
 SUCS : CL  
 ASSTHO : A-6 (B)

**OBSERVACIONES:** SUELO DE COLOR ROJIZO



LOS RESULTADOS SERAN VALIDOS SOLO CON EL SELLO SECO

**URB. VILLA DEL LAGO MZ - "G" LOTE 14 TEL. 942225341 - 951810504**

*Elizabeth Ccoya Gordillo*  
 INGENIERO FÍSICO  
 CIP 121350





**PROYECTO** : " MODIFICACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON ESCORIA SIDERÚRGICA Y ORGANOSILANOS EN LA CARRETERA UMAYO - ATUNCOLLA,PUNO,2022"  
**SOLICITANTE** : BACHILLER. APAZA VELASQUEZ BETY RAQUEL - BACHILLER. QUISCA OTAZU RODY  
**UBICACIÓN** : CALICATA N° 1 MARGEN DERECHO  
**MUESTRA** : CALICATA N° 1 ( ADICION 3% DE ESCORIA Y 3% DE ORGANOSILANOS)  
**COORDENADAS** : E376870.877 N8261885.499  
**PROFUNDIDAD** : 0.00 - 1.50 m.  
**FECHA** : 07 DE OCTUBRE DEL 2022

**CONTENIDO DE HUMEDAD  
 ASTM - D - 2216 - MTC - E 108**

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	
SUELO SECO + TARRO	gr	
PESO DEL TARRO	gr	
PESO DEL AGUA	gr	
PESO DEL SUELO SECO	gr	
HUMEDAD %	%	

**LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD  
 ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90**

TARRO N°	LÍMITE LÍQUIDO		LÍMITE PLÁSTICO		
	M	N	M	N	
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	37.96	36.82	16.53	16.21
SUELO SECO + TARRO	gr	35.11	34.01	15.78	15.49
PESO DEL TARRO	gr	24.85	23.62	10.88	10.89
PESO DEL AGUA	gr	2.85	2.81	0.75	0.72
PESO DEL SUELO SECO	gr	10.26	10.39	4.90	4.60
HUMEDAD %	%	27.78	27.05	15.31	15.65
N° DE GOLPES		24	24		
<b>LÍMITE LÍQUIDO %</b>		<b>27.28</b>	<b>LÍMITE PLÁSTICO %</b>		<b>15.48</b>
<b>ÍNDICE PLÁSTICO %</b>		<b>11.80</b>			

$LL = Wn * (N/25)^{0.121}$   
 Donde:  
 LL = Límite Líquido  
 Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)  
 N = Número de Golpes

¡ RESULTADOS SERAN VALIDOS SOLO CON EL SELLO SECO

**URB. VILLA DEL LAGO MZ - "G" LOTE 14 TEL. 942225341 - 951810504**

Elizabeth Ccopta Gordillo  
 INGENIERO GEÓLOGO  
 CIP 121350





**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO**

(MTC E-115 / ASTM D-1557 / AASHTO T-180)

**TESIS** : \*MODIFICACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON ESCORIA SIDERÚRGICA Y ORGANOSILANOS EN LA CARRETERA UMAYO-ATUNCOLLA, PUNO, 2022\*

**SOLICITANTE** : BACHILLER. APAZA VELASQUEZ BETY RAQUEL - BACHILLER. QUISCA OTAZU RODY

**UBICACIÓN** : CALICATA N°1 MARGEN DERECHO

**MUESTRA** : CALICATA N° 1 - ( CON ADICION 3% DE ESCORIA Y 3% DE ORGANOSILANOS )

**FECHA** : 22/10/2022

**COORDENADAS** : UTM: 376870.877 E - 8261685.499 N

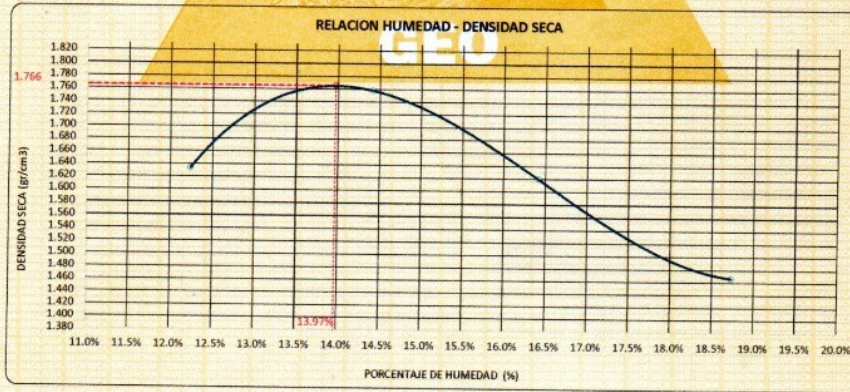
**PROFUNDIDAD** : 0.00 - 1.50 m

MÉTODO	4"		6"	VOLUMEN DEL MOLDE (B)	926 cm <sup>3</sup>	NÚMERO DE CAPAS	5
	A	B	C	PESO DEL MOLDE	3740	NÚMERO DE GOLPES	25

P. SUELO HUMEDO + P. MOLDE	gr.	9437	9602	9486	9352
P. DEL MOLDE	gr.	3740	3740	3740	3740
P. SUELO HUMEDO	gr/cm <sup>3</sup>	1697	1862	1746	1612
DENSIDAD DE SUELO HUMEDO	gr/cm <sup>3</sup>	1.833	2.011	1.886	1.741

	No	A-10	A-11	A-12	A-13	A-14	A-15	A-16	A-17
PESO SUELO HUMEDO + P. TARA	gr.	306.20	278.94	278.94	303.44	296.19	296.19	286.73	319.27
PESO SUELO SECO + P. TARA	gr.	280.06	253.68	250.39	273.27	263.47	265.39	251.58	279.12
PESO DE TARA	gr.	65.94	64.04	66.06	63.98	65.17	64.83	63.78	64.91
PESO DEL AGUA	gr.	26.14	23.26	26.55	30.17	32.72	32.74	35.15	40.15
PESO DE SUELO SECO	gr.	214.12	189.64	184.31	209.29	198.30	200.56	187.80	214.21
PORCENTAJE DE HUMEDAD	%	12.21%	12.27%	14.41%	14.42%	16.50%	16.32%	18.72%	18.74%
PROMEDIO DE HUMEDAD	%	12.24%		14.41%	16.41%		18.73%		
DENSIDAD DE SUELO SECO	%	1.833		1.768	1.820		1.467		

RESULTADOS			
MAXIMA DENSIDAD SECA	1.766	gr/cm <sup>3</sup>	ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD
			13.97%



\* LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR LOS BACHILLERES

LOS RESULTADOS SERAN VALIDOS SOLO CON EL SELLO SECO

URB. VILLA DEL LAGO MZ - "G" LOTE 14 TEL. 942225341 - 951810504

*Elizabeth*  
 Elizabeth Copa Gordillo  
 INGENIERO GEÓLOGO  
 CP. 121350





**VALOR RELATIVO DE SOPORTE (C.B.R.)**

(MTC E 132 / ASTM D-1883)

**TESIS** : MODIFICACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON ESCORIA SIDERURGICA Y ORGANOSILANOS EN LA CARRETERA UMAYO-ATUNCOLLA PUNO,2022"  
**SOLICITANTE** : BACHILLER. APAZA VELASQUEZ BETY RAQUEL - BACHILLER. QUISCA OTAZU RODY  
**UBICACIÓN** : CALICATA N°1 MARGEN DERECHO  
**MUESTRA** : CALICATA N° 1 - ( CON ADICION 3% DE ESCORIA Y 3% DE ORGANOSILANOS ) **FECHA** : 22/10/2022  
**COORDENADAS** : UTM: 376870.877 E - 8261685.499 N **PROFUNDIDAD** : 0.00 - 1.50 m

MOLDE N°	UNID.	16		17		18	
		5	5	5	5	5	5
CAPAS		55		26		12	
GOLPES POR CAPA N°		55		26		12	
CONDICIÓN DE MUESTRA		SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO	gr	14582	14584	14346	14438	14215	14417
PESO DEL MOLDE	gr	8061	8061	8076	8076	8009	8009
VOLUMEN DE LA MUESTRA	cm <sup>3</sup>	3248	3248	3205	3205	3256	3256
PESO DEL SUELO HUMEDO	gr	6521	6523	6270	6362	6206	6408
DENSIDAD HUMEDA	gr./cm <sup>3</sup>	2.008	2.008	1.956	1.985	1.906	1.968
TARRO N°		7	A-9	8	A-10	9	A-11
TARRO + SUELO HUMEDO	gr	340.29	302.75	348.16	319.14	327.18	293.37
TARRO + SUELO SECO	gr	308.7	270.93	314.6	280.76	297.53	255.48
PESO DEL TARRO	gr	79.58	63.8	75.5	65.94	80.91	64.33
PESO DEL AGUA	gr	31.89	31.82	33.56	38.38	29.65	37.89
PESO DEL SUELO SECO	gr	229.12	207.13	239.1	214.82	216.62	191.15
HUMEDAD	%	13.79%	15.36%	14.04%	17.87%	13.69%	19.82%
		13.79%	15.36%	14.04%	17.87%	13.69%	19.82%
DENSIDAD SECA	gr./cm <sup>3</sup>	1.764	1.741	1.716	1.684	1.677	1.642

**ENSAYO EXPANSIÓN**

FECHA	HORA	TIEMPO (HORAS)	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%
23/10/22	3.10 Pm	0:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24/10/22	3.10 Pm	24:00:00	4.00	0.10	0.66	10.00	0.25	0.20	14.00	0.36	0.28
25/10/22	3.10 Pm	48:00:00	8.00	0.20	0.16	15.00	0.38	0.30	20.00	0.51	0.40
26/10/22	3.10 Pm	72:00:00	11.00	0.28	0.22	20.00	0.51	0.46	23.00	0.58	0.46
27/10/22	3.10 Pm	96:00:00	14.00	0.36	0.28	21.00	0.53	0.42	26.00	0.86	0.62

**PENETRACIÓN**

TIEMPO	PENETRACIÓN		DIAL	CARGA	ESFUERZO	CORREG.	DIAL	CARGA	ESFUERZO	CORREG.	DIAL	CARGA	ESFUERZO	CORREG.
	mm	pulg.												
0:00	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	
0:30	0.635	0.025	54.0	54	2.7		38.0	38	1.9		34.0	34	1.7	
1:00	1.270	0.050	78.0	78	3.9		69.0	69	3.5		46.0	46	2.3	
1:30	1.900	0.075	109.0	109	5.5		85.0	85	4.3		64.0	64	3.2	
2:00	2.540	0.100	138.0	138	7.0		106.0	106	5.4		77.0	77	3.9	
3:00	3.810	0.150	179.0	179	9.0		137.0	137	6.9		95.0	95	4.8	
4:00	5.080	0.200	210.0	210	10.8		163.0	163	8.2		114.0	114	5.8	
5:00	6.350	0.250	239.0	239	12.1		190.0	190	9.6		129.0	129	6.5	
6:00	7.620	0.300	268.0	268	13.5		210.0	210	10.6		141.0	141	7.1	
8:00	10.160	0.400	289.0	289	14.6		232.0	232	11.7		153.0	153	7.7	
10:00	12.700	0.500	285.0	285	14.4		236.0	236	11.9		149.0	149	7.5	

\* LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR LOS BACHILLERES



*Elizabeth Ccopa Gordillo*  
**Elizabeth Ccopa Gordillo**  
 INGENIERO GEÓLOGO  
 CIP. 121350

LOS RESULTADOS SERAN VALIDOS SOLO CON EL SELLO SECO

**URB. VILLA DEL LAGO MZ - "G" LOTE 14 TEL. 942225341 - 951810504**





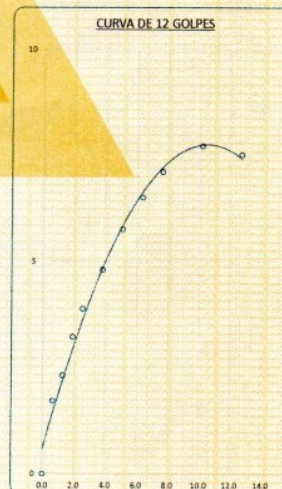
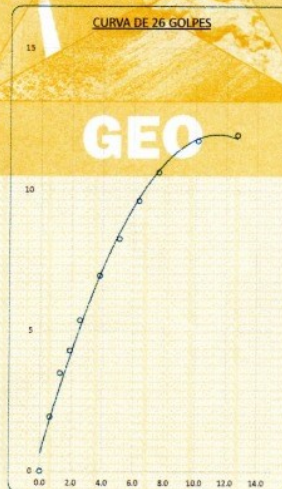
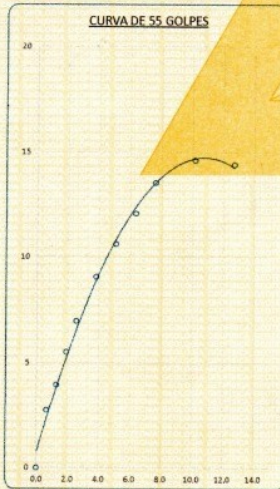
**TESIS** : "MODIFICACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON ESCORIA SIDERÚRGICA Y ORGANOSILANOS EN LA CARRETERA UMAYO-ATUNCOLLA PUNO 2022"  
**SOLICITANTE** : BACHILLER. APAZA VELASQUEZ BETY RAQUEL - BACHILLER. QUISCA OTAZU RODY  
**UBICACIÓN** : CALICATA N°1 MARGEN DERECHO  
**MUESTRA** : CALICATA N° 1 - (CON ADICION 3% DE ESCORIA Y 3% DE ORGANOSILANOS)  
**FECHA** : 22/10/2022  
**COORDENADAS** : UTM: 376670 877 E - 8261685 499 N  
**PROFUNDIDAD** : 0.00 - 1.50 m



**PARAMETROS DE C.B.R.**  
C.B.R. 01" AL 100% = 11.1%  
C.B.R. 01" AL 95% M.D.S. = 7.2%

**LEYENDA**

— CURVA A 0.1"



*Elizabeth*  
Elizabeth Ccopa Gordillo  
INGENIERO GEÓLOGO  
CIP. 121350

LOS RESULTADOS SERAN VALIDOS SOLO CON EL SELLO SECO

**URB. VILLA DEL LAGO MZ - "G" LOTE 14 TEL. 942225341 - 951810504**





**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)**

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

**PROYECTO** : " MODIFICACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON ESCORIA SIDERÚRGICA Y ORGANOSILANOS EN LA CARRETERA UMAYO - ATUNCOLLA,PUNO,2022"

**SOLICITANTE** : BACHILLER. APAZA VELASQUEZ BETY RAQUEL - BACHILLER. QUISCA OTAZU RODY

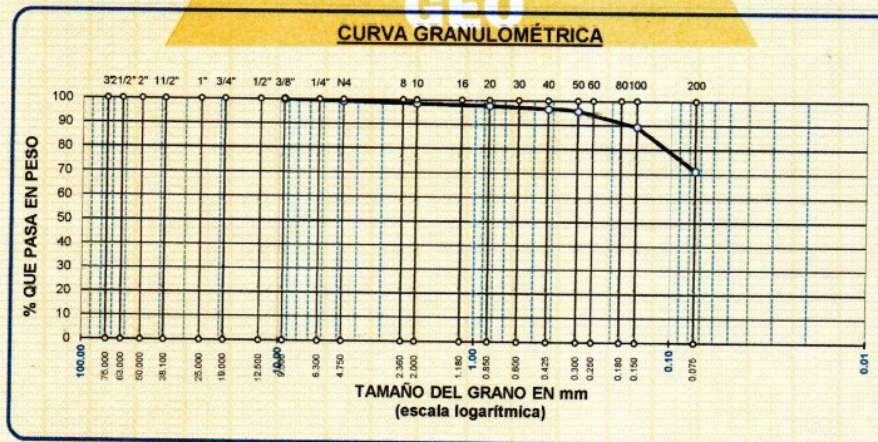
**UBICACIÓN** : UMAYO - ATUNCOLLA,PUNO

**MUESTRA** : CALICATA N° 1 ( ADICION 4% DE ESCORIA Y 4% DE ORGANOSILANOS)  
 : E376870.877 N8261685.499

**PROFUNDIDAD** : 0.00 - 1.50 m.

**FECHA** : 07 DE OCTUBRE DEL 2022

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MAXIMO.
3"	75.000						DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.000						P.I.= 250.00
2"	50.000						P.L.= 71.64
1 1/2"	38.100						P.P.= 178.36
1"	25.000						% W =
3/4"	19.000						LIMITES DE CONSISTENCIA:
1/2"	12.500						L.L.= 26.35
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00		L.P.= 15.60
1/4"	6.300						I.P.= 10.75
No4	4.750	1.58	0.63	0.63	99.37		CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No8	2.360						D10= --- Cu= ---
No10	2.000	2.14	0.86	1.49	98.51		D30= --- Cc= ---
No16	1.180						D60= ---
No20	0.850	1.96	0.78	2.27	97.73		CLASIFICACIÓN:
No30	0.600						I.G. = :
No40	0.425	2.68	1.07	3.34	96.66		SUCS : CL
No 50	0.300	2.36	0.94	4.29	95.71		ASSTHO : A-6 (7)
No60	0.250						OBSERVACIONES: SUELO DE COLOR
No80	0.180						ROJIZO
No100	0.150	15.83	6.33	10.62	89.38		
No200	0.075	45.09	18.04	28.66	71.34		
BASE		178.36	71.34	100.00	0.00		
TOTAL		250.00	100.00				
% PERDIDA							



LOS RESULTADOS SERAN VALIDOS SOLO CON EL SELLO SECO

URB. VILLA DEL LAGO MZ - "G" LOTE 14 TEL. 942225341 - 951810504

*Elizabeth Ccoypa Gordillo*  
 INGENIERA GEÓLOGA  
 CIP. 121350





**PROYECTO** : " MODIFICACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON ESCORIA SIDERÚRGICA Y ORGANOSILANOS EN LA CARRETERA UMACO - ATUNCOLLA, PUNO, 2022"

**SOLICITANTE** : BACHILLER. APAZA VELASQUEZ BETY RAQUEL - BACHILLER QUISCA OTAZU RODY

**UBICACIÓN** : UMACO - ATUNCOLLA, PUNO

**MUESTRA** : CALICATA N° 1 ( ADICION 4% DE ESCORIA Y 4% DE ORGANOSILANOS)  
 : E376870.877 N8261685.499

**PROFUNDIDAD** : 0.00 - 1.50 m.

**FECHA** : 07 DE OCTUBRE DEL 2022

**CONTENIDO DE HUMEDAD  
 ASTM - D - 2216 - MTC - E 108**

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	
SUELO SECO + TARRO	gr	
PESO DEL TARRO	gr	
PESO DEL AGUA	gr	
PESO DEL SUELO SECO	gr	
HUMEDAD %	%	

**LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD  
 ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90**

TARRO N°	LÍMITE LÍQUIDO		LÍMITE PLÁSTICO		
	N	O	N	O	
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	39.20	38.76	15.49	16.08
SUELO SECO + TARRO	gr	36.20	35.72	14.79	15.28
PESO DEL TARRO	gr	24.85	24.04	10.26	10.20
PESO DEL AGUA	gr	3.00	3.04	0.70	0.80
PESO DEL SUELO SECO	gr	11.35	11.68	4.53	5.08
HUMEDAD %	%	26.43	26.03	15.45	15.75
N° DE GOLPES		26	26		
<b>LÍMITE LÍQUIDO %</b>		<b>26.35</b>	<b>LÍMITE PLÁSTICO %</b>		<b>15.60</b>
<b>ÍNDICE PLÁSTICO %</b>		<b>10.75</b>			

$LL = Wn * (N/25)^{0.121}$   
 Donde:  
 LL = Límite Líquido  
 Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)  
 N = Número de Golpes

Elizabeth Cepa Gordillo  
 INGENIERO GEÓLOGO  
 CIR. 121350

¡ RESULTADOS SERAN VALIDOS SOLO CON EL SELLO SECO

**URB. VILLA DEL LAGO MZ - "G" LOTE 14 TEL. 942225341 - 951810504**





**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO**

(MTC E-115 / ASTM D-1557 / AASHTO T-180)

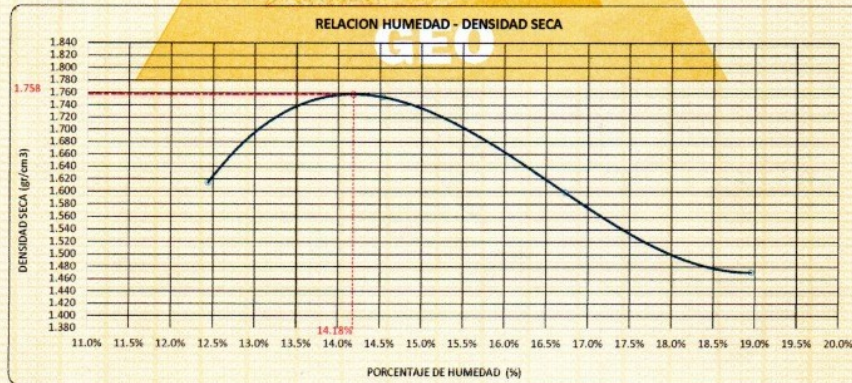
**TESIS** : "MODIFICACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON ESCORIA SIDERÚRGICA Y ORGANOSILANOS EN LA CARRETERA UMAYO-ATUNCOLLA, PUNO, 2022"  
**SOLICITANTE** : BACHILLER. APAZA VELASQUEZ BETY RAQUEL - BACHILLER. QUISCA OTAZU RODY  
**UBICACIÓN** : CALICATA N°1 MARGEN DERECHO  
**MUESTRA** : CALICATA N° 1 - ( CON ADICION 4% DE ESCORIA Y 4% DE ORGANOSILANOS ) **FECHA** : 22/10/2022  
**COORDENADAS** : UTM: 376870.877 E - 8261885.499 N **PROFUNDIDAD** : 0.00 - 1.50 m

MÉTODO	4"		6"	VOLUMEN DEL MOLDE (B)	926	cm <sup>3</sup>	NÚMERO DE CAPAS	5
	A	B	C	PESO DEL MOLDE	3740		NÚMERO DE GOLPES	25

P. SUELO HUMEDO + P. MOLDE	gr.	5420	5599	5468	5360
P. DEL MOLDE	gr.	3740	3740	3740	3740
P. SUELO HUMEDO	gr/cm <sup>3</sup>	1680	1859	1728	1620
DENSIDAD DE SUELO HUMEDO	gr/cm <sup>3</sup>	1.815	2.008	1.867	1.750

	No	A-18	A-19	A-20	A-21	A-22	A-23	A-24	C
PESO SUELO HUMEDO + P. TARA	gr.	273.18	308.94	318.14	310.49	280.42	323.41	303.47	324.81
PESO SUELO SECO + P. TARA	gr.	250.03	262.26	265.93	279.51	249.60	286.32	265.40	281.05
PESO DE TARA	gr.	65.07	66.40	64.70	65.92	65.80	64.04	63.42	50.96
PESO DEL AGUA	gr.	23.15	26.68	32.21	30.98	30.82	37.09	38.07	43.86
PESO DE SUELO SECO	gr.	184.96	215.86	221.23	213.59	183.80	222.28	201.98	230.09
PORCENTAJE DE HUMEDAD	%	12.52%	12.36%	14.56%	14.50%	16.77%	16.69%	18.85%	19.06%
PROMEDIO DE HUMEDAD	%	12.44%		14.53%		16.73%		18.96%	
DENSIDAD DE SUELO SECO	%	1.614		1.763		1.599		1.471	

RESULTADOS				
MAXIMA DENSIDAD SECA	1.758	gr/cm <sup>3</sup>	ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	14.18%



\* LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR LOS BACHILLERES



LOS RESULTADOS SERAN VALIDOS SOLO CON EL SELLO SECO

**URB. VILLA DEL LAGO MZ - "G" LOTE 14 TEL. 942225341 - 951810504**





**VALOR RELATIVO DE SOPORTE (C.B.R.)**

(MTC E 132 / ASTM D-1883)

**TESIS** : MODIFICACION DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON ESCORIA SIDERURGICA Y ORGANOSILANOS EN LA CARRETERA UMACO-ATUNCOLLA,PUNO,2022  
**SOLICITANTE** : BACHILLER. APAZA VELASQUEZ BETY RAQUEL - BACHILLER. QUISCA OTAZU RODY  
**UBICACION** : CALICATA N°1 MARGEN DERECHO  
**MUESTRA** : CALICATA N° 1 - ( CON ADICION 4% DE ESCORIA Y 4% DE ORGANOSILANOS ) **FECHA** : 22/10/2022  
**COORDENADAS** : UTM: 376870.877 E - 8261685.499 N **PROFUNDIDAD** : 0.00 - 1.50 m

MOLDE N°	UNID.	1	2	3			
CAPAS		5	5	5			
GOLPES POR CAPA N°		55	26	12			
CONDICION DE MUESTRA		SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO		
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO	gr.	14409	14491	14360	14480	14349	14593
PESO DEL MOLDE	gr.	8030	8030	8150	8150	8290	8290
VOLUMEN DE LA MUESTRA	cm3	3170	3170	3173	3173	3179	3179
PESO DEL SUELO HUMEDO	gr.	6379	6461	6210	6330	6059	6303
DENSIDAD HUMEDA	gr./cm3	2.012	2.038	1.957	1.995	1.906	1.983
TARRO N°		10	A-12	11	A-13	12	A-14
TARRO + SUELO HUMEDO	gr.	329.28	254.19	296.57	306.81	311.28	307.99
TARRO + SUELO SECO	gr.	297.93	227.48	268.74	268.35	282.76	265.47
PESO DEL TARRO	gr.	79.44	66.08	75.72	63.98	82.04	65.17
PESO DEL AGUA	gr.	31.35	26.71	27.83	38.46	28.52	42.52
PESO DEL SUELO SECO	gr.	218.49	161.4	193.02	204.37	200.72	200.3
HUMEDAD	%	14.35%	16.55%	14.42%	18.82%	14.21%	21.23%
		14.35%	16.55%	14.42%	18.82%	14.21%	21.23%
DENSIDAD SECA	gr./cm3	1.790	1.749	1.711	1.679	1.669	1.636

**ENSAYO EXPANSION**

FECHA	HORA	TIEMPO (HORAS)	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%
23/10/22	2.10 Pm	0:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24/10/22	2.10 Pm	24:00:00	5.00	0.13	0.10	9.00	0.23	0.18	13.00	0.33	0.26
25/10/22	2.10 Pm	48:00:00	7.00	0.18	0.14	14.00	0.36	0.28	21.00	0.53	0.42
26/10/22	2.10 Pm	72:00:00	10.00	0.25	0.20	21.00	0.53	0.42	22.00	0.56	0.44
27/10/22	2.10 Pm	96:00:00	15.00	0.38	0.30	22.00	0.56	0.44	25.00	0.64	0.50

**PENETRACION**

TIEMPO	PENETRACION		DIAL	CARGA	ESFUERZO	CORREG.	DIAL	CARGA	ESFUERZO	CORREG.	DIAL	CARGA	ESFUERZO	CORREG.
	mm	pulg.												
0:00	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0:30	0.635	0.025	60.0	60	3.0	34.0	34	1.7			37.0	37	1.9	
1:00	1.270	0.050	86.0	86	4.3	62.0	62	3.1			50.0	50	2.5	
1:30	1.900	0.075	120.0	120	6.1	81.0	81	4.1			67.0	67	3.4	
2:00	2.540	0.100	147.0	147	7.4	100.0	100	5.1			80.0	80	4.0	
3:00	3.810	0.150	189.0	189	9.6	140.0	140	7.1			97.0	97	4.9	
4:00	5.090	0.200	216.0	216	10.9	168.0	168	8.5			118.0	118	6.0	
5:00	6.350	0.250	248.0	248	12.5	196.0	196	9.9			132.0	132	6.7	
6:00	7.620	0.300	272.0	272	13.7	214.0	214	10.8			144.0	144	7.3	
8:00	10.160	0.400	295.0	295	14.9	233.0	233	11.8			157.0	157	7.9	
10:00	12.700	0.500	289.0	289	14.6	226.0	226	11.4			152.0	152	7.7	

\* LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR LOS BACHILLERES

LOS RESULTADOS SERAN VALIDOS SOLO CON EL SELLO SECO

**URB. VILLA DEL LAGO MZ - "G" LOTE 14 TEL. 942225341 - 951810504**

*Elizabeth Copca Gordillo*  
**Elizabeth Copca Gordillo**  
 INGENIERO GEÓLOGO  
 CIP 121350





**TESIS** : "MODIFICACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON ESCORIA SIDERÚRGICA Y ORGANOSILANOS EN LA CARRETERA UMAYO-ATUNCOLLA, PUNO, 2022"  
**SOLICITANTE** : BACHILLER. APAZA VELASQUEZ BETY RAQUEL - BACHILLER. QUISCA OTAZU RODY  
**UBICACIÓN** : CALICATA N°1 MARGEN DERECHO  
**MUESTRA** : CALICATA N° 1 - ( CON ADICION 4% DE ESCORIA Y 4% DE ORGANOSILANOS )  
**COORDENADAS** : UTM. 378870.877 E - 8261685.499 N

**FECHA** : 22/10/2022  
**PROFUNDIDAD** : 0.00 - 1.50 m

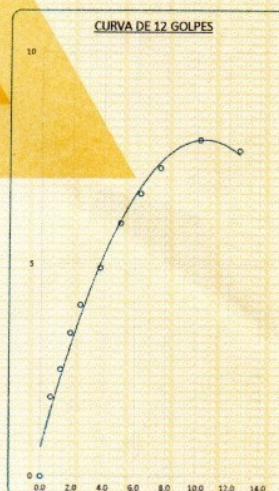
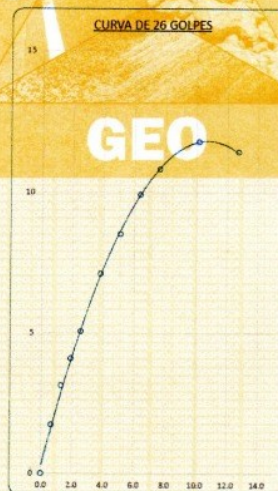
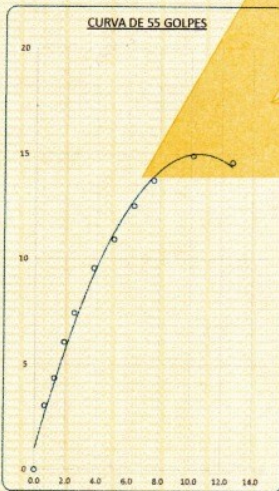


**PARAMETROS DE C.B.R.**

C.B.R. 01" AL 100%	=	10.9%
C.B.R. 01" AL 95% M.D.S.	=	7.1%

**LEYENDA**

— CURVA A 0.1"



*Elizabeth Ccopa Gordillo*  
**Elizabeth Ccopa Gordillo**  
INGENIERO GEÓLOGO  
CIP 121350

LOS RESULTADOS SERAN VALIDOS SOLO CON EL SELLO SECO

**URB. VILLA DEL LAGO MZ - "G" LOTE 14 TEL. 942225341 - 951810504**





**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)**

**ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)**

**TESIS** : \* MODIFICACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON ESCORIA SIDERÚRGICA Y ORGANOSILANOS EN LA CARRETERA UMAYO - ATUNCOLLA, PUNO, 2022\*

**SOLICITANTE** : BACHILLER. APAZA VELASQUEZ BETY RAQUEL - BACHILLER. QUISCA OTAZU RODY

**UBICACIÓN** : UMAYO - ATUNCOLLA, PUNO

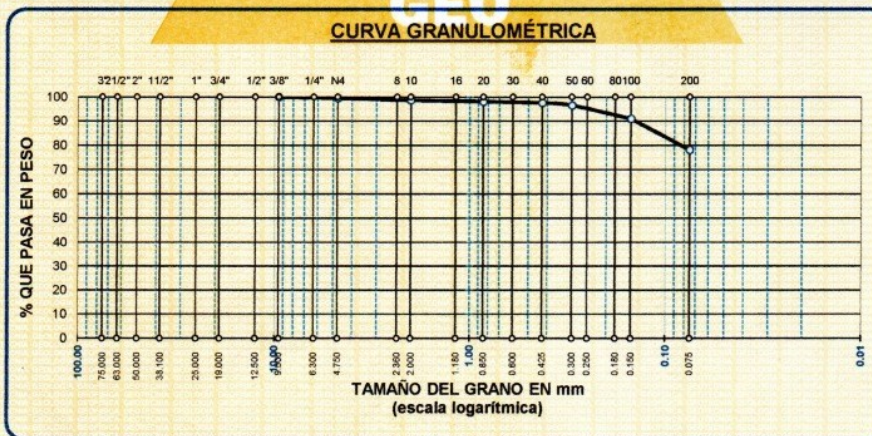
**MUESTRA** : CALICATA N° 2 ( SIN ADICION)

**COORDENADAS** : E376724.459 N8261423.126

**PROFUNDIDAD** : 0.00 - 1.50 m

**FECHA** : 02 DE OCTUBRE DEL 2022

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MAXIMO:
3"	75.000						DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.000						P.I.= 300.00
2"	50.000						P.L.= 65.79
1 1/2"	38.100						P.P.= 234.21
1"	25.000						% W = 14.80
3/4"	19.000						LIMITES DE CONSISTENCIA:
1/2"	12.500						L.L.= 30.95
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00		L.P.= 17.18
1/4"	6.300						I.P.= 13.77
No4	4.750	1.10	0.37	0.37	99.63		CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No8	2.360						D10= --- Cu= ---
No10	2.000	2.81	0.94	1.30	98.70		D30= --- Cc= ---
No16	1.180						CLASIFICACIÓN:
No20	0.850	1.62	0.54	1.84	98.16		I.G. = :
No30	0.600						SUCS : CL
No40	0.425	1.48	0.49	2.34	97.66		ASSTHO : A-6 (10)
No 50	0.300	2.96	0.99	3.32	96.68		OBSERVACIONES: SUELO DE COLOR ROJIZO
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.150	16.92	5.64	8.96	91.04		
No200	0.075	38.90	12.97	21.93	78.07		
BASE		234.21	78.07	100.00	0.00		
TOTAL		300.00	100.00				
% PERDIDA		78.07					



NOTA: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR LOS BACHILLERES.

LOS RESULTADOS SERAN VALIDOS SOLO CON EL SELLO SECO

URB. VILLA DEL LAGO MZ - "G" LOTE 14 TEL. 942225341 - 951810504

*Elizabeth Cojra Gordillo*  
 INGENIERA GEÓLOGA  
 CIP: 121350





**TRIPLE GEO** S.R.L.  
Calidad y Experiencia

**LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO**  
Geología - Geofísica - Geotecnia

**TESIS** : " MODIFICACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON ESCORIA SIDERÚRGICA Y ORGANOSILANOS EN LA CARRETERA UMAYO - ATUNCOLLA, PUNO, 2022"

**SOLICITANTE** : BACHILLER. APAZA VELASQUEZ BETY RAQUEL - BACHILLER QUISCA OTAZU RODY

**UBICACIÓN** : UMAYO - ATUNCOLLA, PUNO

**MUESTRA** : CALICATA N° 2 ( SIN ADICION)

**COORDENADAS** : E376724.459 N8261423.126

**PROFUNDIDAD** : 0.00 - 1.50 m

**FECHA** : 02 DE OCTUBRE DEL 2022

**CONTENIDO DE HUMEDAD  
ASTM - D - 2216 - MTC - E 108**

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	402.03
SUELO SECO + TARRO	gr	358.66
PESO DEL TARRO	gr	65.70
PESO DEL AGUA	gr	43.37
PESO DEL SUELO SECO	gr	292.96
HUMEDAD %	%	14.80

**LÍMITE LIQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD  
ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90**

LÍMITE LIQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
TARRO N°	G	H	G	H
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	39.91	15.88	16.01
SUELO SECO + TARRO	gr	36.26	15.02	15.23
PESO DEL TARRO	gr	24.57	10.21	10.50
PESO DEL AGUA	gr	3.65	0.86	0.78
PESO DEL SUELO SECO	gr	11.69	4.81	4.73
HUMEDAD %	%	31.22	17.88	16.49
N° DE GOLPES		23		23

<b>LÍMITE LIQUIDO %</b> :	<b>30.95</b>	<b>LÍMITE PLÁSTICO %</b> :	<b>17.18</b>
---------------------------	--------------	----------------------------	--------------

<b>ÍNDICE PLÁSTICO %</b> :	<b>13.77</b>
----------------------------	--------------

LL = Wn \* (N/25)^0.121  
 Donde:  
 LL = Límite Líquido  
 Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)  
 N = Número de Golpes

NOTA: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR LOS BACHILLERES.

RESULTADOS SERAN VALIDOS SOLO CON EL SELLO SECO

**URB. VILLA DEL LAGO MZ - "G" LOTE 14 TEL. 942225341 - 951810504**

*Elizabeth Ceapa Gordillo*  
 INGENIERO GEÓLOGO  
 CIP. 121350





**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO**

(MTC E-115 / ASTM D-1557 / AASHTO T-180)

TESIS : MODIFICACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON ESCORIA SIDERÚRGICA Y ORGANOSILANOS EN LA CARRETERA UMACO-ATUNCOLLA, PUNO, 2022  
 SOLICITANTE : BACHILLER. APAZA VELASQUEZ BETY RAQUEL - BACHILLER. QUISCA OTAZU RODY  
 UBICACIÓN : CALICATA N°2 MARGEN IZQUIERDO  
 MUESTRA : CALICATA N° 2 - ( SIN ADICION ) FECHA : 21/10/2022  
 COORDENADAS : UTM: 376724.459 E - 8261423.126 N PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.50 m

MÉTODO	4"			VOLUMEN DEL MOLDE (B)	926 cm <sup>3</sup>	NÚMERO DE CAPAS	5
	A	B	C				
				PESO DEL MOLDE	3740	NÚMERO DE GOLPES	25

P. SUELO HUMEDO + P. MOLDE	gr.	5472	5546	5544	5516
P. DEL MOLDE	gr.	3740	3740	3740	3740
P. SUELO HUMEDO	gr/cm <sup>3</sup>	1732	1806	1804	1776
DENSIDAD DE SUELO HUMEDO	gr/cm <sup>3</sup>	1.671	1.951	1.949	1.919

	No	A-15	A-19	A-20	A-21	A-22	A-23	A-24	T
PESO SUELO HUMEDO + P. TARA	gr.	309.55	331.29	350.41	349.81	325.06	290.27	327.40	319.84
PESO SUELO SECO + P. TARA	gr.	283.31	303.09	315.83	314.86	291.00	261.92	288.63	284.08
PESO DE TARA	gr.	65.07	66.40	64.70	63.92	65.80	64.04	63.42	75.88
PESO DEL AGUA	gr.	26.24	28.20	34.58	34.95	34.06	31.35	36.77	35.76
PESO DE SUELO SECO	gr.	218.24	236.69	251.13	250.94	225.20	197.88	225.21	208.23
PORCENTAJE DE HUMEDAD	%	12.02%	11.91%	13.77%	13.93%	15.12%	15.84%	17.22%	17.17%
PROMEDIO DE HUMEDAD	%	11.87%	11.91%	13.85%	13.85%	15.48%	15.84%	17.22%	17.19%
DENSIDAD DE SUELO SECO	%	1.671	1.714	1.714	1.714	1.688	1.637	1.637	1.637

RESULTADOS		
MAXIMA DENSIDAD SECA	1.713	gr/cm <sup>3</sup>
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	13.75%	



\* LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR LOS BACHILLERES

LOS RESULTADOS SERAN VALIDOS SOLO CON EL SELLO SECO

URB. VILLA DEL LAGO MZ - "G" LOTE 14 TEL. 942225341 - 951810504

*Elizabeth Cordoba Gordillo*  
 INGENIERA GEÓLOGA  
 CIR. 121350





**VALOR RELATIVO DE SOPORTE (C.B.R.)**

(MTC E 132 / ASTM D-1583)

TESIS : MODIFICACION DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON ESCORIA SIDERURGICA Y ORGANOSILANOS EN LA CARRETERA UMAYO-ATUNCOLLA PUNO 2022  
 SOLICITANTE : BACHILLER. APAZA VELASQUEZ BETY RAQUEL - BACHILLER. QUIROGA OTAZU RODY  
 UBICACIÓN : CALICATA N°2 MARGEN IZQUIERDO  
 MUESTRA : CALICATA N° 2 - ( SIN ADICION ) FECHA : 28/10/2022  
 COORDENADAS : UTM: 376724.459 E - 8261423.126 N PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.50 m

MOLDE N°	UNID.	4		5		6	
		5	5	5	5	5	5
CAPAS		55		26		12	
GOLPES POR CAPA N°		55		26		12	
CONDICIÓN DE MUESTRA		SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO	gr.	14237	14276	14502	14696	14198	14542
PESO DEL MOLDE	gr.	8010	8010	8510	8510	8340	8340
VOLUMEN DE LA MUESTRA	cm3	3200	3200	3170	3170	3191	3191
PESO DEL SUELO HUMEDO	gr.	6227	6266	5992	6186	5858	6202
DENSIDAD HUMEDA	gr./cm3	1.946	1.958	1.890	1.951	1.838	1.944
TARRO N°		A-1	1	A-2	2	A-3	3
TARRO + SUELO HUMEDO	gr.	263.24	320.11	290.14	325.29	306.26	337.18
TARRO + SUELO SECO	gr.	239.18	287.3	263.26	288.19	277.81	290.37
PESO DEL TARRO	gr.	64.74	75.85	65.05	83.4	63.44	74.13
PESO DEL AGUA	gr.	24.06	32.81	26.88	37.1	28.45	46.81
PESO DEL SUELO SECO	gr.	174.44	211.45	198.21	204.79	214.37	216.24
HUMEDAD	%	13.79%	15.52%	13.56%	18.12%	13.27%	21.65%
		13.79%	15.52%	13.56%	18.12%	13.27%	21.65%
DENSIDAD SECA	gr./cm3	1.710	1.695	1.664	1.652	1.621	1.698

**ENSAYO EXPANSIÓN**

FECHA	HORA	TIEMPO (HORAS)	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%
29/10/22	8.30 Am	0:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30/10/22	8.30 Am	24:00:00	8.00	0.20	0.16	15.00	0.38	0.30	20.00	0.51	0.40
31/10/22	8.30 Am	48:00:00	10.00	0.25	0.20	19.00	0.48	0.38	24.00	0.61	0.48
01/11/22	8.30 Am	72:00:00	14.00	0.36	0.28	23.00	0.58	0.46	28.00	0.71	0.56
02/11/22	8.30 Am	96:00:00	18.00	0.46	0.36	26.00	0.66	0.52	31.00	0.79	0.62

**PENETRACIÓN**

TIEMPO	PENETRACIÓN		DIAL	CARGA	ESFUERZO	CORREG.	DIAL	CARGA	ESFUERZO	CORREG.	DIAL	CARGA	ESFUERZO	CORREG.
	mm	pulg.												
0:00	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0:30	0.635	0.025	32.0	32	1.6	32.0	32	1.6	18.0	18	0.9	18.0	18	0.9
1:00	1.270	0.050	62.0	62	3.1	46.0	46	2.3	29.0	29	1.5	29.0	29	1.5
1:30	1.900	0.075	90.0	90	4.5	64.0	64	3.2	52.0	52	2.6	52.0	52	2.6
2:00	2.540	0.100	120.0	120	6.1	94.0	94	4.8	65.0	65	3.3	65.0	65	3.3
3:00	3.810	0.150	162.0	162	8.2	125.0	125	6.3	84.0	84	4.2	84.0	84	4.2
4:00	5.080	0.200	190.0	190	9.6	150.0	150	7.6	100.0	100	5.1	100.0	100	5.1
5:00	6.350	0.250	218.0	218	11.0	173.0	173	8.7	115.0	115	5.8	115.0	115	5.8
6:00	7.620	0.300	243.0	243	12.3	192.0	192	9.7	130.0	130	6.6	130.0	130	6.6
8:00	10.160	0.400	269.0	269	13.6	216.0	216	10.9	140.0	140	7.1	140.0	140	7.1
10:00	12.700	0.500	270.0	270	13.6	216.0	216	10.9	138.0	138	7.0	138.0	138	7.0

\* LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR LOS BACHILLERES

*Elizabeth Copra Gordillo*  
**Elizabeth Copra Gordillo**  
 INGENIERO GEÓLOGO  
 CIP. 121350

LOS RESULTADOS SERAN VALIDOS SOLO CON EL SELLO SECO

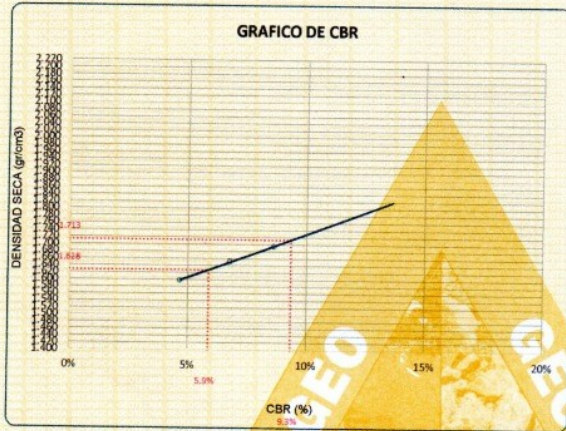
**URB. VILLA DEL LAGO MZ - "G" LOTE 14 TEL. 942225341 - 951810504**





**TESIS** : "MODIFICACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON ESCORIA SIDERÚRGICA Y ORGANOSILANOS EN LA CARRETERA LIMAYO-ATUNCOLLA,PUNO,2022"  
**SOLICITANTE** : BACHILLER APAZA VELASQUEZ BETY RAQUEL - BACHILLER QUISCA OTAZU RODY  
**UBICACIÓN** : CALICATA N°2 MARGEN IZQUIERDO  
**MUESTRA** : CALICATA N° 2 - ( SIN ADICION )  
**COORDENADAS** : UTM. 376724 459 E - 8261423 126 N

**FECHA** : 28/10/2022  
**PROFUNDIDAD** : 0.00 - 1.50 m

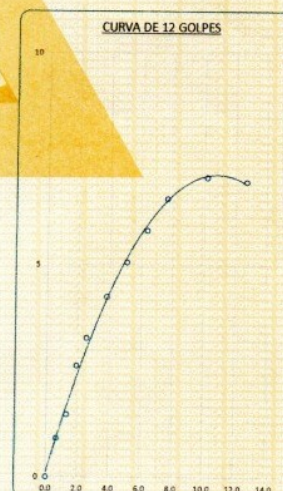
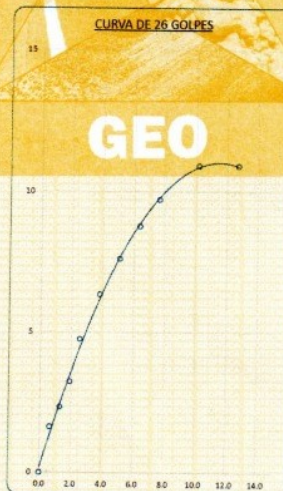
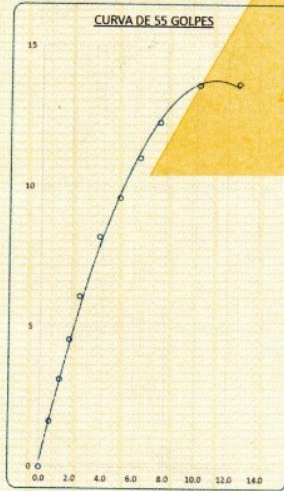


**PARAMETROS DE C.B.R.**

CBR 01" AL 100% = 9.3%  
CBR 01" AL 95% M.D.S = 5.9%

**LEYENDA**

— CURVA A 0.1"



*Elizabeth Copa Gordillo*  
Elizabeth Copa Gordillo  
INGENIERO GEÓLOGO  
CIP. 121350

LOS RESULTADOS SERAN VALIDOS SOLO CON EL SELLO SECO

**URB. VILLA DEL LAGO MZ - "G" LOTE 14 TEL. 942225341 - 951810504**





**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)**

**ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)**

**TESIS** : \* MODIFICACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON ESCORIA SIDERÚRGICA Y ORGANOSILANOS EN LA CARRETERA UMAYO - ATUNCOLLA, PUNO, 2022\*

**SOLICITANTE** : BACHILLER. APAZA VELASQUEZ BETY RAQUEL - BACHILLER. QUISCA OTAZU RODY

**UBICACIÓN** : UMAYO - ATUNCOLLA, PUNO

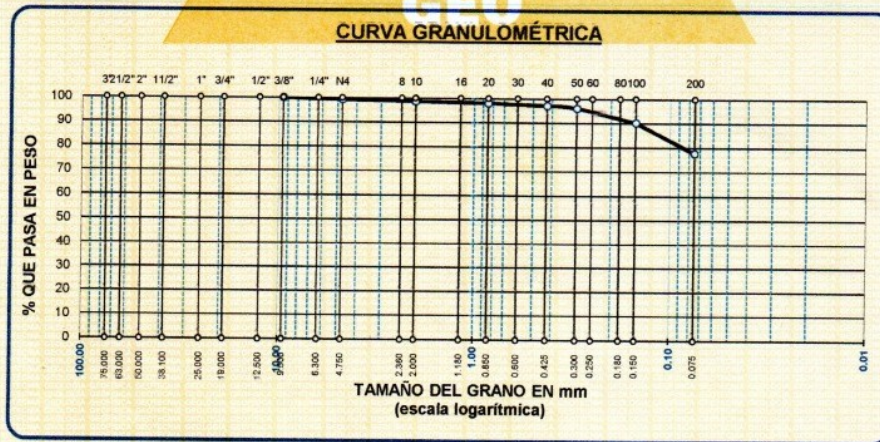
**MUESTRA** : CALICATA N° 2 ( ADICION 2% DE ESCORIA Y 2% DE ORGANOSILANOS)

**COORDENADAS** : E376724.469 N8261423.126

**PROFUNDIDAD** : 0.00 - 1.50 m

**FECHA** : 07 DE OCTUBRE DEL 2022

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MAXIMO:
3"	75.000						DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.000						P.I.= 300.00
2"	50.000						P.L.= 67.18
1 1/2"	38.100						P.P.= 232.82
1"	25.000						% W = 14.80
3/4"	19.000						LIMITES DE CONSISTENCIA:
1/2"	12.500						L.L.= 30.55
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00		L.P.= 17.55
1/4"	6.300						I.P.= 13.00
No4	4.750	1.80	0.60	0.60	99.40		CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No8	2.360						D10= --- Cu= ---
No10	2.000	1.96	0.65	1.25	98.75		D30= --- Cc= ---
No16	1.180						
No20	0.850	1.90	0.63	1.89	98.11		
No30	0.600						
No40	0.425	2.74	0.91	2.80	97.20		CLASIFICACIÓN:
No 50	0.300	3.10	1.03	3.83	96.17		I.G. =
No60	0.250						SUCS : CL
No80	0.180						ASSTHO : A-6 (9)
No100	0.150	17.76	5.92	9.75	90.25		OBSERVACIONES: SUELO DE COLOR ROJIZO
No200	0.075	37.92	12.64	22.39	77.61		
BASE		232.82	77.61	100.00	0.00		
TOTAL		300.00	100.00				
% PERDIDA		77.61					



NOTA: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR LOS BACHILLERES.

LOS RESULTADOS SERAN VALIDOS SOLO CON EL SELLO SECO

URB. VILLA DEL LAGO MZ - "G" LOTE 14 TEL. 942225341 - 951810504

*Elizabeth*  
 Elizabeth Cropa Gordillo  
 INGENIERO GEOLOGO  
 CIP. 121350





**TESIS** : " MODIFICACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON ESCORIA SIDERÚRGICA Y ORGANOSILANOS EN LA CARRETERA UMAYO - ATUNCOLLA,PUNO,2022"

**SOLICITANTE** : BACHILLER. APAZA VELASQUEZ BETY RAQUEL - BACHILLER.QUISCA OTAZU RODY

**UBICACIÓN** : UMAYO - ATUNCOLLA,PUNO

**MUESTRA** : CALICATA N° 2 ( ADICION 2% DE ESCORIA Y 2% DE ORGANOSILANOS)

**COORDENADAS** : E376724.459 N8261423.126

**PROFUNDIDAD** : 0.00 - 1.50 m

**FECHA** : 07 DE OCTUBRE DEL 2022

**CONTENIDO DE HUMEDAD  
ASTM - D - 2216 - MTC - E 108**

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	
SUELO SECO + TARRO	gr	
PESO DEL TARRO	gr	
PESO DEL AGUA	gr	
PESO DEL SUELO SECO	gr	
HUMEDAD %	%	

**LÍMITE LIQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD  
ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90**

LÍMITE LIQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		
TARRO N°		A	B	A	B
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	36.65	38.74	15.09	15.78
SUELO SECO + TARRO	gr	34.03	35.22	14.35	15.07
PESO DEL TARRO	gr	25.52	23.61	10.17	10.99
PESO DEL AGUA	gr	2.62	3.52	0.74	0.71
PESO DEL SUELO SECO	gr	8.51	11.61	4.18	4.08
HUMEDAD %	%	30.79	30.32	17.70	17.40
N° DE GOLPES		25	25		
<b>LÍMITE LIQUIDO %</b>		<b>30.55</b>	<b>LÍMITE PLÁSTICO %</b>		<b>17.55</b>
<b>ÍNDICE PLÁSTICO %</b>		<b>13.00</b>			

$LL = Wn * (N/25)^{0.121}$   
 Donde:  
 LL = Límite Líquido  
 Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)  
 N = Número de Golpes

NOTA: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR LOS BACHILLERES.

  
 Elizabeth Copca Gordillo  
 INGENIERO GEÓLOGO  
 CIR.121350

3 RESULTADOS SERAN VALIDOS SOLO CON EL SELLO SECO

**URB. VILLA DEL LAGO MZ - "G" LOTE 14 TEL. 942225341 - 951810504**





**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO**

(MTC E-115 / ASTM D-1557 / AASHTO T-180)

TESIS : \*MODIFICACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON ESCORIA SIDERÚRGICA Y ORGANOSILANOS EN LA CARRETERA UMAYO-ATUNCOLLA,PUNO,2022\*

SOLICITANTE : BACHILLER. APAZA VELASQUEZ BETY RAQUEL - BACHILLER. QUISCA OTAZU RODY

UBICACIÓN : CALICATA N°2 MARGEN IZQUIERDO

MUESTRA : CALICATA N° 2 - ( CON ADICION 2% DE ESCORIA Y 2% DE ORGANOSILANOS ) FECHA : 21/10/2022

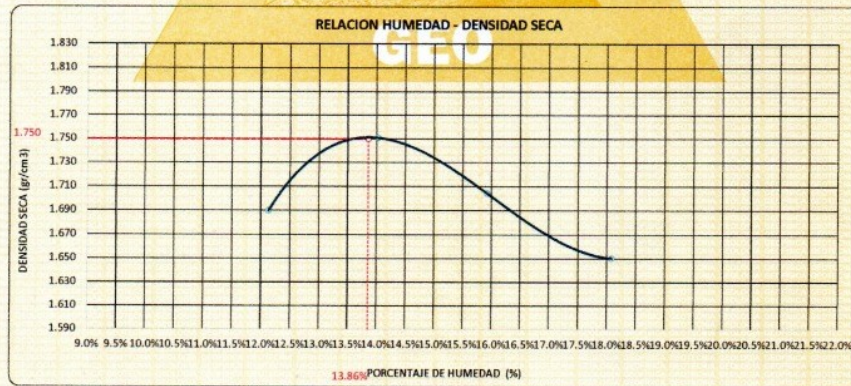
COORDENADAS : UTM: 376724.459 E - 8261423.126 N PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.50 m

MÉTODO	4"		6"	VOLUMEN DEL MOLDE (B)	926 cm <sup>3</sup>	NÚMERO DE CAPAS	5
	A	B	C	PESO DEL MOLDE	3740	NÚMERO DE GOLPES	25

P. SUELO HUMEDO + P. MOLDE	gr.	5494	5588	5589	5544
P. DEL MOLDE	gr.	3740	3740	3740	3740
P. SUELO HUMEDO	gr/cm <sup>3</sup>	1754	1848	1829	1804
DENSIDAD DE SUELO HUMEDO	gr/cm <sup>3</sup>	1.895	1.996	1.976	1.949

	No	10	11	12	13	14	15	16	17
PESO SUELO HUMEDO + P. TARA	gr.	343.50	353.90	362.19	340.11	368.19	348.27	350.20	360.11
PESO SUELO SECO + P. TARA	gr.	314.97	323.76	327.85	307.79	328.42	309.00	308.50	317.01
PESO DE TARA	gr.	79.44	75.62	62.04	78.12	77.69	75.98	76.41	80.01
PESO DEL AGUA	gr.	28.53	30.14	34.34	32.32	39.77	37.27	41.70	43.10
PESO DE SUELO SECO	gr.	235.53	248.14	245.81	229.67	250.73	233.02	232.09	237.00
PORCENTAJE DE HUMEDAD	%	12.11%	12.15%	13.97%	14.07%	15.86%	15.99%	17.97%	18.19%
PROMEDIO DE HUMEDAD	%	12.13%		14.02%		15.93%		18.08%	
DENSIDAD DE SUELO SECO	%	1.690		1.761		1.704		1.660	

RESULTADOS			
MAXIMA DENSIDAD SECA	1.750	gr/cm <sup>3</sup>	ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD
			13.86%



\* LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR LOS BACHILLERES

LOS RESULTADOS SERAN VALIDOS SOLO CON EL SELLO SECO

**URB. VILLA DEL LAGO MZ - "G" LOTE 14 TEL. 942225341 - 951810504**

*Elizabeth*  
**Elizabeth Coopa Gordillo**  
 INGENIERO GEÓLOGO  
 CIP 121350





**VALOR RELATIVO DE SOPORTE (C.B.R.)**

(MTC E 132 / ASTM D-1883)

TESIS : MODIFICACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON ESCORIA SIDERURGICA Y ORGANOSILANOS EN LA CARRETERA UMAYO-ATUNCOLLA,PUNO,2022\*  
 SOLICITANTE : BACHILLER. APAZA VELASQUEZ BETY RAQUEL - BACHILLER. QUISCA OTAZU RODY  
 UBICACIÓN : CALICATA N°2 MARGEN IZQUIERDO  
 MUESTRA : CALICATA N° 2 - ( CON ADICION 2% DE ESCORIA Y 2% DE ORGANOSILANOS ) FECHA : 28/10/2022  
 COORDENADAS : UTM: 376724.459 E - 8261423.126 N PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.50 m

MOLDE N°	UNID	7		8		9	
CAPAS		5		5		5	
GOLPES POR CAPA N°		55		26		12	
CONDICIÓN DE MUESTRA		SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO	gr	14532	14586	14251	14463	14355	14589
PESO DEL MOLDE	gr	8110	8110	8130	8130	8320	8320
VOLUMEN DE LA MUESTRA	cm <sup>3</sup>	3226	3226	3191	3191	3209	3209
PESO DEL SUELO HUMEDO	gr	6422	6476	6121	6333	6035	6269
DENSIDAD HUMEDA	gr./cm <sup>3</sup>	1.991	2.007	1.918	1.985	1.881	1.954
TARRO N°		A-4	4	A-5	5	A-6	6
TARRO + SUELO HUMEDO	gr	309.59	331.07	299.46	350.24	318.28	350.46
TARRO + SUELO SECO	gr	279.63	295.58	272.43	308.06	286.43	305.37
PESO DEL TARRO	gr	64.66	76.92	66.89	76.31	66.9	81.16
PESO DEL AGUA	gr	29.96	35.49	27.03	42.18	29.85	45.09
PESO DEL SUELO SECO	gr	214.97	218.66	205.74	229.75	220.53	224.21
HUMEDAD	%	13.94%	16.23%	13.14%	18.36%	13.54%	20.11%
		13.94%	16.23%	13.14%	18.36%	13.54%	20.11%
DENSIDAD SECA	gr./cm <sup>3</sup>	1.747	1.727	1.696	1.677	1.656	1.628

**ENSAYO EXPANSIÓN**

FECHA	HORA	TIEMPO (HORAS)	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%
29/10/22	9:25 Am	0:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30/10/22	9:25 Am	24:00:00	7.00	0.18	0.14	14.00	0.36	0.28	18.00	0.46	0.36
31/10/22	9:25 Am	48:00:00	11.00	0.28	0.22	17.00	0.43	0.34	21.00	0.53	0.42
01/11/22	9:25 Am	72:00:00	14.00	0.36	0.28	21.00	0.53	0.42	26.00	0.66	0.52
02/11/22	9:25 Am	96:00:00	19.00	0.48	0.38	20.00	0.51	0.40	30.00	0.76	0.60

**PENETRACIÓN**

TIEMPO	PENETRACIÓN			DIAL	CARGA	ESFUERZO	CORREG.	DIAL	CARGA	ESFUERZO	CORREG.	DIAL	CARGA	ESFUERZO	CORREG.	
	mm	pulg.	Kg													
0:00	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0:30	0.635	0.025	50.0	50	2.5	30.0	30	1.5	27.0	27	1.4					
1:00	1.270	0.050	70.0	70	3.5	57.0	57	2.9	42.0	42	2.1					
1:30	1.900	0.075	102.0	102	5.2	80.0	80	4.0	58.0	58	2.9					
2:00	2.540	0.100	133.0	133	6.7	100.0	100	5.1	74.0	74	3.7					
3:00	3.810	0.150	173.0	173	8.7	131.0	131	6.6	92.0	92	4.7					
4:00	5.080	0.200	202.0	202	10.2	160.0	160	8.1	107.0	107	5.4					
5:00	6.360	0.250	231.0	231	11.7	181.0	181	9.1	125.0	125	6.3					
6:00	7.620	0.300	260.0	260	13.1	202.0	202	10.2	136.0	136	6.9					
8:00	10.160	0.400	279.0	279	14.1	225.0	225	11.4	150.0	150	7.6					
10:00	12.700	0.500	276.0	276	14.0	224.0	224	11.3	153.0	153	7.7					

\* LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR LOS BACHILLERES

LOS RESULTADOS SERAN VALIDOS SOLO CON EL SELLO SECO

**URB. VILLA DEL LAGO MZ - "G" LOTE 14 TEL. 942225341 - 951810504**

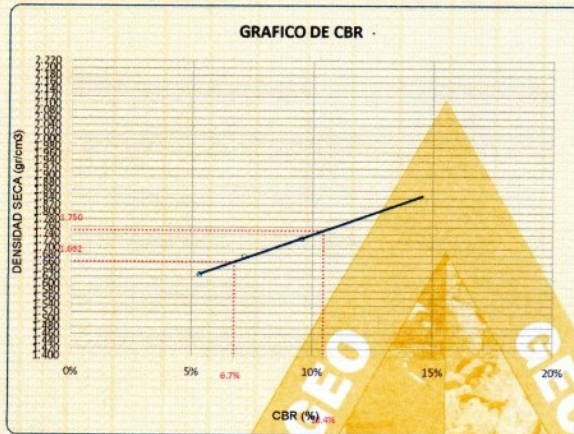
**Elizabeth Ccopa Gordillo**  
 INGENIERO GEÓLOGO  
 CIP. 121350





**TESIS** : "MODIFICACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON ESCORIA SIDERÚRGICA Y ORGANOSILANOS EN LA CARRETERA UMAYO-ATUNCOLLA,PUNO,2022"  
**SOLICITANTE** : BACHILLER. APAZA VELASQUEZ BETY RAQUEL - BACHILLER. QUISCA OTAZU RODY  
**UBICACIÓN** : CALICATA N°2 MARGEN IZQUIERDO  
**MUESTRA** : CALICATA N° 2 - ( CON ADICION 2% DE ESCORIA Y 2% DE ORGANOSILANOS )  
**COORDENADAS** : UTM: 376724.469 E - 8261423.126 N

**FECHA** : 28/10/2022  
**PROFUNDIDAD** : 0.00 - 1.50 m

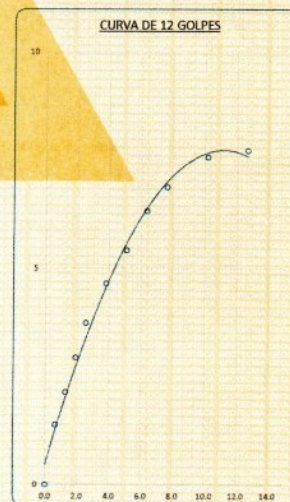
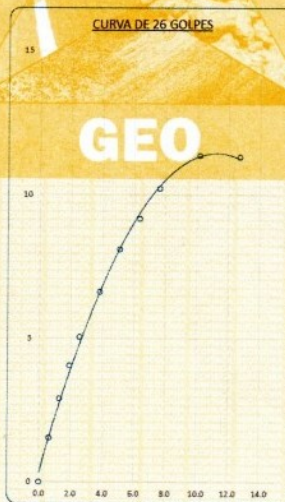
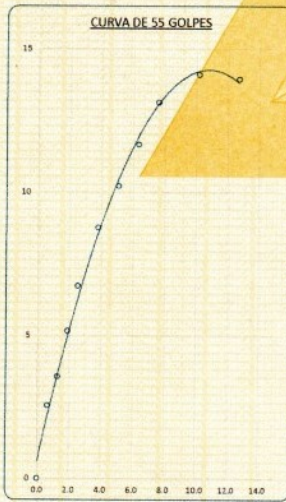


**PARAMETROS DE C.B.R.**

C.B.R. 01" AL 100% = 10.4%  
C.B.R. 01" AL 95% M.D.S. = 6.7%

**LEYENDA**

— CURVA A 0.1"



LOS RESULTADOS SERAN VALIDOS SOLO CON EL SELLO SECO

**Elizabeth Copa Gordillo**  
INGENIERO GEÓLOGO  
CIP 121350





**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)**

**ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)**

**PROYECTO** : " MODIFICACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON ESCORIA SIDERÚRGICA Y ORGANOSILANOS EN LA CARRETERA UMAYO - ATUNCOLLA,PUNO,2022"

**SOLICITANTE** : BACHILLER. APAZA VELASQUEZ BETY RAQUEL - BACHILLER QUISCA OTAZU RODY

**UBICACIÓN** : UMAYO - ATUNCOLLA,PUNO

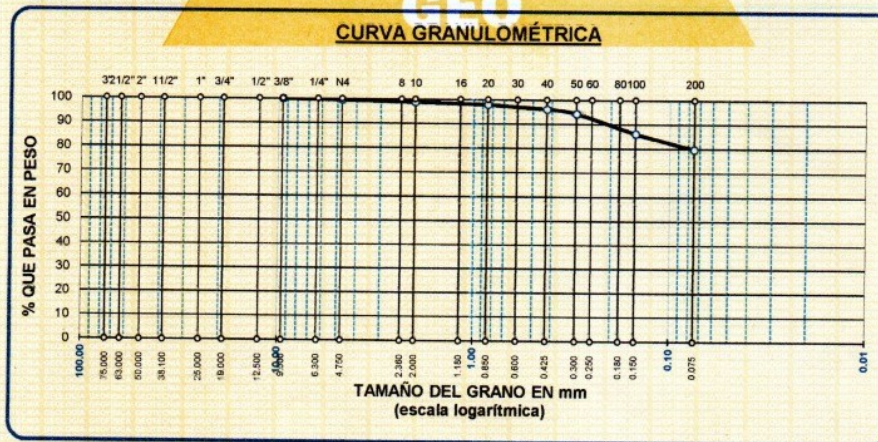
**MUESTRA** : CALICATA N° 2 ( ADICION 3% DE ESCORIA Y 3% DE ORGANOSILANOS)

**COORDENADAS** : E376724.459 N8261423.126

**PROFUNDIDAD** : 0.00 - 1.50 m.

**FECHA** : 07 DE OCTUBRE DEL 2022

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO:
3"	75.000						DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.000						P.I.= 250.00
2"	50.000						P.L.= 50.76
1 1/2"	38.100						P.P.= 199.24
1"	25.000						% W =
3/4"	19.000						LIMITES DE CONSISTENCIA:
1/2"	12.500						L.L.= 30.08
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00		L.P.= 17.85
1/4"	6.300						I.P.= 12.43
No4	4.750	1.08	0.43	0.43	99.57		CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No8	2.360						D10= --- Cu= ---
No10	2.000	1.78	0.71	1.14	98.86		D30= --- Cc= ---
No16	1.180						D60= ---
No20	0.850	2.26	0.90	2.05	97.95		CLASIFICACIÓN:
No30	0.600						I.G. = :
No40	0.425	4.40	1.76	3.81	96.19		SUCS : CL
No 50	0.300	4.46	1.78	5.59	94.41		ASSTHO : A-6 (9)
No60	0.250						OBSERVACIONES: SUELO DE COLOR ROJIZO
No80	0.180						
No100	0.150	20.86	8.34	13.94	86.06		
No200	0.075	15.92	6.37	20.30	79.70		
BASE		199.24	79.70	100.00	0.00		
TOTAL		250.00	100.00				
% PERDIDA		79.70					



LOS RESULTADOS SERAN VALIDOS SOLO CON EL SELLO SECO

URB. VILLA DEL LAGO MZ - "G" LOTE 14 TEL. 942225341 - 951810504

*Elizabeth Copo Gordillo*  
 Elizabeth Copo Gordillo  
 INGENIERO GEÓLOGO  
 CIP 121350





**PROYECTO** : " MODIFICACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON ESCORIA SIDERÚRGICA Y ORGANOSILANOS EN LA CARRETERA UMAYO - ATUNCOLLA,PUNO,2022"  
**SOLICITANTE** : BACHILLER. APAZA VELASQUEZ BETY RAQUEL - BACHILLER.QUISCA OTAZU RODY  
**UBICACIÓN** : CALICATA N° 1 MARGEN DERECHO  
**MUESTRA** : CALICATA N° 2 ( ADICION 3% DE ESCORIA Y 3% DE ORGANOSILANOS)  
**COORDENADAS** : E376724.459 N8261423.126  
**PROFUNDIDAD** : 0.00 - 1.50 m.  
**FECHA** : 07 DE OCTUBRE DEL 2022

**CONTENIDO DE HUMEDAD  
 ASTM - D - 2216 - MTC - E 108**

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	
SUELO SECO + TARRO	gr	
PESO DEL TARRO	gr	
PESO DEL AGUA	gr	
PESO DEL SUELO SECO	gr	
HUMEDAD %	%	

**LÍMITE LIQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD  
 ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90**

TARRO N°	LÍMITE LIQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
		C	D	C	D
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	38.54	36.96	15.24	15.56
SUELO SECO + TARRO	gr	35.45	34.03	14.52	14.84
PESO DEL TARRO	gr	25.47	24.53	10.39	10.81
PESO DEL AGUA	gr	3.09	2.93	0.72	0.72
PESO DEL SUELO SECO	gr	9.98	9.50	4.13	4.03
HUMEDAD %	%	30.96	30.84	17.43	17.87
N° DE GOLPES		20	20		

**LÍMITE LIQUIDO %** : 30.08      **LÍMITE PLÁSTICO %** : 17.65

**ÍNDICE PLÁSTICO %** : 12.43

$LL = Wn * (N/25)^{0.121}$   
 Donde:  
 LL = Límite Líquido  
 Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)  
 N = Número de Golpes

Elizabeth Copa Gordillo  
 INGENIERO GEÓLOGO  
 CIP 121359

¡ RESULTADOS SERAN VALIDOS SOLO CON EL SELLO SECO

**URB. VILLA DEL LAGO MZ - "G" LOTE 14 TEL. 942225341 - 951810504**





**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO**

(MTC E-115 / ASTM D-1557 / AASHTO T-180)

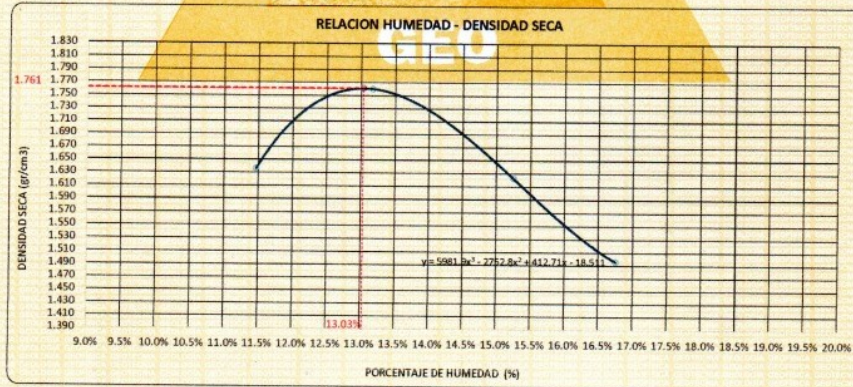
**TESIS** : "MODIFICACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON ESCORIA SIDERÚRGICA Y ORGANOSILANOS EN LA CARRETERA UMACO-ATUNCOLLA, PUNO, 2022"  
**SOLICITANTE** : BACHILLER. APAZA VELASQUEZ BETY RAQUEL - BACHILLER. QUISCA OTAZU RODY  
**UBICACIÓN** : CALICATA N°2 MARGEN IZQUIERDO  
**MUESTRA** : CALICATA N° 2 - ( CON ADICION 3% DE ESCORIA Y 3% DE ORGANOSILANOS ) **FECHA** : 21/10/2022  
**COORDENADAS** : UTM: 376724.459 E - 8261423.126 N **PROFUNDIDAD** : 0.00 - 1.50 m

MÉTODO	4"			VOLUMEN DEL MOLDE (B)	926 cm <sup>3</sup>	NÚMERO DE CAPAS	5
	A	B	C				
				PESO DEL MOLDE	3740	NÚMERO DE GOLPES	25

P. SUELO HUMEDO + P. MOLDE	gr.	9428	5584	9471	5357
P. DEL MOLDE	gr.	3740	3740	3740	3740
P. SUELO HUMEDO	gr/cm <sup>3</sup>	1888	1844	1731	1617
DENSIDAD DE SUELO HUMEDO	gr/cm <sup>3</sup>	1.823	1.992	1.870	1.747

	No	18	19	20	21	22	23	24	1
PESO SUELO HUMEDO + P. TARA	gr.	360.28	372.14	362.70	349.22	355.61	342.95	339.92	364.11
PESO SUELO SECO + P. TARA	gr.	330.86	342.21	329.76	317.86	318.64	307.83	302.46	323.06
PESO DE TARA	gr.	77.18	78.03	79.40	80.04	76.13	77.63	80.68	75.95
PESO DEL AGUA	gr.	29.42	29.93	32.94	31.36	36.97	35.12	37.46	41.05
PESO DE SUELO SECO	gr.	253.68	264.18	250.36	237.82	242.51	230.20	221.80	247.21
PORCENTAJE DE HUMEDAD	%	11.60%	11.33%	13.16%	13.19%	15.24%	15.26%	16.89%	16.61%
PROMEDIO DE HUMEDAD	%	11.46%	11.33%	13.17%	13.17%	15.25%	15.26%	16.76%	16.76%
DENSIDAD DE SUELO SECO	%	1.636	1.760	1.623	1.623	1.623	1.623	1.496	1.496

RESULTADOS			
MAXIMA DENSIDAD SECA	1.761	gr/cm <sup>3</sup>	ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD
			13.03%



\* LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR LOS BACHILLERES



LOS RESULTADOS SERÁN VALIDOS SOLO CON EL SELLO SECO

*Elizabeth Copo Gordillo*  
**Elizabeth Copo Gordillo**  
 INGENIERO GEÓLOGO  
 CIP: 121350

**URB. VILLA DEL LAGO MZ - "G" LOTE 14 TEL. 942225341 - 951810504**





**TRIPLE GEO S.R.L.**  
Calidad y Experiencia

**LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO**  
Geología - Geofísica - Geotecnia

**VALOR RELATIVO DE SOPORTE (C.B.R.)**

(MTC E 132 / ASTM D-1883)

TESIS : "MODIFICACION DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON ESCORIA SIDERURGICA Y ORGANOSILANOS EN LA CARRETERA UMAYO-ATUNCOLLA, PUÑO 2022"

SOLICITANTE : BACHILLER. APAZA VELASQUEZ BETY RAQUEL - BACHILLER. QUISCA OTAZU RODY

UBICACION : CALICATA N°2 MARGEN IZQUIERDO

MUESTRA : CALICATA N° 2 - ( CON ADICION 3% DE ESCORIA Y 3% DE ORGANOSILANOS )

FECHA : 28/10/2022

COORDENADAS : UTM: 376724.469 E - 8261423.126 N

PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.50 m

MOLDE N°	UNID.	10		11		12	
		55		26		12	
CAPAS		5		5		5	
GOLPES POR CAPA N°		55		26		12	
CONDICIÓN DE MUESTRA		SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO	gr.	14328	14372	14318	14511	14264	14430
PESO DEL MOLDE	gr.	8042	8042	8090	8090	8180	8180
VOLUMEN DE LA MUESTRA	cm3	3170	3170	3198	3198	3192	3192
PESO DEL SUELO HUMEDO	gr.	6286	6330	6228	6421	6084	6250
DENSIDAD HUMEDA	gr./cm3	1.983	1.997	1.947	2.008	1.906	1.958
TARRO N°		A-7	7	A-8	8	A-9	9
TARRO + SUELO HUMEDO	gr.	306.46	350.24	316.35	367.31	310.91	360.08
TARRO + SUELO SECO	gr.	278.28	313.17	287.09	322.63	281.46	310.68
PESO DEL TARRO	gr.	64.22	76.58	66.57	75.5	63.8	80.91
PESO DEL AGUA	gr.	28.17	37.07	29.26	44.68	29.45	49.4
PESO DEL SUELO SECO	gr.	214.07	233.59	220.52	247.13	217.66	229.77
HUMEDAD	%	13.16%	16.87%	13.27%	18.08%	13.53%	21.50%
DENSIDAD SECA	gr./cm3	1.762	1.723	1.719	1.700	1.679	1.612

**ENSAYO EXPANSIÓN**

FECHA	HORA	TIEMPO (HORAS)	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%
29/10/22	10.30 Am	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30/10/22	10.30 Am	24:00:00	4.00	0.10	0.08	11.00	0.28	0.22	15.00	0.38	0.30
31/10/22	10.30 Am	48:00:00	7.00	0.18	0.14	16.00	0.41	0.32	19.00	0.48	0.38
01/11/22	10.30 Am	72:00:00	10.00	0.25	0.20	19.00	0.48	0.38	24.00	0.61	0.48
02/11/22	10.30 Am	96:00:00	15.00	0.38	0.30	22.00	0.56	0.44	25.00	0.64	0.50

**PENETRACIÓN**

TIEMPO	PENETRACIÓN		DIAL	CARGA	ESFUERZO	CORREG.	DIAL	CARGA	ESFUERZO	CORREG.	DIAL	CARGA	ESFUERZO	CORREG.
	mm	pulg.												
0.00	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	
0.30	0.635	0.025	48.0	48	2.4		44.0	44	2.2		30.0	30	1.5	
1.00	1.270	0.050	72.0	72	3.6		75.0	75	3.8		40.0	40	2.0	
1.30	1.900	0.075	111.0	111	5.6		98.0	98	5.0		50.0	50	2.5	
2.00	2.540	0.100	131.0	131	6.6		114.0	114	5.8		61.0	61	3.1	
3.00	3.810	0.150	182.0	182	9.2		150.0	150	7.6		79.0	79	4.0	
4.00	6.080	0.200	214.0	214	10.8		180.0	180	9.1		100.0	100	5.1	
5.00	6.350	0.250	247.0	247	12.5		205.0	205	10.4		120.0	120	6.1	
6.00	7.620	0.300	276.0	276	14.0		224.0	224	11.3		137.0	137	6.9	
8.00	10.160	0.400	297.0	297	15.0		250.0	250	12.6		155.0	155	7.8	
10.00	12.700	0.500	297.0	297	15.0		245.0	245	12.4		160.0	160	8.1	

\* LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR LOS BACHILLERES



*Elizabeth Ceopa Gordillo*  
**INGENIERO GEÓLOGO**  
CIP 121350

LOS RESULTADOS SERAN VALIDOS SOLO CON EL SELLO SECO

**URB. VILLA DEL LAGO MZ - "G" LOTE 14 TEL. 942225341 - 951810504**





**TESIS** : "MODIFICACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON ESCORIA SIDERÚRGICA Y ORGANOSILANOS EN LA CARRETERA UMAYO-ATUNCOLLA, PUNO, 2022"  
**SOLICITANTE** : BACHILLER. APAZA VELASQUEZ BETY RAQUEL - BACHILLER. QUISCA OTAZU RODY  
**UBICACIÓN** : CALICATA N°2 MARGEN IZQUIERDO  
**MUESTRA** : CALICATA N° 2 - ( CON ADICION 3% DE ESCORIA Y 3% DE ORGANOSILANOS )  
**COORDENADAS** : UTM. 376724 459 E - 8261423.126 N

**FECHA** : 26/10/2022  
**PROFUNDIDAD** : 0.00 - 1.50 m

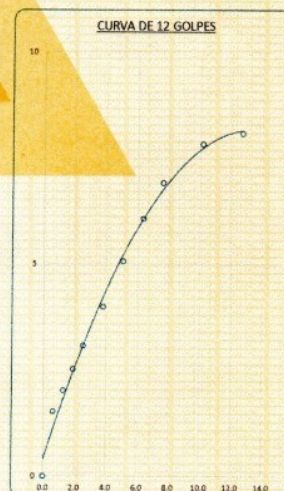
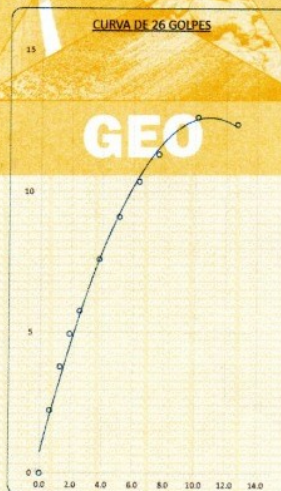
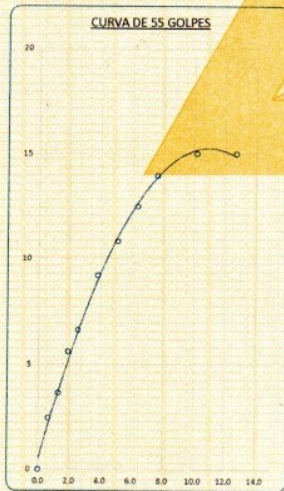


**PARAMETROS DE C.B.R.**

C.B.R. 01" AL 100% = 11.0%  
C.B.R. 01" AL 95% M.D.S. = 7.1%

**LEYENDA**

— CURVA A 0.1"



LOS RESULTADOS SERAN VALIDOS SOLO CON EL SELLO SECO

**URB. VILLA DEL LAGO MZ - "G" LOTE 14 TEL. 942225341 - 951810504**

**Elizabeth Ccopa Gordillo**  
INGENIERO GEÓLOGO  
CIP. 121350





**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)**  
**ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)**

**PROYECTO** : " MODIFICACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON ESCORIA SIDERÚRGICA Y ORGANOSILANOS EN LA CARRETERA UMAYO - ATUNCOLLA,PUNO,2022"

**SOLICITANTE** : BACHILLER. APAZA VELASQUEZ BETY RAQUEL - BACHILLER QUISCA OTAZU RODY

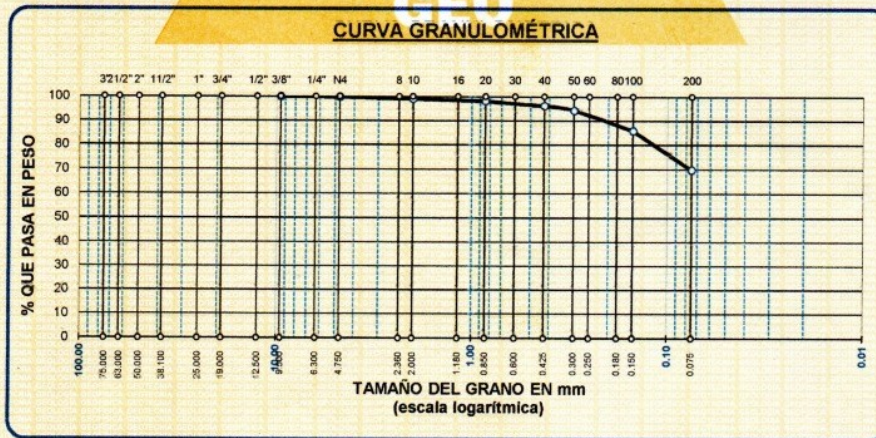
**UBICACIÓN** : UMAYO - ATUNCOLLA,PUNO

**MUESTRA** : CALICATA N° 2 ( ADICION 4% DE ESCORIA Y 4% DE ORGANOSILANOS)  
 : E376724.469 N8261423.126

**PROFUNDIDAD** : 0.00 - 1.50 m.

**FECHA** : 07 DE OCTUBRE DEL 2022

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MAXIMO:
3"	75.000						DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.000						P.I.= 250.00
2"	50.000						P.L.= 75.54
1 1/2"	38.100						P.P.= 174.46
1"	25.000						% W =
3/4"	19.000						LIMITES DE CONSISTENCIA:
1/2"	12.500						L.L.= 29.82
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00		L.P.= 18.24
1/4"	6.300						I.P.= 11.58
No4	4.750	0.44	0.18	0.18	99.82		CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No8	2.360						D10= --- Cu= ---
No10	2.000	1.86	0.74	0.92	99.08		D30= --- Cc= ---
No16	1.180						CLASIFICACIÓN:
No20	0.850	2.28	0.91	1.83	98.17		I.G. =
No30	0.600						SUCS : CL
No40	0.425	4.82	1.93	3.76	96.24		ASSTHO : A-6 (7)
No 50	0.300	4.58	1.83	5.59	94.41		OBSERVACIONES: SUELO DE COLOR
No60	0.250						ROJIZO
No80	0.180						
No 100	0.150	21.28	8.51	14.10	85.90		
No200	0.075	40.28	16.11	30.22	69.78		
BASE		174.46	69.78	100.00	0.00		
TOTAL		250.00	100.00				
% PERDIDA		69.78					



LOS RESULTADOS SERAN VALIDOS SOLO CON EL SELLO SECO

**URB. VILLA DEL LAGO MZ - "G" LOTE 14 TEL. 942225341 - 951810504**

*Elizabeth*  
 Elizabeth Ccoya Gordillo  
 INGENIERO GEÓLOGO  
 CIR.121350





**PROYECTO** : " MODIFICACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON ESCORIA SIDERÚRGICA Y ORGANOSILANOS EN LA CARRETERA UMAYO - ATUNCOLLA,PUNO,2022"  
**SOLICITANTE** : BACHILLER. APAZA VELASQUEZ BETY RAQUEL - BACHILLER.QUISCA OTAZU RODY  
**UBICACIÓN** : UMAYO - ATUNCOLLA,PUNO  
**MUESTRA** : CALICATA N° 2 ( ADICION 4% DE ESCORIA Y 4% DE ORGANOSILANOS)  
: E376724.459 N8261423.126  
**PROFUNDIDAD** : 0.00 - 1.50 m.  
**FECHA** : 07 DE OCTUBRE DEL 2022

**CONTENIDO DE HUMEDAD  
ASTM - D - 2216 - MTC - E 108**

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	
SUELO SECO + TARRO	gr	
PESO DEL TARRO	gr	
PESO DEL AGUA	gr	
PESO DEL SUELO SECO	gr	
HUMEDAD %	%	

**LÍMITE LIQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD  
ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90**

LÍMITE LIQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
TARRO N°		E	F	E	F
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	38.76	37.94	15.91	15.22
SUELO SECO + TARRO	gr	35.28	35.03	15.13	14.53
PESO DEL TARRO	gr	23.48	25.20	10.85	10.75
PESO DEL AGUA	gr	3.48	2.91	0.78	0.69
PESO DEL SUELO SECO	gr	11.80	9.83	4.28	3.78
HUMEDAD %	%	29.49	29.60	18.22	18.25
N° DE GOLPES		27	27		
<b>LÍMITE LIQUIDO % :</b>		<b>29.82</b>	<b>LÍMITE PLÁSTICO % :</b>		<b>18.24</b>
<b>ÍNDICE PLÁSTICO % :</b>		<b>11.58</b>			

LL =  $W_n * (N/25)^{0.121}$   
Donde:  
LL = Límite Líquido  
Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)  
N = Número de Golpes

  
**Elizabeth Cappa Gordillo**  
INGENIERO GEÓLOGO  
CIP. 121350

RESULTADOS SERAN VALIDOS SOLO CON EL SELLO SECO

**URB. VILLA DEL LAGO MZ - "G" LOTE 14 TEL. 942225341 - 951810504**





**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO**

(MTC E-115 / ASTM D-1557 / AASHTO T-180)

**TESIS** : \*MODIFICACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON ESCORIA SIDERÚRGICA Y ORGANOSILANOS EN LA CARRETERA UMACO-ATUNCOLLA, PUNO, 2022\*

**SOLICITANTE** : BACHILLER. APAZA VELASQUEZ BETY RAQUEL - BACHILLER. QUISCA OTAZU RODY

**UBICACIÓN** : CALICATA N°2 MARGEN IZQUIERDO

**MUESTRA** : CALICATA N° 2 - ( CON ADICION 4% DE ESCORIA Y 4% DE ORGANOSILANOS )

**FECHA** : 28/10/2022

**COORDENADAS** : UTM: 376724 459 E - 8261423.126 N

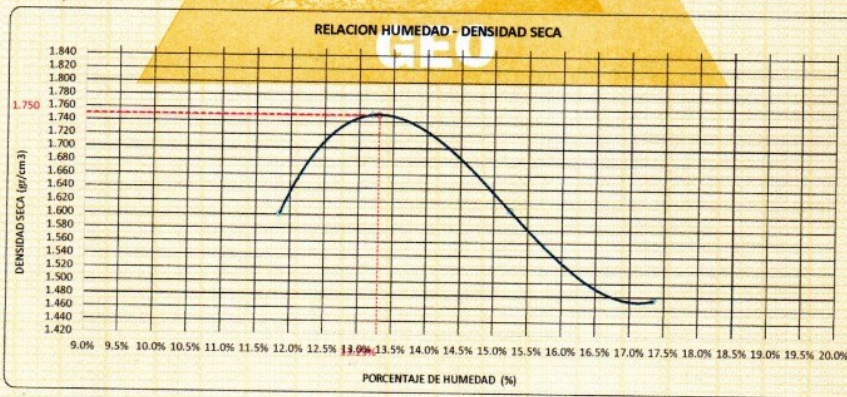
**PROFUNDIDAD** : 0.00 - 1.50 m

MÉTODO	4"		VOLUMEN DEL MOLDE (B)	928 cm <sup>3</sup>	NÚMERO DE CAPAS	5
	A	B				

P. SUELO HUMEDO + P. MOLDE	gr.	5398	5574	5456	5342
P. DEL MOLDE	gr.	3740	3740	3740	3740
P. SUELO HUMEDO	gr/cm <sup>3</sup>	1658	1834	1716	1602
DENSIDAD DE SUELO HUMEDO	gr/cm <sup>3</sup>	1.791	1.981	1.884	1.731

	No	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6	A-7	A-8
PESO SUELO HUMEDO + P. TARA	gr.	306.84	318.41	297.14	309.70	301.29	293.18	310.27	320.18
PESO SUELO SECO + P. TARA	gr.	281.16	291.43	271.17	279.82	270.23	263.17	273.20	283.42
PESO DE TARA	gr.	84.74	85.08	83.94	84.88	86.69	85.90	84.22	86.57
PESO DEL AGUA	gr.	25.48	26.98	25.97	29.88	31.06	30.01	37.07	36.76
PESO DE SUELO SECO	gr.	216.42	226.38	207.73	215.16	203.54	197.27	208.98	216.85
PORCENTAJE DE HUMEDAD	%	11.77%	11.92%	12.50%	13.89%	15.26%	15.21%	17.74%	16.95%
PROMEDIO DE HUMEDAD	%	11.85%	11.92%	13.19%	13.19%	15.24%	15.21%	17.38%	17.38%
DENSIDAD DE SUELO SECO	%	1.601	1.601	1.780	1.780	1.609	1.609	1.475	1.475

RESULTADOS				
MAXIMA DENSIDAD SECA	1.750	gr/cm <sup>3</sup>	ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	13.29%



\* LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR LOS BACHILLERES



*Elizabeth Acopa Gordillo*  
**Elizabeth Acopa Gordillo**  
 INGENIERO GEÓLOGO  
 CIR. 121350

LOS RESULTADOS SERAN VALIDOS SOLO CON EL SELLO SECO

**URB. VILLA DEL LAGO MZ - "G" LOTE 14 TEL. 942225341 - 951810504**





**VALOR RELATIVO DE SOPORTE (C.B.R.)**

(MTC E 132 / ASTM D-1883)

TESIS : "MODIFICACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON ESCORIA SIDERURGICA Y ORGANOSILANOS EN LA CARRETERA UMAYO-ATUNCOLLA,PUNO,2022"  
 SOLICITANTE : BACHILLER. APAZA VELASQUEZ BETY RAQUEL - BACHILLER. QUISCA OTAZU RODY  
 UBICACIÓN : CALICATA N°2 MARGEN IZQUIERDO  
 MUESTRA : CALICATA N° 2 - ( CON ADICION 4% DE ESCORIA Y 4% DE ORGANOSILANOS ) FECHA : 28/10/2022  
 COORDENADAS : UTM: 376724.459 E - 8261423.126 N PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.50 m

MOLDE N°	UNID.	13		14		15	
		5		5		5	
CAPAS		55		26		12	
GOLPES POR CAPA N°		55		26		12	
CONDICIÓN DE MUESTRA		SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO	gr	14359	14407	14299	14533	14043	14320
PESO DEL MOLDE	gr	8014	8014	8032	8032	7998	7998
VOLUMEN DE LA MUESTRA	cm <sup>3</sup>	3186	3186	3233	3233	3207	3207
PESO DEL SUELO HUMEDO	gr	6345	6393	6267	6501	6045	6322
DENSIDAD HUMEDA	gr./cm <sup>3</sup>	1.992	2.007	1.938	2.011	1.885	1.971
TARRO N°		A-10	10	A-11	11	A-12	12
TARRO + SUELO HUMEDO	gr	284.33	339.81	290.47	341.11	303.72	347.92
TARRO + SUELO SECO	gr	258.24	303.83	282.73	298.76	275.19	300.14
PESO DEL TARRO	gr	85.94	79.44	64.33	75.62	66.08	82.04
PESO DEL AGUA	gr	26.09	35.98	27.74	42.35	28.53	47.78
PESO DEL SUELO SECO	gr	192.3	224.39	198.4	223.14	209.11	218.1
HUMEDAD	%	13.57%	16.03%	13.98%	18.98%	13.64%	21.91%
		13.57%	16.03%	13.98%	18.98%	13.64%	21.91%
DENSIDAD SECA	gr./cm <sup>3</sup>	1.754	1.729	1.701	1.690	1.659	1.617

**ENSAYO EXPANSIÓN**

FECHA	HORA	TIEMPO (HORAS)	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%
29/10/22	12.00 Am	0:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30/10/22	12.00 Am	24:00:00	6.00	0.15	0.12	8.00	0.20	0.16	12.00	0.30	0.24
31/10/22	12.00 Am	48:00:00	8.00	0.20	0.16	13.00	0.33	0.26	20.00	0.51	0.40
01/11/22	12.00 Am	72:00:00	11.00	0.28	0.22	20.00	0.51	0.40	25.00	0.64	0.50
02/11/22	12.00 Am	96:00:00	15.00	0.38	0.30	21.00	0.53	0.42	26.00	0.66	0.52

**PENETRACIÓN**

TIEMPO	PENETRACIÓN		DIAL	CARGA	ESFUERZO	CORREG.	DIAL	CARGA	ESFUERZO	CORREG.	DIAL	CARGA	ESFUERZO	CORREG.
	mm	pulg.												
0:00	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0:30	0.635	0.025	60.0	60	3.0	46.0	46	2.3	31.0	31	1.6			
1:00	1.270	0.050	80.0	80	4.0	78.0	78	3.9	48.0	48	2.4			
1:30	1.905	0.075	118.0	118	6.0	96.0	96	4.9	63.0	63	3.2			
2:00	2.540	0.100	142.0	142	7.2	113.0	113	5.7	76.0	76	3.8			
3:00	3.810	0.150	192.0	192	9.7	156.0	156	7.9	93.0	93	4.7			
4:00	5.080	0.200	221.0	221	11.2	188.0	188	9.5	112.0	112	5.7			
5:00	6.350	0.250	255.0	255	12.9	213.0	213	10.8	130.0	130	6.6			
6:00	7.620	0.300	283.0	283	14.3	232.0	232	11.7	145.0	145	7.3			
8:00	10.160	0.400	302.0	302	15.3	255.0	255	12.9	159.0	159	8.0			
10:00	12.700	0.500	298.0	298	15.1	250.0	250	12.6	158.0	158	8.0			

\* LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR LOS BACHILLERES

*Elizabeth*  
 Elizabeth C. Gordillo  
 INGENIERO GEOLOGO  
 CIP. 121350

LOS RESULTADOS SERAN VALIDOS SOLO CON EL SELLO SECO

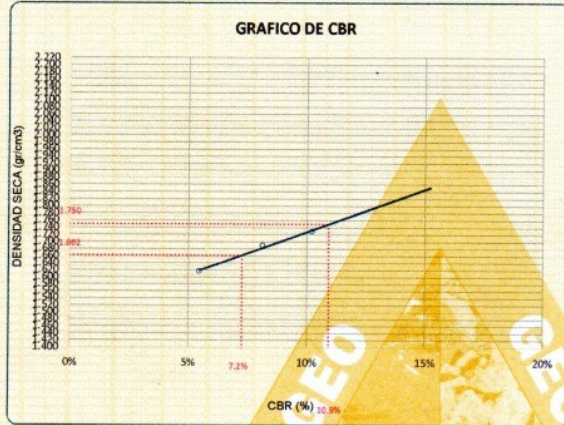
**URB. VILLA DEL LAGO MZ - "G" LOTE 14 TEL. 942225341 - 951810504**





**TESIS** : "MODIFICACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON ESCORIA SIDERÚRGICA Y ORGANOSILANOS EN LA CARRETERA UMAYO-ATUNCOLLA PUÑO 2022"  
**SOLICITANTE** : BACHILLER. APAZA VELASQUEZ BETY RAQUEL - BACHILLER. QUIRSCA OTAZU ROOY  
**UBICACIÓN** : CALICATA N°2 MARGEN IZQUIERDO  
**MUESTRA** : CALICATA N° 2 - ( CON ADICION 4% DE ESCORIA Y 4% DE ORGANOSILANOS )  
**COORDENADAS** : UTM: 376724.459 E - 8261423.126 N

**FECHA** : 28/10/2022  
**PROFUNDIDAD** : 0.00 - 1.50 m

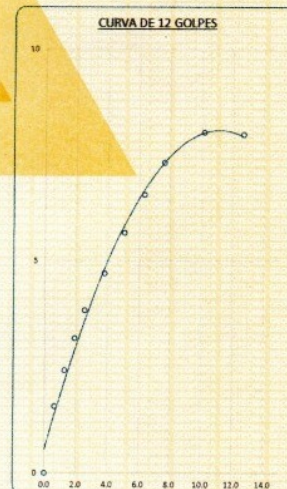
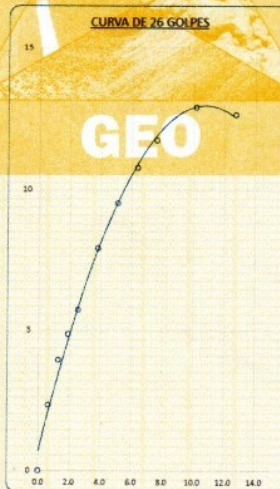
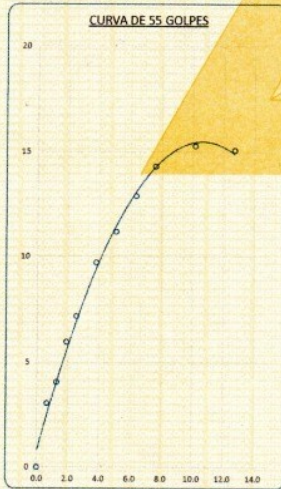


**PARAMETROS DE C.B.R.**

C.B.R. 01" AL 100% = 10.9%  
C.B.R. 01" AL 95% M.D.S. = 7.2%

**LEYENDA**

— CURVA A 0.1"



Elizabeth Copo Gordillo  
INGENIERO GEÓLOGO  
CIP 121359

LOS RESULTADOS SERAN VALIDOS SOLO CON EL SELLO SECO

**URB. VILLA DEL LAGO MZ - "G" LOTE 14 TEL. 942225341 - 951810504**



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, JORGE RICHARD OLARTE PINARES, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "Modificación de las Propiedades de la Subrasante con Escoria Siderúrgica y Organosilanos en la Carretera Umayo-Atuncolla, Puno, 2022", cuyos autores son QUISCA OTAZU RODY, APAZA VELASQUEZ BETY RAQUEL, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 24.00%, 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.

TRUJILLO, 12 de Enero del 2023

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
JORGE RICHARD OLARTE PINARES <b>DNI:</b> 40752422 <b>ORCID:</b> 0000-0001-5699-1323	Firmado electrónicamente por: JOLARTEP el 12-01- 2023 22:48:36

Código documento Trilce: TRI - 0518498