



**UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**UAC**  
**TESIS**

---

**"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAIXIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON  
CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN  
LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"**

---

Línea de Investigación: Ciencia y Tecnología en el Uso de Materiales

Presentado por:

Bach. Pool Samuel Monzon Huilca

ORCID: 0009-0006-5947-6152

Bach. Hans Cristian Sanchez Viguria

ORCID: 0009-0009-8921-8084

Para optar al Título Profesional de Ingeniero Civil

Asesor:

Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez

ORCID: 0000-0001-6891-6902

CUSCO – PERÚ

2023



## METADATOS

Datos del autor	
Nombres y apellidos	POOL SAMUEL MONZON HUILLCA
	HANS CRISTIAN SANCHEZ VIGURIA
Numero de documento de identidad	72354012
	70662768
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0009-0006-5947-6152">https://orcid.org/0009-0006-5947-6152</a>
	<a href="https://orcid.org/0009-0009-8921-8084">https://orcid.org/0009-0009-8921-8084</a>
Datos del asesor	
Nombres y apellidos	DR. ING. VICTOR CHACON SANCHEZ
Numero de documento de identidad	23807993
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0000-0001-6891-6902">https://orcid.org/0000-0001-6891-6902</a>
Datos del Jurado	
Presidente del jurado (jurado 1)	
Nombres y apellidos	ING. RODE LUZ AROHUANCA SOSA
Numero de documento de identidad	23922286
Jurado 2	
Nombres y apellidos	MGT. ING. EIGNER ROMAN VILLEGAS
Numero de documento de identidad	23928061
Jurado 3	
Nombres y apellidos	MGT. ING. ADAN RENZO AGUILAR HILARI
Numero de documento de identidad	48226102
Jurado 4	
Nombres y apellidos	ING. HEBER DARWIN GUTIERREZ VALLEJO
Numero de documento de identidad	23921471
Datos de la investigación	
Línea de investigación de la escuela	Ciencia y Tecnología en el Uso de Materiales



# Aplicación de geomalla biaxial de cables eléctricos con ceniza de fondo para el mejoramiento de suelos arcillosos en la vía vecinal 1140, Cusco, 2022

por POOL SAMUEL MONZON HUILLCA

---

**Fecha de entrega:** 19-feb-2024 10:20a.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2298805080


**Nombre del archivo:** Tesis\_Final\_-\_Monzon\_-\_Sanchez\_2023\_Completo.docx (67.95M)

**Total de palabras:** 37316

**Total de caracteres:** 190283

Dr. Ing. Víctor Chacon Sanchez  
Asesor de tesis



 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



UAC  
TESIS

"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAXIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON  
CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN  
LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"

 Línea de Investigación: Ciencia y Tecnología en el Uso de Materiales

Presentado por

Bach. Pool Samuel Morzon Huillca

ORCID: 0009-0006-5917-6152

Bach. Hilaris Cristian Sanchez Vigarza

ORCID: 0009-0009-8921-8084

Para optar al Título Profesional de Ingeniero Civil

Asesor:

Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez

ORCID: 0000-0001-6891-6902

CUSCO - PERÚ

2023

Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez  
Asesor de tesis



Aplicación de geomalla biaxial de cables eléctricos con ceniza de fondo para el mejoramiento de suelos arcillosos en la vía vecinal 1140, Cusco, 2022

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>9%</b>
<b>2</b>	<b>repositorio.uandina.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>7%</b>
<b>3</b>	<b>Submitted to Universidad Andina del Cusco</b> Trabajo del estudiante	<b>4%</b>
<b>4</b>	<b>Submitted to Universidad Pontificia Bolivariana</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>6</b>	<b>repositorio.unsa.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>7</b>	<b>repositorio.unap.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>8</b>	<b>www.dspace.uce.edu.ec</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>

Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez  
Asesor de tesis



## Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: POOL SAMUEL MONZON HUILLCA  
Título del ejercicio: Tesis final 2 (febrero 2024) Monzon Sanchez  
Título de la entrega: Aplicación de geomalla biaxial de cables eléctricos con ceniz...  
Nombre del archivo: Tesis\_Final\_-\_Monzon\_-\_Sanchez\_2023\_Completo.docx  
Tamaño del archivo: 67.95M  
Total páginas: 320  
Total de palabras: 37,316  
Total de caracteres: 190,283  
Fecha de entrega: 19-feb.-2024 10:20a. m. (UTC-0500)  
Identificador de la entrega: 2298805080



Derechos de autor 2024 Turnitin. Todos los derechos reservados.

Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez  
Asesor de tesis



## DEDICATORIA

A Dios por guiar mi andar y darme esta oportunidad única en la vida.

A mi padre Paulino Monzón Aguilar; por motivarme a ser mejor con sus consejos, su alegría y con el ejemplo de su perseverancia y trabajo diario.

A mi Madre Vilma Huillca Lloclla; por brindarme su inmensurable amor, por infundirme valores imprescindibles en mí caminar y estar siempre ahí para guiarme.

A mi hermana Katherine Rosa Monzón Huillca; por acompañarme en el camino del aprendizaje, motivarme a ser mejor persona y alimentar mi espíritu de competitividad.

A todos los docentes que motivaron y nutrieron mi crecimiento a nivel académico para ser un mejor profesional.

A mis amigos y compañeros por las buenas experiencias y conocimiento compartido durante mi andar universitario.

### **Pool Samuel Monzón Huillca**

Con mucho cariño a mis padres Juan Sanchez Martinez y Carmen Viguria Viguria, que gracias a ellos por orientarme y por guiarme en todo momento de mi vida, y con su apoyo llegar a convertirme en profesional.

Por la calidad de seres humanos que ellos son y el gran ejemplo que representan en mí vida.

A mi hermano Juan Brayan Sanchez Viguria que es un gran apoyo en mí vida. A mis familiares que siempre están a expectativas de mí, que me apoyaron de diferentes maneras y, por último, pero no por eso menos importante a mis amistades que me dieron su cariño, consejo y apoyo en toda esta etapa. Agradezco a Dios infinitamente, que me lleno de tanta gente buena en mí vida.

A todos ellos muchas gracias.

### **Hans Cristian Sanchez Viguria**



## AGRADECIMIENTOS

A Dios, que gracias a él culminamos nuestros estudios de manera satisfactoria, que con su guía nos iluminó y nos llevó por el camino correcto

A nuestros padres, por su constante apoyo y darnos ánimos para continuar con nuestra investigación.

A la Universidad Andina del Cusco, y en específico a la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, que fue la que nos acogió y se convirtió en nuestra casa de estudios a lo largo de toda nuestra vida universitaria y formación profesional, a la que llevaremos siempre orgullosos en donde estemos y recordaremos con mucho cariño.

A nuestro asesor Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez, por su experiencia y conocimientos que nutrió nuestra investigación y el apoyo que nos brindó para la realización de esta, que fue indispensable para culminar satisfactoriamente la presente investigación.

Al Mgt. Ing. Jose Alberto Montesinos Cervantes por su invaluable aporte a nuestra investigación, porque gracias a su compromiso y experiencia nutrió de buenas ideas para el desarrollo de nuestra Tesis.

A todo el personal de laboratorio de mecánica de suelos y pavimentos, que nos atendieron amablemente durante la realización de nuestros ensayos y que fue parte fundamental a lo largo de la investigación.

A nuestros familiares y amigos, quienes nos acompañaron en nuestro camino por la vida universitaria.

**Pool Samuel – Hans Cristian**





## RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo determinar la influencia de la aplicación de geomalla biaxial de cables eléctricos adicionado con ceniza de fondo de horno ladrillero para el mejoramiento de las propiedades de los suelos arcillosos en la subrasante de la vía vecinal 1140, entre las progresivas 3+700 a 4+700 del distrito Cachimayo, Anta, Cusco, donde se vio suelos arcillosos, para lo cual se buscó mejorar su uso como subrasante, utilizando ceniza de fondo de horno ladrillero en diferentes dosificaciones y geomallas elaboradas con el recubrimiento de cables eléctricos. Se realizaron los ensayos de Límites de Atterberg, Proctor Modificado y CBR (según el Manual de ensayos de laboratorio MTC, 2016) para ver la mejora de las propiedades del suelo arcilloso utilizando ceniza de fondo de horno ladrillero en porcentajes de 5%, 10%, 15% y 20% junto a la geomalla biaxial de cables eléctricos con celdas de 2.5 cm de espaciado y colocada a una profundidad de 2.0 cm. Habiéndose contrastado resultados favorables, para el ensayo de CBR obteniendo mejoras progresivas según se incrementó el porcentaje de ceniza de fondo del que se obtuvieron los siguientes resultados: en el suelo natural que alcanzo un CBR para subrasante de 1.724%, al adicionar una geomalla biaxial de cables eléctricos presento un CBR de 1.750%, así mismo al combinar la geomalla biaxial con una dosificación del 5% ceniza de fondo, el CBR alcanzo un valor de 3.435%, al adicionar un 10% de ceniza de fondo presento un CBR de 7.261%, al adicionar un 15% de ceniza de fondo presento un CBR de 10.178%, y finalmente al adicionar un 20% se alcanzó un CBR de 10.789%, considerándose esta una mejora significativa teniéndose un suelo bueno para uso como subrasante. Por lo cual se concluye que estas alternativas se consideran como buenos estabilizadores a nivel mecánico para suelos arcillosos, teniendo como mejor alternativa para subrasantes una dosificación del 20% de ceniza de fondo de horno ladrillero con geomalla biaxial de cables eléctricos.

Palabras Clave: Geomalla biaxial, ceniza de fondo, CBR, Límites de consistencia, Densidad máxima seca, contenido de humedad óptima, propiedades mecánicas, suelo arcilloso, subrasante.



## ABSTRACT

The present investigation aims to determine the influence of the application of biaxial geogrid of electric cables added with bottom ash from the brick kiln for the improvement of the properties of clayey soils in the subgrade of the 1140 neighborhood road, Cachimayo district, Anta, Cusco, where clayey soils were seen, for which an improvement was sought for its use as a subgrade, using bottom ash from the brick kiln in different dosages and geogrids made with the covering of electrical cables. The Atterberg Limits, Modified Proctor and CBR tests were carried out (according to the MTC Laboratory Test Manual, 2016) to see the improvement of the properties of the clayey soil using bottom ash from the brick kiln in percentages of 5%, 10%, 15% and 20% next to the biaxial electrical cable geogrid with 2.5 cm cell spacing and placed at a depth of 2.0 cm. Having contrasted favorable results, for the CBR test obtaining progressive improvements as the percentage of bottom ash increased, from which the following results were obtained: in the natural soil that reached a CBR for subgrade of 1.724%, by adding a biaxial geogrid of electrical cables presented a CBR of 1,750%, likewise when combining the biaxial geogrid with a dosage of 5% bottom ash, the CBR reached a value of 3.435%, by adding 10% bottom ash I presented a CBR of 7.261% , by adding 15% of bottom ash I present a CBR of 10.178%, and finally by adding 20% a CBR of 10.789% was reached, considering this a significant improvement having a regular soil for use as subgrade. Therefore, it is concluded that these alternatives are considered good mechanical stabilizers for clayey soils, with the best alternative for subgrades being a dosage of 20% of bottom ash from the brick kiln with biaxial geogrid of electrical cables.

Keywords: Biaxial geogrid, bottom ash, CBR, Consistency limits, Maximum dry density, optimum moisture content, mechanical properties, clayey soil, subgrade.



## INTRODUCCIÓN

El tramo de la vía vecinal 1140, comprendido entre los distritos de Poroy, Cusco y Cachimayo, actualmente son trochas cuya proyección de serviciabilidad es alta, lo cual implica un mejoramiento necesario a nivel de subrasante ya que esta zona presenta características propias de suelos arcillosos en varios segmentos de la vía. Por lo tanto, en esta investigación se busca mejorar el comportamiento mecánico de dicho tipo de suelos.

Por este motivo se realizan los estudios necesarios para la exploración y el conocimiento de las propiedades mecánicas que presentan los suelos arcillosos al momento de incorporar una malla elaborada de cables eléctricos reciclados adicionadas con ceniza de fondo de ladrillera en el tramo conformado de las progresivas 3+700, 4+700 y observar la mejora en las propiedades de los suelos a través del valor de CBR obtenido en laboratorio.

El tramo de estudio se encuentra en la vía vecinal 1140, entre las progresivas 3+700, 4+700, evaluados con el manual de ensayos de materiales (MTC, 2016) y Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, (MTC, 2014). El estudio se realizó entre los meses de Noviembre a Diciembre del 2022 y Febrero a Marzo del año 2023.

La presente investigación describe en la primera parte el planteamiento del problema que incluye la ubicación de la investigación, la problemática identificada, las justificaciones que respaldan el estudio, las limitaciones que se tuvieron en cuenta y los objetivos que se persiguen con la investigación. La segunda parte aborda los fundamentos teóricos del estudio, que incluyen antecedentes relevantes, el marco teórico en el que se enmarca la investigación, las hipótesis planteadas y la identificación de las variables clave que se analizarán. En la tercera parte se detallan las metodologías utilizadas, los instrumentos empleados para la recopilación de datos y el proceso de análisis de dichos datos. Finalmente, se presentan los resultados obtenidos a partir de los ensayos realizados, las conclusiones derivadas de estos resultados y se incluye una matriz de consistencia que proporciona una visión general de los hallazgos y su relación con los objetivos planteados en la investigación.



## ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I: Planteamiento del problema.....	29
1.1. Identificación del problema.....	29
1.1.1. Descripción del problema.....	29
1.1.2. Formulación del problema.....	33
1.2. Justificación e Importancia de la investigación.....	34
1.2.1. Justificación por relevancia.....	34
1.2.2. Justificación por viabilidad.....	34
1.2.3. Justificación técnica.....	34
1.2.4. Justificación social.....	35
1.3. Limitación de la Investigación.....	35
1.4. Objetivos de Investigación.....	36
1.4.1. Objetivo General.....	36
1.4.2. Objetivos Específicos.....	36
CAPÍTULO II: Marco teórico.....	37
2.1. Antecedentes de la tesis.....	37
2.1.1. Antecedentes a Nivel Local.....	37
2.1.2. Antecedentes a Nivel Nacional.....	38
2.1.3. Antecedentes a Nivel Internacional.....	40
2.2. Bases teóricas.....	41
2.2.1. Geomallas biaxiales.....	41
2.2.2. Clasificación por el sentido del desarrollo del refuerzo.....	41
2.2.3. Clasificación por su fabricación.....	43
2.2.4. Características de geomallas.....	44
2.2.5. Aplicación de las geomallas.....	45
2.2.6. Malla biaxial de recubrimiento de los cables eléctricos.....	46



2.2.7.	Cenizas .....	48
2.2.8.	CBR (California Bearing Ratio).....	51
2.2.9.	Suelos .....	53
2.2.10.	Propiedades del suelo .....	59
2.2.11.	Mejoramiento del suelo arcilloso .....	60
2.2.12.	Estabilización Química de Suelos .....	60
2.3.	Hipótesis .....	61
2.3.1.	Hipótesis General .....	61
2.3.2.	Hipótesis Específicas.....	61
2.4.	Definición de variables .....	62
2.4.1.	Variables.....	62
2.4.2.	Cuadro de operacionalización de Variables .....	63
CAPÍTULO III: Metodología.....		64
3.1.	Metodología de la investigación.....	64
3.1.1.	Enfoque de la investigación .....	64
3.1.2.	Nivel o alcance de la investigación .....	64
3.1.3.	Método de investigación .....	64
3.2.	Diseño de la investigación.....	65
3.2.1.	Diseño metodológico.....	65
3.2.2.	Diseño de ingeniería.....	66
3.3.	Población y muestra.....	67
3.3.1.	Población.....	67
3.3.2.	Muestra.....	67
3.4.	Instrumentos .....	69
3.4.1.	Instrumentos metodológicos o instrumentos de recolección de datos .....	69
3.4.2.	Instrumentos de ingeniería .....	78



3.5. Procedimientos de recolección y análisis de datos .....	84
3.5.1. Procedimiento realizado para la recolección de datos .....	84
3.5.2. Toma de datos .....	111
3.5.3. Análisis de datos.....	176
CAPÍTULO IV: Resultados .....	296
4.1. Ensayo de clasificación de suelos.....	296
4.1.1. Clasificación AASHTO.....	296
4.1.2. Clasificación SUCS.....	296
4.2. Ensayo de Límites de Atterberg .....	298
4.3. Ensayo de Proctor modificado (método A) .....	299
4.4. Ensayo de CBR.....	300
CAPÍTULO V: Discusión .....	303
5.1. Contraste de los resultados obtenidos respecto a los antecedentes o con referentes del marco teórico .....	303
5.2. Interpretación de los resultados encontrados en la investigación.....	303
5.3. Comentario de la demostración de la hipótesis .....	306
5.4. Aporte de la investigación .....	306
CONCLUSIONES .....	308
SUGERENCIAS .....	312
GLOSARIO.....	313
REFERENCIAS .....	315
APÉNDICE 01: Análisis químico de ceniza de fondo .....	319
APÉNDICE 02: Matriz de consistencia .....	320
APÉNDICE 03: Croquis ubicación de las calicatas .....	321
APÉNDICE 04: Ficha Técnica Geomalla Biaxial ACEGrid .....	322
APÉNDICE 05: Certificado de Calibración CBR – I.....	323
APÉNDICE 05: Certificado de Calibración CBR – II .....	324



APÉNDICE 06: Certificado de Calibración CBR – III..... 325

### ÍNDICE DE TABLAS

**Tabla 1:** Propiedades físicas del recubrimiento de los cables eléctricos..... 47

**Tabla 2:** Componentes químicos de la ceniza de fondo de ladrillera LATESAN ..... 50

**Tabla 3:** Métodos de Proctor Modificado según el tamizado ..... 95

**Tabla 4:** Pesos de los porcentajes de ceniza para el ensayo de Proctor modificado ..... 95

**Tabla 5:** Clasificación de suelo de las calicatas 1, 2 y 3 según SUCS ..... 298

**Tabla 6:** Resultado de índice de plasticidad calicata N°02 (suelo arcilloso)..... 298

**Tabla 7:** Resultados del Contenido de Humedad Óptima y Densidad Máxima Seca ..... 299

**Tabla 8:** Resultados de Porcentaje de CBR para Subrasante ..... 300

**Tabla 9:** Resultados de Porcentaje de CBR para Subrasante solo con ceniza ..... 301

**Tabla 10:** Resumen de valores de CBR en las combinaciones de suelo, geomalla y ceniza 310



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Zona arcillosa en la vía Vecinal 1140 .....	30
<b>Figura 2:</b> Macro localización departamento de Cusco.....	31
<b>Figura 3:</b> Micro localización del distrito de Cachimayo.....	32
<b>Figura 4:</b> Ubicación de estudio .....	33
<b>Figura 5:</b> Geomalla uniaxial.....	42
<b>Figura 6:</b> Estructura de una geomalla biaxial .....	42
<b>Figura 7:</b> Malla triaxial .....	43
<b>Figura 8:</b> Geomalla biaxial.....	45
<b>Figura 9:</b> Análisis químico de las cenizas volantes de incineración de diferentes tipos de biomasa.....	49
<b>Figura 10:</b> Sistema de Clasificación AASHTO .....	57
<b>Figura 11:</b> Sistema unificado de clasificación de suelos "SUCS" .....	58
<b>Figura 12:</b> Carta de plasticidad .....	59
<b>Figura 13:</b> Ficha de toma de datos para la determinación del contenido de humedad de un suelo .....	69
<b>Figura 14:</b> Ficha de toma de datos de Análisis Granulométrico de suelos por Tamizado.....	70
<b>Figura 15:</b> Ficha de toma de datos para la Determinación del Límite Líquido de los suelos .	71
<b>Figura 16:</b> Ficha de toma de datos para la Determinación del Límite Plástico de los suelos e Índice de Plasticidad.....	72
<b>Figura 17:</b> Ficha de toma de datos para elaboración de Proctor Modificado .....	73
<b>Figura 18:</b> Ficha de toma de datos de Determinación de capacidad de soporte de CBR .....	74
<b>Figura 19:</b> Ficha de toma de datos – Ensayo de Expansión con muestras de CBR .....	75
<b>Figura 20:</b> Ficha de toma de datos – Ensayo de penetración con muestras de CBR. ....	76
<b>Figura 21:</b> Ficha de toma de datos – Calculo de CBR para subrasante .....	77
<b>Figura 22:</b> Toma de muestra para ensayo de contenido de humedad .....	84
<b>Figura 23:</b> Ensayo de determinación del contenido de humedad .....	85
<b>Figura 24:</b> Cuarteo de muestra para realizar el tamizado .....	86
<b>Figura 25:</b> Pulverización de la muestra antes del lavado.....	87
<b>Figura 26:</b> Lavado del material por el tamiz N°200 .....	87
<b>Figura 27:</b> Materiales para el ensayo de granulometría por tamizado .....	88
<b>Figura 28:</b> Tamices usados para el ensayo de granulometría .....	88
<b>Figura 29:</b> Gradación de las partículas del análisis por tamizado.....	89





<b>Figura 30:</b> Material tamizado por la malla N°40 para el ensayo de Límite líquido .....	90
<b>Figura 31:</b> Muestras y equipos para el ensayo de Límite líquido .....	91
<b>Figura 32:</b> Muestra de suelo arcilloso y ceniza de fondo.....	91
<b>Figura 33:</b> Realización del ensayo de Límite líquido .....	92
<b>Figura 34:</b> Realización del ensayo de Límite plástico .....	93
<b>Figura 35:</b> Equipos y muestras para el ensayo de Límite plástico .....	93
<b>Figura 36:</b> Etiquetado y llevado al horno de las muestras para Limite líquido y plástico .....	94
<b>Figura 37:</b> Preparación de muestra para ensayo de Proctor Modificado .....	97
<b>Figura 38:</b> Materiales utilizados para realizar el ensayo Proctor Modificado .....	97
<b>Figura 39:</b> Muestra de suelo seca más ceniza de fondo para ensayo de Proctor Modificado .	98
<b>Figura 40:</b> Mezclado de muestra y ceniza de fondo para el ensayo de Proctor Modificado ..	98
<b>Figura 41:</b> Compactación del suelo usando el pisón.....	99
<b>Figura 42:</b> Enrasado y peso de la muestra de Proctor modificado más molde .....	99
<b>Figura 43:</b> Extracción de muestra del molde .....	100
<b>Figura 44:</b> Extracción de muestra representativa para la obtención del contenido de humedad .....	100
<b>Figura 45:</b> Instrumentos usados para la fabricación de la geomalla biaxial de cables eléctricos .....	102
<b>Figura 46:</b> Extracción de hilos conductores de cables eléctricos.....	102
<b>Figura 47:</b> Recorte y pegado de tiras de recubrimientos de cables eléctricos. ....	103
<b>Figura 48:</b> Forma geométrica de la geomalla biaxial.....	103
<b>Figura 49:</b> Instrumentos y equipo usados para realizar el ensayo de CBR.....	105
<b>Figura 50:</b> Mezclado de muestra con ceniza de fondo en diferentes dosificaciones .....	106
<b>Figura 51:</b> Colocación de la geomalla biaxial de cables eléctricos .....	106
<b>Figura 52:</b> Compactación de muestra de suelo utilizando el pistón manual.....	107
<b>Figura 53:</b> Colocación del vástago y las pesas de sobrecarga en el molde.....	107
<b>Figura 54:</b> Inmersión de moldes en el pozo .....	108
<b>Figura 55:</b> Toma de lecturas de expansión mediante el deformímetro .....	108
<b>Figura 56:</b> Ensayo de penetración mediante el equipo de CBR de las muestras saturadas ..	109
<b>Figura 57:</b> Etapa de aplicación de presión sobre la muestra .....	109
<b>Figura 58:</b> Extracción de pequeñas muestras para la obtención de contenido de humedad .	110
<b>Figura 59:</b> Toma de datos de Determinación de contenido de humedad (Calicata N°1).....	111
<b>Figura 60:</b> Toma de datos de Determinación de contenido de humedad (Calicata N°2).....	112



<b>Figura 61:</b> Toma de datos de Determinación de contenido de humedad (Calicata N°3).....	113
<b>Figura 62:</b> Toma de datos de Análisis granulométrico de suelos por tamizado (Calicata N°1) .....	114
<b>Figura 63:</b> Toma de datos de Análisis granulométrico de suelos por tamizado (Calicata N°2) .....	115
<b>Figura 64:</b> Toma de datos de Análisis granulométrico de suelos por tamizado (Calicata N°3) .....	116
<b>Figura 65:</b> Toma de Datos para la determinación del límite liquido (Calicata N°1) .....	117
<b>Figura 66:</b> Toma de Datos para la determinación del límite liquido (Calicata N°2) .....	118
<b>Figura 67:</b> Toma de Datos para la determinación del límite liquido (Calicata N°3) .....	119
<b>Figura 68:</b> Toma de Datos para la determinación del límite liquido (Con 5% de ceniza)....	120
<b>Figura 69:</b> Toma de Datos para la determinación del límite liquido (Con 10% de ceniza)..	121
<b>Figura 70:</b> Toma de Datos para la determinación del límite liquido (Con 15% de ceniza)..	122
<b>Figura 71:</b> Toma de Datos para la determinación del límite liquido (Con 20% de ceniza)..	123
<b>Figura 72:</b> Toma de Datos para la determinación del límite plástico e índice de plasticidad (Calicata N°1).....	124
<b>Figura 73:</b> Toma de Datos para la determinación del límite plástico e índice de plasticidad (Calicata N°2).....	125
<b>Figura 74:</b> Toma de Datos para la determinación del límite plástico e índice de plasticidad (Calicata N°3).....	126
<b>Figura 75:</b> Toma de Datos para la determinación del límite plástico e índice de plasticidad (Con 5% de ceniza) .....	127
<b>Figura 76:</b> Toma de Datos para la determinación del límite plástico e índice de plasticidad (Con 10% de ceniza) .....	128
<b>Figura 77:</b> Toma de Datos para la determinación del límite plástico e índice de plasticidad (Con 15% de ceniza) .....	129
<b>Figura 78:</b> Toma de Datos para la determinación del límite plástico e índice de plasticidad (Con 20% de ceniza) .....	130
<b>Figura 79:</b> Toma de datos para la determinación del CHO y Densidad Máxima seca (Suelo natural) .....	131
<b>Figura 80:</b> Toma de datos para la determinación del CHO y Densidad Máxima seca (Con 5% de ceniza).....	132



<b>Figura 81:</b> Toma de datos para la determinación del CHO y Densidad Máxima seca (Con 10% de ceniza).....	133
<b>Figura 82:</b> Toma de datos para la determinación del CHO y Densidad Máxima seca (Con 15% de ceniza).....	134
<b>Figura 83:</b> Toma de datos para la determinación del CHO y Densidad Máxima seca (Con 20% de ceniza).....	135
<b>Figura 84:</b> Toma de datos para la determinación del CBR- Calculo de densidad máxima seca (Suelo natural) .....	136
<b>Figura 85:</b> Toma de datos - Ensayo de expansión de las muestras de CBR (Suelo natural)	137
<b>Figura 86:</b> Toma de datos - Ensayo de penetración de las muestras de CBR (Suelo natural) .....	138
<b>Figura 87:</b> Toma de datos para la determinación del CBR para subrasante (Suelo natural)	139
<b>Figura 88:</b> Toma de datos para la determinación del CBR- Calculo de densidad máxima seca (Suelo natural + malla).....	140
<b>Figura 89:</b> Toma de datos - Ensayo de expansión de las muestras de CBR (Suelo natural + malla).....	141
<b>Figura 90:</b> Toma de datos - Ensayo de penetración de las muestras de CBR (Suelo natural + malla).....	142
<b>Figura 91:</b> Toma de datos para la determinación del CBR para subrasante (Suelo natural + malla).....	143
<b>Figura 92:</b> Toma de datos para la determinación del CBR- Calculo de densidad máxima seca (Con 5% de ceniza + malla) .....	144
<b>Figura 93:</b> Toma de datos - Ensayo de expansión de las muestras de CBR (Con 5% de ceniza + malla) .....	145
<b>Figura 94:</b> Toma de datos para la determinación del CBR- Ensayo de penetración (Con 5% de ceniza + malla) .....	146
<b>Figura 95:</b> Toma de datos para la determinación del CBR para subrasante (Con 5% de ceniza + malla) .....	147
<b>Figura 96:</b> Toma de datos para la determinación del CBR- Calculo de densidad máxima seca (Con 10% de ceniza + malla) .....	148
<b>Figura 97:</b> Toma de datos - Ensayo de expansión de las muestras de CBR (Con 10 % de ceniza + malla) .....	149



<b>Figura 98:</b> Toma de datos para la determinación del CBR- Ensayo de penetración (Con 10 % de ceniza + malla) .....	150
<b>Figura 99:</b> Toma de datos para la determinación del CBR para subrasante (Con 10 % de ceniza + malla) .....	151
<b>Figura 100:</b> Toma de datos para la determinación del CBR- Calculo de densidad máxima seca (Con 15% de ceniza + malla) .....	152
<b>Figura 101:</b> Toma de datos - Ensayo de expansión de las muestras de CBR (Con 15 % de ceniza + malla) .....	153
<b>Figura 102:</b> Toma de datos - Ensayo de penetración de las muestras de CBR (Con 15 % de ceniza + malla) .....	154
<b>Figura 103:</b> Toma de datos para la determinación del CBR para subrasante (Con 15 % de ceniza + malla) .....	155
<b>Figura 104:</b> Toma de datos para la determinación del CBR- Calculo de densidad máxima seca (Con 20% de ceniza + malla) .....	156
<b>Figura 105:</b> Toma de datos - Ensayo de expansión de las muestras de CBR (Con 20 % de ceniza + malla) .....	157
<b>Figura 106:</b> Toma de datos - Ensayo de penetración de las muestras de CBR (Con 20 % de ceniza + malla) .....	158
<b>Figura 107:</b> Toma de datos para la determinación del CBR para subrasante (Con 20 % de ceniza + malla) .....	159
<b>Figura 108:</b> Toma de datos para la determinación del CBR- Calculo de densidad máxima seca (Con 5% de ceniza) .....	160
<b>Figura 109:</b> Toma de datos - Ensayo de expansión de las muestras de CBR (Con 5 % de ceniza) .....	161
<b>Figura 110:</b> Toma de datos - Ensayo de penetración de las muestras de CBR (Con 5 % de ceniza) .....	162
<b>Figura 111:</b> Toma de datos para la determinación del CBR para subrasante (Con 5 % de ceniza) .....	163
<b>Figura 112:</b> Toma de datos para la determinación del CBR- Calculo de densidad máxima seca (Con 10% de ceniza) .....	164
<b>Figura 113:</b> Toma de datos - Ensayo de expansión de las muestras de CBR (Con 10 % de ceniza) .....	165



<b>Figura 114:</b> Toma de datos - Ensayo de penetración de las muestras de CBR (Con 10 % de ceniza) .....	166
<b>Figura 115:</b> Toma de datos para la determinación del CBR para subrasante (Con 10 % de ceniza) .....	167
<b>Figura 116:</b> Toma de datos para la determinación del CBR- Calculo de densidad máxima seca (Con 15% de ceniza) .....	168
<b>Figura 117:</b> Toma de datos - Ensayo de expansión de las muestras de CBR (Con 15 % de ceniza) .....	169
<b>Figura 118:</b> Toma de datos - Ensayo de penetración de las muestras de CBR (Con 15 % de ceniza) .....	170
<b>Figura 119:</b> Toma de datos para la determinación del CBR para subrasante (Con 15 % de ceniza) .....	171
<b>Figura 120:</b> Toma de datos para la determinación del CBR- Calculo de densidad máxima seca (Con 20% de ceniza) .....	172
<b>Figura 121:</b> Toma de datos - Ensayo de expansión de las muestras de CBR (Con 20 % de ceniza) .....	173
<b>Figura 122:</b> Toma de datos - Ensayo de penetración de las muestras de CBR (Con 20 % de ceniza) .....	174
<b>Figura 123:</b> Toma de datos para la determinación del CBR para subrasante (Con 20 % de ceniza) .....	175
<b>Figura 124:</b> Procesamiento de datos Determinación de contenido de humedad (Calicata N°1) .....	177
<b>Figura 125:</b> Procesamiento de datos Determinación de contenido de humedad (Calicata N°2) .....	178
<b>Figura 126:</b> Procesamiento de datos Determinación de contenido de humedad (Calicata N°3) .....	179
<b>Figura 127:</b> Procesamiento de datos del Análisis granulométrico de suelos por tamizado (Calicata N°1).....	182
<b>Figura 128:</b> Curva granulométrica Calicata N°01 .....	183
<b>Figura 129:</b> Procesamiento de datos del Análisis granulométrico de suelos por tamizado (Calicata N°2).....	184
<b>Figura 130:</b> Curva granulométrica Calicata N°02 .....	185



<b>Figura 131:</b> Procesamiento de datos del Análisis granulométrico de suelos por tamizado (Calicata N°3).....	186
<b>Figura 132:</b> Curva granulométrica Calicata N°03 .....	187
<b>Figura 133:</b> Procesamiento de datos para la determinación del límite liquido (Calicata N°1) .....	189
<b>Figura 134:</b> Procesamiento de datos para la determinación del límite liquido (Calicata N°2) .....	190
<b>Figura 135:</b> Procesamiento de datos para la determinación del límite liquido (Calicata N°3) .....	191
<b>Figura 136:</b> Procesamiento de datos para la determinación del límite liquido (Con 5% de ceniza) .....	192
<b>Figura 137:</b> Procesamiento de datos para la determinación del límite liquido (Con 10% de ceniza) .....	193
<b>Figura 138:</b> Procesamiento de datos para la determinación del límite liquido (Con 15% de ceniza) .....	194
<b>Figura 139:</b> Procesamiento de datos para la determinación del límite liquido (Con 20% de ceniza) .....	195
<b>Figura 140:</b> Gráfica del resultado del ensayo de Límite Liquido .....	196
<b>Figura 141:</b> Procesamiento de datos para la determinación del límite plástico e índice de plasticidad (Calicata N°1) .....	198
<b>Figura 142:</b> Procesamiento de datos para la determinación del límite plástico e índice de plasticidad (Calicata N°2) .....	199
<b>Figura 143:</b> Procesamiento de datos para la determinación del límite plástico e índice de plasticidad (Calicata N°3) .....	200
<b>Figura 144:</b> Procesamiento de datos para la determinación del límite plástico e índice de plasticidad (Con 5% de ceniza).....	201
<b>Figura 145:</b> Procesamiento de datos para la determinación del límite plástico e índice de plasticidad (Con 10% de ceniza).....	202
<b>Figura 146:</b> Toma de Datos para la determinación del límite plástico e índice de plasticidad (Con 15% de ceniza) .....	203
<b>Figura 147:</b> Toma de Datos para la determinación del límite plástico e índice de plasticidad (Con 20% de ceniza) .....	204
<b>Figura 148:</b> Gráfica del resultado del ensayo de Límite Plástico .....	205



<b>Figura 149:</b> Gráfica del resultado del Índice de Plasticidad .....	205
<b>Figura 150:</b> Procesamiento de datos para la determinación del CHO y Densidad Máxima seca (Suelo natural) .....	207
<b>Figura 151:</b> Curva de compactación de Proctor Modificado para un Suelo Natural .....	208
<b>Figura 152:</b> Procesamiento de datos para la determinación del CHO y Densidad Máxima seca (Con 5% de ceniza) .....	209
<b>Figura 153:</b> Curva de compactación de Proctor Modificado para un Suelo con adición del 5% de ceniza .....	210
<b>Figura 154:</b> Procesamiento de datos para la determinación del CHO y Densidad Máxima seca (Con 10% de ceniza) .....	211
<b>Figura 155:</b> Curva de compactación de Proctor Modificado para un Suelo con adición del 10% de ceniza .....	212
<b>Figura 156:</b> Procesamiento de datos para la determinación del CHO y Densidad Máxima seca (Con 15% de ceniza) .....	213
<b>Figura 157:</b> Curva de compactación de Proctor Modificado para un Suelo con adición del 15% de ceniza .....	214
<b>Figura 158:</b> Procesamiento de datos para la determinación del CHO y Densidad Máxima seca (Con 20% de ceniza) .....	215
<b>Figura 159:</b> Curva de compactación de Proctor Modificado para un Suelo con adición del 20% de ceniza .....	216
<b>Figura 160:</b> Gráfico de Densidad Máxima Seca y Contenido de Humedad Óptima del ensayo Proctor Modificado .....	217
<b>Figura 161:</b> Procesamiento de datos para la determinación del CBR- Densidad máxima seca (Suelo natural) .....	220
<b>Figura 162:</b> Procesamiento de datos para la determinación del CBR- Ensayo de expansión (Suelo natural) .....	221
<b>Figura 163:</b> Gráfico de Expansión versus tiempo transcurrido para un Suelo natural .....	222
<b>Figura 164:</b> Procesamiento de datos para la determinación del CBR- Ensayo de penetración (Suelo natural) .....	223
<b>Figura 165:</b> Gráfico de Penetración versus presión sobre pistón, para un Suelo natural.....	224
<b>Figura 166:</b> Procesamiento de datos para la determinación del CBR para subrasante (Suelo natural) .....	225
<b>Figura 167:</b> Gráfico de CBR versus densidad seca, para un Suelo natural.....	226



<b>Figura 168:</b> Procesamiento de datos para la determinación del CBR- Densidad máxima seca (Suelo natural + malla).....	227
<b>Figura 169:</b> Procesamiento de datos para la determinación del CBR- Ensayo de expansión (Suelo natural + malla).....	228
<b>Figura 170:</b> Gráfico de Expansión versus tiempo transcurrido para un Suelo con inclusión de malla.....	229
<b>Figura 171:</b> Procesamiento de datos para la determinación del CBR- Ensayo de penetración (Suelo natural + malla).....	230
<b>Figura 172:</b> Gráfico de Penetración versus presión sobre pistón, para un Suelo natural con inclusión de malla.....	231
<b>Figura 173:</b> Procesamiento de datos para la determinación del CBR para subrasante (Suelo natural + malla) .....	232
<b>Figura 174:</b> Gráfico de CBR versus densidad seca, para un Suelo natural con inclusión de malla .....	233
<b>Figura 175:</b> Procesamiento de datos para la determinación del CBR- Densidad máxima seca (Con 5% de ceniza + malla).....	234
<b>Figura 176:</b> Procesamiento de datos para la determinación del CBR- Ensayo de expansión (Con 5% de ceniza + malla).....	235
<b>Figura 177:</b> Gráfico de Expansión versus tiempo transcurrido para un Suelo con inclusión de malla y adición de 5% de ceniza .....	236
<b>Figura 178:</b> Procesamiento de datos para la determinación del CBR- Ensayo de penetración (Con 5% de ceniza + malla) .....	237
<b>Figura 179:</b> Gráfico de Penetración versus presión sobre pistón, para un Suelo natural con inclusión de malla y adición de 5% de ceniza.....	238
<b>Figura 180:</b> Procesamiento de datos para la determinación del CBR para subrasante (Con 5% de ceniza + malla) .....	239
<b>Figura 181:</b> Gráfico de CBR versus densidad seca, para un Suelo natural con inclusión de malla y adición del 5% de ceniza.....	240
<b>Figura 182:</b> Procesamiento de datos para la determinación del CBR- Densidad máxima seca (Con 10% de ceniza + malla) .....	241
<b>Figura 183:</b> Procesamiento de datos para la determinación del CBR- Ensayo de expansión (Con 10% de ceniza + malla) .....	242





<b>Figura 184:</b> Gráfico de Expansión versus tiempo transcurrido para un Suelo con inclusión de malla y adición de 10% de ceniza .....	243
<b>Figura 185:</b> Procesamiento de datos para la determinación del CBR- Ensayo de penetración (Con 10 % de ceniza + malla) .....	244
<b>Figura 186:</b> Gráfico de Penetración versus presión sobre pistón, para un Suelo natural con inclusión de malla y adición de 10% de ceniza.....	245
<b>Figura 187:</b> Procesamiento de datos para la determinación del CBR para subrasante (Con 10 % de ceniza + malla) .....	246
<b>Figura 188:</b> Gráfico de CBR versus densidad seca, para un Suelo natural con inclusión de malla y adición del 10% de ceniza.....	247
<b>Figura 189:</b> Procesamiento de datos para la determinación del CBR- Densidad máxima seca (Con 15% de ceniza + malla) .....	248
<b>Figura 190:</b> Procesamiento de datos para la determinación del CBR- Ensayo de expansión (Con 15% de ceniza + malla) .....	249
<b>Figura 191:</b> Gráfico de Expansión versus tiempo transcurrido para un Suelo con inclusión de malla y adición de 15% de ceniza .....	250
<b>Figura 192:</b> Procesamiento de datos para la determinación del CBR- Ensayo de penetración (Con 15 % de ceniza + malla) .....	251
<b>Figura 193:</b> Gráfico de Penetración versus presión sobre pistón, para un Suelo natural con inclusión de malla y adición de 15% de ceniza.....	252
<b>Figura 194:</b> Procesamiento de datos para la determinación del CBR para subrasante (Con 15 % de ceniza + malla) .....	253
<b>Figura 195:</b> Gráfico de CBR versus densidad seca, para un Suelo natural con inclusión de malla y adición del 15% de ceniza.....	254
<b>Figura 196:</b> Procesamiento de datos para la determinación del CBR- Densidad máxima seca (Con 20% de ceniza + malla) .....	255
<b>Figura 197:</b> Procesamiento de datos para la determinación del CBR- Ensayo de expansión (Con 20% de ceniza + malla) .....	256
<b>Figura 198:</b> Gráfico de Expansión versus tiempo transcurrido para un Suelo con inclusión de malla y adición de 20% de ceniza .....	257
<b>Figura 199:</b> Procesamiento de datos para la determinación del CBR- Ensayo de penetración (Con 20 % de ceniza + malla) .....	258



<b>Figura 200:</b> Gráfico de Penetración versus presión sobre pistón, para un Suelo natural con inclusión de malla y adición de 20% de ceniza.....	259
<b>Figura 201:</b> Procesamiento de datos para la determinación del CBR para subrasante (Con 20 % de ceniza + malla).....	260
<b>Figura 202:</b> Gráfico de CBR versus densidad seca, para un Suelo natural con inclusión de malla y adición del 20% de ceniza.....	261
<b>Figura 203:</b> Procesamiento de datos para la determinación del CBR- Densidad máxima seca (Con 5% de ceniza).....	262
<b>Figura 204:</b> Procesamiento de datos para la determinación del CBR- Ensayo de expansión (Con 5% de ceniza).....	263
<b>Figura 205:</b> Gráfico de Expansión versus tiempo transcurrido para un Suelo con adición de 5% de ceniza.....	264
<b>Figura 206:</b> Procesamiento de datos para la determinación del CBR- Ensayo de penetración (Con 5 % de ceniza).....	265
<b>Figura 207:</b> Gráfico de Penetración versus presión sobre pistón, para un Suelo natural con adición de 5% de ceniza.....	266
<b>Figura 208:</b> Procesamiento de datos para la determinación del CBR para subrasante (Con 5 % de ceniza).....	267
<b>Figura 209:</b> Gráfico de CBR versus densidad seca, para un Suelo natural con adición del 5% de ceniza.....	268
<b>Figura 210:</b> Procesamiento de datos para la determinación del CBR- Densidad máxima seca (Con 10% de ceniza).....	269
<b>Figura 211:</b> Procesamiento de datos para la determinación del CBR- Ensayo de expansión (Con 10% de ceniza).....	270
<b>Figura 212:</b> Gráfico de Expansión versus tiempo transcurrido para un Suelo con adición de 10% de ceniza.....	271
<b>Figura 213:</b> Procesamiento de datos para la determinación del CBR- Ensayo de penetración (Con 10 % de ceniza).....	272
<b>Figura 214:</b> Gráfico de Penetración versus presión sobre pistón, para un Suelo natural con adición de 10% de ceniza.....	273
<b>Figura 215:</b> Procesamiento de datos para la determinación del CBR para subrasante (Con 10 % de ceniza).....	274



<b>Figura 216:</b> Gráfico de CBR versus densidad seca, para un Suelo natural con adición del 10 % de ceniza.....	275
<b>Figura 217:</b> Procesamiento de datos para la determinación del CBR- Densidad máxima seca (Con 15% de ceniza) .....	276
<b>Figura 218:</b> Procesamiento de datos para la determinación del CBR- Ensayo de expansión (Con 15% de ceniza) .....	277
<b>Figura 219:</b> Gráfico de Expansión versus tiempo transcurrido para un Suelo con adición de 15% de ceniza.....	278
<b>Figura 220:</b> Procesamiento de datos para la determinación del CBR- Ensayo de penetración (Con 15 % de ceniza) .....	279
<b>Figura 221</b> .....	280
<b>Figura 222:</b> Procesamiento de datos para la determinación del CBR para subrasante (Con 15 % de ceniza) .....	281
<b>Figura 223:</b> Gráfico de CBR versus densidad seca, para un Suelo natural con adición del 15 % de ceniza.....	282
<b>Figura 224:</b> Procesamiento de datos para la determinación del CBR- Densidad máxima seca (Con 20% de ceniza) .....	283
<b>Figura 225:</b> Procesamiento de datos para la determinación del CBR- Ensayo de expansión (Con 20% de ceniza) .....	284
<b>Figura 226:</b> Gráfico de Expansión versus tiempo transcurrido para un Suelo con adición de 20% de ceniza.....	285
<b>Figura 227:</b> Procesamiento de datos para la determinación del CBR- Ensayo de penetración (Con 20 % de ceniza) .....	286
<b>Figura 228:</b> Gráfico de Penetración versus presión sobre pistón, para un Suelo natural con adición de 20% de ceniza .....	287
<b>Figura 229:</b> Procesamiento de datos para la determinación del CBR para subrasante (Con 20 % de ceniza) .....	288
<b>Figura 230:</b> Gráfico de CBR versus densidad seca, para un Suelo natural con adición del 20 % de ceniza.....	289
<b>Figura 231:</b> Gráfico de Porcentaje de ceniza versus CBR a 0.1” de penetración (Suelo, malla y ceniza) .....	290
<b>Figura 232:</b> Gráfico de Porcentaje de ceniza versus CBR a 0.1” de penetración (Suelo y ceniza) .....	291



<b>Figura 233:</b> Costos Unitarios Calculados para las partidas de extendido y compactado de material estabilizado con ceniza de fondo al 5% y geomalla biaxial de cables eléctricos.....	292
<b>Figura 233:</b> Costos Unitarios Calculados para las partidas de extendido y compactado de material estabilizado con ceniza de fondo al 10% y geomalla biaxial de cables eléctricos...	292
<b>Figura 233:</b> Costos Unitarios Calculados para las partidas de extendido y compactado de material estabilizado con ceniza de fondo al 15% y geomalla biaxial de cables eléctricos...	293
<b>Figura 233:</b> Costos Unitarios Calculados para las partidas de extendido y compactado de material estabilizado con ceniza de fondo al 20% y geomalla biaxial de cables eléctricos...	293
<b>Figura 233:</b> Costos estimados con respecto a la dosificación de ceniza de fondo de horno ladrillero y la geomalla de cables eléctricos.....	294
<b>Figura 233:</b> Análisis de costo de Geomalla con dimensiones de 0.15x0.15 m2.....	295
<b>Figura 233:</b> Análisis de costo de ceniza.....	295
<b>Figura 234:</b> Clasificación de suelo de las calicatas 1, 2 y 3 según AASHTO .....	296
<b>Figura 235:</b> Clasificación de suelo de las calicatas 1, 2 y 3 según SUCS .....	297
<b>Figura 236:</b> Resultados de I.P. Calicata 02 (suelo arcilloso) .....	298
<b>Figura 237:</b> Resultados Contenido de Humedad Óptimo .....	299
<b>Figura 238:</b> Resultados Densidad Máxima Seca .....	300
<b>Figura 239:</b> Resultados de CBR al 0.1” .....	301
<b>Figura 240:</b> Resultados de CBR al 0.1” solo con ceniza .....	302
<b>Figura 241:</b> Composición química de la ceniza de fondo de ladrillera.....	304
<b>Figura 242:</b> Resumen del I.P. Calicata 02 (suelo arcilloso).....	308
<b>Figura 243:</b> Resumen Densidad Máxima Seca .....	309
<b>Figura 244:</b> Resumen de CBR para Subrasante .....	310
<b>Figura 245:</b> Resumen de valores de CBR en las combinaciones de suelo, geomalla y ceniza .....	311



## **CAPÍTULO I: Planteamiento del problema**

### **1.1. Identificación del problema**

#### **1.1.1. Descripción del problema**

##### **1.1.1.1. Descripción del problema**

La infraestructura vial en las áreas rurales y vecinales a nivel nacional enfrenta un desafío crítico, con el 98.3% de estas carreteras careciendo de pavimentación, y el 57.55% de ellas siendo clasificadas como 'trochas' según el informe del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2020, pág. 11). En la región de Cusco, la situación se agrava aún más debido al deterioro de estas trochas y la presencia de suelos arcillosos.

Según el Proyecto Especial Regional Plan COPESCO (2021, págs. 210-221) en la evaluación de riesgos del "MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VIAL INTERURBANA, PROVINCIAS DE CUSCO, ANTA Y URUBAMBA ", la vía vecinal 1140 presenta problemas de material desestabilizado en gran parte de la misma, además de potencial riesgo de inundación con peligrosidad media y deslizamientos con peligrosidad alta en ciertos segmentos, debido a la naturaleza de los suelos arcillosos. Conforme a este estudio se identificó un tramo crítico ubicado entre las progresivas 3+700 y 4+700, donde la probabilidad de encontrar terrenos inestables es significativamente alta. Esta vía vecinal desempeña un papel crucial en la conectividad local y tiene el potencial de servir como una ruta alternativa y complementaria hacia el aeropuerto de Chinchero, lo que aumenta su importancia.

Por lo tanto, hemos buscado soluciones complementarias y eficientes para mejorar estos suelos arcillosos a nivel de subrasante. Nuestra propuesta involucra el uso de mallas biaxiales confeccionadas a partir de cables eléctricos reciclados de residuos de construcción y enriquecidas con ceniza de fondo proveniente de ladrilleras. El objetivo es analizar el comportamiento de estas mallas y las cenizas para evaluar sus características clave en el contexto de la estabilización de suelos arcillosos en la carretera vecinal 1140.



### Figura 1

*Zona arcillosa en la vía Vecinal 1140*



#### 1.1.1.2. Macro localización

El departamento del Cusco está ubicado en el sureste del territorio peruano y colinda con los departamentos de Junín, Ayacucho, Apurímac, Arequipa, Puno, Madre de Dios y Ucayali, tal como se observa en la Figura 2.





Figura 2

Macro localización departamento de Cusco



Fuente: (Sánchez, 2014)

### 1.1.1.3. Micro localización

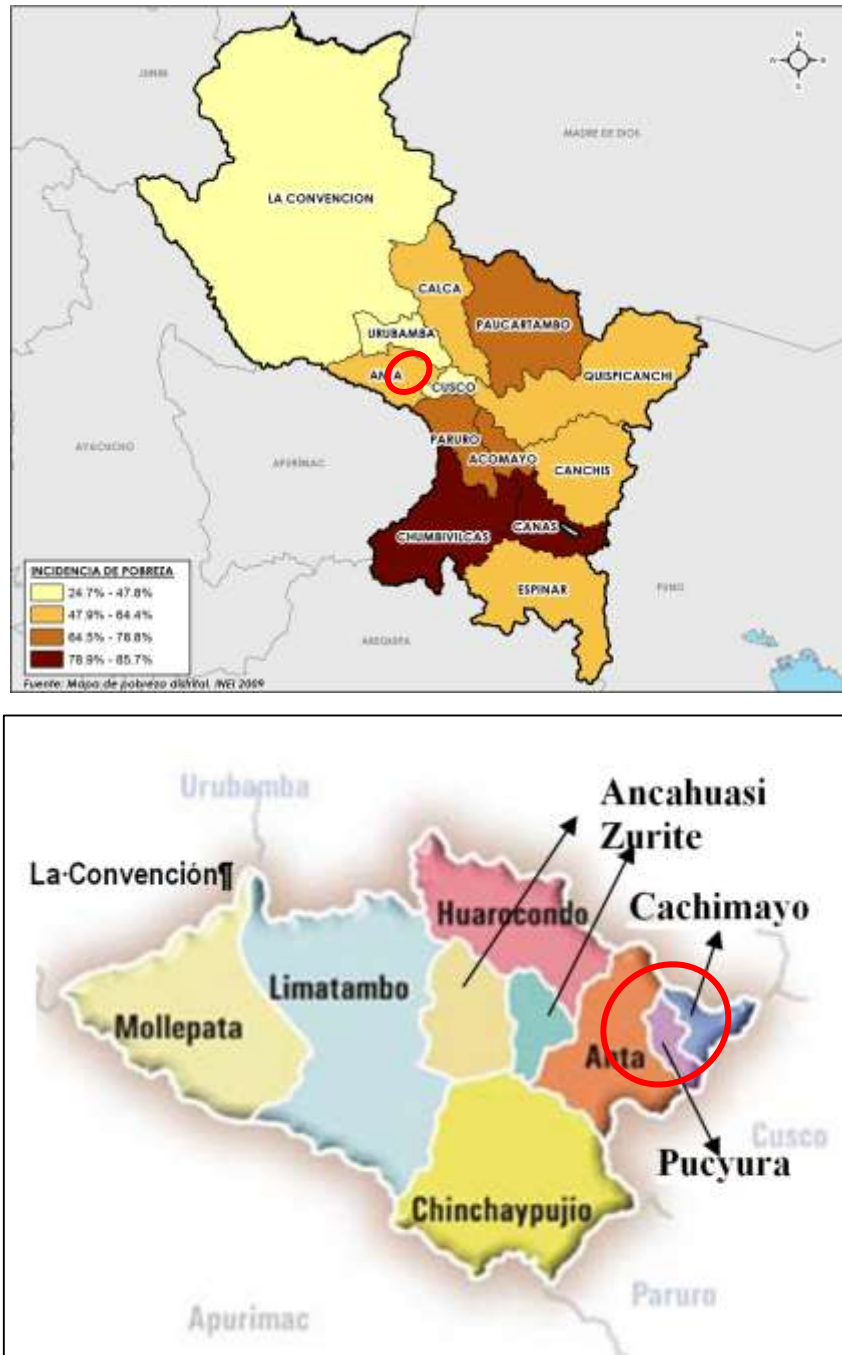
La vía vecinal 1140 está ubicado entre los distritos de Poroy, Cusco y Cachimayo pertenecientes a las provincias de Cusco y Anta en la zona central de la región Cusco, el cual se encuentra en la cuenca del Vilcanota.

El distrito de Cachimayo, que abarca gran mayoría de la vía vecinal 1140 tiene una altitud media de 3436 m.s.n.m. y sus coordenadas geográficas son: 13° 28' 38" Latitud Sur, 72° 4' 4" Longitud Oeste.

Colinda con los distritos de Poroy (Cusco), Chinchero (Urubamba), Cusco (Cusco) y Pucyura (Anta), tal como se observa en la Figura 3.

Figura 3

Micro localización del distrito de Cachimayo



Fuente: Perú tours (2005)

La zona de estudio se encuentra entre las progresivas 3+700 a 4+700 de la vía vecinal 1140, tramo perteneciente al distrito de Poroy.





## Figura 4

*Ubicación de estudio*



### 1.1.2. Formulación del problema

#### 1.1.2.1. Formulación del problema general

¿En qué medida influye la aplicación de la geomalla biaxial de cables eléctricos adicionado con ceniza de fondo de horno ladrillero, para el mejoramiento de las propiedades de los suelos arcillosos en la subrasante de la vía vecinal 1140, Cusco?

#### 1.1.2.2. Formulación de los problemas específicos

- ¿Cuál es el Índice de Plasticidad del suelo arcilloso adicionado con ceniza de fondo de horno ladrillero al 5%, 10%, 15% y 20% en la subrasante de la vía vecinal 1140, Cusco?
- ¿Cuál es la densidad máxima seca del suelo arcilloso adicionado con ceniza de fondo de horno ladrillero al 5%, 10%, 15% y 20% en la subrasante de la vía vecinal 1140, Cusco?
- ¿Cuál es el CBR del suelo arcilloso mejorado con geomalla biaxial de cables eléctricos adicionado con ceniza de fondo de horno ladrillero al 5%, 10%, 15% y 20% en la subrasante de la vía vecinal 1140, Cusco?



## **1.2. Justificación e Importancia de la investigación**

### **1.2.1. Justificación por relevancia**

La presente investigación tiene como fin el mejoramiento de suelos arcillosos a nivel de subrasante utilizando geomallas biaxiales elaborados con el recubrimiento de cables eléctricos reciclados y adicionados con ceniza de fondo de horno ladrillero en la vía vecinal 1140 del distrito de Cachimayo, de manera que la importancia radica en el incremento óptimo de la relación de soporte sin tener que incorporar otros agentes estabilizantes además de los ya señalados, los resultados obtenidos con esta investigación nos ayudan a comprobar si realmente mejoran las propiedades del suelo.

### **1.2.2. Justificación por viabilidad**

En la presente investigación también se plantea la utilización de las geomallas biaxiales elaborados con el recubrimiento de cables eléctricos reciclados y adicionados con ceniza de fondo de horno ladrillero como materiales y/o insumos prácticos, amigables ambientalmente, y sobre todo se consideró su fácil adquisición en los diferentes mercados en nuestra zona. Por consiguiente, es económicamente factible, no afecta de sobremanera a la investigación. Así mismo los ensayos de laboratorio están dentro del alcance de la investigación tales como el ensayo Proctor Modificado y CBR, las que se desarrollan con muestras de suelo arcilloso extraídas de la zona de estudio.

### **1.2.3. Justificación técnica**

Dado que la vía vecinal 1140, en su mayor longitud abarca el Distrito de Cachimayo, basados en estudios previos y la observación, se ha identificado con una alta proyección de transitabilidad en los próximos años, por lo cual el mejoramiento de la trocha será imprescindible. Además, en esta vía se identificó la presencia de suelos arcillosos por lo que desde un punto de vista técnico es necesario mejorar sus propiedades mecánicas (principalmente la capacidad de soporte) para poder sentar un antecedente a otras vías que se encuentren en un estado similar, con esto se busca conocer bien las propiedades mecánicas de la subrasante en los suelos arcillosos. Por tanto, se ha visto conveniente realizar la presente investigación en el área de estudio mencionado.



#### **1.2.4. Justificación social**

La presente investigación se enfoca en la mejora de los suelos arcillosos la vía vecinal 1140, el tramo de estudio fue de 1.00km aproximadamente, abarca desde las progresivas 3+700 hasta 4+700. Este proyecto tiene como objetivo principal determinar la influencia de la aplicación de geomalla biaxial de cables eléctricos adicionado con ceniza de fondo de horno ladrillero para el mejoramiento de las propiedades de los suelos arcillosos en la subrasante de la vía.

El mejoramiento de esta vía permitirá una mejor integración vial entre las provincias de Cusco, Anta y Urubamba, lo que ayudará a la población local transitar de manera segura y eficiente, generando un mayor flujo de transacciones comerciales. Además, se busca establecer una ruta alternativa clave hacia el aeropuerto de Chinchero, lo que potenciará la conectividad y el acceso a este importante aeropuerto.

Esta investigación tiene un enfoque ambientalmente responsable. Se propone la reutilización de aislamientos de cables eléctricos desechados como parte de las soluciones de mejoramiento de suelos. Esta iniciativa no solo contribuirá al fortalecimiento de la infraestructura vial, sino que también ayudará a reducir la huella ambiental al minimizar la influencia de residuos de cable en el entorno.

#### **1.3. Limitación de la Investigación**

La presente investigación en su parte experimental está limitada al Manual de ensayos y al Manual de carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos, sección suelos y pavimentos del MTC, respecto a las características propias de la vía.

La investigación se limitó a la utilización de mallas biaxiales elaboradas con los recubrimientos de cables eléctricos que presentan celdas de 2.5 cm, cuyas características geométricas propias corresponden a las geomallas convencionales.

La ceniza de fondo de horno ladrillero se encuentra bajo el marco de las especificaciones propias de una ceniza de fondo, según análisis en el laboratorio de química de la UNSAAC (composición química), extraído de la ladrillera artesanal LATESAN (cenizas que se producen luego de que se precipitan en el fondo de los hornos), en el distrito de San Jerónimo.

La investigación se limitó únicamente al mejoramiento de las propiedades de los suelos arcillosos, según clasificación AASHTO: Suelos tipo A-6 (suelo arcilloso), y no se tomaron en cuenta agentes externos como los factores climatológicos además de la mineralogía del suelo.



Además de ello el estudio del mejoramiento del suelo arcilloso se limitó solo al funcionamiento de la combinación de suelo, geomalla biaxial de recubrimientos de cables eléctricos y ceniza de fondo (al 5%, 10%, 15% y 20%), en el ensayo de CBR.

La zona de estudio se limitó al tramo ubicado entre las progresivas 3+700, 4+700 con mayor presencia de arcilla de la vía vecinal 1140, Cachimayo, Cusco.

Los porcentajes de ceniza de fondo empleados son 5%, 10%, 15% y 20% del peso de la muestra a usar.

En la vía vecinal 1140 se enmarcó la utilización de un diseño de pavimento flexible según los estudios previos realizados por el gobierno regional del Cusco, plan COPESCO.

Según la evaluación realizada por el plan COPESCO, la vía vecinal 1140 no está comprendida en una zona protegida (Arqueología y/o Ecológica).

#### **1.4. Objetivos de Investigación**

##### **1.4.1. Objetivo General**

Determinar la influencia de la aplicación de geomalla biaxial de cables eléctricos adicionado con ceniza de fondo de horno ladrillero para el mejoramiento de las propiedades de los suelos arcillosos en la subrasante de la vía vecinal 1140, Cusco.

##### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- Determinar el índice de plasticidad del suelo arcilloso adicionado con ceniza de fondo de horno ladrillero al 5%, 10%, 15% y 20% en la subrasante de la vía vecinal 1140, Cusco.
- Determinar la densidad máxima seca del suelo arcilloso adicionado con ceniza de fondo de horno ladrillero al 5%, 10%, 15% y 20% en la subrasante de la vía vecinal 1140, Cusco.
- Determinar el CBR del suelo arcilloso al adicionar la geomalla biaxial de cables eléctricos adicionados con ceniza de fondo de horno ladrillero al 5%, 10%, 15% y 20% en la subrasante de la vía vecinal 1140, Cusco.



## **CAPÍTULO II: Marco teórico**

### **2.1. Antecedentes de la tesis**

#### **2.1.1. Antecedentes a Nivel Local**

En la Tesis denominada **“Evaluación de la ceniza de fondo para la estabilización de suelos arcillosos provenientes de la zona ladrillera del distrito de San Jerónimo - Cusco”**, realizado por Hugo Aguilar, Juan Bravo (2020), de la universidad Andina del Cusco, plantea desarrollar y demostrar la influencia que tiene la adición de la ceniza de fondo ladrillero en porcentajes de 30%, 40% y 50%, como un material estabilizante alternativo en los suelos de las vías no pavimentadas de la zona ladrillera del distrito de San Jerónimo – Cusco; de esta manera se agregaron diferentes porcentajes de ceniza volante de carbón: 30%, 40% y 50% del peso seco del material con la finalidad de investigar los efectos que podrían causarse. De este modo, actuando en conjunto el material adicionado con dicho estabilizador (ceniza volante); el pavimento logrará disipar las cargas impuestas por el tráfico (esfuerzos verticales) contribuyendo a nuestro objetivo principal que es incrementar su capacidad de soporte (CBR) y así evitar fallas por deformación permanente del pavimento además de dotar a la estructura un mayor tiempo de vida útil.

Al utilizar la ceniza de fondo apoyamos en la conservación del medio ambiente ya que se rehúsan estas cenizas y dejamos de utilizar productos químicos que no son amigables con el medio ambiente. Con esta investigación se logró identificar como actúa la ceniza de fondo al momento de estabilizar un suelo, no solo en sus propiedades físicas sino también químicamente.



### 2.1.2. Antecedentes a Nivel Nacional

En la Tesis denominada **“Elaboración de polímeros sintéticos con botellas plásticas para la estabilización de subrasante en suelos arcillosos calle Fortaleza Los Olivos 2020”**, realizada por Daina Mamani, Maria Villegas (2020), de la Universidad César Vallejo – Lima, tiene como objetivo principal determinar la influencia de los polímeros sintéticos con botellas plásticas en la estabilización de subrasante en suelos arcillosos calle Fortaleza Los Olivos 2020. Para este fin se desarrollaron ensayos de suelos como análisis granulométrico, límites de Atterberg, Proctor modificado, CBR y para evaluar la calidad de la geomalla elaborada se realizó el ensayo de resistencia a la rotura y elongación (2% y 5%). Obteniendo así que el CBR a una profundidad de 2 cm fue de 5.2% y para la resistencia a la rotura y elongación al 2% se obtuvo 3.5278 kN/m y al 5% fue de 5.625 kN/m concluyendo que la colocación de la geomalla cuando se aproxima a la superficie de la subrasante va aumentando su capacidad de soporte.

La colocación de la geomalla cerca de la superficie se traduce en un aumento progresivo de su capacidad de soporte. Además, promueve la conciencia ambiental al reutilizar materiales plásticos reciclados y fomenta la innovación en la creación de nuevos productos estabilizantes.

Así mismo se relaciona con nuestra investigación ya que nos dio a conocer cómo influye la colocación de geomallas biaxiales en dos diferentes alturas, y a la vez ver cómo predomina en la estabilización de la subrasante, también a garantizar la trabazón en las celdas y los procesos que se deben tomar en cuenta para elaborar una geomalla biaxial artesanal, también a identificar los diferentes tipos de ensayos que podemos realizar para determinar cuánto se ha estabilizado el suelo y ver si una geomalla elaborada con materiales reciclados es tan útil como una geomalla del mercado.



En la Tesis denominada **“Adición de ceniza de madera de fondo en la estabilización de suelos arcillosos y su aplicación a subrasante”**, realizada por Yhon Espino (2021), de la Universidad Peruana Los Andes – Huancayo, tiene como problema general: ¿De qué manera influye la adición de ceniza de madera de fondo en la estabilización de suelos arcillosos aplicado a subrasantes en la Ciudad de Satipo?, el objetivo general fue: Determinar la influencia de la adición de ceniza de madera de fondo en la estabilización de suelos arcillosos aplicado a subrasantes; y la hipótesis general que se contrastó fue: La adición de ceniza de madera de fondo influye significativamente en la estabilización de suelos arcillosos aplicado a subrasantes.

El método de la investigación fue científico, tipo de investigación aplicada, con nivel explicativo y diseño experimental; la población estuvo compuesta por todos los suelos arcillosos de las avenidas y calles de la provincia de Satipo y la muestra estuvo compuesta por 360 Kg de suelo arcilloso de la Av. Antonio Raimondi, Coviriali, Satipo. La conclusión principal fue que la adición de ceniza de madera de fondo influye significativamente en la estabilización de suelos arcillosos.

Se encontró que la adición de ceniza de madera de fondo en porcentajes de 15%, 20% y 25% tiene un efecto significativo en la estabilización de suelos arcillosos, con un valor óptimo de adición de ceniza al 95% de la densidad máxima seca de 20%; lo que sugiere que este enfoque puede ser una estrategia efectiva para mejorar la calidad de los suelos en la Ciudad de Satipo.

De igual manera en nuestra investigación buscamos obtener un efecto similar al adicionar cenizas de fondo de horno ladrillero, como señala este antecedente, por lo que en nuestro caso se utilizan porcentajes de adición similares, de 5%, 10%, 15% y 20% ; para lograr una estabilización adecuada en combinación con las geomallas biaxiales, también a identificar los diferentes tipos de ensayos que podemos realizar para determinar cuánto se ha estabilizado el suelo y las diferentes normas en las que se apoyaron para realizar dichos ensayos. Asimismo, nos permite buscar en otras alternativas amigables con el medio ambiente.





### 2.1.3. Antecedentes a Nivel Internacional

En la Tesis denominada **“Evaluación de la capacidad de soporte (CBR) de un suelo expansivo con adición de ceniza volante”**, realizada por Cristian Ariza, Camilo Rojas (2016), de la Universidad la Gran Colombia – Colombia, tiene como objetivo evaluar el comportamiento mecánico de un suelo fino con baja estabilidad volumétrica al adicionar ceniza volante al 30%, 35% y 40%. En esta se investiga y analiza es el comportamiento de un suelo natural en condiciones no aptas para implementarse como una base de una estructura vial, a este mismo se le adicionaron porcentajes de ceniza volante y seguidamente se sometió a ensayos bajo normatividad para así tener un análisis de su reacción.

A partir del estudio realizado se puede concluir que las muestras de suelo tomadas tienen un límite líquido elevado, alta plasticidad y son altamente sensibles al cambio de volumen por contracción, además puede decirse que su capacidad de carga es de baja calidad en estado natural, teniendo en cuenta el CBR in situ. Además, los resultados de CBR tiene un comportamiento positivo hasta la adición del 35% de ceniza, ya que el valor del 40% de adición de ceniza, su valor de CBR vuelve a bajar, cabe mencionar que la variación entre las mezclas es mínima, pero en comparación al suelo natural si tiene una considerable proporción.

Los hallazgos respaldan la idea de que la adición de ceniza volante puede ser una estrategia efectiva para estabilizar suelos expansivos y mejorar su capacidad de soporte. Sin embargo, se señala la importancia de encontrar la proporción óptima de adición de ceniza, ya que un exceso de ceniza puede contrarrestar los beneficios observados.

Por tanto, para nuestra investigación es un antecedente importante dado que demostró resultados positivos con la adición del 35% de ceniza en el CBR, también nos permitió buscar alternativas que complementen el comportamiento de las cenizas, además de que se tiene en común la realización del desarrollo de los ensayos sobre todo los límites de Atterberg, Proctor y CBR para el análisis de la estabilidad del suelo.





## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Geomallas biaxiales**

Las Geomallas son geosintéticos que consisten en un curso de acción rectangular o triangular uniforme que enmarca una estructura abierta que permite que los suelos atraviesen el plano; los arreglos consisten en tiras de materiales unidos a un punto llamado cubo, cuyos materiales principales son: poliéster, polipropileno y polietileno de alto espesor. (Novoa, 2017, pág. 13)

Las geomallas biaxiales de polipropileno están ampliamente adoptadas para la solución de problemas de estabilización y refuerzo de suelos. Es posible conseguir ahorro de costes y de plazos en obras de estabilización de suelos. Las geomallas rígidas fabricadas con polímero han pasado a ser un componente a tener muy en cuenta en los proyectos de obra civil. (Santillan Gutierrez, 2010, pág. 03)

### **2.2.2. Clasificación por el sentido del desarrollo del refuerzo**

#### **2.2.2.1. Geomallas uniaxiales**

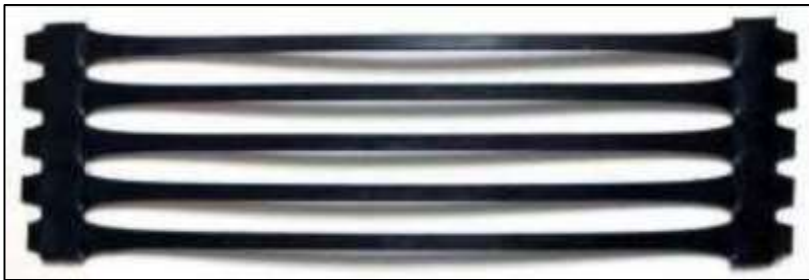
“La geomalla uniaxial tiene su estructura completamente alineada en una única dirección, contando con juntas transversales, este tipo de elemento se utiliza cuando se conoce la dirección de aplicación de la carga” (Vargas, y otros, 2017, pág. 09).

Las geomallas uniaxiales en la actualidad tienen un encabezado con juntas transversales, se utiliza en aplicaciones, como parte de usos donde se conoce una ciencia específica la dirección de las aplicaciones de la carga; de esta manera apoya cargas elásticas altas hacia el movimiento, por ejemplo, en la fortificación de diques y divisores, principalmente de polímeros. Son diseñadas para el refuerzo en una sola dirección de estructuras de suelo mecánicamente estabilizado y que involucran todo tipo de material de relleno. La tensión soportada por estas geomallas es longitudinal. (Novoa, 2017, pág. 14)



**Figura 5**

*Geomalla uniaxial*



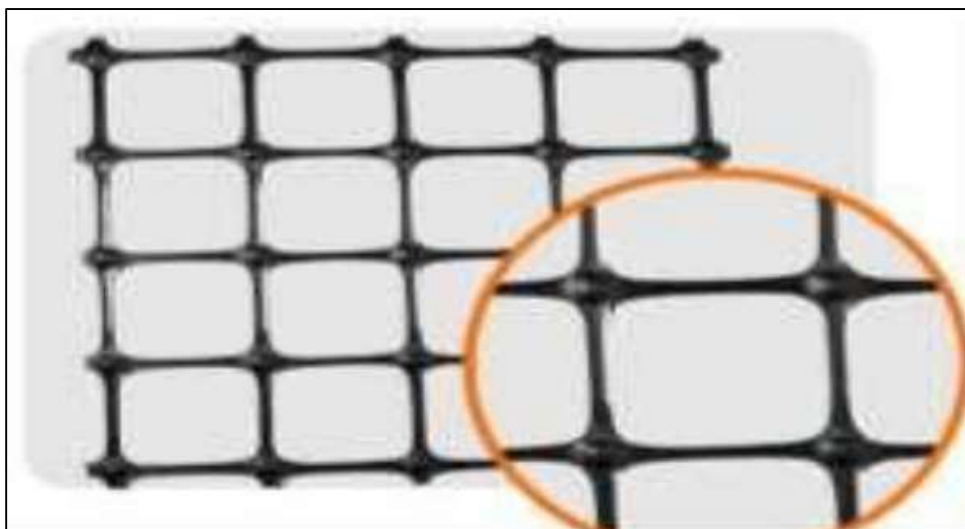
Fuente: (Novoa, 2017)

#### **2.2.2.2. Geomalla biaxial**

La geomalla biaxial tiene su estructura reforzada en ambas direcciones lo que permite que la redistribución de esfuerzo sea más eficiente. Se utilizan en casos de presentarse altas cargas, a corto plazo o cargas moderadas durante períodos prolongados de tiempo, además no importa la dirección de instalación ya que funciona en ambas direcciones. Principalmente se fabrican de polipropileno, son química y biológicamente inertes y son resistentes a procesos degenerativos de los suelos. (Vargas, y otros, 2017, pág. 09)

**Figura 6**

*Estructura de una geomalla biaxial*



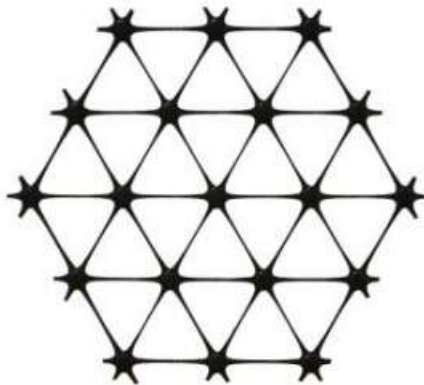
Fuente: (Novoa, 2017)

### 2.2.2.3. Geomalla triaxial

“Las geomallas triaxiales de polipropileno son extremadamente útiles para abordar problemas de ajuste y fortificación de suelos. Es concebible adquirir fondos de costo y tiempo en las obras de ajuste del suelo. Las geomallas inflexibles hechas de polímero se han convertido en un segmento que se debe considerar en construcciones estructurales” (Santillan Gutierrez, 2010, pág. 3).

#### Figura 7

*Malla triaxial*



Fuente: (Tensar International Corporation, 2015)

### 2.2.3. Clasificación por su fabricación

#### 2.2.3.1. Geomallas extruidas

Es una geomalla proveniente de una geomembrana que ha sido troquelada y estirada en 2 direcciones insertando unos nudos de mayor espesor que asumen su resistencia en ambos sentidos. Este material es típicamente usado en redistribución de cargas (plataformas o terraplenes) en suelos de baja capacidad portante (suelos blandos), en suelos saturados y conformados por finos, etc. (Novoa, 2017, pág. 17)

#### 2.2.3.2. Geomallas tejidas

El material para refuerzo será una geomalla tejida producida a partir de hilos de poliéster de alta tenacidad con revestimiento en PVC para la protección del núcleo resistente a los daños de instalación, ataques químicos, biológicos y ambientales, el uso de estas geomallas es en estructuras de muro de suelo reforzado y refuerzo en suelos blandos. (Novoa, 2017, pág. 17)



### 2.2.3.3. Geomallas soldadas

Las geomallas soldadas se producen mediante la soldadura de costillas de poliéster de alta resistencia utilizando el proceso de fusión. Posteriormente, estas se mantienen unidas debido a una cobertura de polipropileno que se coloca sobre ellas. De acuerdo al número, y espaciamiento, de las costillas pueden llegar a ser las geomallas con mayor rigidez y mayor resistencia. (Novoa, 2017, pág. 18)

### 2.2.4. Características de geomallas

- **Tamaño de la abertura:**

Las aberturas de las geomallas tienen que ser considerablemente enormes, como para dejar que los agregados y el suelo entren por medio de ellas, sin embargo, lo justamente chicas para conceder una trabe eficaz. Se ha demostrado que una abertura entre 0.9 y 1.5 pulgadas tiene un mejor resultado con la mayor parte de las composiciones de agregados y suelos de las bases para carreteras. (Caballeros Torres, 2006, pág. 53)

- **Área de la abertura:**

El área de abertura es un porcentaje del área total de la geomalla medida en sentido horizontal. Para todos los tipos de geomalla este porcentaje debe de ser entre el cincuenta y ochenta por ciento del área total. Las geomallas con mayor estabilidad de apertura tienen un mejor desempeño en campo. (Caballeros Torres, 2006, pág. 53)

- **Grosor de costillas y uniones:**

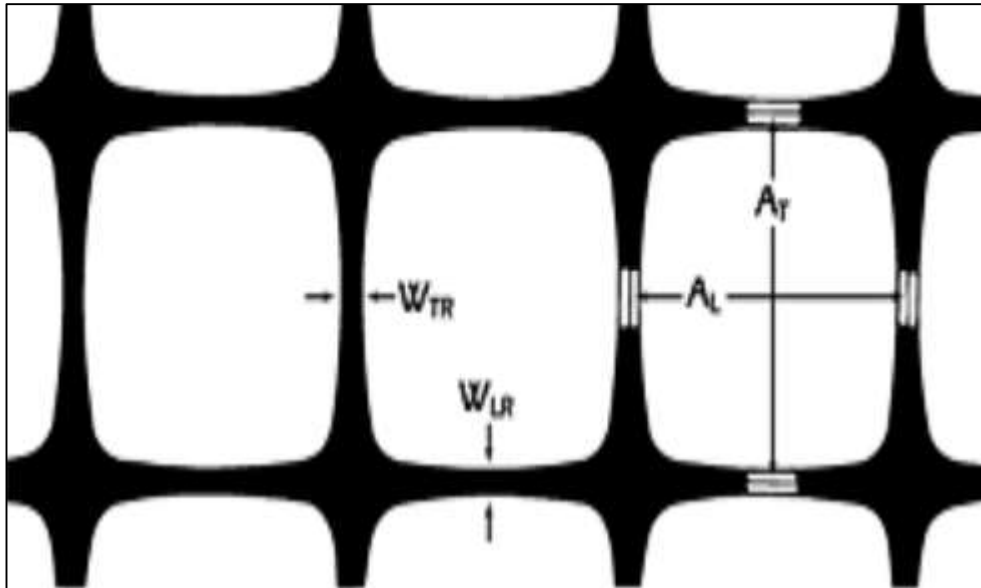
“Las costillas cuadradas o rectangulares y gruesas dan mejor relación con los suelos al instante de confinar las partículas, comparativamente a las costillas redondeadas y delgadas” (Caballeros Torres, 2006, pág. 53).

- **Resistencia a la tensión:**

“Para la situación de las geomallas biaxiales esta resistencia se muestra en los dos sentidos, no obstante, muestran más grande capacidad a la tensión en el sentido longitudinal, o bien el sentido del rollo” (Caballeros Torres, 2006, pág. 53).

**Figura 8**

*Geomalla biaxial*



Fuente: (Caballeros Torres, 2006)

## 2.2.5. Aplicación de las geomallas

### 2.2.5.1. Refuerzo de vías sin pavimentar

Los geosintéticos se pueden utilizar con éxito en la fortificación de calles sin pavimentar y en las etapas de trabajo en suelos delicados. En el momento en que los geosintéticos están particularmente compuestos, pueden tener al menos una de las capacidades que los acompañan: partición, soporte y desperdicio. Geotextiles y geomallas son los materiales más utilizados como parte de este tipo de trabajos. (Novoa, 2017, pág. 20)

Según Novoa (2017, pág. 21) en su trabajo indica

El momento en que están conectados a la fortificación en calles sin pavimentar, los geosintéticos pueden brindar las ventajas que se acompañan sobre las calles no reforzadas:

- Disminución del espesor de llenado
- Desprendimiento entre totales y suelos de baja protección, si se utiliza geotextil
- Límite de ayuda ampliado de suelos de baja protección
- Disminución de la distorsión paralela de los rellenos
- La era de una transmisión más positiva de esfuerzos



- Aumenta el transporte de ansiedad vertical aumenta
- Disminución de la torsión vertical debido al impacto de la película
- Incremento en la vida de la calle
- Disminución del soporte intermitente
- Disminución del desarrollo de las calles y costos de operación

### **2.2.5.2. Estabilización de suelos blandos**

Según la empresa fabricante de geomallas Soluciones Ambientales Integrales (2023), “la aplicación más común que se le da a una geomalla, es la estabilización de suelos blandos, particularmente en la construcción de vías terrestres”.

Por ello esta empresa recomienda su uso debido a que los suelos sobre los que se construyen las vías, con frecuencia presentan diferentes asentamientos. Ya sea que en una zona tenga mayor concentración de arcilla o que hayan zonas arenosas en las que se produzca la licuefacción. Es decir, que por estar sometidos constantemente a la acción de una fuerza externa pasen de un estado sólido al líquido.

Cuando se construyen vías sobre suelos blandos. Además existe la posibilidad de que se den movimientos verticales y horizontales en la base. Estas generan grietas en la superficie y fallas estructurales profundas.

### **2.2.6. Malla biaxial de recubrimiento de los cables eléctricos**

#### **2.2.6.1. Composición y propiedades del recubrimiento de los cables eléctricos**

Según la empresa CIR62 (2019) afirma lo siguiente:

El recubrimiento de los cables eléctricos consiste en un material que surge de la combinación química del carbono, hidrógeno y cloro, componentes que proceden del petróleo bruto y de la sal. Es importante destacar también que este recubrimiento se obtiene mediante la polimerización del cloruro de vinilo, el cual se fabrica a partir del cloro y del etileno, que aportan una gran versatilidad.

El recubrimiento plástico de los cables eléctricos hechos de PVC flexible, son la mezcla de resinas de PVC, plastificantes, estabilizantes y aditivos que facilitan el moldeo y le confieren la capacidad de adaptarse a una lista prácticamente infinita de aplicaciones. El PVC flexible es un material flexible único que destaca por contener hasta un 60% de todos los aditivos para plásticos que existen y por ser capaz de



procesarse mediante cualquier técnica. El PVC puede convertirse en un plástico flexible y polivalente excelente para, por ejemplo, sistemas de apertura y cierre que requieran de aislamiento. Estas son algunas de sus virtudes más interesantes:

- Versátil con enorme adaptabilidad. Este material ofrece un amplio abanico de posibilidades y permite numerosas aplicaciones.
- Alta resistencia y durabilidad. Se trata de un material muy resistente que puede durar más de 60 años.
- Se puede reciclar. Su capacidad de reciclaje lo convierte en un material sostenible. Es ideal para proteger nuestro medio ambiente.
- Actúa como aislante térmico, acústico y eléctrico. Al ser un plástico impermeable proporciona una barrera aislante que mantiene la temperatura deseada. Se emplea tanto para reducir ruido, aislar del frío, del hielo y de las altas temperaturas como para proteger cables eléctricos.
- Ahorra energía. El PVC aporta un alto valor energético.
- Es un material ignífugo. Otra de las ventajas del PVC flexible es que ofrece una gran resistencia al fuego y a los rayos UV. También protege de las agresiones químicas.
- Material muy económico. Es un elemento muy barato y con unos costes de instalación muy reducidos.
- Gran variedad de formatos y tipos. El PVC flexible tiene una amplia variedad de formatos, dimensiones, colores y espesores, por lo que puede adaptarse a todo tipo de usos y necesidades.
- No es tóxico. El PVC flexible es un material que resulta inocuo y por tanto seguro.
- Resistente también a los fuertes impactos y roturas.

### 2.2.6.2. Propiedades físicas del recubrimiento de los cables eléctricos

**Tabla 1**

*Propiedades físicas del recubrimiento de los cables eléctricos*

Propiedades	Método de ensayo	Unidades	Valores
Densidad	ASTM D2240-00	g/cm <sup>3</sup>	1.24
Dureza	ASTM D2240-00	Shore A	75
Alargamiento a la rotura	ASTM D638	kg/cm <sup>2</sup>	163.16
Resistencia al desgarre	ASTM D638	%	340
Absorción de agua	DIN 53 495	%	-0.2

Fuente: (Elaplas Elastómeros y Plásticos S.C.P, s.f.)



### 2.2.7. Cenizas

La ceniza muy fina es un producto secundario del proceso de combustión de carbón pulverizado usualmente asociado con plantas de generación de energía eléctrica. Es un polvo de grano fino y se compone principalmente de sílice, alúmina y varios óxidos y álcalis. La ceniza muy fina es de naturaleza puzolánica y puede reaccionar con la cal hidratada para producir productos cementantes, un cierto tipo de ceniza muy fina, a la que se le refiere como ceniza muy fina “tipo C,” se obtiene de la quema de carbón. Este tipo de ceniza contiene una proporción muy grande (hasta 25%) de cal libre que, con adición de agua, reacciona con otros compuestos de la ceniza para formar productos cementantes, su uso puede eliminar la necesidad de agregar cal manufacturada. (Braja M., Fundamentos de Ingeniería de cimentaciones, 2012, pág. 766)

#### 2.2.7.1. Clasificación de tipos de ceniza según proceso de producción

- **Ceniza volante seca**

Se obtiene de los sistemas de recolección de polvo de las calderas, se encuentra en los gases de combustión y es recolectada primero en los hoppers de ceniza localizados abajo del calentador de aire y la ceniza que no es recolectada por los mismos, es recolectada por los hoppers del baghouse (casa de filtros de tejidos). El sistema de manejo y almacenamiento de la ceniza volante es el encargado de transportarla, se encuentra almacenada en los hoppers hacia un filtro separador, que tiene como finalidad separar el aire y la ceniza, posteriormente la ceniza es depositada en el silo almacenador, luego se descarga del silo a un camión. (González, 2014, pág. 36)

- **Ceniza de fondo seca**

“Este tipo de ceniza precipita al fondo de la caldera, donde es extraída por gravedad y posteriormente es transportada a silos para su almacenamiento; está formada por partículas visibles de colores café, negro y blanco” (González, 2014, pág. 37).

- **Ceniza compuesta seca**

“Es la mezcla de ambos tipos de ceniza (ceniza volante y ceniza de fondo), dicha mezcla se realiza en el silo de almacenamiento” (González, 2014, pág. 37).





- **Ceniza compuesta hidratada**

Se hidrata la ceniza compuesta seca, para posteriormente, ser transportada hacia un acopio o relleno ubicado en el interior de la planta. La hidratación se realiza para evitar que se disperse al momento de transportarse de un punto de la planta a otro. (González, 2014, pág. 37)

### 2.2.7.2. Características químicas de la ceniza de fondo

Según el Centro de estudios y experimentación de obras públicas (2014):

Normalmente, las propiedades químicas de las cenizas de fondo dependen de la de los recursos que se usan en la incineración y el control de contaminación de aire. Las cenizas están formadas mayormente por los componentes químicos  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  y  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  y de manera minoritaria, Cl, Si, Mg, Al, Fe, Ca, K, Na.

Existe una clara diferencia entre la composición química de las diversas variedades de ceniza volantes; mientras que las procedentes de maderas tienen carácter básico (alto contenido en cal), otras como procedentes de los cereales tienen carácter ácido (alto contenido en sílice) (pág. 6).

### Figura 9

*Análisis químico de las cenizas volantes de incineración de diferentes tipos de biomasa*

	PF*	$\text{SiO}_2$	Cl	$\text{SO}_3$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{P}_2\text{O}_5$	CaO	MgO	$(\text{Na,K})_2\text{O}$
Haya	38.1	7.2	-	-	3	0.9	3.1	78	2.8	2.2
Olmo	45.2	6.8	-	-	1.8	0.5	2.2	76.6	5.6	4.8
Encina	31.6	8.1	-	-	1.6	0.5	6.5	56.9	4.1	16.1
Grano de cereal	10.7	75.6	-	-	1.9	0.6	4.9	7.7	2.9	5.2
Cebada	14.1	61.9	-	-	1.3	0.5	5.1	9.1	2.7	18.5
Maíz	15.6	66.6	-	-	3.4	2.7	3.7	9.8	3.9	8.4
Orujillo	9.9	21.7	3.8	1.4	5.7	3.3	4.4	17	6.6	21.1
Mezcla orujillo - poda de olivar	14.7	7	4.5	1.8	1.2	1.5	2.3	5.8	6.1	46.3
Corteza de eucalipto	22.5	23.7	1.36	0.8	3.3	1.6	1.1	28.6	3.2	5.3
Lignina	41.4	3.2	0.06	0.3	0.3	0.3	1.1	44.8	5.6	3.3

Fuente: (Centro de estudios y experimentación de obras públicas, 2014)

En la siguiente tabla se detalla los compuestos químicos de la ceniza de fondo de ladrillera LATESAN ubicada en el Distrito de San Jerónimo.



**Tabla 2**

*Componentes químicos de la ceniza de fondo de ladrillera LATESAN*

Componentes	Oxido	%
"Sílice"	SiO <sub>2</sub>	28.9 %
"Óxido de Calcio"	CaO	29.1 %
"Óxido de Magnesio"	MgO	15.24 %
"Óxido de Hierro"	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.56 %
"Alúmina"	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10.9 %
"Otros"		11.3 %

Fuente: (Laboratorio de Analisis Quimico UNSAAC, 2023)

### 2.2.7.3. Reacción de la ceniza volante

Los mecanismos de activación se dan principalmente en materiales con alto contenido de calcio, silicio y aluminio denominados escoria de alto horno y materiales con bajo contenido de calcio que forman aluminosilicatos dependiendo de los activadores alcalinos y los componentes del carbón quemado. (Parra, 2018, pág. 38)

- **Actividad puzolánica**

Esta propiedad es la más importante en cuanto a estabilización de suelos, pues indica “la rapidez con la que el sílice de la ceniza volante se combina con el hidróxido de calcio (cal hidratada)” para formar un material cementante y aglomerante que aumente la resistencia de los agregados. (Parra, 2018, pág. 37)

- **Activadores alcalinos**

“Se define como la solución responsable de acelerar la reacción aluminosilicatos para formar hidratos con una estructura compacta, es decir el material cementante” (Parra, 2018, pág. 37).

### 2.2.7.4. Reacción de la puzolana

Los materiales puzolánicos se caracterizan por el empaquetamiento de partículas minerales, en donde la sílice amorfa al entrar en contacto con el agua se solubiliza y reacciona con los iones de Ca<sup>+2</sup> presentes en Ca(OH)<sub>2</sub>, formando silicatos de hidróxido hidratados similares a los producidos en las reacciones de hidratación del cemento. Las cenizas tal como salen del proceso de incineración tendrían una baja actividad



puzolánica por poseer tamaños grandes de partícula, en este caso, las cenizas actuarían como un material inerte o sin actividad (filler), por lo que es necesario someterlas a procesos de molienda y tamizado. (Abiodun & Jimoh, 2018, pág. 37)

La ceniza de fondo al presentar una proporción inferior del 65% de sílice, no se considera como un material puzolánico, pero esto no descarta que la ceniza tenga un comportamiento similar a este, ya que la sílice al mezclarse con hidróxido de calcio genera una reacción que produce un material cementante o conglomerado, pero en menor medida que un material puzolánico.

#### **2.2.7.5. Procesamiento físico-químico para la activación de las cenizas como puzolana**

Según Gallego, Toro, & Rojas (2020, pág. 121) afirman lo siguiente:

Los cambios físico-químicos en las cenizas durante la reducción de tamaño favorecen la desorción del agua, reactividad química para intercambiar iones y formación de silicatos de metales alcalinos. Procesos hidrotérmicos con soluciones alcalinas generan nuevos compuestos, como zeolitas, a partir de aluminosilicatos amorfos presentes en las cenizas de carbón. La formación de puzolanas, como la zeolita, se ve influenciada por varios factores, como la composición química y la temperatura. La síntesis hidrotérmica directa de puzolanas se lleva a cabo con cenizas volátiles y una solución de NaOH, seguida de tratamiento térmico. La temperatura óptima para generar sílica amorfa con alta actividad puzolánica es 600°C. Otros tratamientos hidrotérmicos implican acciones repetitivas de incubación, filtración y secado para ajustar la relación molar de Si/Al entre 0.8 y 2, lo que afecta la formación de cristales.

Los métodos hidrotérmicos convencionales son ineficientes industrialmente debido a largos tiempos y bajos rendimientos en la producción de zeolitas. El tratamiento consume mucha agua y NaOH, siendo un problema al desechar el líquido al alcantarillado. Sin embargo, se han implementado métodos que reciclan la solución de NaOH, reduciendo significativamente el consumo de agua y productos químicos.

#### **2.2.8. CBR (California Bearing Ratio)**

##### **2.2.8.1. Compactación**

La compactación es el proceso artificial / mecánico, por el cual se pretende obtener mejores características en los suelos que constituyen la sección estructural de las carreteras, de tal manera que la obra resulte duradera y cumpla con el objetivo por el cual fue proyectada. (Montejo Fonseca, 2002, pág. 92)



Este proceso implica la reducción de vacíos por pérdida de aire, conduciendo a cambios de volumen de importancia; no todo el aire sale del suelo y por lo general, no se expulsa agua por lo que la condición de un suelo compactado en carretas es la de un suelo parcialmente saturado. (Rico & Del Castillo, 1974, pág. 74)

#### **2.2.8.2. Prueba Proctor estándar**

En la prueba Proctor, el suelo es compactado en un molde que tiene un volumen de 943.3 cm<sup>3</sup>. El diámetro del molde es de 101.6mm. Durante la prueba de laboratorio, el molde se une a una placa de base en el fondo y a una extensión en la parte superior. El suelo se mezcla con cantidades variables de agua y luego se compacta en tres capas iguales por medio de un pisón que transmite 25 golpes a cada capa. El pisón pesa 24.4 N y tiene una altura de caída de 304.8mm. (AASHTO T-180, 1993, pág. 18)

#### **2.2.8.3. Prueba Proctor modificado**

Con el desarrollo de rodillos pesados y su uso en la compactación de campo, la Prueba Proctor Estándar fue modificada para representar mejor las condiciones de campo. A ésta se llama prueba Proctor modificada (Prueba D-1557 de la ASTM y Prueba T-180 de la AASHTO). Para llevar a cabo la prueba Proctor modificada se usa el mismo molde, con un volumen de 943.3cm<sup>3</sup>, como en el caso de la prueba Proctor estándar. Sin embargo, el suelo compactado en cinco capas por un pisón que pesa 44.5 N, la caída del martillo es de 457.2 mm. El número de golpes de martillo por capa es de 25 como en el caso de la prueba Proctor estándar. (AASHTO T-180, 1993, pág. 19)

#### **2.2.8.4. Densidad máxima seca**

La reducción de porosidad y el incremento de la humedad, conducen a un estado límite en el que se forma una red continua de agua. Más allá de cierto contenido de humedad, el agua comienza a tener una continuidad que cierra los poros comunicados. Como consecuencia el aire queda encerrado en forma de burbujas aisladas. Éstas son retenidas en cada poro y no es posible lograr una mayor densificación en el suelo para un mismo trabajo mecánico. A partir de este estado, surge un neto cambio de propiedades por la existencia de un componente perfectamente elástico (aire ocluido). Su presencia implica que la permeabilidad al aire tienda a valores mínimos, dado que las burbujas sólo pueden drenar junto con el agua o bien deslizándose dentro del conjunto (Escobar, 2007).



### 2.2.8.5. Valor de soporte California (CBR)

El objetivo de este ensayo es determinar la capacidad de soporte de suelos y agregados compactados en laboratorio, con una humedad óptima y niveles de compactación variables, con el cual se ha tratado de medir la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidades controladas, permitiendo así obtener un porcentaje de la relación de soporte. Este ensayo se desarrolló por parte de la división de carreteras de California en 1929 como una forma de clasificación y evaluación de la capacidad de un suelo para ser utilizado como subbase o material de base en construcciones de carreteras y aeropuertos. (Hernandez, 2008, pág. 15)

### 2.2.9. Suelos

#### 2.2.9.1. El suelo y su origen

Mediante la combinación de desgaste mecánico y descomposición química, las rocas de la superficie terrestre se convierten en los materiales sueltos que se hallan en ella.

El suelo se define como una delgada capa sobre la corteza terrestre de material que proviene de la desintegración y/o alteración física y/o química de las rocas y de los residuos de las actividades de los seres vivos que sobre ella se asientan. (Crespo Villalaz, 2004)

#### 2.2.9.2. Principales tipos de suelos

A continuación, se describirán los suelos más comunes con los nombres utilizados por los ingenieros civiles para identificarlos:

#### **Gravas:**

Según Crespo Villalaz (2004) indica

Las gravas son acumulaciones sueltas de fragmentos de rocas y que tienen más de dos milímetros de diámetro. Dado el origen, cuando son acarreadas por las aguas las gravas sufren desgaste en sus aristas y son, por lo tanto, redondeadas. Como material suelto suele encontrarse en los lechos, en los márgenes y en los conos de deyección de los ríos, también en muchas depresiones de terrenos rellenadas por el acarreo de los ríos y en muchos otros lugares a los cuales las gravas han sido transportadas. Las gravas ocupan grandes extensiones, pero casi siempre se encuentran con mayor o menor



proporción de cantos rodados, arenas, limos y arcillas. Sus partículas varían desde 7.62cm (3") hasta 2.0 mm.

La forma de las partículas de las gravas y su relativa frescura mineralógica dependen de la historia de su formación, encontrándose variaciones desde elementos rodados a los poliédricos.

### **Arenas:**

Según Crespo Villalaz (2004) indica

La arena es el nombre que se le da a los materiales de granos finos procedentes de la denudación de las rocas o de su trituración artificial, y cuyas partículas varían entre 2 mm y 0.05 mm de diámetro.

El origen y la existencia de las arenas es análoga a la de las gravas: las dos suelen encontrarse juntas en el mismo depósito. La arena de río contiene muy a menudo proporciones relativamente grandes de grava y arcilla. Las arenas cuando están limpias no se contraen al secarse, no son plásticas, son mucho menos compresibles que la arcilla y si se aplica una carga en su superficie, se comprimen casi de manera instantánea.

### **Limos:**

Según Crespo Villalaz (2004) indica

Los limos son suelos de granos finos con poca o ninguna plasticidad, pudiendo ser limo inorgánico como el producido en canteras, o limo orgánico como el que suele encontrarse en los ríos, siendo en este último caso de características plásticas.

El diámetro de las partículas de los limos está comprendido entre 0.05 mm y 0.005 mm. Los limos sueltos y saturados son completamente inadecuados para soportar cargas por medio de zapatas. Su color varía desde gris claro a muy oscuro. La permeabilidad de los limos orgánicos es muy baja y su compresibilidad muy alta. Los limos, de no encontrarse en estado denso, a menudo son considerados como suelos pobres para cimentar.

### **Arcillas:**

Según Crespo Villalaz (2004) indica

Se da el nombre de arcilla a las partículas sólidas con diámetro menor de 0.005 mm y cuya masa tiene la propiedad de volverse plástica al ser mezclada con agua.



Químicamente es un silicato de alúmina hidratado, aunque en pocas ocasiones contiene también silicatos de hierro o de magnesio hidratados. La estructura de estos minerales es, generalmente, cristalina y complicada y sus átomos están dispuestos en forma laminar.

De hecho, se puede decir que hay dos tipos clásicos de tales láminas: uno de ellos del tipo silíceo y el otro del tipo alumínico.

### **2.2.9.3. Plasticidad**

La plasticidad es la característica que ostentan los suelos de deformarse hasta un límite, sin romperse.

Según Atterberg, cuando un suelo tiene un índice plástico (I.P.) igual a cero el suelo es no plástico; cuando es menor a 7 el suelo presenta baja plasticidad; cuando esta entre 7 y 17 el suelo es medianamente plástico y cuando el I.P. es mayor a 17 se dice que es altamente plástico.

Según Arthur Casagrande, “comparando suelos de igual límite líquido con índice de plasticidad que aumenta, la compresibilidad es la misma, la constante de permeabilidad disminuye, la tenacidad cerca del límite plástico aumenta y también aumenta su resistencia en seco”.

#### **Límite Líquido:**

Según Crespo Villalaz (2004) indica, el límite líquido se define como el contenido de humedad expresada en porcentaje con respecto al peso de la muestra, con el cual el suelo cambia del estado líquido al plástico. De acuerdo con esta definición, los suelos plásticos tienen en el límite líquido una resistencia muy pequeña al esfuerzo de corte, pero definida, y según Atterberg es de 25g/cm<sup>2</sup>. La cohesión de un suelo en el límite líquido es prácticamente nula.

#### **Límite Plástico:**

“El Límite Plástico (L.P) se define como el contenido de humedad, expresado en porcentaje con respecto al peso seco de la muestra secada al horno, para el cual los suelos cohesivos pasan de un estado semisólido a un estado plástico” (Crespo Villalaz, 2004).



### **Índice de Plasticidad:**

Se denomina Índice de Plasticidad o Índice plástico (I.P) a la diferencia numérica entre los límites líquido y plástico tal como lo definen los ensayos. Tanto el límite líquido como el límite plástico dependen de la cantidad y tipo de arcilla del suelo; sin embargo, el índice plástico depende generalmente de la cantidad de arcilla del suelo. Comparando el índice de Plasticidad con el que marcan las especificaciones respectivas se pueden decir que si un determinado suelo presenta las características adecuadas para cierto uso. (Crespo Villalaz, 2004)

#### **2.2.9.4. Clasificación de suelos**

Según Braja M., (2001) los sistemas de clasificación de suelos se utilizan para expresar de manera concisa las características generales del suelo, en el ámbito de la ingeniería existen dos sistemas de clasificación de suelos: el Sistema de Clasificación AASHTO y el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

#### **Sistema de clasificación AASHTO**

Según el Public Road Administration Classification System (1929)

En este sistema el suelo se clasifica en siete grupos que van desde el A-1 hasta A-7. Los suelos clasificados en los grupos A-1, A-2 y A-3 son materiales granulares, donde 35% o menos de las partículas pasan por la criba No. 200. Los suelos de los que más del 35% pasan por la criba No. 200 son clasificados en los grupos AA, A-5, A-6 Y A-7. (Sistema de Clasificación de la Oficina de Caminos Públicos).





**Figura 10**

*Sistema de Clasificación AASHTO*

**SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS AASHTO**

Clasificación	Materiales granulares (35% o menos pasa por el tamiz N° 200)						Materiales limoso arcilloso (más del 35% pasa el tamiz N° 200)				
	A-1		A-3	A-2-4				A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5 A-7-6
Grupo:	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
<b>Porcentaje que pasa:</b>											
<b>N° 10 (2mm)</b>	50 máx	-	-	-			-				
<b>N° 40 (0,425mm)</b>	30 máx	50 máx	51 mín	-			-				
<b>N° 200 (0,075mm)</b>	15 máx	25 máx	10 máx	35 máx			36 mín				
<b>Características de la fracción que pasa por el tamiz N° 40</b>											
<b>Límite líquido</b>	-	-	-	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín (2)
<b>Índice de plasticidad</b>	6 máx		NP (1)	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín
<b>Constituyentes principales</b>	Fracmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Grava y arena arcillosa o limosa			Suelos limosos		Suelos arcillosos		
<b>Características como subrasante</b>	Excelente a bueno						Pobre a malo				

(1): No plástico

(2): El índice de plasticidad del subgrupo A-7-5 es igual o menor al LL menos 30

El índice de plasticidad del subgrupo A-7-6 es mayor que LL menos 30

Fuente: (Gonzales boada, 2005)

**Sistema unificado de clasificación de suelos "SUCS"**

Según Braja M., (2001) “este sistema de clasificación fue propuesto por Casagrande en 1942”. En la actualidad su uso es muy frecuente por los ingenieros (Prueba D-2487 de la ASTM). Este sistema clasifica a los suelos en dos amplias categorías:

Suelos de grano grueso que son de naturaleza tipo grava y arenosa con menos del 50% pasando por la malla No. 200. Los símbolos de grupo comienzan con un prefijo “G” o “S”. “G” significa grava o suelo gravoso y “S” significa arena o suelo arenoso.

Los suelos de grano fino con 50% o más pasando por la malla No. 200. Los símbolos de grupo comienzan con un prefijo “M”, que significa limo inorgánico, “C” para arcilla inorgánica u “O” para limos y arcillas orgánicos. El símbolo “Pt” se usa para turbas, lodos y otros suelos altamente orgánicos.



Figura 11

Sistema unificado de clasificación de suelos "SUCS"

**SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS UNIFICADO "S.U.C.S."**

DIVISIONES PRINCIPALES		Símbolos del grupo	NOMBRES TÍPICOS	IDENTIFICACIÓN DE LABORATORIO	
SUELOS DE GRANO GRUESO Más de la mitad del material retenido en el tamiz número 200	GRAVAS Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por el tamiz número 4 (4,76 mm)	Gravas limpias (sin o con pocos finos)	<b>GW</b> Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.	Determinar porcentaje de grava y arena en la curva granulométrica. Según el porcentaje de finos (fracción inferior al tamiz número 200). Los suelos de grano grueso se clasifican como sigue: <5% >GW,GP,SW,SP. >12% >GM,GC,SM,SC. 5 al 12% >casos límite que requieren usar doble símbolo.	
			<b>GP</b> Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.		
		Gravas con finos (apreciable cantidad de finos)	<b>GM</b> Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo.		
			<b>GC</b> Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.		
	ARENAS Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por el tamiz número 4 (4,76 mm)	Arenas limpias (pocos o sin finos)	<b>SW</b> Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.		Cu=D <sub>60</sub> /D <sub>10</sub> >4 Cc=(D <sub>30</sub> ) <sup>2</sup> /D entre 1 y 3
			<b>SP</b> Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.		No cumplen con las especificaciones de granulometría para GW.
		Arenas con finos (apreciable cantidad de finos)	<b>SM</b> Arenas limosas, mezclas de arena y limo.		Límites de Atterberg debajo de la línea A o IP<4. Encima de línea A con IP entre 4 y 7 son casos límite que requieren doble símbolo.
			<b>SC</b> Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.		Límites de Atterberg sobre la línea A con IP>7.
					Cu=D <sub>60</sub> /D <sub>10</sub> >6 Cc=(D <sub>30</sub> ) <sup>2</sup> /D entre 1 y 3
					Cuando no se cumplen simultáneamente las condiciones para SW.
SUELOS DE GRANO FINO Más de la mitad del material pasa por el tamiz número 200	Limos y arcillas: Límite líquido menor de 50	<b>ML</b> Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosas, o limos arcillosos con ligera plasticidad.	Límites de Atterberg debajo de la línea A o IP<4. Los límites situados en la zona rayada con IP entre 4 y 7 son casos intermedios que precisan de símbolo doble.		
		<b>CL</b> Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.			
		<b>OL</b> Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.			
	Limos y arcillas: Límite líquido mayor de 50	<b>MH</b> Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos.			
		<b>CH</b> Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.			
		<b>OH</b> Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada; limos orgánicos.			
		<b>PT</b> Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.			
Suelos muy orgánicos					

Fuente: (Gonzales boada, 2005)

Segun Gonzales Boada (2005) nos indica para una clasificación apropiada conocer

El porcentaje de grava, es decir, la fracción que pasa la malla de 76.2 mm y es retenida en la malla No. 4 (abertura de 4.75 mm).

El porcentaje de arena, es decir, la fracción que pasa la malla No. 4 (abertura de 4.75 mm) y es retenida en la malla No. 200 (abertura de 0.075 mm).

El porcentaje de limo y arcilla, es decir, la fracción de finos que pasan la malla No. 200 (abertura de 0.075 mm).



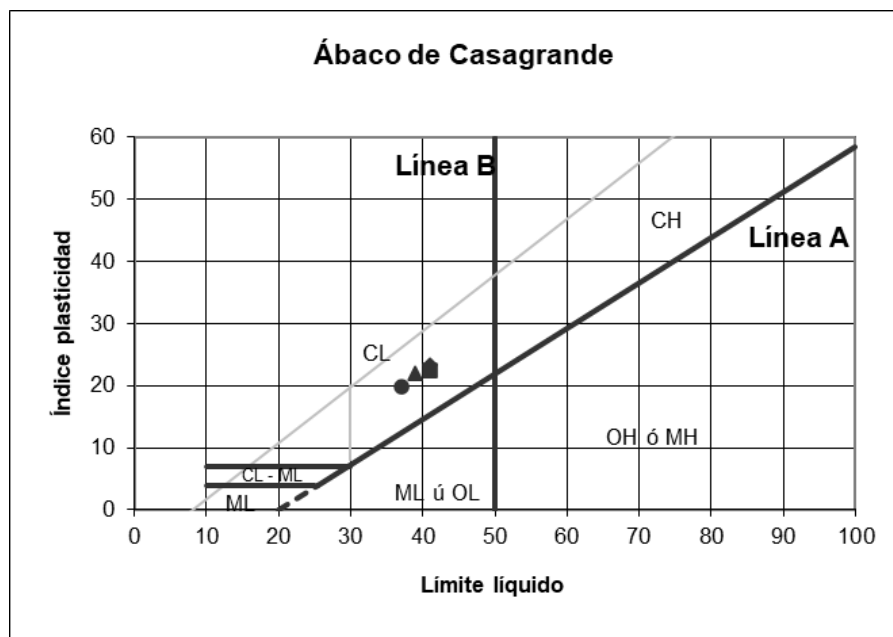
El coeficiente de uniformidad ( $C_u$ ) y coeficiente de curvatura ( $C_z$ ).

El límite líquido e índice de plasticidad de la porción de suelo que pasa la malla No. 40.

Los símbolos de grupo para suelos tipo grava de grano grueso son GW, GP, GM, GC, GC-GM, GW-GM, GW-GC, GP-GM, y GP-Gc. Similarmente, los símbolos de grupo para suelos de grano fino son CL, ML, OL, CH, MH, OH, CL-ML, y PT.

**Figura 12**

*Carta de plasticidad*



Fuente: (Gonzales boada, 2005)

## 2.2.10. Propiedades del suelo

### 2.2.10.1. Propiedades Índice del Suelo

#### Humedad

“La humedad de un suelo se ve expresada básicamente como la masa de agua contenida por unidad de masa de sólidos del suelo. La humedad se ve eventualmente representada en porcentaje con relación a la cantidad de suelo” (Forsythe, 1985).

#### Densidad

La densidad es una dimensión referida al total de material contenido dentro de un determinado volumen. El concepto de densidad, la presenta como la relación existente



entre la masa que tiene un cuerpo o sustancia y el volumen que esta ocupa en el espacio donde está presente. La definición de densidad para la mecánica de suelos, la establece como una propiedad que logra ser comprobada mostrando el estado de compactación de los suelos. (ABC GEOTECHNICAL CONSULTING, 2023)

### **Granulometría**

Consistente en la medición y graduación de suelo, desarrollado a través de la utilización de varios tamices, de fracción gruesa y fina. En la clasificación de los suelos para usos de ingeniería se debe eventualmente realizar un análisis granulométrico del suelo, ya que el suelo deberá ser el adecuado para la conformación de carreteras, autopistas, presas de tierra, diques y otro tipo de estructuras. La información obtenida de un análisis granulométrico puede en ocasiones utilizarse para predecir movimientos del agua a través del suelo. (Bowles , 1981, pág. 37)

#### **2.2.11. Mejoramiento del suelo arcilloso**

El mejoramiento de los suelos arcillosos implica la utilización de agentes estabilizantes que pueden ser químicos - físicos o medios mecánicos. Por lo general, la estabilización se realiza en suelos de subrasante con baja capacidad de soporte. En este aspecto se denomina como estabilización de un suelo a la combinación de este con distintos agentes estabilizadores como cemento, asfalto, Cal y entre otros. (MTC, 2014, pág. 107)

#### **2.2.12. Estabilización Química de Suelos**

La estabilización química se puede utilizar en todos los tipos de suelos para el mejoramiento de sus propiedades geotécnicas, cambiando las propiedades fisicoquímicas iniciales del suelo nativo con el objetivo de mitigar algunos problemas tales como la inestabilidad volumétrica o incrementar algunas de sus propiedades como la resistencia y durabilidad de los suelos tratados. Este tipo de estabilización incluye la utilización de una amplia gama de materiales, entre los cuales el cemento y la cal han sido los más convencionales; sin embargo, otros productos como sales (cloruro de sodio, cloruro de calcio) y residuos o subproductos industriales (escoria de alto horno, cenizas volantes) también han sido considerados en la estabilización de suelos para construcción de carreteras. La selección del tipo y porcentaje de estabilizante es función primordial del tipo de suelo o clasificación y por supuesto, en segunda instancia, de la expectativa de mejoramiento requerida para el caso particular. Otros factores importantes son el



costo y las condiciones medioambientales. Así, cuando solamente se pretende modificar algunas de sus propiedades, tales como la trabajabilidad, plasticidad o distribución de partícula es posible que se requieran proporciones bajas del aditivo; sin embargo, cuando se desea interactuar con propiedades tales como la resistencia y la durabilidad para incrementar la vida útil en servicio, la cantidad del aditivo puede ser superior. Aunque puede existir más de un estabilizante apropiado para un tipo de suelo determinado, hay algunos lineamientos para seleccionar el estabilizador específico, estos se basan en la granulometría del suelo, su plasticidad y textura. (Rivera, Aguirre-Guerrero, Mejía de Gutiérrez, & Orobio, 2020, pág. 206)

### **2.3. Hipótesis**

#### **2.3.1. Hipótesis General**

La aplicación de geomalla biaxial de cables eléctricos adicionado con ceniza de fondo de horno ladrillero mejoró las propiedades de los suelos arcillosos en la subrasante de la vía vecinal 1140, Cusco.

#### **2.3.2. Hipótesis Específicas**

- El índice de plasticidad disminuyó con la adición de la ceniza de fondo de horno ladrillero al 5%, 10%, 15% y 20% en la subrasante de la vía vecinal 1140, Cusco
- La densidad máxima seca disminuyó con la adición de ceniza de fondo de horno ladrillero al 5%, 10%, 15% y 20% en la subrasante de la vía vecinal 1140, Cusco
- El CBR aumentó con la utilización de geomalla biaxial de cables eléctricos adicionado con ceniza de fondo de horno ladrillero al 5%, 10%, 15% y 20% en la subrasante de la vía vecinal 1140, Cusco



## 2.4. Definición de variables

### 2.4.1. Variables

#### 2.4.1.1. Variables independientes

Geomalla biaxial

- Presencia de geomalla
  - Celdas de 2.5 cm
  - Recubrimiento de cables eléctricos (reciclado de cables eléctricos)

Ceniza de fondo

- Dosificación al 5 % de ceniza
- Dosificación al 10 % de ceniza
- Dosificación al 15 % de ceniza
- Dosificación al 20 % de ceniza
  - Porcentaje en peso de ceniza de la masa total de suelo (g)

#### 2.4.1.2. Variables dependientes

Propiedades de suelos arcillosos

- Índice de plasticidad
  - Limite liquido (%)
  - Limite plástico (%)
- Densidad máxima seca (g/cm<sup>3</sup>)
  - Masa (g)
  - Volumen (cm<sup>3</sup>)
- CBR
  - Índice de CBR



### 2.4.2. Cuadro de operacionalización de Variables

VARIABLES DE INVESTIGACIÓN					
VARIABLES	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
<b>Variables Independientes</b>					
<b>Geomalla biaxial</b>	“Son geosintéticos que consisten en un curso de acción rectangular o triangular uniforme que enmarca una estructura abierta que permite que los suelos atraviesen el plano” (Novoa, 2017, pág. 13).	Las geomallas biaxiales se elaboran del recubriendo de cables eléctricos, tomando como referencia las fichas técnicas de una empresa fabricante de geomallas (ACEGrid). Las que se colocan a una profundidad de 2 cm durante el ensayo de CBR en la etapa de compactación.	Presencia de geomalla	Celdas de 2.5 cm. Recubrimiento de cables eléctricos (reciclado de cables eléctricos).	
<b>Ceniza de fondo</b>	“La ceniza de fondo comprende la fracción gruesa de ceniza producida en la cama inferior y la cámara de combustión primaria. A menudo, se mezcla con impurezas minerales, como barros. El material cae al fondo del horno y se separa mecánicamente” (Mamani Barriga & Yataco Quispe, 2017, pág. 36).	Las cenizas de fondo se extraen del horno ladrillero Latesan, la que se analizó en laboratorio para caracterizar su composición y tipo, posteriormente se utilizó en combinación con muestras secas de suelo a diferentes porcentajes; se usaron en los ensayos de límites de Atterberg, ensayo de Proctor Modificado y ensayo de relación de soporte (CBR).	Dosificación al 5 % de ceniza Dosificación al 10 % de ceniza Dosificación al 15 % de ceniza Dosificación al 20 % de ceniza	Porcentaje en peso de ceniza de la masa total de suelo (g)	Fichas de recolección de datos
<b>Variables Dependientes</b>					
<b>Propiedades del suelo arcilloso</b>	“La proporción de los componentes determina una serie de propiedades que se conocen como propiedades físicas o mecánicas del suelo: estructura, color, plasticidad, densidad, resistencia, consistencia” (GRISALES, 2014).	Para conocer las propiedades del suelo arcilloso se realizan ensayos según la normativa del MTC, empezando desde el análisis granulométrico, pasando por los límites de Atterberg, hasta finalizar con el ensayo de Proctor modificado y CBR. De igual manera al añadir la ceniza se consideraron tratamientos similares a las de las muestras de suelo para no alterar el ensayo.	Índice de plasticidad Densidad máxima seca CBR	Limite liquido (%) Limite plástico (%) Masa (g) Volumen (cm <sup>3</sup> ) Índice de CBR	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fichas de recolección de datos.</li> <li>Reportes de laboratorio.</li> </ul>





## **CAPÍTULO III: Metodología**

### **3.1. Metodología de la investigación**

#### **3.1.1. Enfoque de la investigación**

Según Hernández Sampieri indica que, el enfoque cuantitativo (que representa un conjunto de procesos) es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no podemos “brincar” o eludir pasos. El orden es riguroso, aunque desde luego, podemos redefinir alguna fase. (Hernández Sampieri, 2014, pág. 4)

De acuerdo a este enfoque en la presente investigación se ha utilizado este tipo de variables las cuales nos permiten medir las propiedades mecánicas de los suelos arcillosos en la subrasante de la vía vecinal 1140, mediante la ejecución de ensayos normados en laboratorio.

#### **3.1.2. Nivel o alcance de la investigación**

Según Hernández Sampieri (2014) indica que “el nivel de investigación está enmarcado en el nivel descriptivo con alcance explicativo”.

“El nivel descriptivo tiene como finalidad especificar propiedades y características importantes de cualquier fenómeno que se analice. Describe tendencias de un grupo o población” (Hernández Sampieri, 2014).

“El alcance explicativo va más allá de la descripción de conceptos o fenómenos, donde se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta o por qué se relacionan dos o más variables” (Hernández Sampieri, 2014).

La investigación que se ha llevado a cabo es del tipo descriptiva con alcance explicativo porque se especifican las propiedades y características del suelo como el mejoramiento de suelo y la aplicación de la geomalla biaxial elaborada con el recubrimiento de cables eléctricos añadida con ceniza de fondo de horno ladrillero, con el objetivo que este mejore sus propiedades mecánicas; como por ejemplo el incremento de CBR, la densidad máxima seca y las causas de estas.

#### **3.1.3. Método de investigación**

Hipotético - deductivo

El método consiste en un procedimiento que parte de unas aseveraciones en calidad de hipótesis y busca reclutar o falsear tales hipótesis deduciendo de ellas con conclusiones las cuales deben confrontarse con los hechos. En tal sentido el enfoque hipotético



deductivo llega a unas conclusiones a través de un procedimiento de inferencia o cálculo formal. (Bernal, 2010, pág. 80)

Las hipótesis son puntos de partida para nuevas deducciones. Se parte de una hipótesis inferida de principios o leyes o sugerida por los datos empíricos, y aplicando las reglas de la deducción, se arriba a predicciones que se someten a verificación empírica, y si hay correspondencia con los hechos, se comprueba la veracidad o no de la hipótesis de partida. Incluso, cuando de la hipótesis se arriba a predicciones empíricas contradictorias, las conclusiones que se derivan son muy importantes, pues ello demuestra la inconsistencia lógica de la hipótesis de partida y se hace necesario reformularla. (Rodríguez & Pérez, 2017, pág. 189)

La investigación realizada será de carácter hipotético-deductivo, debido a que partiremos de una hipótesis basada en premisas y durante el estudio se examinarán aspectos teóricos relevantes, que serán formulados por deducción, utilizando un proceso de investigación.

### **3.2. Diseño de la investigación**

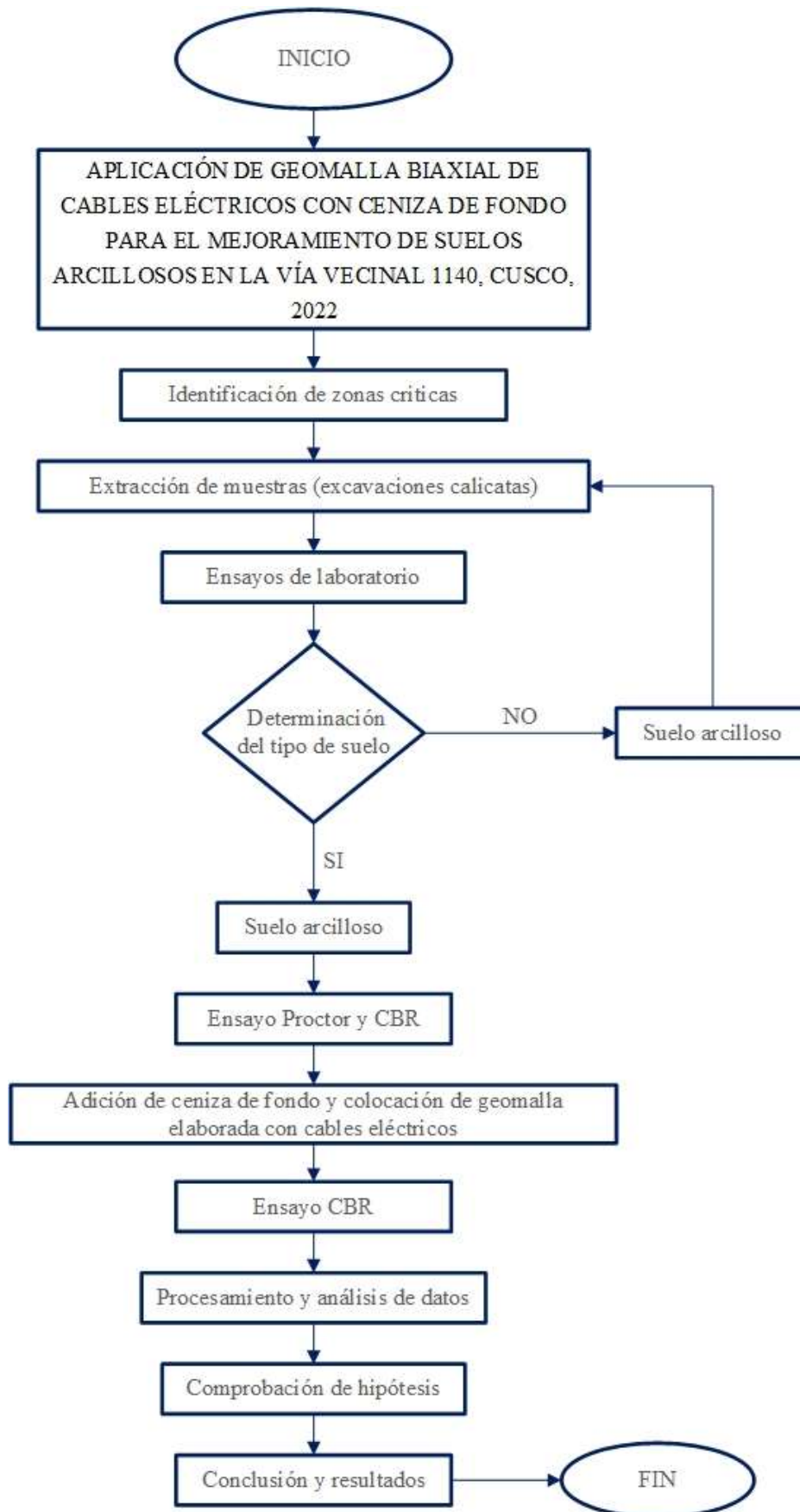
#### **3.2.1. Diseño metodológico**

Según Hernández Sampieri nos dice que los diseños experimentales hacen una alusión particular de experimento que se refiere a un estudio en el que se manipulan intencionalmente una o más variables independientes, para analizar las consecuencias que la manipulación tiene sobre una o más variables dependientes, dentro de una situación de control para el investigador. (Hernández Sampieri, 2014)

La investigación es de diseño experimental debido a que al manipular nuestras variables independientes (geomalla biaxial de cables eléctricos y ceniza de fondo) tenemos una variación en la variable dependiente (mejoramiento de suelo arcilloso).



### 3.2.2. Diseño de ingeniería





### **3.3. Población y muestra**

#### **3.3.1. Población**

##### **3.3.1.1. Descripción de la población**

La investigación se delimitó a la población de suelos arcillosos que existen en la vía vecinal 1140, distrito de Cachimayo, Anta, Cusco, zona donde se encontró terreno inestable y donde se pueden evidenciar las características del suelo arcilloso (A-6, A-7).

##### **3.3.1.2. Cuantificación de la población**

La población está conformada por suelos arcillosos de baja plasticidad, en el sistema AASHTO se encuentran entre los rangos A-6, A-7.

#### **3.3.2. Muestra**

##### **3.3.2.1. Descripción y Cuantificación de la muestra**

###### **3.3.2.1.1. Descripción de la muestra**

En la presente investigación se consideró el suelo extraído entre las progresivas 3+700 hasta 4+700 de la vía vecinal 1140, es así que en este km se excavaron 3 calicatas, donde en la calicata 02 se encontró material arcilloso (A-6), la muestra de suelo extraído fue de aproximadamente 180 kg.

###### **3.3.2.1.2. Cuantificación de la muestra**

La muestra es finita, el total de ensayos analizados conforman un total de 64 estudios, los cuales se realizaron en laboratorio agregando ceniza de fondo en porcentajes de 5%, 10%, 15% y 20% más la malla biaxial de cables eléctricos (elaborados con cables eléctricos reciclados).

###### **3.3.2.2. Método de muestreo**

Para la presente investigación se utilizó convenientemente el muestreo no probabilístico ya que, “Las muestras no probabilísticas también llamadas muestras dirigidas suponen un procedimiento de selección orientado por las características de la investigación, más que por un criterio estadístico de generalización. Utilizadas en diversas investigaciones cuantitativas y cualitativas”. (Hernández Sampieri, 2014, pág. 189).



### 3.3.2.3. Criterios de evaluación de muestra

Para realizar y determinar las pruebas de laboratorio a las muestras tomadas del tramo 3+700 al 4+700 de la vía vecinal 1140, se utilizaron los parámetros básicos que debe tener la subrasante, según el Manual de Ensayos de Materiales de MTC (2016), como se presenta a continuación.

Ensayo	Norma	Suelo Natural	Suelo Natural + Malla	Suelo + Ceniza 5% + Malla	Suelo + Ceniza 10% + Malla	Suelo + Ceniza 15% + Malla	Suelo + Ceniza 20% + Malla	TOTAL
“Muestreo del suelo”	MTC E 101	3	0	0	0	0	0	3
“Análisis Granulométrico por Tamizado”	MTC E 107	3	0	0	0	0	0	3
“Límites de Consistencia”	MTC E 110 MTC E 111	4	0	4	4	4	4	20
“Proctor Modificado”	MTC E 115	4	0	4	4	4	4	20
“CBR- Capacidad de Soporte”	MTC E 132	3	3	3	3	3	3	18
								64

### 3.3.2.4. Criterios de inclusión

Las muestras de suelo se extrajeron entre las progresivas 3+700 hasta 4+700 de la vía vecinal 1140, de una zona periférica a la vía principal de su estrato arcilloso. Mediante pruebas de laboratorio se determinó el tipo de suelo, tamaño de partícula, contenido de humedad, límite de consistencia, densidad máxima y capacidad de soporte del suelo natural, a partir de los cuales se verificó el mejoramiento del terreno.

Se usó ceniza de fondo de horno ladrillero como estabilizante. En base a antecedentes previos, y en este caso se aplicó la ceniza en porcentajes de 5%, 10%, 15%, y 20% para las muestras de suelo arcilloso extraídas entre las progresivas 3+700 hasta 4+700 de la Vía vecinal 1140.

La geomalla biaxial de cables eléctricos elaborado del reciclaje del recubrimiento de cables eléctricos; se utilizó como estabilizante mecánico para las muestras del suelo teniendo como referencia el modelo geométrico de los diseños existentes en el mercado (Ficha Técnica ACEgrid Biaxial GEOgrid).



### 3.4. Instrumentos

#### 3.4.1. Instrumentos metodológicos o instrumentos de recolección de datos

##### 3.4.1.1. Determinación del contenido de humedad de un suelo

### Figura 13

*Ficha de toma de datos para la determinación del contenido de humedad de un suelo*

<i>"LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS"</i>						
"FORMATO"						
<b>"ENSAYO: DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO (MTC E 108)"</b>						
"(MTC E-108 / ASTM D-2216: Standard Test Method of Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock. )"						
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"					
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huillca Bach. Hans Cristian Sanchez Viguria					
<b>Ubicación:</b>		<b>Calicata:</b>		<b>Fecha:</b>		
<b>Ubicación:</b>		<b>Profundidad:</b>			<b>Asesor de tesis y responsable:</b>  Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez	
<b>DETERMINACION CONTENIDO DE HUMEDAD W%</b>						
Tara						
Peso del suelo humedo + Tara						
Peso del suelo seco + Tara						
Peso de la tara						
Peso del suelo seco						
Peso de agua						
Contenido de humedad %						
<table border="1" style="margin: 0 auto; width: 40%;"> <tr> <td style="padding: 5px;">Contenido de humedad =</td> </tr> </table>						Contenido de humedad =
Contenido de humedad =						



### 3.4.1.2. Análisis granulométrico de suelos por tamizado

**Figura 14**

*Ficha de toma de datos de Análisis Granulométrico de suelos por Tamizado*

"LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS"							
"FORMATO"							
"ENSAYO: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO (MTC E 107)"							
"(MTC E-107 / ASTM D-422: Standard Test Method for Particle-size Analysis of Soils.)"							
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAXIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"						
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huillca Bach. Hans Cristian Sanchez Viguria						
<b>Ubicación:</b>		<b>Calicata:</b>		<b>Fecha:</b>		<b>Asesor de tesis y responsable:</b>	
<b>Ubicación:</b>		<b>Profundidad:</b>				Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez	
<b>Tamaño</b>	<b>MALLA ASTM</b>	<b>Peso Retenido (gr)</b>	<b>% Retenido parcial</b>	<b>% Retenido acumulado</b>	<b>% Que pasa</b>	<b>Calicata N°</b>	
Malla							
4"	102.40					Peso de la muestra secada al aire (w)	
3"	76.20						
2 1/2"	63.50					Peso de la muestra secada al horno (w0)	
2"	50.60						
1 1/2"	38.10					(W-W0)	
1"	25.40						
3/4"	19.05						
1/2"	12.70						
3/8"	9.53						
1/4"	6.35						
N° 4	4.76						
N° 8	2.38						
N° 10	2.00						
N° 16	1.19						
N° 20	0.84						
N° 30	0.59						
N° 40	0.42						
N° 50	0.30						
N° 60	0.25						
N° 80	0.18						
N° 100	0.15						
N° 200	0.07						
FONDO							
TOTAL							
W-Wo							





### 3.4.1.3. Determinación del límite líquido de los suelos

Figura 15

Ficha de toma de datos para la Determinación del Límite Líquido de los suelos

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"																																																							
"FORMATO"																																																							
<b>"ENSAYO: DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS (MTC E 110)"</b>																																																							
"(MTC E-110 / NTP 339.129)"																																																							
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"																																																						
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huillca Bach. Hans Cristian Sanchez Viguria																																																						
<b>Ubicación:</b>		<b>Calicata:</b>		<b>Fecha:</b>																																																			
<b>Ubicación:</b>		<b>Profundidad:</b>			<b>Asesor de tesis y responsable:</b> Dr. Ing. Víctor Chacon Sanchez																																																		
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <th colspan="5" style="text-align: center;">DETERMINACION LIMITE LIQUIDO</th> </tr> <tr> <td>Tara</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo humedo+Tara</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco+Tara</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso de la tara</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso de agua</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Contenido de humedad %</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Numero de golpes.N</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Recomendaciones de intervalo de golpes</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>						DETERMINACION LIMITE LIQUIDO					Tara					Peso del suelo humedo+Tara					Peso del suelo seco+Tara					Peso de la tara					Peso del suelo seco					Peso de agua					Contenido de humedad %					Numero de golpes.N					Recomendaciones de intervalo de golpes				
DETERMINACION LIMITE LIQUIDO																																																							
Tara																																																							
Peso del suelo humedo+Tara																																																							
Peso del suelo seco+Tara																																																							
Peso de la tara																																																							
Peso del suelo seco																																																							
Peso de agua																																																							
Contenido de humedad %																																																							
Numero de golpes.N																																																							
Recomendaciones de intervalo de golpes																																																							
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="text-align: center;">Limite liquido=</td> </tr> </table>						Limite liquido=																																																	
Limite liquido=																																																							



### 3.4.1.4. Determinación del límite plástico de los suelos e índice de plasticidad

**Figura 16**

*Ficha de toma de datos para la Determinación del Límite Plástico de los suelos e Índice de Plasticidad*

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"																																																					
"FORMATO"																																																					
<b>"ENSAYO: DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO (L.P) DE LOS SUELOS E INDICE DE PLASTICIDAD (I.P.) (MTC E 111)"</b>																																																					
"(MTC E-111 / NTP 339.129)"																																																					
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAXIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"																																																				
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Cristian Sanchez Viguria																																																				
<b>Ubicación:</b>		<b>Calicata:</b>		<b>Fecha:</b>																																																	
<b>Ubicación:</b>		<b>Profundidad:</b>			<b>Asesor de tesis y responsable:</b> Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez																																																
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <th colspan="6">DETERMINACION LIMITE PLASTICO</th> </tr> <tr> <td>Tara</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo humedo+Tara</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco+Tara</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso de la tara</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso de agua</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Contenido de humedad %</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>						DETERMINACION LIMITE PLASTICO						Tara						Peso del suelo humedo+Tara						Peso del suelo seco+Tara						Peso de la tara						Peso del suelo seco						Peso de agua						Contenido de humedad %					
DETERMINACION LIMITE PLASTICO																																																					
Tara																																																					
Peso del suelo humedo+Tara																																																					
Peso del suelo seco+Tara																																																					
Peso de la tara																																																					
Peso del suelo seco																																																					
Peso de agua																																																					
Contenido de humedad %																																																					
<table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;"></td> <td style="width: 50%; text-align: right;">Limite Plastico=</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: right;">Limite liquido=</td> </tr> </table>							Limite Plastico=		Limite liquido=																																												
	Limite Plastico=																																																				
	Limite liquido=																																																				



### 3.4.1.5. Compactación de Suelos (Proctor Modificado)

Figura 17

Ficha de toma de datos para elaboración de Proctor Modificado

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"										
"FORMATO"										
"ENSAYO: COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA (PROCTOR MODIFICADO) (MTC E 115)"										
"(MTC E-115/ NTP 339.129)"										
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAIXIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"									
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huillca Bach. Hans Cristian Sanchez Viguria									
<b>Ubicación:</b>		<b>Calicata:</b>		<b>Fecha:</b>		<b>Asesor de tesis y responsable:</b>				
<b>Ubicación:</b>		<b>Profundidad:</b>				Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez				
<b>Descripcion:</b>	<b>Nro de molde:</b>			<b>Peso de ceniza:</b>						
<b>Nro de capas:</b>	<b>Metodo de compact.</b>			<b>Peso total:</b>						
<b>Nro de Golpes:</b>	<b>Peso de suelo suelto:</b>									
<b>ENSAYO N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
Peso de muestra humeda +Molde(g)										
Peso de molde (g)										
Peso de muestra humeda (g)										
Volumen de molde (cm3)										
Densidad humeda (g/cm3)										
Recipiente metalico N°	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
Peso de muestra humeda+Tara(g)										
Peso de muestra seca+ Tara(g)										
Peso del agua(g)										
Peso de la Tara(g)										
Peso de muestra seca (g)										
Contenido de humedad(%)										
Contenido de humedad promedio(%)										
Densidad seca (g/cm3)										
<b>RESULTADOS</b>	Densidad Maxima seca(DMS)					g/cm3				
	Contenido de Humedads Optimo(CHO)					%				



### 3.4.1.6. Determinación de Capacidad de Soporte CBR

Figura 18

Ficha de toma de datos de Determinación de capacidad de soporte de CBR

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"									
"FORMATO"									
"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"									
"(MTC E-132/ NTP 339.129)"									
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"								
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huillca Bach. Hans Cristian Sanchez Viguria								
<b>Ubicación:</b>		<b>Calicata:</b>		<b>Fecha:</b>		<b>Asesor de tesis y responsable:</b>			
<b>Ubicación:</b>		<b>Profundidad:</b>				Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez			
<b>Descripcion:</b>				<b>Peso de ceniza:</b>					
<b>Nro de capas:</b>				<b>Peso total:</b>					
<b>Peso de suelo suelto:</b>				<b>CHO Añadido:</b>					
<b>CALCULO DE LA DENSIDAD MAXIMA SECA</b>									
<b>DATOS</b>									
<b>Numero de Molde</b>									
<b>Numero de golpes</b>	12			26			56		
<b>Diametro (cm)</b>									
<b>Altura de Molde (cm)</b>									
<b>Altura de Disco Espaciador (cm)</b>									
<b>Vol. de Mu. Hum. Compactada(cm3)</b>									
<b>Peso Molde + Base (g)</b>									
<b>P.del Molde+B+Muestra con CHO (g)</b>									
<b>Peso Muestra Humeda (gr)</b>									
<b>Densidad Humeda (gr/cm3)</b>									
<b>Recipiente Metalico N°</b>	<b>T-01</b>	<b>T-02</b>	<b>T-03</b>	<b>T-04</b>	<b>T-05</b>	<b>T-06</b>	<b>T-07</b>	<b>T-08</b>	<b>T-09</b>
<b>Peso Muestra Humeda+Tara(g)</b>									
<b>Peso Muestra Seca + Tara (g)</b>									
<b>Peso del Agua (g)</b>									
<b>Peso R. Metalico (g)</b>									
<b>Peso Muestra Seca (gr)</b>									
<b>Cont. de Humedad (%) Final</b>									
<b>Cont. de Humedad promedio (%) F</b>									
<b>Densidad Seca (g/cm3)</b>									
<b>RESULTADO</b>	Densidad Maxima seca(DMS)				g/cm3				



**Figura 19**

*Ficha de toma de datos – Ensayo de Expansión con muestras de CBR*

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"														
"FORMATO"														
"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"														
"(MTC E-132/ NTP 339.129)"														
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"													
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Cristian Sanchez Viguria													
<b>Ubicación:</b>		<b>Calicata:</b>		<b>Fecha:</b>		<b>Asesor de tesis y responsable:</b>								
<b>Ubicación:</b>		<b>Profundidad:</b>						Dr. Ing. Víctor Chacon Sanchez						
ENSAYO DE EXPANSION														
<b>NUMERO DE GOLPES</b>		12				26				55				
<b>MOLDE No</b>		I				II				III				
<b>TIEMPO</b>			<b>DIAL (0.001")</b>	<b>DEFORMACION</b>		<b>EXPANSIÓN %</b>	<b>DIAL (0.001")</b>	<b>DEFORMACION</b>		<b>EXPANSIÓN %</b>	<b>DIAL (0.001")</b>	<b>DEFORMACION</b>		<b>EXPANSIÓN %</b>
<b>Fecha</b>	<b>Dias</b>	<b>Hora</b>		<b>Pulg</b>	<b>mm</b>			<b>Pulg</b>	<b>mm</b>			<b>Pulg</b>	<b>mm</b>	



**Figura 20**

Ficha de toma de datos – Ensayo de penetración con muestras de CBR.

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"														
"FORMATO"														
"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"														
"(MTC E-132/ NTP 339.129)"														
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"													
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Cristian Sanchez Viguria													
<b>Ubicación:</b>		<b>Calicata:</b>		<b>Fecha:</b>		<b>Asesor de tesis y responsable:</b>								
<b>Ubicación:</b>		<b>Profundidad:</b>						Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez						
ENSAYO DE PENETRACION (ETAPA DE APLICACIÓN DE PRESION)														
CARGA UNITARIA PATRON (lb/pulg2)	Piston (pulg2)	Penetracion (0.001")	12 GOLPES				26 GOLPES				55 GOLPES			
			I			II			III					
			DIAL (0.001")	FUERZA kN	ESFUERZO lb/pulg2	CBR %	DIAL (0.001")	FUERZA kN	ESFUERZO lb/pulg2	CBR %	DIAL (0.001")	FUERZA kN	ESFUERZO lb/pulg2	CBR %



**Figura 21**

*Ficha de toma de datos – Calculo de CBR para subrasante*

<i>"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"</i>																
<i>"FORMATO"</i>																
<b>"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"</b>																
<i>"(MTC E-132/ NTP 339.129)"</i>																
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAIXIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"															
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huillca Bach. Hans Cristian Sanchez Viguria															
<b>Ubicación:</b>		<b>Calicata:</b>		<b>Fecha:</b>		<b>Asesor de tesis y responsable:</b>										
<b>Ubicación:</b>		<b>Profundidad:</b>				Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez										
<b>ETAPA DE CORRECCIÓN DE LA PRESIÓN</b>																
<b>Nro de Golpes</b>	<b>12</b>		<b>26</b>		<b>55</b>											
<b>Identificación</b>	<b>Molde I</b>		<b>Molde II</b>		<b>Molde III</b>											
<b>Penetración (pulg)</b>	<b>0.1</b>	<b>0.2</b>	<b>0.1</b>	<b>0.2</b>	<b>0.1</b>	<b>0.2</b>										
<b>Presión (lb/pulg<sup>2</sup>)</b>																
<b>CBR(%)</b>																
<b>Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>)</b>																
<table border="1" style="margin-left: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 100px;">Densidad maxima seca(g/cm<sup>3</sup>)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>95% de la DMS(g/cm<sup>3</sup>)</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;"><b>0.1'''</b>    <b>0.2''</b></td> </tr> <tr> <td>CBR al 100% de la DMS</td> <td></td> </tr> <tr> <td>CBR al 95% de la DMS</td> <td></td> </tr> </table>							Densidad maxima seca(g/cm <sup>3</sup> )		95% de la DMS(g/cm <sup>3</sup> )			<b>0.1'''</b> <b>0.2''</b>	CBR al 100% de la DMS		CBR al 95% de la DMS	
Densidad maxima seca(g/cm <sup>3</sup> )																
95% de la DMS(g/cm <sup>3</sup> )																
	<b>0.1'''</b> <b>0.2''</b>															
CBR al 100% de la DMS																
CBR al 95% de la DMS																



### 3.4.2. Instrumentos de ingeniería

En la presente investigación se usó instrumentos de Ingeniería de Laboratorio de Suelos, los cuales son fundamentales para poder procesar los datos de cada ensayo, tales instrumentos se detallan en las siguientes tablas:






#### 3.4.2.1. Determinación del contenido de humedad de un suelo

PRUEBA O ENSAYO	INSTRUMENTO	ESPECIFICACIONES	IMAGEN REPRESENTATIVA
Contenido de humedad (MTC E 108)	Horno de secado	Horno de secado termostáticamente controlado, capaz de mantener una temperatura de $110 \pm 5$ °C.	
	Balanzas	Con capacidades convenientes con una precisión de 0.01 g para muestras de menos de 200 g y de 0.1 g para muestras de más de 200 g.	
	Recipientes	Resistente a la corrosión, y al cambio de peso cuando es sometido a enfriamiento o calentamiento continuo, exposición a materiales de pH variable, y a limpieza.	





### 3.4.2.2. Análisis granulométrico de suelos por tamizado

PRUEBA O ENSAYO	INSTRUMENTO	ESPECIFICACIONES	IMAGEN REPRESENTATIVA
Análisis granulométrico (MTC E 107)	Dos balanza	Una con sensibilidad de 0,01 g para pesar material que pase el tamiz N° 4 y otra con sensibilidad de 0,1% del peso de la muestra, para pesar los materiales retenidos en el tamiz N° 4.	
	Horno eléctrico	Capaz de mantener temperaturas uniformes y constantes de hasta $110 \pm 5$ °C.	
	Tamices	Juego de tamices de la malla 3", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 3/8", N°4, N°10, N°20, N°40, N°60, N°140 y N°200	
	Recipientes	Los recipientes deben de ser adecuados para el manejo y secado de las muestras	
	Cepillo y brocha	Para el adecuado limpiado de las mallas de los tamices.	










### 3.4.2.3. Determinación del límite líquido de los suelos

PRUEBA O ENSAYO	INSTRUMENTO	ESPECIFICACIONES	IMAGEN REPRESENTATIVA
Límite líquido (MTC E 110)	Recipiente para almacenaje	Una vasija de porcelana de 115 mm (4 ½") de diámetro aproximadamente	
	Copa de casa grande con su acanalador	Instrumento calibrado para la determinación del número de golpes a revolución constante	
	Balanzas	Una balanza con sensibilidad de 0,01 g	
	Horno eléctrico	Horno de secado termostáticamente controlado, capaz de mantener una temperatura de $110 \pm 5$ °C.	
	Espátula	De hoja flexible de unos 75 a 100 mm (3"-4") de longitud y 20 mm (¾") de ancho aproximadamente.	
	Probeta gradada	Probeta gradada en mililitros para poder agregar agua en cantidades graduadas	
	Recipientes	La masa de estos recipientes no debe de cambiar con calentamientos o enfriamientos. Deben tener tapas que cierren bien, para evitar las pérdidas de humedad de las muestras.	









### 3.4.2.4. Determinación del límite plástico de los suelos e índice de plasticidad

PRUEBA O ENSAYO	INSTRUMENTO	ESPECIFICACIONES	IMAGEN REPRESENTATIVA
Límite plástico e índice de plasticidad (MTC E 111)	Espátula	De hoja flexible de unos 75 a 100 mm (3"-4") de longitud y 20 mm (¾") de ancho aproximadamente.	
	Recipiente para almacenaje	Una vasija de porcelana de 115 mm (4 ½") de diámetro aproximadamente	
	Balanzas	Una balanza con sensibilidad de 0,01 g	
	Horno eléctrico	Horno de secado termostáticamente controlado, capaz de mantener una temperatura de $110 \pm 5$ °C.	
	Tamiz N°40	Tamiz, de 426 $\mu$ m (N° 40).	
	Lamina de vidrio	Lamina de vidrio esmerilada para poder realizar los rollos de arcilla para el límite plástico.	
	Recipiente para almacenaje	recipientes adecuados para determinación de humedades.	



### 3.4.2.5. Compactación de Suelos (Proctor Modificado)

PRUEBA O ENSAYO	INSTRUMENTO	ESPECIFICACIONES	IMAGEN REPRESENTATIVA
Proctor modificado (MTC E 115)	Moldes cilíndricos	Los moldes deben de ser cilíndricos hechos de materiales rígidos, Las paredes del molde deberán ser sólidas, partidas o ahusadas	
	Pisón o Martillo	Un pisón operado manualmente, debe caer libremente a una distancia de $457,2 \pm 1,6$ mm ( $18 \pm 0,05$ pulg) de la superficie de espécimen con una masa de $4,54 \pm 0,01$ kg ( $10 \pm 0,02$ lb-m)	
	Balanza	Una balanza con sensibilidad de 0,01 g	
	Horno de Secado	Un horno termostáticamente controlado, capaz de mantener una temperatura uniforme de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ en toda la cámara de secado.	
	Regla	Una regla recta metálica, rígida de una longitud conveniente pero no menor que 254 mm (10 pulgadas). La longitud total de la regla recta debe ajustarse directamente a una tolerancia de $\pm 0,1$ mm ( $\pm 0,005$ pulg).	
	Tamices o Mallas	Los tamices a usar serán de 19,0 mm ( $\frac{3}{4}$ pulg), 9,5 mm ( $\frac{3}{8}$ pulg) y 4,75mm (N° 4)	



### 3.4.2.6. Determinación de Capacidad de Soporte CBR

PRUEBA O ENSAYO	INSTRUMENTO	ESPECIFICACIONES	IMAGEN REPRESENTATIVA
CBR (MTC E 132)	Molde de metal	Molde, de metal, cilíndrico, de $152,4\text{mm} \pm 0,66\text{ mm}$ ( $6 \pm 0,026''$ ) de diámetro interior y de $177,8 \pm 0,46\text{ mm}$ ( $7 \pm 0,018''$ ) de altura, provisto de un collar de metal suplementario de $50,8\text{ mm}$ ( $2,0''$ ) de altura	
	Disco espaciador	Debe de ser de metal, de forma circular, para insertarlo como falso fondo en el molde cilíndrico durante la compactación.	
	Pesas	Pesas anulares de una masa de $4,54 \pm 0,02\text{kg}$ y ranuradas de $2,27 \pm 0,02\text{ kg}$ .	
	Pistón de penetración	Pistón metálico de sección circular de $49,63 \pm 0,13\text{ mm}$ de diámetro y con un área de $3\text{ pulg}^2$	
	Horno eléctrico	Un horno termostáticamente controlado, capaz de mantener una temperatura uniforme de $110 \pm 5^\circ\text{C}$ en toda la cámara de secado.	
	Balanzas	Una de $20\text{ kg}$ de capacidad y otra de $1000\text{ g}$ con sensibilidades de $1\text{ g}$ y $0,1\text{ g}$ , respectivamente.	
	Tamices	Los tamices a usar serán de $4,76\text{ mm}$ (No. 4), $19,05\text{ mm}$ ( $3/4''$ ) y $50,80\text{ mm}$ ( $2''$ ).	



### 3.5. Procedimientos de recolección y análisis de datos

#### 3.5.1. Procedimiento realizado para la recolección de datos

##### 3.5.1.1. Ensayo contenido de humedad

###### a) Equipos

- Balanza con sensibilidad de 0.01 g.
- Taras.
- Horno o estufa de secado con capacidad de mantener una temperatura uniforme de  $110 \pm 5$  °C.
- Instrumentos de manipulación, guantes, cucharas, cucharón metálico y espátula.

###### b) Procedimiento

- Pesamos una cápsula de aluminio, y la identificamos con un número y una letra y la registramos en la ficha de toma de datos.
- Colocamos una muestra representativa de suelo húmedo en la cápsula, se procedió a pesar y anotamos el peso del recipiente más el del suelo húmedo.
- Después de pesar la muestra húmeda más el recipiente, colocamos la muestra en el horno a una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  por 24 horas.
- Luego que paso el tiempo requerido y la muestra esta seca se procedió al pesaje con una balanza de precisión de 0.01g, se registró los datos obtenidos en la ficha de datos.

### Figura 22

*Toma de muestra para ensayo de contenido de humedad*



Nota: Para realizar el ensayo se tomó la muestra de la parte central del bloque arcilloso, para tener resultados más certeros.



### Figura 23

*Ensayo de determinación del contenido de humedad*



Nota: En la imagen se puede observar las muestras en sus cápsulas para determinar su contenido de humedad, antes de ser secadas al horno y proceder a realizar los cálculos.

#### 3.5.1.2. Análisis granulométrico de suelos por tamizado

##### a) Equipos:

- Balanza con sensibilidad de 0.01 g.
- Horno o estufa de secado con capacidad de mantener una temperatura uniforme de  $110 \pm 5$  °C.
- Tamices: 75 mm (3"), 50.0 mm (2"), 37.5 mm (1 ½"), 25.0 mm (1"), 19.00 mm (¾"), 9.5 mm (3/8"), 4.75 mm (N°4), 2.00 mm (N°10), 0.850mm (N°20), 0.425 mm (N°40), 0.250 mm (N°60), 0.106 mm (N°140), 0.075 (N°200).
- Tamizador vibratorio.
- Agua.
- Envases y fuentes para el material.
- Cepillo y brocha para la limpieza de los tamices

##### b) Procedimiento:

- Se realizó el método del cuarteado, para obtener la muestra representativa del material a ensayar, para luego pesarlas.





- Se secó el material a una temperatura de  $60^{\circ}\text{C}$ , con esto obtuvimos un secado al aire, para posteriormente lavarlo.
- Lavamos el material a ensayar con agua a través de la malla N° 200 con el fin de retirar las partículas finas que se encuentren impregnadas a las partículas más grandes y conservar el material que quede en la malla N°200, para luego ser secado en el horno.
- Colocamos el material resultante del lavado al horno por un periodo de 24 horas. Luego se volvió a pesar para conocer la cantidad de material perdido durante el lavado.
- El material seco se hizo pasar por los tamices (3", 2", 1", 3/4", 3/8", 1/4", N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100, N° 200, fondo), teniendo un orden de abertura descendente. Una vez colocado se procedió a encender la tamizadora mecánica para obtener el material retenido en cada malla. Debe comprobarse al desmontar los tamices que ya no caiga más material de ellas.
- Se registra el peso retenido en cada tamiz utilizando la balanza de precisión. Cabe resaltar que la sumatoria de los pesos retenidos y el peso inicial no debe variar en más de 1%.
- Finalmente se procede a graficar los datos en la curva granulométrica.

#### Figura 24

*Cuarteo de muestra para realizar el tamizado*



Nota: Para realizar el ensayo se homogeneizó las muestras con el fin de tener resultados más ciertos usando el método del cuarteo.





**Figura 25**

*Pulverización de la muestra antes del lavado*



Nota: Antes de poder realizar el tamizado se pulverizó la muestra para tener una granulometría lo más real posible.

**Figura 26**

*Lavado del material por el tamiz N°200*



Nota: Se lava el material por la malla N°200 para poder quitar las partículas más finas de las partículas más grandes y así saber de manera precisa cuanto material fino tenemos en nuestro suelo.



**Figura 27**

*Materiales para el ensayo de granulometría por tamizado*



Nota: Los equipos utilizados en esta prueba son necesarios para determinar la gradación del suelo e identificar su clasificación, con el fin de saber qué tipo de suelos se va a estudiar.

**Figura 28**

*Tamices usados para el ensayo de granulometría*



Nota: En la imagen se muestran todos los tamices usados para realizar el ensayo de granulometría, antes de usar los tamices se deben asegurar bien, para evitar pérdida de material.



## Figura 29

*Gradación de las partículas del análisis por tamizado*



Nota: En la imagen se observa los resultados obtenidos después del tamizado, el cual está separado por las muestras retenidas en cada tamiz, al final se muestra el material que pasa por el tamiz N°200, no es gran cantidad debido a que se lavó con anterioridad.

### 3.5.1.3. Determinación del Límite Líquido

#### a) Equipos

- Aparato “Cuchara de Casa Grande”.
- Recipientes para almacenaje.
- Ranurador o Acanalador de plástico.
- Calibrador.
- Recipientes Metálicos.
- Pipeta.
- Tamiz N°40.
- Horno o estufa de secado con capacidad de mantener una temperatura uniforme de  $110 \pm 5$  °C.
- Espátula de hoja flexible y mortero.
- Balanza con sensibilidad de 0.01 g.

#### b) Procedimiento

- **Se calibró** la cuchara de Casa Grande, haciendo que tenga una caída de 1 cm.
- Para preparar la muestra, se obtiene una porción representativa de 150 g a 250 g de material que pase por la malla N° 40.



- La muestra representativa se mezcla con agua en un recipiente de porcelana con ayuda de la espátula hasta tener una consistencia pegajosa y homogénea.
- Se colocó el material mezclado en la cuchara de Casa Grande, aproximadamente de 1 cm de espesor y dándole un acabado nivelado con superficie regular, es importante tratar de pasar la menor cantidad de veces con la espátula.
- Con el acanalador hacemos una línea por el medio de la cuchara, esta línea debe ser limpia, separando el material de la cuchara en dos partes.
- Girando la manija del aparato de Casa Grande, a una velocidad constante, la cuchara se elevará 1 cm y caerá golpeándola, este género que el material separado por el acanalador se junte, siendo el número de golpes necesario para juntar el material el dato que se procedió a registrar.
- Se tomó una porción de muestra, perpendicular a la ranura, de aproximadamente una pulgada de ancho y se colocó en un recipiente metálico, el cual pesamos y registramos para determinar el contenido de humedad.
- El proceso se repitió con el material restante, hasta tener los datos necesarios para cumplir los intervalos de golpes que requiere la ficha de toma de datos, se puede agregar o quitar humedad del material según sea conveniente.
- Se registró los números de golpes y se extrajo la muestra representativa de cada ensayo, las cuales se procedieron a pesar y secar en el horno a  $110 \pm 5$  °C durante 24 horas, para poder determinar el contenido de humedad.

### Figura 30

*Material tamizado por la malla N°40 para el ensayo de Límite líquido*



Nota: En la imagen se ve el suelo arcilloso tamizado por la malla N°40 para realizar el ensayo de Límite líquido, se utilizó 200 g de material. Tanto la arcilla como la ceniza fueron tamizados por el tamiz N°40.



### Figura 31

*Muestras y equipos para el ensayo de Límite líquido*



Nota: En la imagen se muestra los instrumentos utilizados para realizar el ensayo de Límite líquido.

### Figura 32

*Muestra de suelo arcilloso y ceniza de fondo*



Nota: En la imagen se muestra el suelo arcilloso y la ceniza antes de ser combinados, se añadieron los porcentajes de ceniza de fondo de 5%, 10%, 15% y 20% del peso de la muestra de suelo arcilloso.



### Figura 33

*Realización del ensayo de Límite líquido*



Nota: En la imagen se ve el proceso de la determinación del límite líquido mediante la cuchara de Casagrande.

#### 3.5.1.4. Determinación del Límite Plástico e Índice de Plasticidad

##### a) Equipos

- Vasija de porcelana para almacenado.
- Vidrio esmerilado.
- Balanza con sensibilidad de 0.01 g.
- Recipientes Metálicos.
- Espátula y mortero.
- Tamiz N° 40
- Horno o estufa de secado con capacidad de mantener una temperatura uniforme de  $110 \pm 5$  °C.

##### b) Procedimiento

- Con la muestra del ensayo de límite líquido, se procedió a tomar muestras de 1.5 g a 2.0 g.
- Las muestras se deslizaron en el vidrio esmerilado, usando las yemas de los dedos se dan forma de cilindros de aproximadamente 3.2 mm y cuidando que sean regulares y uniformes de inicio a fin.
- Se repitió el proceso hasta tener el peso adecuado en los recipientes; y lo mismo se hizo con el material restante para tener varias muestras agregando agua si es necesario.





- Se pesaron los recipientes y se registraron tales datos, luego se procedió a secar las muestras durante 24 horas en el horno de  $110 \pm 5$  °C.
- Pasadas las 24 horas se tomó registro del peso seco y se procedió a determinar el contenido de humedad.

### Figura 34

*Realización del ensayo de Límite plástico*



Nota: En la imagen se observa los materiales necesarios para realizar la determinación del límite plástico, para este ensayo hay que tener mucho cuidado con las muestras ya que al ser tubulares llegan a romperse.

### Figura 35

*Equipos y muestras para el ensayo de Límite plástico*



Nota: En la imagen se muestra el procedimiento para la determinación del límite plástico, la elaboración de las muestras tubulares usando los equipos necesarios para este.



### Figura 36

*Etiquetado y llevado al horno de las muestras para Limite líquido y plástico*



Nota: las muestras se etiquetaron y fueron llevadas al horno durante 24 horas para poder secarlas, es importante tomar los pesos con exactitud debido a que una variación pequeña puede alterar los resultados obtenidos.

#### 3.5.1.5. Compactación de suelos (Proctor modificado)

##### a) Equipos

- Moldes cilíndricos de 6"
- Pisón o Martillo
- Balanza con aproximación de 0.01g.
- Bandeja o recipiente metálico
- Horno o estufa de secado con capacidad de mantener una temperatura uniforme de  $110 \pm 5$  °C
- Extractor de muestras
- Cucharón, badilejo, espátula
- Enrasador de regla
- Tamices o Mallas de 3/4", 3/8" y N°4.

##### b) Procedimiento

- Primero se determinó el método a usar dependiendo de las características de nuestro suelo, para lo cual secamos nuestro material en el horno, y lo tamizamos por los tamices





3/4", 3/8" y N°04. Luego se determinaron los porcentajes retenidos y se usó el método a partir de cuanto material se retuvo en cada tamiz.

- Seleccionamos el molde de compactación apropiado de acuerdo al Método (A, B o C) a ser usado según lo indicado en la tabla 35. Para nuestro suelo se utilizó el método "A" debido a que menos del 20% de nuestro material quedó retenido en el tamiz N°04

**Tabla 3**

*Métodos de Proctor Modificado según el tamizado*

Método	% Acumulado retenido en el tamiz N° 04	% Acumulado retenido en el tamiz 3/8"	% Acumulado retenido en el tamiz 3/4"	Material a usar
A	≤ 20%			Pasa N° 04
B	> 20%	≤ 20%		Pasa 3/8"
C	-	> 20%	≤ 30%	Pasa 3/4"

- Para el ensayo se prepararon 4 moldes de Proctor de 4" y en algunos casos se hicieron hasta 5 moldes.
- Se procedió a secar el suelo y pesarlo, aproximadamente 2.3 kg de suelo en cada espécimen que se compactó, así también se tomaron los pesos de los moldes que se usaron en el ensayo.
- Se pesaron los porcentajes de ceniza de acuerdo al peso utilizado de suelo en cada molde, como se indica en la siguiente tabla: (ver tabla 36).

**Tabla 4**

*Pesos de los porcentajes de ceniza para el ensayo de Proctor modificado*

Ensayo	Peso suelo Natural seco (g)	Peso de ceniza (g)	Peso total de muestra (g)
Proctor Modificado Suelo natural	2300.00	0.00	2300.00
Proctor Modificado Suelo + 5% Ceniza	2300.00	115.00	2415.00
Proctor Modificado Suelo + 10% Ceniza	2300.00	230.00	2530.00
Proctor Modificado Suelo + 15% Ceniza	2300.00	345.00	2645.00
Proctor Modificado Suelo + 20% Ceniza	2300.00	460.00	2760.00



- Al tener los pesos del suelo seco y de la ceniza de fondo, se comenzó a agregar agua en diferentes porcentajes (se varió desde los 2% hasta los 14% de agua) para poder realizar la curva de densidad y contenido de humedad, luego se procedió a mezclar la muestra en una bandeja metálica hasta homogeneizarla.
- Luego de haber mezclado la muestra, se procedió a separar en 5 partes iguales, haciendo uso de la espátula, se dividen en 5 partes debido a que para el ensayo se requiere dar 25 golpes en cada una de las 5 capas que conforman el volumen de todo el molde.

Para la compactación:

- Se agregaron las muestras separadas anteriormente al molde y se procedió a compactar con el pistón, para el molde que usamos se dieron 25 golpes por capa, hasta tener las 5 capas. Es recomendable dar los golpes de manera circular y una que otra vez dar golpes al centro para que la compactación sea lo más uniforme posible.
- Al completar las 5 capas se procedió a quitar el collarín del molde y se enraso el material con una regla metálica hasta tener una superficie plana tanto en la parte superior como en la inferior, si queda algún hueco, es recomendable rellenarlo, siempre procurando dejar la superficie lo más plana posible.
- Luego de esto se procedió a pesar el molde con la muestra, luego, se extrajo la muestra del molde y se separó a la mitad para poder sacar muestras representativas tanto de la parte superior como de la inferior y se las llevó al horno durante 24 horas para poder determinar su contenido de humedad (de acuerdo al Método ensayo NTP 339.127).
- Este proceso se repitió para los 4 puntos que se requieren para poder realizar la curva de compactación.



### Figura 37

*Preparación de muestra para ensayo de Proctor Modificado*



Nota: En este ensayo se pulverizó la muestra para determinar el tipo de método a utilizar, de acuerdo a los porcentajes retenidos en los tamices 3/4", 3/8" y N°04; para nuestro suelo se utilizó el método "A".

### Figura 38

*Materiales utilizados para realizar el ensayo Proctor Modificado*



Nota: En la imagen se puede ver todos los instrumentos necesarios para realizar el ensayo de Proctor modificado.



### Figura 39

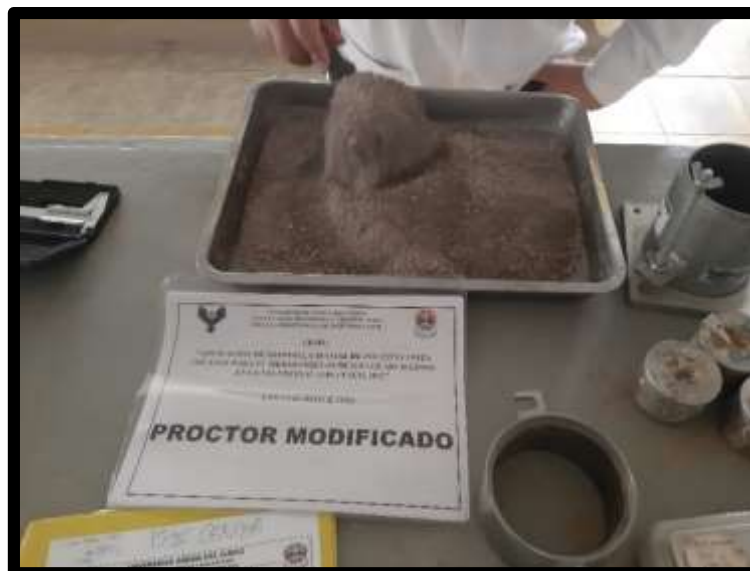
*Muestra de suelo seco más ceniza de fondo para ensayo de Proctor Modificado*



Nota: Para realizar el ensayo de Proctor Modificado, se puso en bandejas la cantidad de suelo y ceniza aproximado para realizar el ensayo, y luego se procedió a mezclar hasta que queden lo más homogénea posible.

### Figura 40

*Mezclado de muestra y ceniza de fondo para el ensayo de Proctor Modificado*



Nota: Como se puede ver en la imagen antes de incorporarle el agua, se mezcló previamente hasta homogeneizar el suelo arcilloso y la ceniza de fondo, luego se le echó agua y se volvió a homogeneizar la muestra con el agua.



### Figura 41

*Compactación del suelo usando el pisón*



Nota; En la imagen se muestra la compactación del suelo utilizando un pisón, este proceso se realizó tanto para el suelo natural como para el adicionado con diferentes porcentajes de ceniza.

### Figura 42

*Enrasado y peso de la muestra de Proctor modificado más molde*



Nota: Al culminar con el compactado de la muestra se procedió a quitar el collarín y enrasar la muestra, luego se pesó la muestra compactada con el molde para realizar el análisis de los datos.



**Figura 43**

*Extracción de muestra del molde*



Nota: En la imagen se ve el proceso de extracción de la muestra con equipo mecánico, con este se obtuvieron todas las muestras para su posterior obtención del contenido de humedad.

**Figura 44**

*Extracción de muestra representativa para la obtención del contenido de humedad*



Nota: Como se ve en la imagen se obtuvo una muestra representativa de la parte central del molde de la muestra tanto de la parte superior como de la inferior, para poder determinar la humedad que tenía al ser compactada.



### 3.5.1.6. Determinación de Capacidad de Soporte CBR

#### a) Equipos

- Pisón de compactación.
- Molde de metal de 6" con collarín.
- Tamices N° 4,  $\frac{3}{4}$ " y 2".
- Balanza con aproximación de 0.01 g.
- Cucharón y enrasador.
- Disco espaciador de metal, con forma circular.
- Aparato medidor de expansión (Deformímetro).
- Pesas cerradas para CBR de 2.71 kg.
- Placa de expansión en bronce.
- Pesas ranuradas de metal (Pesas abiertas) cada una con peso de 2.293 kg.
- Trípode de expansión para CBR y diales con recorrido mínimo de 25 mm (1") y divisiones lecturas en 0.025 mm (0.001").
- Aparato para aplicar la carga: Prensa hidráulica con anillo de carga.  $V = 0.05$  pulg/min.
- Pozo de agua.
- Papel filtro u hojas de papel.
- Recubrimiento de cables eléctricos
- Pegamento de secado instantáneo

#### b) Procedimiento

Elaboración de geomalla biaxial de cables eléctricos

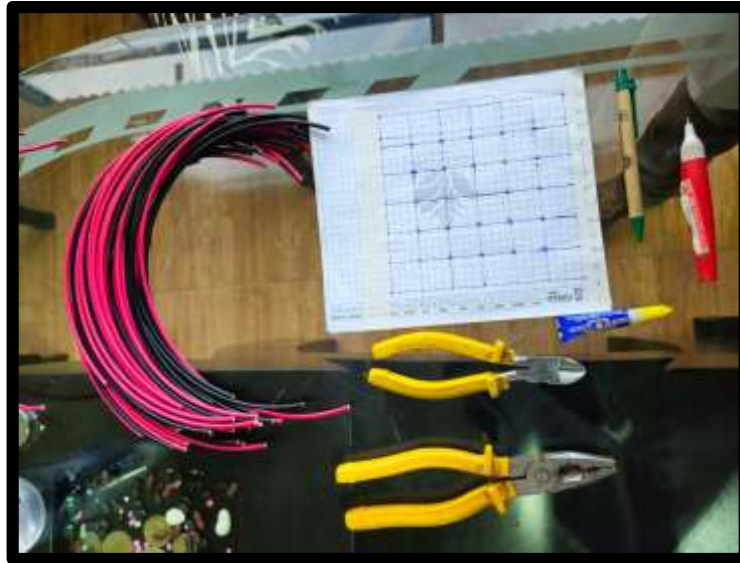
- Se retiraron los hilos conductores de cobre a los cables.
- Se recortaron tiras de cables de 15 cm de longitud para su posterior ensamble.
- Se pegaron tiras de cables para formar celdas de 2.5 cm de manera ortogonal, donde se garantizó la unión de estas, con pegamento de secado instantáneo.
- Para su posterior colocación en los moldes de 6" para el ensayo de CBR, se recortaron las mallas a la forma de estos moldes.
- Además, se demostró cualitativamente que la malla presenta una buena adherencia en las intersecciones, mediante un alargamiento manual de la misma, manteniendo la forma de sus celdas.





### Figura 45

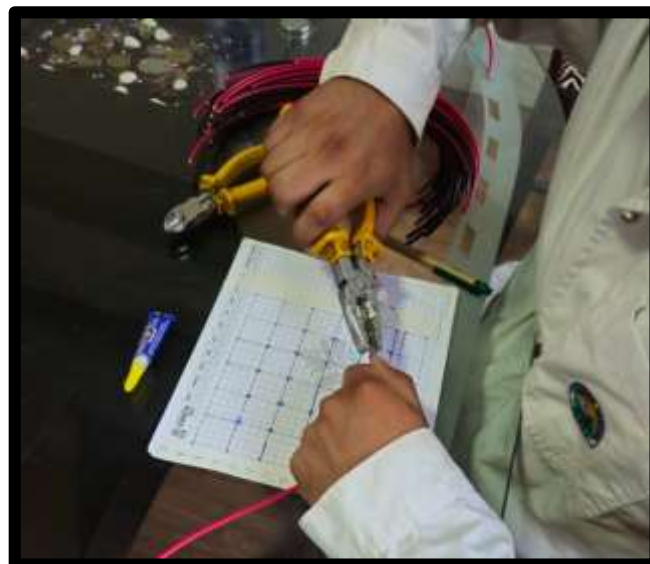
*Instrumentos usados para la fabricación de la geomalla biaxial de cables eléctricos*



Nota: Como se ve en la imagen se puede apreciar algunos materiales e instrumentos (cables, alicata, pegamento, guía de malla) importantes para la fabricación de la geomalla biaxial.

### Figura 46

*Extracción de hilos conductores de cables eléctricos*



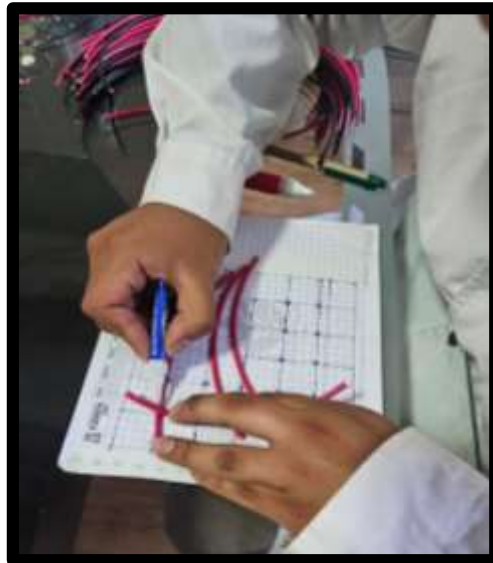
Nota: Se extrajeron los hilos conductores de todos los cables, sin dañar el recubrimiento de los mismos.





**Figura 47**

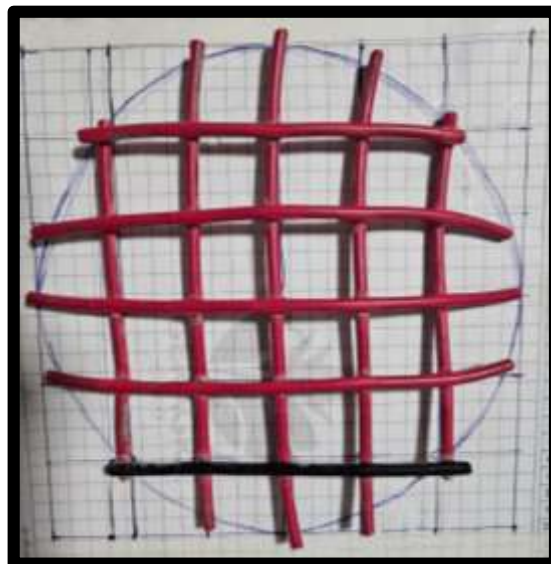
*Recorte y pegado de tiras de recubrimientos de cables eléctricos.*



Nota: Se recortaron los recubrimientos de cables, en tiras de 15 cm, los cuales se pegaron formando celdas de 2.5 cm.

**Figura 48**

*Forma geométrica de la geomalla biaxial*



Nota: Se recortaron los bordes de las geomallas en forma de los moldes de 6'' para el ensayo de CBR.



## Ensayo CBR

- Se debe tener el contenido de humedad óptimo del ensayo de Proctor modificado. Para el tipo de suelo que ensayamos, cambio dependiendo del porcentaje de ceniza de fondo que usamos. Así mismo, analizamos el contenido de humedad natural y el ajuste de humedad para cada ensayo de CBR.
- Se usó 6.5 kg de suelo para cada ensayo de CBR, más el 5%, 10%, 15% y 20% de porcentaje de ceniza de fondo de horno ladrillero, incluyendo la geomalla biaxial de cables eléctricos a 2 cm de profundidad, en cada caso de dosificación respectiva.
- Se procedió a pesar los moldes y prepararlos para el ensayo, colocando el collarín, disco espaciador y el papel filtro en los tres moldes de CBR.
- Se prepararon las muestras en una bandeja metálica, mezclando el suelo con la ceniza de fondo, según la dosificación que se va a usar, y agregando agua para alcanzar el contenido de humedad óptimo.
- La muestra mezclada y homogeneizada en la bandeja se dividió en 5 porciones iguales, que sirvieron para llenar las 5 capas del molde. Este proceso se repitió 3 veces con una muestra de 6.5 kg hasta completar los 3 ensayos de CBR (12, 25 y 56 golpes) por cada dosificación de suelo natural, y ceniza de fondo. Respecto a la inclusión de la malla de cables eléctricos, se colocaron junto con la primera capa de la muestra utilizada.
- Cuando las muestras fueron compactadas con un determinado número de golpes, se procedió a separar el collarín y enrasar con una regla metálica, se giró el molde de modo que la parte superior quede abajo, y asegurándolo a la base, se retiró el disco espaciador, donde luego entraron las sobrecargas (pesas).
- Se registró el peso de la muestra compacta con la base y molde.
- Se colocó papel filtro en la parte superior de la muestra, luego se colocó la placa perforada con vástago ajustable y sobre ella las pesas de sobrecarga.
- Se procedió a hacer la lectura con el trípode (Deformímetro) y el dial, marcando los puntos en los cuales se apoyó el trípode.
- Las muestras se sumergieron en agua, saturándolas durante 4 días, a lo largo de este tiempo se tomaron las variaciones de volumen que tuvo la muestra usando el trípode y el dial, teniendo en cuenta que las patas del trípode estén puestas en los puntos marcados.



- Después de 4 días se sacaron las muestras del pozo de inmersión, y se dejaron drenar durante 15 minutos, se retiró el vástago y la placa, quedando las pesas puestas en la muestra.
- Se procedió a hacer el ensayo de penetración en el equipo de CBR, verificando que el controlador de presión (carga) y el de deformación empiecen a mostrar lecturas.
- La velocidad de penetración fue de 0.05 pulgadas por minuto, y se registraron los datos de presión a 0.00, 0.025, 0.050, 0.075, 0.100, 0.125, 0.150, 0.200, 0.250, 0.300, 0.400 y 0.500 pulgadas de penetración.
- Finalmente se retiró la muestra del equipo de CBR y se quitaron las sobrecargas de la muestra (pesas), para tomar una muestra del suelo ensayado y determinar la humedad final.

### Figura 49

*Instrumentos y equipo usados para realizar el ensayo de CBR*



Nota: Como se ve en la imagen se puede apreciar algunos materiales e instrumentos (Molde, sobrecargas, deformímetro, probeta) importantes para realizar el ensayo de CBR.



### Figura 50

*Mezclado de muestra con ceniza de fondo en diferentes dosificaciones*



Nota: Como se ve en la imagen según sea el caso se mezcló muestras de suelo con ceniza de fondo hasta homogeneizar, para posteriormente añadir agua según el contenido de humedad óptimo.

### Figura 51

*Colocación de la geomalla biaxial de cables eléctricos*



Nota: En la imagen se muestra la colocación de la geomalla biaxial de cables eléctricos en la primera capa de muestra del molde, a 2 cm de espesor de la base de esta misma.



### Figura 52

*Compactación de muestra de suelo utilizando el pistón manual*



Nota: En la imagen se muestra la compactación en 5 capas de suelo, proceso que se realizó repetidamente para las diferentes dosificaciones y en cada caso se compactó a 12, 26 y 55 golpes de energía.

### Figura 53

*Colocación del vástago y las pesas de sobrecarga en el molde*



Nota: Como se aprecia en la imagen, sobre la muestra compactada se colocó la placa y vástago con sus respectivas cargas (anular y ranurada) normalizadas, posteriormente se tomó una lectura inicial con el deformímetro



### Figura 54

*Inmersión de moldes en el pozo*



Nota: Se puede ver que los moldes han sido completamente sumergidos en el pozo, estos se dejaron durante 4 días (96 horas) como indica el manual.

### Figura 55

*Toma de lecturas de expansión mediante el deformímetro*



Nota: En la presente imagen se muestra el control de la expansión mediante la lectura del dial del deformímetro, el cual se realizó a cada muestra compactada diariamente durante 4 días.





**Figura 56**

*Ensayo de penetración mediante el equipo de CBR de las muestras saturadas*



Nota: Tras dejar drenar el agua de los moldes, se llevan al equipo de CBR, los moldes se ajustan al mismo de tal manera que el pistón y el punzón encajen correctamente con la pesa anular y ranurada del molde.

**Figura 57**

*Etapa de aplicación de presión sobre la muestra*



Nota: Una vez verificado en la pantalla del controlador de carga y deformación que el equipo esté funcionando, se acciona el equipo para que aplique presión sobre la muestra durante 10 minutos.



**Figura 58**

*Extracción de pequeñas muestras para la obtención de contenido de humedad*



Nota: Finalmente se sacaron muestras representativas de cada molde con suelo ensayado, las que se almacenan en taras etiquetadas y se dejaron secar por 24 horas en el horno.





### 3.5.2. Toma de datos

#### 3.5.2.1. Ensayo contenido de humedad

#### Figura 59

*Toma de datos de Determinación de contenido de humedad (Calicata N°1)*

<i>"LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS"</i>																																						
"FORMATO"																																						
<b>"ENSAYO: DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO (MTC E 108)"</b>																																						
"(MTC E-108 / ASTM D-2216: Standard Test Method of Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock. )"																																						
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAIXIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"																																					
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Cristian Sanchez Víguria																																					
<b>Ubicación:</b>	Vía Vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 01	<b>Fecha:</b>	09/11/2022	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>																																
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822413; NORTE-8507854	<b>Profundidad:</b>	1.50 m			Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez																																
<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th colspan="4" style="text-align: center;">DETERMINACION CONTENIDO DE HUMEDAD W%</th> </tr> <tr> <th style="width: 50%;">Tara</th> <th style="width: 16.6%;">T-01</th> <th style="width: 16.6%;">T-02</th> <th style="width: 16.6%;">T-03</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso del suelo humedo + Tara</td> <td>110.70</td> <td>97.30</td> <td>78.00</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco + Tara</td> <td>102.80</td> <td>91.30</td> <td>75.10</td> </tr> <tr> <td>Peso de la tara</td> <td>49.60</td> <td>47.10</td> <td>49.00</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso de agua</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Contenido de humedad %</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>							DETERMINACION CONTENIDO DE HUMEDAD W%				Tara	T-01	T-02	T-03	Peso del suelo humedo + Tara	110.70	97.30	78.00	Peso del suelo seco + Tara	102.80	91.30	75.10	Peso de la tara	49.60	47.10	49.00	Peso del suelo seco				Peso de agua				Contenido de humedad %			
DETERMINACION CONTENIDO DE HUMEDAD W%																																						
Tara	T-01	T-02	T-03																																			
Peso del suelo humedo + Tara	110.70	97.30	78.00																																			
Peso del suelo seco + Tara	102.80	91.30	75.10																																			
Peso de la tara	49.60	47.10	49.00																																			
Peso del suelo seco																																						
Peso de agua																																						
Contenido de humedad %																																						
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">           Contenido de humedad =         </div>																																						



**Figura 60**

*Toma de datos de Determinación de contenido de humedad (Calicata N°2)*

<i>"LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS"</i>																																						
"FORMATO"																																						
<b>"ENSAYO: DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO (MTC E 108)"</b>																																						
"(MTC E-108 / ASTM D-2216: Standard Test Method of Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock. )"																																						
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"																																					
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Cristian Sanchez Viguria																																					
<b>Ubicación:</b>	Vía Vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	09/11/2022	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>																																
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m			Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez																																
<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th colspan="4" style="text-align: center;"><b>DETERMINACION CONTENIDO DE HUMEDAD W%</b></th> </tr> <tr> <th style="width: 50%;">Tara</th> <th style="width: 16.6%;">T-01</th> <th style="width: 16.6%;">T-02</th> <th style="width: 16.6%;">T-03</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso del suelo humedo + Tara</td> <td style="text-align: center;">99.20</td> <td style="text-align: center;">100.70</td> <td style="text-align: center;">110.80</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco + Tara</td> <td style="text-align: center;">92.80</td> <td style="text-align: center;">93.20</td> <td style="text-align: center;">102.60</td> </tr> <tr> <td>Peso de la tara</td> <td style="text-align: center;">49.10</td> <td style="text-align: center;">49.00</td> <td style="text-align: center;">49.80</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso de agua</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Contenido de humedad %</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>							<b>DETERMINACION CONTENIDO DE HUMEDAD W%</b>				Tara	T-01	T-02	T-03	Peso del suelo humedo + Tara	99.20	100.70	110.80	Peso del suelo seco + Tara	92.80	93.20	102.60	Peso de la tara	49.10	49.00	49.80	Peso del suelo seco				Peso de agua				Contenido de humedad %			
<b>DETERMINACION CONTENIDO DE HUMEDAD W%</b>																																						
Tara	T-01	T-02	T-03																																			
Peso del suelo humedo + Tara	99.20	100.70	110.80																																			
Peso del suelo seco + Tara	92.80	93.20	102.60																																			
Peso de la tara	49.10	49.00	49.80																																			
Peso del suelo seco																																						
Peso de agua																																						
Contenido de humedad %																																						
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="text-align: center;">Contenido de humedad =</td> </tr> </table>							Contenido de humedad =																															
Contenido de humedad =																																						



**Figura 61**

*Toma de datos de Determinación de contenido de humedad (Calicata N°3)*

"LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS"																																						
"FORMATO"																																						
"ENSAYO: DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO (MTC E 108)"																																						
"(MTC E-108 / ASTM D-2216: Standard Test Method of Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock. )"																																						
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"																																					
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Cristian Sanchez Viguria																																					
<b>Ubicación:</b>	Vía Vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 03	<b>Fecha:</b>	09/11/2022	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>																																
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m			Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">DETERMINACION CONTENIDO DE HUMEDAD W%</th> </tr> <tr> <th>Tara</th> <th>T-01</th> <th>T-02</th> <th>T-03</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso del suelo humedo + Tara</td> <td>95.30</td> <td>104.30</td> <td>115.30</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco + Tara</td> <td>90.30</td> <td>96.70</td> <td>105.10</td> </tr> <tr> <td>Peso de la tara</td> <td>49.00</td> <td>49.30</td> <td>49.80</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso de agua</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Contenido de humedad %</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>							DETERMINACION CONTENIDO DE HUMEDAD W%				Tara	T-01	T-02	T-03	Peso del suelo humedo + Tara	95.30	104.30	115.30	Peso del suelo seco + Tara	90.30	96.70	105.10	Peso de la tara	49.00	49.30	49.80	Peso del suelo seco				Peso de agua				Contenido de humedad %			
DETERMINACION CONTENIDO DE HUMEDAD W%																																						
Tara	T-01	T-02	T-03																																			
Peso del suelo humedo + Tara	95.30	104.30	115.30																																			
Peso del suelo seco + Tara	90.30	96.70	105.10																																			
Peso de la tara	49.00	49.30	49.80																																			
Peso del suelo seco																																						
Peso de agua																																						
Contenido de humedad %																																						
<table border="1"> <tr> <td>Contenido de humedad =</td> </tr> </table>							Contenido de humedad =																															
Contenido de humedad =																																						



### 3.5.2.2. Análisis granulométrico de suelos por tamizado

Figura 62

Toma de datos de Análisis granulométrico de suelos por tamizado (Calicata N°1)

"LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS"							
"FORMATO"							
"ENSAYO: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO (MTC E 107)"							
"(MTC E-107 / ASTM D-422: Standard Test Method for Particle-size Analysis of Soils. )"							
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAJIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"						
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Cristian Sanchez Viguria						
<b>Ubicación:</b>	Vía Vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 01	<b>Fecha:</b>	09/11/2022	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>	
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822413; NORTE-8507854	<b>Profundidad:</b>	1.50 m			Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez	
<b>Tamaño</b>	<b>MALLA ASTM</b>	<b>Peso Retenido (g)</b>	<b>Peso Corregido (g)</b>	<b>% Retenido</b>	<b>% Que pasa</b>	<b>Calicata N°</b>	<b>01</b>
Malla							
4"	102.40					Peso de la muestra secada al aire (w)	3810 g
3"	76.20						
2 1/2"	63.50					Peso de la muestra secada al horno (w0)	3235 g
2"	50.60	0.00					
1 1/2"	38.10	57.50				(W-W0)	575 g
1"	25.40	330.00					
3/4"	19.05	341.90					
1/2"	12.70						
3/8"	9.53	651.50					
1/4"	6.35						
N° 4	4.76	510.50					
N° 8	2.38	320.50					
N° 10	2.00	51.30					
N° 16	1.19	120.90					
N° 20	0.84						
N° 30	0.59	105.70					
N° 40	0.42						
N° 50	0.30	202.10					
N° 60	0.25						
N° 80	0.18						
N° 100	0.15	307.80					
N° 200	0.07	211.60					
FONDO		18.70					
TOTAL							
W-W0							



**Figura 63**

*Toma de datos de Análisis granulométrico de suelos por tamizado (Calicata N°2)*

"LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS"							
"FORMATO"							
"ENSAYO: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO (MTC E 107)"							
"(MTC E-107 / ASTM D-422: Standard Test Method for Particle-size Analysis of Soils. )"							
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"						
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huillca Bach. Hans Cristian Sanchez Viguria						
<b>Ubicación:</b>	Vía Vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	09/11/2022	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>	
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m			Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez	
<b>Tamaño</b>	<b>MALLA ASTM</b>	<b>Peso Retenido (g)</b>	<b>Peso Corregido (g)</b>	<b>% Retenido</b>	<b>% Que pasa</b>	<b>Calicata N°</b>	<b>02</b>
Malla							
4"	102.40					Peso de la muestra secada al aire (w)	1918 g
3"	76.20						
2 1/2"	63.50					Peso de la muestra secada al horno (w0)	945 g
2"	50.60						
1 1/2"	38.10					(W-W0)	973 g
1"	25.40						
3/4"	19.05	0.00					
1/2"	12.70	52.90					
3/8"	9.53	35.30					
1/4"	6.35	65.20					
N° 4	4.76	45.80					
N° 8	2.38	139.20					
N° 10	2.00	33.20					
N° 16	1.19	111.90					
N° 20	0.84						
N° 30	0.59	129.00					
N° 40	0.42	64.70					
N° 50	0.30	61.00					
N° 60	0.25	33.50					
N° 80	0.18						
N° 100	0.15	78.10					
N° 200	0.07	91.30					
FONDO		3.60					
TOTAL		944.70					
W-Wo							



**Figura 64**

*Toma de datos de Análisis granulométrico de suelos por tamizado (Calicata N°3)*

"LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS"								
"FORMATO"								
"ENSAYO: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO (MTC E 107)"								
"(MTC E-107 / ASTM D-422: Standard Test Method for Particle-size Analysis of Soils. )"								
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"							
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Cristian Sanchez Viguria							
<b>Ubicación:</b>	Vía Vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 03	<b>Fecha:</b>	09/11/2022	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>		
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m				Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez	
<b>Tamaño</b>	<b>MALLA ASTM</b>	<b>Peso Retenido (g)</b>	<b>Peso Corregido (g)</b>	<b>% Retenido</b>	<b>% Que pasa</b>	<b>Calicata N°</b>	<b>03</b>	
Malla								
4"	102.40					Peso de la muestra secada al aire (w)	1877.60 g	
3"	76.20							
2 1/2"	63.50					Peso de la muestra secada al horno (w0)	891.10 g	
2"	50.60							
1 1/2"	38.10					(W-W0)	986.50 g	
1"	25.40							
3/4"	19.05	0.00						
1/2"	12.70	48.20						
3/8"	9.53	25.00						
1/4"	6.35	47.10						
N° 4	4.76	45.30						
N° 8	2.38	121.40						
N° 10	2.00	32.00						
N° 16	1.19	113.00						
N° 20	0.84							
N° 30	0.59	132.20						
N° 40	0.42	65.60						
N° 50	0.30	60.80						
N° 60	0.25	32.80						
N° 80	0.18							
N° 100	0.15	76.30						
N° 200	0.07	87.70						
FONDO		3.10						
TOTAL		890.50						
W-Wo								



### 3.5.2.3. Determinación del Límite Líquido

Figura 65

Toma de Datos para la determinación del límite líquido (Calicata N°1)

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"																																										
"FORMATO"																																										
"ENSAYO: DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS (MTC E 110)"																																										
"(MTC E-110 / NTP 339.129)"																																										
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAIXIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"																																									
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Cristian Sanchez Viguria																																									
<b>Ubicación:</b>	Vía Vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 01	<b>Fecha:</b>	10/11/2022	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>																																				
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822413; NORTE-8507854	<b>Profundidad:</b>	1.50 m			Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">DETERMINACION LIMITE LIQUIDO</th> </tr> <tr> <th>Tara</th> <th>T-01</th> <th>T-02</th> <th>T-03</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso del suelo humedo+Tara (g)</td> <td>23.90</td> <td>26.30</td> <td>24.80</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco+Tara (g)</td> <td>22.40</td> <td>24.90</td> <td>23.10</td> </tr> <tr> <td>Peso de la tara (g)</td> <td>15.80</td> <td>15.70</td> <td>15.60</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco (g)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso de agua (g)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Contenido de humedad %</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Numero de golpes, N</td> <td>32</td> <td>24</td> <td>16</td> </tr> </tbody> </table>							DETERMINACION LIMITE LIQUIDO				Tara	T-01	T-02	T-03	Peso del suelo humedo+Tara (g)	23.90	26.30	24.80	Peso del suelo seco+Tara (g)	22.40	24.90	23.10	Peso de la tara (g)	15.80	15.70	15.60	Peso del suelo seco (g)				Peso de agua (g)				Contenido de humedad %				Numero de golpes, N	32	24	16
DETERMINACION LIMITE LIQUIDO																																										
Tara	T-01	T-02	T-03																																							
Peso del suelo humedo+Tara (g)	23.90	26.30	24.80																																							
Peso del suelo seco+Tara (g)	22.40	24.90	23.10																																							
Peso de la tara (g)	15.80	15.70	15.60																																							
Peso del suelo seco (g)																																										
Peso de agua (g)																																										
Contenido de humedad %																																										
Numero de golpes, N	32	24	16																																							
<table border="1"> <tr> <td style="width: 100px;">Limite liquido =</td> </tr> </table>							Limite liquido =																																			
Limite liquido =																																										



**Figura 66**

Toma de Datos para la determinación del límite líquido (Calicata N°2)

<i>"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"</i>																																										
<i>"FORMATO"</i>																																										
<b>"ENSAYO: DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS (MTC E 110)"</b>																																										
<i>"(MTC E-110 / NTP 339.129)"</i>																																										
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAIXIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"																																									
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Cristian Sanchez Viguria																																									
<b>Ubicación:</b>	Vía Vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	10/11/2022	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>																																				
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m			Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">DETERMINACION LIMITE LIQUIDO</th> </tr> <tr> <th>Tara</th> <th>T-01</th> <th>T-02</th> <th>T-03</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso del suelo humedo+Tara (g)</td> <td>23.10</td> <td>25.20</td> <td>22.90</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco+Tara (g)</td> <td>21.70</td> <td>23.10</td> <td>21.00</td> </tr> <tr> <td>Peso de la tara (g)</td> <td>15.90</td> <td>15.90</td> <td>15.90</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco (g)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso de agua (g)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Contenido de humedad %</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Numero de golpes, N</td> <td>34</td> <td>23</td> <td>15</td> </tr> </tbody> </table>							DETERMINACION LIMITE LIQUIDO				Tara	T-01	T-02	T-03	Peso del suelo humedo+Tara (g)	23.10	25.20	22.90	Peso del suelo seco+Tara (g)	21.70	23.10	21.00	Peso de la tara (g)	15.90	15.90	15.90	Peso del suelo seco (g)				Peso de agua (g)				Contenido de humedad %				Numero de golpes, N	34	23	15
DETERMINACION LIMITE LIQUIDO																																										
Tara	T-01	T-02	T-03																																							
Peso del suelo humedo+Tara (g)	23.10	25.20	22.90																																							
Peso del suelo seco+Tara (g)	21.70	23.10	21.00																																							
Peso de la tara (g)	15.90	15.90	15.90																																							
Peso del suelo seco (g)																																										
Peso de agua (g)																																										
Contenido de humedad %																																										
Numero de golpes, N	34	23	15																																							
<table border="1"> <tr> <td style="width: 100px;">Limite liquido =</td> </tr> </table>							Limite liquido =																																			
Limite liquido =																																										





**Figura 67**

*Toma de Datos para la determinación del límite líquido (Calicata N°3)*

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"																																																			
"FORMATO"																																																			
"ENSAYO: DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS (MTC E 110)"																																																			
"(MTC E-110 / NTP 339.129)"																																																			
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"																																																		
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Cristian Sanchez Viguria																																																		
<b>Ubicación:</b>	Vía Vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 03	<b>Fecha:</b>	10/11/2022	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>																																													
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m			Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez																																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">DETERMINACION LIMITE LIQUIDO</th> </tr> <tr> <th>Tara</th> <th>T-01</th> <th>T-02</th> <th>T-03</th> <th>T-04</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso del suelo humedo+Tara (g)</td> <td>27.10</td> <td>24.90</td> <td>26.70</td> <td>24.00</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco+Tara (g)</td> <td>24.70</td> <td>23.10</td> <td>24.60</td> <td>22.50</td> </tr> <tr> <td>Peso de la tara (g)</td> <td>15.70</td> <td>16.00</td> <td>16.00</td> <td>15.90</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco (g)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso de agua (g)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Contenido de humedad %</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Numero de golpes, N</td> <td>16</td> <td>23</td> <td>27</td> <td>38</td> </tr> </tbody> </table>							DETERMINACION LIMITE LIQUIDO					Tara	T-01	T-02	T-03	T-04	Peso del suelo humedo+Tara (g)	27.10	24.90	26.70	24.00	Peso del suelo seco+Tara (g)	24.70	23.10	24.60	22.50	Peso de la tara (g)	15.70	16.00	16.00	15.90	Peso del suelo seco (g)					Peso de agua (g)					Contenido de humedad %					Numero de golpes, N	16	23	27	38
DETERMINACION LIMITE LIQUIDO																																																			
Tara	T-01	T-02	T-03	T-04																																															
Peso del suelo humedo+Tara (g)	27.10	24.90	26.70	24.00																																															
Peso del suelo seco+Tara (g)	24.70	23.10	24.60	22.50																																															
Peso de la tara (g)	15.70	16.00	16.00	15.90																																															
Peso del suelo seco (g)																																																			
Peso de agua (g)																																																			
Contenido de humedad %																																																			
Numero de golpes, N	16	23	27	38																																															
<table border="1"> <tr> <td style="width: 100px;">Limite liquido =</td> </tr> </table>							Limite liquido =																																												
Limite liquido =																																																			



**Figura 68**

*Toma de Datos para la determinación del límite líquido (Con 5% de ceniza)*

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"																																																			
"FORMATO"																																																			
"ENSAYO: DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS (MTC E 110)"																																																			
"(MTC E-110 / NTP 339.129)"																																																			
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"																																																		
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Cristian Sanchez Viguria																																																		
<b>Ubicación:</b>	Vía Vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	Nº 02	<b>Fecha:</b>	15/03/2023	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>																																													
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m			Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez																																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">DETERMINACION LIMITE LIQUIDO</th> </tr> <tr> <th>Tara</th> <th>T-01</th> <th>T-02</th> <th>T-03</th> <th>T-04</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso del suelo humedo+Tara (g)</td> <td>58.00</td> <td>60.70</td> <td>55.20</td> <td>59.50</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco+Tara (g)</td> <td>56.10</td> <td>58.70</td> <td>53.80</td> <td>57.60</td> </tr> <tr> <td>Peso de la tara (g)</td> <td>49.70</td> <td>50.90</td> <td>48.50</td> <td>49.80</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco (g)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso de agua (g)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Contenido de humedad %</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Numero de golpes, N</td> <td>9</td> <td>21</td> <td>22</td> <td>31</td> </tr> </tbody> </table>							DETERMINACION LIMITE LIQUIDO					Tara	T-01	T-02	T-03	T-04	Peso del suelo humedo+Tara (g)	58.00	60.70	55.20	59.50	Peso del suelo seco+Tara (g)	56.10	58.70	53.80	57.60	Peso de la tara (g)	49.70	50.90	48.50	49.80	Peso del suelo seco (g)					Peso de agua (g)					Contenido de humedad %					Numero de golpes, N	9	21	22	31
DETERMINACION LIMITE LIQUIDO																																																			
Tara	T-01	T-02	T-03	T-04																																															
Peso del suelo humedo+Tara (g)	58.00	60.70	55.20	59.50																																															
Peso del suelo seco+Tara (g)	56.10	58.70	53.80	57.60																																															
Peso de la tara (g)	49.70	50.90	48.50	49.80																																															
Peso del suelo seco (g)																																																			
Peso de agua (g)																																																			
Contenido de humedad %																																																			
Numero de golpes, N	9	21	22	31																																															
<table border="1"> <tr> <td style="width: 100px;">Limite liquido =</td> </tr> </table>							Limite liquido =																																												
Limite liquido =																																																			



**Figura 69**

*Toma de Datos para la determinación del límite líquido (Con 10% de ceniza)*

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"																																																			
"FORMATO"																																																			
"ENSAYO: DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS (MTC E 110)"																																																			
"(MTC E-110 / NTP 339.129)"																																																			
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"																																																		
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Cristian Sanchez Viguria																																																		
<b>Ubicación:</b>	Vía Vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	Nº 02	<b>Fecha:</b>	15/03/2023	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>																																													
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m			Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez																																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">DETERMINACION LIMITE LIQUIDO</th> </tr> <tr> <th>Tara</th> <th>T-01</th> <th>T-02</th> <th>T-03</th> <th>T-04</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso del suelo humedo+Tara (g)</td> <td>44.40</td> <td>46.30</td> <td>46.80</td> <td>47.30</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco+Tara (g)</td> <td>42.70</td> <td>44.30</td> <td>44.70</td> <td>45.20</td> </tr> <tr> <td>Peso de la tara (g)</td> <td>37.30</td> <td>37.60</td> <td>37.30</td> <td>37.60</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco (g)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso de agua (g)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Contenido de humedad %</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Numero de golpes, N</td> <td>13</td> <td>19</td> <td>26</td> <td>35</td> </tr> </tbody> </table>							DETERMINACION LIMITE LIQUIDO					Tara	T-01	T-02	T-03	T-04	Peso del suelo humedo+Tara (g)	44.40	46.30	46.80	47.30	Peso del suelo seco+Tara (g)	42.70	44.30	44.70	45.20	Peso de la tara (g)	37.30	37.60	37.30	37.60	Peso del suelo seco (g)					Peso de agua (g)					Contenido de humedad %					Numero de golpes, N	13	19	26	35
DETERMINACION LIMITE LIQUIDO																																																			
Tara	T-01	T-02	T-03	T-04																																															
Peso del suelo humedo+Tara (g)	44.40	46.30	46.80	47.30																																															
Peso del suelo seco+Tara (g)	42.70	44.30	44.70	45.20																																															
Peso de la tara (g)	37.30	37.60	37.30	37.60																																															
Peso del suelo seco (g)																																																			
Peso de agua (g)																																																			
Contenido de humedad %																																																			
Numero de golpes, N	13	19	26	35																																															
<table border="1"> <tr> <td style="width: 100px;">Limite liquido =</td> </tr> </table>							Limite liquido =																																												
Limite liquido =																																																			



**Figura 70**

*Toma de Datos para la determinación del límite líquido (Con 15% de ceniza)*

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"																																																			
"FORMATO"																																																			
"ENSAYO: DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS (MTC E 110)"																																																			
"(MTC E-110 / NTP 339.129)"																																																			
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"																																																		
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Cristian Sanchez Viguria																																																		
<b>Ubicación:</b>	Vía Vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	Nº 02	<b>Fecha:</b>	23/02/2023	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>																																													
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m			Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez																																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">DETERMINACION LIMITE LIQUIDO</th> </tr> <tr> <th>Tara</th> <th>T-01</th> <th>T-02</th> <th>T-03</th> <th>T-04</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso del suelo humedo+Tara (g)</td> <td>24.50</td> <td>26.20</td> <td>25.70</td> <td>27.70</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco+Tara (g)</td> <td>22.40</td> <td>23.90</td> <td>23.40</td> <td>25.10</td> </tr> <tr> <td>Peso de la tara (g)</td> <td>16.00</td> <td>16.60</td> <td>15.70</td> <td>16.20</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco (g)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso de agua (g)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Contenido de humedad %</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Numero de golpes, N</td> <td>19</td> <td>25</td> <td>28</td> <td>33</td> </tr> </tbody> </table>							DETERMINACION LIMITE LIQUIDO					Tara	T-01	T-02	T-03	T-04	Peso del suelo humedo+Tara (g)	24.50	26.20	25.70	27.70	Peso del suelo seco+Tara (g)	22.40	23.90	23.40	25.10	Peso de la tara (g)	16.00	16.60	15.70	16.20	Peso del suelo seco (g)					Peso de agua (g)					Contenido de humedad %					Numero de golpes, N	19	25	28	33
DETERMINACION LIMITE LIQUIDO																																																			
Tara	T-01	T-02	T-03	T-04																																															
Peso del suelo humedo+Tara (g)	24.50	26.20	25.70	27.70																																															
Peso del suelo seco+Tara (g)	22.40	23.90	23.40	25.10																																															
Peso de la tara (g)	16.00	16.60	15.70	16.20																																															
Peso del suelo seco (g)																																																			
Peso de agua (g)																																																			
Contenido de humedad %																																																			
Numero de golpes, N	19	25	28	33																																															
<table border="1"> <tr> <td style="width: 100px;">Limite liquido =</td> </tr> </table>							Limite liquido =																																												
Limite liquido =																																																			



**Figura 71**

*Toma de Datos para la determinación del límite líquido (Con 20% de ceniza)*

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"																																																			
"FORMATO"																																																			
"ENSAYO: DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS (MTC E 110)"																																																			
"(MTC E-110 / NTP 339.129)"																																																			
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"																																																		
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Cristian Sanchez Viguria																																																		
<b>Ubicación:</b>	Vía Vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	Nº 02	<b>Fecha:</b>	23/02/2023	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>																																													
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m			Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez																																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">DETERMINACION LIMITE LIQUIDO</th> </tr> <tr> <th>Tara</th> <th>T-01</th> <th>T-02</th> <th>T-03</th> <th>T-04</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso del suelo humedo+Tara (g)</td> <td>46.20</td> <td>52.90</td> <td>50.20</td> <td>50.80</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco+Tara (g)</td> <td>43.90</td> <td>49.10</td> <td>47.00</td> <td>47.80</td> </tr> <tr> <td>Peso de la tara (g)</td> <td>37.30</td> <td>37.70</td> <td>36.90</td> <td>37.60</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco (g)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso de agua (g)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Contenido de humedad %</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Numero de golpes, N</td> <td>18</td> <td>19</td> <td>23</td> <td>40</td> </tr> </tbody> </table>							DETERMINACION LIMITE LIQUIDO					Tara	T-01	T-02	T-03	T-04	Peso del suelo humedo+Tara (g)	46.20	52.90	50.20	50.80	Peso del suelo seco+Tara (g)	43.90	49.10	47.00	47.80	Peso de la tara (g)	37.30	37.70	36.90	37.60	Peso del suelo seco (g)					Peso de agua (g)					Contenido de humedad %					Numero de golpes, N	18	19	23	40
DETERMINACION LIMITE LIQUIDO																																																			
Tara	T-01	T-02	T-03	T-04																																															
Peso del suelo humedo+Tara (g)	46.20	52.90	50.20	50.80																																															
Peso del suelo seco+Tara (g)	43.90	49.10	47.00	47.80																																															
Peso de la tara (g)	37.30	37.70	36.90	37.60																																															
Peso del suelo seco (g)																																																			
Peso de agua (g)																																																			
Contenido de humedad %																																																			
Numero de golpes, N	18	19	23	40																																															
<table border="1"> <tr> <td style="width: 100px;">Limite liquido =</td> </tr> </table>							Limite liquido =																																												
Limite liquido =																																																			



### 3.5.2.4. Determinación del Límite Plástico e Índice de Plasticidad

#### Figura 72

Toma de Datos para la determinación del límite plástico e índice de plasticidad (Calicata N°1)

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"																																						
"FORMATO"																																						
"ENSAYO: DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO (L.P) DE LOS SUELOS E INDICE DE PLASTICIDAD (I.P.) (MTC E 111)"																																						
"(MTC E-111 / NTP 339.129)"																																						
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAXIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"																																					
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huillca Bach. Hans Cristian Sanchez Viguria																																					
<b>Ubicación:</b>	Vía Vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 01	<b>Fecha:</b>	10/11/2022	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>																																
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822413; NORTE-8507854	<b>Profundidad:</b>	1.50 m			Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">DETERMINACION LIMITE PLASTICO</th> </tr> <tr> <th>Tara</th> <th>T-01</th> <th>T-02</th> <th>T-03</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso del suelo humedo+Tara (g)</td> <td>22.60</td> <td>22.30</td> <td>22.30</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco+Tara (g)</td> <td>21.50</td> <td>20.80</td> <td>21.30</td> </tr> <tr> <td>Peso de la tara (g)</td> <td>16.30</td> <td>15.70</td> <td>15.60</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco (g)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso de agua (g)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Contenido de humedad %</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>							DETERMINACION LIMITE PLASTICO				Tara	T-01	T-02	T-03	Peso del suelo humedo+Tara (g)	22.60	22.30	22.30	Peso del suelo seco+Tara (g)	21.50	20.80	21.30	Peso de la tara (g)	16.30	15.70	15.60	Peso del suelo seco (g)				Peso de agua (g)				Contenido de humedad %			
DETERMINACION LIMITE PLASTICO																																						
Tara	T-01	T-02	T-03																																			
Peso del suelo humedo+Tara (g)	22.60	22.30	22.30																																			
Peso del suelo seco+Tara (g)	21.50	20.80	21.30																																			
Peso de la tara (g)	16.30	15.70	15.60																																			
Peso del suelo seco (g)																																						
Peso de agua (g)																																						
Contenido de humedad %																																						
<div style="border: 1px solid black; width: 40%; margin: 0 auto; padding: 5px;">                     Limite Plastico =                 </div>																																						
<div style="border: 1px solid black; width: 40%; margin: 0 auto; padding: 5px;">                     Indice de Plasticidad =                 </div>																																						



**Figura 73**

*Toma de Datos para la determinación del límite plástico e índice de plasticidad (Calicata N°2)*

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"																																						
"FORMATO"																																						
"ENSAYO: DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO (L.P) DE LOS SUELOS E INDICE DE PLASTICIDAD (I.P.) (MTC E 111)"																																						
"(MTC E-111 / NTP 339.129)"																																						
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"																																					
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Cristian Sanchez Viguria																																					
<b>Ubicación:</b>	Vía Vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	Nº 02	<b>Fecha:</b>	10/11/2022	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>																																
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m			Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">DETERMINACION LIMITE PLASTICO</th> </tr> <tr> <th>Tara</th> <th>T-01</th> <th>T-02</th> <th>T-03</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso del suelo humedo+Tara (g)</td> <td>22.40</td> <td>22.60</td> <td>23.10</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco+Tara (g)</td> <td>21.50</td> <td>21.70</td> <td>22.10</td> </tr> <tr> <td>Peso de la tara (g)</td> <td>15.90</td> <td>16.10</td> <td>16.10</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco (g)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso de agua (g)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Contenido de humedad %</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>							DETERMINACION LIMITE PLASTICO				Tara	T-01	T-02	T-03	Peso del suelo humedo+Tara (g)	22.40	22.60	23.10	Peso del suelo seco+Tara (g)	21.50	21.70	22.10	Peso de la tara (g)	15.90	16.10	16.10	Peso del suelo seco (g)				Peso de agua (g)				Contenido de humedad %			
DETERMINACION LIMITE PLASTICO																																						
Tara	T-01	T-02	T-03																																			
Peso del suelo humedo+Tara (g)	22.40	22.60	23.10																																			
Peso del suelo seco+Tara (g)	21.50	21.70	22.10																																			
Peso de la tara (g)	15.90	16.10	16.10																																			
Peso del suelo seco (g)																																						
Peso de agua (g)																																						
Contenido de humedad %																																						
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="text-align: center;">Limite Plastico =</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Indice de Plasticidad =</td> </tr> </table>							Limite Plastico =	Indice de Plasticidad =																														
Limite Plastico =																																						
Indice de Plasticidad =																																						



**Figura 74**

*Toma de Datos para la determinación del límite plástico e índice de plasticidad (Calicata N°3)*

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"																																														
"FORMATO"																																														
"ENSAYO: DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO (L.P) DE LOS SUELOS E INDICE DE PLASTICIDAD (I.P.) (MTC E 111)"																																														
"(MTC E-111 / NTP 339.129)"																																														
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAXIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"																																													
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Cristian Sanchez Viguria																																													
<b>Ubicación:</b>	Vía Vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 03	<b>Fecha:</b>	10/11/2022	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>																																								
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m			Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">DETERMINACION LIMITE PLASTICO</th> </tr> <tr> <th>Tara</th> <th>T-01</th> <th>T-02</th> <th>T-03</th> <th>T-04</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso del suelo humedo+Tara (g)</td> <td>18.30</td> <td>18.10</td> <td>19.20</td> <td>20.60</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco+Tara (g)</td> <td>17.90</td> <td>17.80</td> <td>18.80</td> <td>19.90</td> </tr> <tr> <td>Peso de la tara (g)</td> <td>16.00</td> <td>15.90</td> <td>16.00</td> <td>15.80</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco (g)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso de agua (g)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Contenido de humedad %</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>							DETERMINACION LIMITE PLASTICO					Tara	T-01	T-02	T-03	T-04	Peso del suelo humedo+Tara (g)	18.30	18.10	19.20	20.60	Peso del suelo seco+Tara (g)	17.90	17.80	18.80	19.90	Peso de la tara (g)	16.00	15.90	16.00	15.80	Peso del suelo seco (g)					Peso de agua (g)					Contenido de humedad %				
DETERMINACION LIMITE PLASTICO																																														
Tara	T-01	T-02	T-03	T-04																																										
Peso del suelo humedo+Tara (g)	18.30	18.10	19.20	20.60																																										
Peso del suelo seco+Tara (g)	17.90	17.80	18.80	19.90																																										
Peso de la tara (g)	16.00	15.90	16.00	15.80																																										
Peso del suelo seco (g)																																														
Peso de agua (g)																																														
Contenido de humedad %																																														
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="text-align: center;">Limite Plastico =</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Indice de Plasticidad =</td> </tr> </table>							Limite Plastico =	Indice de Plasticidad =																																						
Limite Plastico =																																														
Indice de Plasticidad =																																														





**Figura 75**

*Toma de Datos para la determinación del límite plástico e índice de plasticidad (Con 5% de ceniza)*

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"																																														
"FORMATO"																																														
"ENSAYO: DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO (L.P) DE LOS SUELOS E INDICE DE PLASTICIDAD (I.P.) (MTC E 111)"																																														
"(MTC E-111 / NTP 339.129)"																																														
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"																																													
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huillca Bach. Hans Cristian Sanchez Viguria																																													
<b>Ubicación:</b>	Vía Vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	Nº 02	<b>Fecha:</b>	15/03/2023	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>																																								
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m			Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">DETERMINACION LIMITE PLASTICO</th> </tr> <tr> <th>Tara</th> <th>T-01</th> <th>T-02</th> <th>T-03</th> <th>T-04</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso del suelo humedo+Tara (g)</td> <td>54.50</td> <td>52.90</td> <td>55.00</td> <td>52.10</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco+Tara (g)</td> <td>53.90</td> <td>52.40</td> <td>54.30</td> <td>51.30</td> </tr> <tr> <td>Peso de la tara (g)</td> <td>50.30</td> <td>49.60</td> <td>50.00</td> <td>47.60</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco (g)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso de agua (g)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Contenido de humedad %</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>							DETERMINACION LIMITE PLASTICO					Tara	T-01	T-02	T-03	T-04	Peso del suelo humedo+Tara (g)	54.50	52.90	55.00	52.10	Peso del suelo seco+Tara (g)	53.90	52.40	54.30	51.30	Peso de la tara (g)	50.30	49.60	50.00	47.60	Peso del suelo seco (g)					Peso de agua (g)					Contenido de humedad %				
DETERMINACION LIMITE PLASTICO																																														
Tara	T-01	T-02	T-03	T-04																																										
Peso del suelo humedo+Tara (g)	54.50	52.90	55.00	52.10																																										
Peso del suelo seco+Tara (g)	53.90	52.40	54.30	51.30																																										
Peso de la tara (g)	50.30	49.60	50.00	47.60																																										
Peso del suelo seco (g)																																														
Peso de agua (g)																																														
Contenido de humedad %																																														
<div style="border: 1px solid black; width: 40%; margin: 0 auto; padding: 5px;">                     Limite Plastico =                 </div>																																														
<div style="border: 1px solid black; width: 40%; margin: 0 auto; padding: 5px;">                     Indice de Plasticidad =                 </div>																																														



**Figura 76**

*Toma de Datos para la determinación del límite plástico e índice de plasticidad (Con 10% de ceniza)*

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"																																														
"FORMATO"																																														
"ENSAYO: DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO (L.P) DE LOS SUELOS E INDICE DE PLASTICIDAD (I.P.) (MTC E 111)"																																														
"(MTC E-111 / NTP 339.129)"																																														
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"																																													
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huillca Bach. Hans Cristian Sanchez Viguria																																													
<b>Ubicación:</b>	Vía Vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	Nº 02	<b>Fecha:</b>	15/03/2023	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>																																								
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m			Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">DETERMINACION LIMITE PLASTICO</th> </tr> <tr> <th>Tara</th> <th>T-01</th> <th>T-02</th> <th>T-03</th> <th>T-04</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso del suelo humedo+Tara (g)</td> <td>37.00</td> <td>36.90</td> <td>37.50</td> <td>37.30</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco+Tara (g)</td> <td>42.80</td> <td>41.30</td> <td>42.30</td> <td>42.00</td> </tr> <tr> <td>Peso de la tara (g)</td> <td>41.80</td> <td>40.50</td> <td>41.40</td> <td>41.20</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco (g)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso de agua (g)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Contenido de humedad %</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>							DETERMINACION LIMITE PLASTICO					Tara	T-01	T-02	T-03	T-04	Peso del suelo humedo+Tara (g)	37.00	36.90	37.50	37.30	Peso del suelo seco+Tara (g)	42.80	41.30	42.30	42.00	Peso de la tara (g)	41.80	40.50	41.40	41.20	Peso del suelo seco (g)					Peso de agua (g)					Contenido de humedad %				
DETERMINACION LIMITE PLASTICO																																														
Tara	T-01	T-02	T-03	T-04																																										
Peso del suelo humedo+Tara (g)	37.00	36.90	37.50	37.30																																										
Peso del suelo seco+Tara (g)	42.80	41.30	42.30	42.00																																										
Peso de la tara (g)	41.80	40.50	41.40	41.20																																										
Peso del suelo seco (g)																																														
Peso de agua (g)																																														
Contenido de humedad %																																														
<div style="border: 1px solid black; width: 40%; margin: 0 auto; padding: 5px;">                     Limite Plastico =                 </div>																																														
<div style="border: 1px solid black; width: 40%; margin: 0 auto; padding: 5px;">                     Indice de Plasticidad =                 </div>																																														



**Figura 77**

*Toma de Datos para la determinación del límite plástico e índice de plasticidad (Con 15% de ceniza)*

<i>"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"</i>																																														
<i>"FORMATO"</i>																																														
<b>"ENSAYO: DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO (L.P) DE LOS SUELOS E INDICE DE PLASTICIDAD (I.P.) (MTC E 111)"</b>																																														
<i>"(MTC E-111 / NTP 339.129)"</i>																																														
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"																																													
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huillca Bach. Hans Cristian Sanchez Viguria																																													
<b>Ubicación:</b>	Vía Vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	Nº 02	<b>Fecha:</b>	23/02/2023	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>																																								
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m			Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez																																								
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <th colspan="5">DETERMINACION LIMITE PLASTICO</th> </tr> <tr> <td>Tara</td> <td>T-01</td> <td>T-02</td> <td>T-03</td> <td>T-04</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo humedo+Tara (g)</td> <td>18.90</td> <td>19.50</td> <td>19.80</td> <td>19.60</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco+Tara (g)</td> <td>18.30</td> <td>18.80</td> <td>19.10</td> <td>18.90</td> </tr> <tr> <td>Peso de la tara (g)</td> <td>15.90</td> <td>15.90</td> <td>15.80</td> <td>16.20</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco (g)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso de agua (g)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Contenido de humedad %</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>							DETERMINACION LIMITE PLASTICO					Tara	T-01	T-02	T-03	T-04	Peso del suelo humedo+Tara (g)	18.90	19.50	19.80	19.60	Peso del suelo seco+Tara (g)	18.30	18.80	19.10	18.90	Peso de la tara (g)	15.90	15.90	15.80	16.20	Peso del suelo seco (g)					Peso de agua (g)					Contenido de humedad %				
DETERMINACION LIMITE PLASTICO																																														
Tara	T-01	T-02	T-03	T-04																																										
Peso del suelo humedo+Tara (g)	18.90	19.50	19.80	19.60																																										
Peso del suelo seco+Tara (g)	18.30	18.80	19.10	18.90																																										
Peso de la tara (g)	15.90	15.90	15.80	16.20																																										
Peso del suelo seco (g)																																														
Peso de agua (g)																																														
Contenido de humedad %																																														
<div style="border: 1px solid black; width: 40%; margin: 0 auto; padding: 5px;">                     Limite Plastico =                 </div>																																														
<div style="border: 1px solid black; width: 40%; margin: 0 auto; padding: 5px;">                     Indice de Plasticidad =                 </div>																																														



**Figura 78**

*Toma de Datos para la determinación del límite plástico e índice de plasticidad (Con 20% de ceniza)*

<i>"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"</i>																																														
<i>"FORMATO"</i>																																														
<b>"ENSAYO: DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO (L.P) DE LOS SUELOS E INDICE DE PLASTICIDAD (I.P.) (MTC E 111)"</b>																																														
<i>"(MTC E-111 / NTP 339.129)"</i>																																														
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"																																													
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huillca Bach. Hans Cristian Sanchez Viguria																																													
<b>Ubicación:</b>	Vía Vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	Nº 02	<b>Fecha:</b>	23/02/2023	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>																																								
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m			Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">DETERMINACION LIMITE PLASTICO</th> </tr> <tr> <th>Tara</th> <th>T-01</th> <th>T-02</th> <th>T-03</th> <th>T-04</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso del suelo humedo+Tara (g)</td> <td>42.10</td> <td>42.80</td> <td>40.50</td> <td>40.30</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco+Tara (g)</td> <td>41.10</td> <td>41.70</td> <td>39.70</td> <td>39.60</td> </tr> <tr> <td>Peso de la tara (g)</td> <td>37.50</td> <td>37.60</td> <td>36.80</td> <td>37.00</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco (g)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso de agua (g)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Contenido de humedad %</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>							DETERMINACION LIMITE PLASTICO					Tara	T-01	T-02	T-03	T-04	Peso del suelo humedo+Tara (g)	42.10	42.80	40.50	40.30	Peso del suelo seco+Tara (g)	41.10	41.70	39.70	39.60	Peso de la tara (g)	37.50	37.60	36.80	37.00	Peso del suelo seco (g)					Peso de agua (g)					Contenido de humedad %				
DETERMINACION LIMITE PLASTICO																																														
Tara	T-01	T-02	T-03	T-04																																										
Peso del suelo humedo+Tara (g)	42.10	42.80	40.50	40.30																																										
Peso del suelo seco+Tara (g)	41.10	41.70	39.70	39.60																																										
Peso de la tara (g)	37.50	37.60	36.80	37.00																																										
Peso del suelo seco (g)																																														
Peso de agua (g)																																														
Contenido de humedad %																																														
<div style="border: 1px solid black; width: 40%; margin: 0 auto; padding: 5px;">                     Limite Plastico =                 </div>																																														
<div style="border: 1px solid black; width: 40%; margin: 0 auto; padding: 5px;">                     Indice de Plasticidad =                 </div>																																														



### 3.5.2.5. Compactación de suelos (Proctor modificado).

Figura 79

Toma de datos para la determinación del CHO y Densidad Máxima seca (Suelo natural)

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"										
"FORMATO"										
"ENSAYO: COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA (PROCTOR MODIFICADO) (MTC E 115)"										
"(MTC E-115/ NTP 339.129)"										
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAJIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"									
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huillca Bach. Hans Cristian Sanchez Viguria									
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	Nº 02	<b>Fecha:</b>	02/03/2023	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>				
<b>Ubicación:</b>	Coordenadas UTM: ESTE-807691; NORTE-8524070	<b>Profundidad:</b>	1.50 m			Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez				
<b>Descripcion:</b>	Suelo Natural	<b>Nro de molde:</b>	I	<b>Peso de ceniza:</b>	0 g					
<b>Nro de capas:</b>	5	<b>Metodo de compact.</b>	A	<b>Peso total:</b>	2200 g					
<b>Nro de Golpes:</b>	25	<b>Peso de suelo suelto:</b>	2200 g							
<b>ENSAYO N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
Peso de muestra humeda + Molde(g)	6180.6	6333.6	6305.6	6232.1	-					
Peso de molde (g)	4251.4	4251.4	4251.4	4251.4	-					
Peso de muestra humeda (g)										
Volumen de molde (cm <sup>3</sup> )	947.746	947.746	947.746	947.746	-					
Densidad humeda (g/cm <sup>3</sup> )										
Recipiente metalico N°	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
Peso de muestra humeda+Tara(g)	85.2	111.1	93.5	97.2	149.6	163	173.7	161.5	-	-
Peso de muestra seca+ Tara(g)	83.7	109.2	90.3	94	137.7	149.3	156.5	145.7	-	-
Peso del agua(g)										
Peeso de la Tara(g)	49.9	49.1	49.8	49.8	48.8	49.8	47.5	49.4	-	-
Peso de muestra seca (g)										
Contenido de humedad(%)										
Contenido de humedad promedio(%)										
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )										
<b>RESULTADOS</b>	Densidad Maxima seca(DMS)				g/cm <sup>3</sup>					
	Contenido de Humedads Optimo(CHO)				%					



**Figura 80**

*Toma de datos para la determinación del CHO y Densidad Máxima seca (Con 5% de ceniza)*

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"										
"FORMATO"										
"ENSAYO: COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA (PROCTOR MODIFICADO) (MTC E 115)"										
"(MTC E-115/ NTP 339.129)"										
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAXIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"									
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Cristian Sanchez Viguria									
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	02/03/2023	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>				
<b>Ubicación:</b>	Coordenadas UTM: ESTE-807691; NORTE-8524070	<b>Profundidad:</b>	1.50 m			Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez				
<b>Descripcion:</b>	Suelo Natural+Ceniza 5%	<b>Nro de molde:</b>	II	<b>Peso de ceniza:</b>	0 g					
<b>Nro de capas:</b>	5	<b>Metodo de compact.</b>	A	<b>Peso total:</b>	2200 g					
<b>Nro de Golpes:</b>	25	<b>Peso de suelo suelto:</b>	2200 g							
<b>ENSAYO N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>					
Peso de muestra humeda +Molde(g)	6226.7	6273.7	6232.9	6168.3	-					
Peso de molde (g)	4122.1	4122.1	4122.1	4122.1	-					
Peso de muestra humeda (g)										
Volumen de molde (cm <sup>3</sup> )	947.746	947.746	947.746	947.746	-					
Densidad humeda (g/cm <sup>3</sup> )										
<b>Recipiente metalico N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
Peso de muestra humeda+Tara(g)	90.1	37.9	48.1	44.6	61.7	49.4	48.7	44.9	-	-
Peso de muestra seca+ Tara(g)	85.8	36.3	45.1	42	56.9	45.7	44.4	41.3	-	-
Peso del agua(g)										
Peso de la Tara(g)	37	15.5	15.7	15.8	16.1	15.8	15.9	16	-	-
Peso de muestra seca (g)										
Contenido de humedad(%)										
Contenido de humedad promedio(%)										
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )										
<b>RESULTADOS</b>	Densidad Maxima seca(DMS)			g/cm <sup>3</sup>						
	Contenido de Humedads Optimo(CHO)			%						



**Figura 81**

*Toma de datos para la determinación del CHO y Densidad Máxima seca (Con 10% de ceniza)*

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"										
"FORMATO"										
"ENSAYO: COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA (PROCTOR MODIFICADO) (MTC E 115)"										
"(MTC E-115/ NTP 339.129)"										
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAXIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"									
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Cristian Sanchez Viguria									
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	02/03/2023	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>				
<b>Ubicación:</b>	Coordenadas UTM: ESTE-807691; NORTE-8524070	<b>Profundidad:</b>	1.50 m				Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez			
<b>Descripcion:</b>	Suelo Natural+Ceniza 10%	<b>Nro de molde:</b>	II	<b>Peso de ceniza:</b>	0 g					
<b>Nro de capas:</b>	5	<b>Metodo de compact.</b>	A	<b>Peso total:</b>	2200 g					
<b>Nro de Golpes:</b>	25	<b>Peso de suelo suelto:</b>	2200 g							
<b>ENSAYO N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>					
Peso de muestra humeda +Molde(g)	6150.7	6222.6	6214.1	6162.5	-					
Peso de molde (g)	4122.1	4122.1	4122.1	4122.1	-					
Peso de muestra humeda (g)										
Volumen de molde (cm <sup>3</sup> )	947.746	947.746	947.746	947.746	-					
Densidad humeda (g/cm <sup>3</sup> )										
<b>Recipiente metalico N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
Peso de muestra humeda+Tara(g)	80.3	80.8	88.3	76	86.9	101.4	92.6	93.4	-	-
Peso de muestra seca+ Tara(g)	75.8	76.3	81.9	70.8	79.8	92.7	83.1	84.2	-	-
Peso del agua(g)										
Peso de la Tara(g)	21.5	21.3	21.2	21.7	21.3	21.3	21.9	21.1	-	-
Peso de muestra seca (g)										
Contenido de humedad(%)										
Contenido de humedad promedio(%)										
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )										
<b>RESULTADOS</b>	Densidad Maxima seca(DMS)					g/cm <sup>3</sup>				
	Contenido de Humedads Optimo(CHO)					%				



**Figura 82**

*Toma de datos para la determinación del CHO y Densidad Máxima seca (Con 15% de ceniza)*

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"										
"FORMATO"										
"ENSAYO: COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA (PROCTOR MODIFICADO) (MTC E 115)"										
"(MTC E-115/ NTP 339.129)"										
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAXIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"									
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huillca Bach. Hans Cristian Sanchez Viguria									
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	07/03/2023	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>				
<b>Ubicación:</b>	Coordenadas UTM: ESTE-807691; NORTE-8524070	<b>Profundidad:</b>	1.50 m			Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez				
<b>Descripcion:</b>	Suelo Natural+Ceniza 15%	<b>Nro de molde:</b>	III	<b>Peso de ceniza:</b>	300 g					
<b>Nro de capas:</b>	5	<b>Metodo de compact.</b>	A	<b>Peso total:</b>	2300 g					
<b>Nro de Golpes:</b>	25	<b>Peso de suelo suelto:</b>	2000 g							
<b>ENSAYO N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>					
Peso de muestra humeda +Molde(g)	6044.4	6198.2	6295.6	6264.5	6143.2					
Peso de molde (g)	4250.8	4250.8	4250.8	4250.8	4250.8					
Peso de muestra humeda (g)										
Volumen de molde (cm <sup>3</sup> )	947.746	947.746	947.746	947.746	947.746					
Densidad humeda (g/cm <sup>3</sup> )										
<b>Recipiente metalico N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
Peso de muestra humeda+Tara(g)	100.1	97.7	103.2	94.5	104.7	118.7	137.1	122.1	147.9	168.3
Peso de muestra seca+ Tara(g)	98.3	96.1	100	92	99.6	111.8	126.1	113.3	132.6	149.7
Peso del agua(g)										
Peso de la Tara(g)	49.9	49.1	49.8	49.8	48.8	49.8	47.6	49.4	49.8	49.7
Peso de muestra seca (g)										
Contenido de humedad(%)										
Contenido de humedad promedio(%)										
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )										
<b>RESULTADOS</b>	Densidad Maxima seca(DMS)					g/cm <sup>3</sup>				
	Contenido de Humedads Optimo(CHO)					%				





**Figura 83**

*Toma de datos para la determinación del CHO y Densidad Máxima seca (Con 20% de ceniza)*

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"										
"FORMATO"										
"ENSAYO: COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA (PROCTOR MODIFICADO) (MTC E 115)"										
"(MTC E-115/ NTP 339.129)"										
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAXIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"									
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Cristian Sanchez Viguria									
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	08/03/2023	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>				
<b>Ubicación:</b>	Coordenadas UTM: ESTE-807691; NORTE-8524070	<b>Profundidad:</b>	1.50 m				Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez			
<b>Descripcion:</b>	Suelo Natural+Ceniza 20%	<b>Nro de molde:</b>	IV	<b>Peso de ceniza:</b>	308 g					
<b>Nro de capas:</b>	5	<b>Metodo de compact.</b>	A	<b>Peso total:</b>	2208 g					
<b>Nro de Golpes:</b>	25	<b>Peso de suelo suelto:</b>	1900 g							
<b>ENSAYO N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>					
Peso de muestra humeda +Molde(g)	5973.5	6117.4	6198.2	6133.5	-					
Peso de molde (g)	4159.9	4159.9	4159.9	4159.9	-					
Peso de muestra humeda (g)										
Volumen de molde (cm <sup>3</sup> )	947.746	947.746	947.746	947.746	-					
Densidad humeda (g/cm <sup>3</sup> )										
<b>Recipiente metalico N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
Peso de muestra humeda+Tara(g)	104	117.3	114.1	109.3	116	119.7	122.8	134.7	-	-
Peso de muestra seca+ Tara(g)	102.4	115	109.9	105.1	108.8	112	113.2	123	-	-
Peso del agua(g)										
Peso de la Tara(g)	49.2	50.1	49.9	49.8	49.8	48.8	49.5	47.5	-	-
Peso de muestra seca (g)										
Contenido de humedad(%)										
Contenido de humedad promedio(%)										
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )										
<b>RESULTADOS</b>	Densidad Maxima seca(DMS)				g/cm <sup>3</sup>					
	Contenido de Humedads Optimo(CHO)				%					



### 3.5.2.6. Determinación de Capacidad de Soporte CBR

Figura 84

Toma de datos para la determinación del CBR- Calculo de densidad máxima seca (Suelo natural)

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"										
"FORMATO"										
"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"										
"(MTC E-132/ NTP 339.129)"										
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAXIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"									
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huillca Bach. Hans Cristian Sanchez Viguria									
<b>Ubicación:</b>	Vía vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	16/03/2023	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>				
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L. Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m				Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez			
<b>Descripcion:</b>	CBR de Suelo Natural			<b>Peso de ceniza:</b>	0	<b>g</b>				
<b>Nro de capas:</b>	5 capas			<b>Peso total:</b>	5000	<b>g</b>				
<b>Peso de suelo suelto:</b>	5000 g			<b>CHO añadido:</b>	7.60%	<b>(380 ml)</b>				
CALCULO DE LA DENSIDAD MAXIMA SECA										
DATOS										
Numero de Molde	I			II			III			
<b>Numero de golpes</b>	<b>12</b>			<b>26</b>			<b>56</b>			
Diametro (cm)	15.24			15.24			15.24			
Altura de Molde (cm)	17.8			17.7			17.8			
Altura de Disco Espaciador (cm)	6.1			6.1			6.1			
<b>Vol. de Mu. Hum. Compactada(cm3)</b>										
Peso Molde + Base (g)	7560			6990			6935			
P.del Molde+B+Muestra con CHO (g)	11745			11285			11660			
<b>Peso Muestra Humeda (gr)</b>										
<b>Densidad Humeda (gr/cm3)</b>										
Recipiente Metalico N°	<b>T-01</b>	<b>T-02</b>	<b>T-03</b>	<b>T-04</b>	<b>T-05</b>	<b>T-06</b>	<b>T-07</b>	<b>T-08</b>	<b>T-09</b>	
Peso Muestra Humeda+Tara(g)	127.8	134.4	140.4	96.8	97.5	130.5	109.3	115.6	94.9	
Peso Muestra Seca + Tara (g)	117.1	122.4	127.6	90.8	91.3	119.8	102.1	107.7	89.4	
<b>Peso del Agua (g)</b>										
Peso R. Metalico (g)	50.6	50	50.3	36.4	49.4	50.1	49.8	49.9	48.5	
<b>Peso Muestra Seca (gr)</b>										
<b>Cont. de Humedad (%) Final</b>										
<b>Cont. de Humedad promedio (%) Final</b>										
<b>Densidad Seca (g/cm3)</b>										
<b>RESULTADOS</b>	Densidad Maxima seca(DMS)					g/cm3				



**Figura 85**

*Toma de datos - Ensayo de expansión de las muestras de CBR (Suelo natural)*

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"														
"FORMATO"														
"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"														
"(MTC E-132/ NTP 339.129)"														
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"													
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Sanchez Viguria													
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140			<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	16/03/2023		<b>Asesor de tesis y responsable:</b>					
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775			<b>Profundidad:</b>	1.50 m	<b>Descripcion:</b>	CBR de Suelo Natural		Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez					
ENSAYO DE EXPANSION														
NUMERO DE GOLPES			12 GOLPES				26 GOLPES				55 GOLPES			
MOLDE No			I			II			III					
TIEMPO			DIAL (0.001")	DEFORMACION		EXPANSIÓN %	DIAL (0.001")	DEFORMACION		EXPANSIÓN %	DIAL (0.001")	DEFORMACION		EXPANSIÓN %
Fecha	Dias	Hora		Pulg	mm			Pulg	mm			Pulg	mm	
16/03/2023	0	3.15	10				100				0			
17/03/2023	1	3.05	84				194				33			
18/03/2023	2	3.17	103				231				86			
19/03/2023	3	3.13	104				236				92			
20/03/2023	4	3.04	105				237				94			



**Figura 86**

*Toma de datos - Ensayo de penetración de las muestras de CBR (Suelo natural)*

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"														
"FORMATO"														
"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"														
"(MTC E-132/ NTP 339.129)"														
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAXIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"													
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Sanchez Viguria													
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	16/03/2023	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>								
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m	<b>Descripcion:</b>	CBR de Suelo Natural	Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez								
ENSAYO DE PENETRACION (ETAPA DE APLICACIÓN DE PRESION)														
CARGA UNITARIA PATRON (lb/pulg2)	Piston (pulg2)	3.043	12 GOLPES				26 GOLPES				55 GOLPES			
			I			II			III					
			LECTURA DE FUERZA SOBRE EL	FUERZA	ESFUERZO	CBR	LECTURA DE FUERZA SOBRE EL	FUERZA	ESFUERZO	CBR	LECTURA DE FUERZA SOBRE EL	FUERZA	ESFUERZO	CBR
			mm	pulg	Libras(lb)	lb/pulg2	%	Libras(lb)	lb/pulg2	%	Libras(lb)	lb/pulg2	%	
	0.00	0.000	0.000						0.000					
	0.64	0.025	0.052						0.119					
	1.27	0.050	0.076						0.156					
	1.91	0.075	0.093						0.181					
1000	2.54	0.100	0.110						0.200					
	3.81	0.150	0.139						0.258					
1500	5.08	0.200	0.170						0.311					
	6.35	0.250	0.189						0.351					
	7.62	0.300	0.219						0.373					
	10.16	0.400	0.000						0.000					
	12.70	0.500	0.000						0.000					



**Figura 87**

*Toma de datos para la determinación del CBR para subrasante (Suelo natural)*

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"																			
"FORMATO"																			
"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"																			
"(MTC E-132/ NTP 339.129)"																			
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"																		
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Sanchez Viguria																		
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	16/03/2023	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>													
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m	<b>Descripcion:</b>	CBR de Suelo Natural	Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez													
<b>CALCULO DE CBR PARA SUBRASANTE</b>																			
<b>Nro de Golpes</b>	12		26		55														
<b>Identificación</b>	Molde I		Molde II		Molde III														
<b>Penetración (pulg)</b>	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2													
<b>Presión (lb/pulg2)</b>																			
<b>CBR(%)</b>																			
<b>Densidad Seca (gr/cm3)</b>	1.684	1.684	1.785	1.785	1.948	1.948													
<table border="1" style="float: right; margin-top: 10px;"> <tr> <td>Densidad maxima seca(g/cm3)</td> <td>1.948</td> </tr> <tr> <td>95% de la DMS(g/cm3)</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;"><b>0.1''</b></td> <td style="text-align: center;"><b>0.2''</b></td> </tr> <tr> <td>CBR al 100% de la DMS</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>CBR al 95% de la DMS</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>							Densidad maxima seca(g/cm3)	1.948	95% de la DMS(g/cm3)			<b>0.1''</b>	<b>0.2''</b>	CBR al 100% de la DMS			CBR al 95% de la DMS		
Densidad maxima seca(g/cm3)	1.948																		
95% de la DMS(g/cm3)																			
	<b>0.1''</b>	<b>0.2''</b>																	
CBR al 100% de la DMS																			
CBR al 95% de la DMS																			



**Figura 88**

*Toma de datos para la determinación del CBR- Calculo de densidad máxima seca (Suelo natural + malla)*

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"										
"FORMATO"										
"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"										
"(MTC E-132/ NTP 339.129)"										
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAXIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"									
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huillca Bach. Hans Cristian Sanchez Viguria									
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	Nº 02	<b>Fecha:</b>	16/03/2023	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>				
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m				Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez			
<b>Descripcion:</b>	CBR de Suelo Natural + Malla			<b>Peso de ceniza:</b>	0	<b>g</b>				
<b>Nro de capas:</b>	5 capas			<b>Peso total:</b>	5000	<b>g</b>				
<b>Peso de suelo suelto:</b>	5000 g			<b>CHO añadido:</b>	7.60%	<b>(380 ml)</b>				
CALCULO DE LA DENSIDAD MAXIMA SECA										
DATOS										
<b>Numero de Molde</b>	<b>IV</b>			<b>V</b>			<b>VI</b>			
<b>Numero de golpes</b>	<b>12</b>			<b>26</b>			<b>56</b>			
<b>Diametro (cm)</b>	15.24			15.24			15.24			
<b>Altura de Molde (cm)</b>	17.8			17.8			17.8			
<b>Altura de Disco Espaciador (cm)</b>	6.1			6.1			6.1			
<b>Vol. de Mu. Hum. Compactada(cm3)</b>										
<b>Peso Molde + Base (g)</b>	7510			6935			7995			
<b>P.del Molde+B+Muestra con CHO (g)</b>	11645			11520			12745			
<b>Peso Muestra Humeda (gr)</b>										
<b>Densidad Humeda (gr/cm3)</b>										
<b>Recipiente Metalico Nº</b>	<b>T-01</b>	<b>T-02</b>	<b>T-03</b>	<b>T-04</b>	<b>T-05</b>	<b>T-06</b>	<b>T-07</b>	<b>T-08</b>	<b>T-09</b>	
<b>Peso Muestra Humeda+Tara(g)</b>	92.3	93.1	125.2	113.2	117	67	131.4	107.3	105.6	
<b>Peso Muestra Seca + Tara (g)</b>	84.3	84.7	112.1	104.3	107.5	59.7	118.8	97.7	96.2	
<b>Peso del Agua (g)</b>										
<b>Peso R. Metalico (g)</b>	37.7	36.9	37.5	49.2	50.2	16.5	37.3	37.4	15.9	
<b>Peso Muestra Seca (gr)</b>										
<b>Cont. de Humedad (%) Final</b>										
<b>Cont. de Humedad promedio (%) Final</b>										
<b>Densidad Seca (g/cm3)</b>										
<b>RESULTADOS</b>	Densidad Maxima seca(DMS)					g/cm3				



**Figura 89**

*Toma de datos - Ensayo de expansión de las muestras de CBR (Suelo natural + malla)*

<i>"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"</i>														
<i>"FORMATO"</i>														
<b>"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"</b>														
<i>"(MTC E-132/ NTP 339.129)"</i>														
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"													
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huillca Bach. Hans Sanchez Viguria													
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	16/03/2023	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>								
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m	<b>Descripcion:</b>	CBR de Suelo Natural + Malla	Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez								
ENSAYO DE EXPANSION														
NUMERO DE GOLPES			12 GOLPES				26 GOLPES				55 GOLPES			
MOLDE No			I				II				III			
TIEMPO			DIAL (0.001")	DEFORMACION		EXPANSIÓN %	DIAL (0.001")	DEFORMACION		EXPANSIÓN %	DIAL (0.001")	DEFORMACION		EXPANSIÓN %
Fecha	Días	Hora		Pulg	mm			Pulg	mm			Pulg	mm	
16/03/2023	0	3.15	0			100				200				
17/03/2023	1	3.05	74			206				236				
18/03/2023	2	3.17	114			257				301				
19/03/2023	3	3.13	130			288				322				
20/03/2023	4	3.04	130			288				325				



**Figura 90**

Toma de datos - Ensayo de penetración de las muestras de CBR (Suelo natural + malla)

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"																	
"FORMATO"																	
"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"																	
"(MTC E-132/ NTP 339.129)"																	
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"																
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Sanchez Viguria																
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	16/03/2023	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>											
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m	<b>Descripcion:</b>	CBR de Suelo Natural + Malla	Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez											
ENSAYO DE PENETRACION (ETAPA DE APLICACIÓN DE PRESION)																	
CARGA UNITARIA PATRON (lb/pulg2)	Piston (pulg2)	3.043	12 GOLPES				26 GOLPES				55 GOLPES						
			I			II			III								
			LECTURA DE FUERZA SOBRE EL	FUERZA	ESFUERZO	CBR	LECTURA DE FUERZA SOBRE EL	FUERZA	ESFUERZO	CBR	LECTURA DE FUERZA SOBRE EL	FUERZA	ESFUERZO	CBR			
			mm	pulg	Libras(lb)	lb/pulg2	%	Libras(lb)	lb/pulg2	%	Libras(lb)	lb/pulg2	%				
	0.00	0.000	0.000						0.000					0.000			
	0.64	0.025	0.052						0.104					0.151			
	1.27	0.050	0.089						0.147					0.232			
	1.91	0.075	0.106						0.177					0.287			
1000	2.54	0.100	0.114						0.204					0.328			
	3.81	0.150	0.143						0.276					0.448			
1500	5.08	0.200	0.177						0.348					0.534			
	6.35	0.250	0.189						0.425					0.593			
	7.62	0.300	0.207						0.487					0.669			
	10.16	0.400	0.241						0.630					0.810			
	12.70	0.500	0.273						0.784					0.945			





**Figura 91**

*Toma de datos para la determinación del CBR para subrasante (Suelo natural + malla)*

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"																			
"FORMATO"																			
"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"																			
"(MTC E-132/ NTP 339.129)"																			
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"																		
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Sanchez Viguria																		
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	16/03/2023	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>													
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m	<b>Descripcion:</b>	CBR de Suelo Natural + Malla	Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez													
<b>CALCULO DE CBR PARA SUBRASANTE</b>																			
<b>Nro de Golpes</b>	<b>12</b>		<b>26</b>		<b>55</b>														
<b>Identificación</b>	<b>Molde I</b>		<b>Molde II</b>		<b>Molde III</b>														
<b>Penetración (pulg)</b>	<b>0.1</b>	<b>0.2</b>	<b>0.1</b>	<b>0.2</b>	<b>0.1</b>	<b>0.2</b>													
<b>Presión (lb/pulg2)</b>																			
<b>CBR(%)</b>																			
<b>Densidad Seca (gr/cm3)</b>	1.650	1.650	1.803	1.803	1.946	1.946													
<table border="1" style="float: right; margin-top: 10px;"> <tr> <td>Densidad maxima seca(g/cm3)</td> <td>1.946</td> </tr> <tr> <td>95% de la DMS(g/cm3)</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;"><b>0.1''</b></td> <td style="text-align: center;"><b>0.2''</b></td> </tr> <tr> <td>CBR al 100% de la DMS</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>CBR al 95% de la DMS</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>							Densidad maxima seca(g/cm3)	1.946	95% de la DMS(g/cm3)			<b>0.1''</b>	<b>0.2''</b>	CBR al 100% de la DMS			CBR al 95% de la DMS		
Densidad maxima seca(g/cm3)	1.946																		
95% de la DMS(g/cm3)																			
	<b>0.1''</b>	<b>0.2''</b>																	
CBR al 100% de la DMS																			
CBR al 95% de la DMS																			



## Figura 92

Toma de datos para la determinación del CBR- Calculo de densidad máxima seca (Con 5% de ceniza + malla)

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"										
"FORMATO"										
"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"										
"(MTC E-132/ NTP 339.129)"										
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAXIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"									
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huillca Bach. Hans Cristian Sanchez Viguria									
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	16/03/2023	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>				
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m				Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez			
<b>Descripcion:</b>	CBR de Suelo Natural+ Ceniza 5% +Malla			<b>Peso de ceniza:</b>	235	<b>g</b>				
<b>Nro de capas:</b>	5 capas			<b>Peso total:</b>	4935	<b>g</b>				
<b>Peso de suelo suelto:</b>	4700 g			<b>CHO añadido:</b>	9.30%	<b>(459 ml)</b>				
CALCULO DE LA DENSIDAD MAXIMA SECA										
DATOS										
Numero de Molde	VII			VIII			IX			
Numero de golpes	12			26			56			
Diametro (cm)	15.24			15.24			15.24			
Altura de Molde (cm)	17.8			17.7			17.8			
Altura de Disco Espaciador (cm)	6.1			6.1			6.1			
<b>Vol. de Mu. Hum. Compactada(cm3)</b>										
Peso Molde + Base (g)	8190			8010			7540			
P.del Molde+B+Muestra con CHO (g)	12385			12560			12340			
<b>Peso Muestra Humeda (gr)</b>										
<b>Densidad Humeda (gr/cm3)</b>										
Recipiente Metalico N°	<b>T-01</b>	<b>T-02</b>	<b>T-03</b>	<b>T-04</b>	<b>T-05</b>	<b>T-06</b>	<b>T-07</b>	<b>T-08</b>	<b>T-09</b>	
Peso Muestra Humeda+Tara(g)	87.8	107.8	91.1	111.4	101	122	97.5	131.6	48	
Peso Muestra Seca + Tara (g)	79.8	96	82.6	99.5	91.1	108.4	88.3	117	43.3	
<b>Peso del Agua (g)</b>										
Peso R. Metalico (g)	37.7	37.1	37	37.2	37.6	37.7	36.9	37.4	15.9	
<b>Peso Muestra Seca (gr)</b>										
<b>Cont. de Humedad (%) Final</b>										
<b>Cont. de Humedad promedio (%) Final</b>										
<b>Densidad Seca (g/cm3)</b>										
<b>RESULTADOS</b>	Densidad Maxima seca(DMS)					g/cm3				



**Figura 93**

*Toma de datos - Ensayo de expansión de las muestras de CBR (Con 5% de ceniza + malla)*

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"														
"FORMATO"														
"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"														
"(MTC E-132/ NTP 339.129)"														
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"													
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Sanchez Viguria													
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140			<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	16/03/2023			<b>Asesor de tesis y responsable:</b>				
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775			<b>Profundidad:</b>	1.50 m	<b>Descripcion:</b>	CBR de Suelo Natural + Malla +5% de Ceniza			Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez				
ENSAYO DE EXPANSION														
NUMERO DE GOLPES			12 GOLPES				26 GOLPES				55 GOLPES			
MOLDE No			I				II				III			
TIEMPO			DIAL (0.001")	DEFORMACION		EXPANSIÓN %	DIAL (0.001")	DEFORMACION		EXPANSIÓN %	DIAL (0.001")	DEFORMACION		EXPANSIÓN %
Fecha	Días	Hora		Pulg	mm			Pulg	mm			Pulg	mm	
16/03/2023	0	3.15	100				0				0			
17/03/2023	1	3.05	196				148				114			
18/03/2023	2	3.17	200				163				155			
19/03/2023	3	3.13	201				176				162			
20/03/2023	4	3.04	201				177				167			



**Figura 94**

*Toma de datos para la determinación del CBR- Ensayo de penetración (Con 5% de ceniza + malla)*

<i>"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"</i>														
<i>"FORMATO"</i>														
<b>"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"</b>														
<i>"(MTC E-132/ NTP 339.129)"</i>														
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"													
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Sanchez Viguria													
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	16/03/2023	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>								
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m	<b>Descripcion:</b>	CBR de Suelo Natural + Malla +5% de Ceniza	Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez								
<b>ENSAYO DE PENETRACION (ETAPA DE APLICACIÓN DE PRESION)</b>														
<b>CARGA UNITARIA PATRON (lb/pulg2)</b>	<b>Piston (pulg2)</b>	3.043	12 GOLPES				26 GOLPES				55 GOLPES			
		I			II			III						
	<b>PENETRACION</b>	<b>LECTURA DE FUERZA SOBRE EL</b>	<b>FUERZA</b>	<b>ESFUERZO</b>	<b>CBR</b>	<b>LECTURA DE FUERZA SOBRE EL</b>	<b>FUERZA</b>	<b>ESFUERZO</b>	<b>CBR</b>	<b>LECTURA DE FUERZA SOBRE EL</b>	<b>FUERZA</b>	<b>ESFUERZO</b>	<b>CBR</b>	
	mm pulg		Libras(lb)	lb/pulg2	%	Libras(lb)	lb/pulg2	%	Libras(lb)	lb/pulg2	%			
	0.00	0.000				0.000				0.000				
	0.64	0.025	0.055			0.186				0.185				
	1.27	0.050	0.094			0.289				0.328				
	1.91	0.075	0.133			0.357				0.468				
1000	2.54	0.100	0.160			0.430				0.609				
	3.81	0.150	0.204			0.603				0.937				
1500	5.08	0.200	0.258			0.748				1.258				
	6.35	0.250	0.317			0.938				1.580				
	7.62	0.300	0.373			1.087				1.858				
	10.16	0.400	0.486			1.417				2.431				
	12.70	0.500	0.602			1.755				2.988				



**Figura 95**

*Toma de datos para la determinación del CBR para subrasante (Con 5% de ceniza + malla)*

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"																			
"FORMATO"																			
"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"																			
"(MTC E-132/ NTP 339.129)"																			
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"																		
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Sanchez Viguria																		
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	16/03/2023	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>													
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m	<b>Descripcion:</b>	CBR de Suelo Natural + Malla +5% de Ceniza	Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez													
<b>CALCULO DE CBR PARA SUBRASANTE</b>																			
<b>Nro de Golpes</b>	<b>12</b>		<b>26</b>		<b>55</b>														
<b>Identificación</b>	<b>Molde I</b>		<b>Molde II</b>		<b>Molde III</b>														
<b>Penetración (pulg)</b>	<b>0.1</b>	<b>0.2</b>	<b>0.1</b>	<b>0.2</b>	<b>0.1</b>	<b>0.2</b>													
<b>Presión (lb/pulg<sup>2</sup>)</b>																			
<b>CBR(%)</b>																			
<b>Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	1.649	1.649	1.792	1.792	1.909	1.909													
<table border="1" style="margin-left: auto;"> <tr> <td>Densidad maxima seca(g/cm<sup>3</sup>)</td> <td>1.909</td> </tr> <tr> <td>95% de la DMS(g/cm<sup>3</sup>)</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;"><b>0.1"</b></td> <td style="text-align: center;"><b>0.2"</b></td> </tr> <tr> <td>CBR al 100% de la DMS</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>CBR al 95% de la DMS</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>							Densidad maxima seca(g/cm <sup>3</sup> )	1.909	95% de la DMS(g/cm <sup>3</sup> )			<b>0.1"</b>	<b>0.2"</b>	CBR al 100% de la DMS			CBR al 95% de la DMS		
Densidad maxima seca(g/cm <sup>3</sup> )	1.909																		
95% de la DMS(g/cm <sup>3</sup> )																			
	<b>0.1"</b>	<b>0.2"</b>																	
CBR al 100% de la DMS																			
CBR al 95% de la DMS																			



**Figura 96**

*Toma de datos para la determinación del CBR- Calculo de densidad máxima seca (Con 10% de ceniza + malla)*

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"									
"FORMATO"									
"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"									
"(MTC E-132/ NTP 339.129)"									
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAIXIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"								
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Cristian Sanchez Viguria								
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	30/03/2023	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>			
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m			Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez			
<b>Descripcion:</b>	CBR de Suelo Natural + Ceniza 10% + Malla			<b>Peso de ceniza:</b>	500	<b>g</b>			
<b>Nro de capas:</b>	5 capas			<b>Peso total:</b>	5500	<b>g</b>			
<b>Peso de suelo suelto:</b>	5000 <b>g</b>			<b>CHO añadido:</b>	9.90%	<b>(545 ml)</b>			
CALCULO DE LA DENSIDAD MAXIMA SECA									
DATOS									
Numero de Molde	I			II			III		
<b>Numero de golpes</b>	<b>12</b>			<b>26</b>			<b>56</b>		
Diametro (cm)	15.24			15.24			15.24		
Altura de Molde (cm)	17.7			17.7			17.8		
Altura de Disco Espaciador (cm)	6.1			6.1			6.1		
<b>Vol. de Mu. Hum. Compactada(cm3)</b>									
Peso Molde + Base (g)	7555			7760			6935		
P.del Molde+B+Muestra con CHO (g)	11710			12130			11615		
<b>Peso Muestra Humeda (gr)</b>									
<b>Densidad Humeda (gr/cm3)</b>									
Recipiente Metalico N°	<b>T-01</b>	<b>T-02</b>	<b>T-03</b>	<b>T-04</b>	<b>T-05</b>	<b>T-06</b>	<b>T-07</b>	<b>T-08</b>	<b>T-09</b>
Peso Muestra Humeda+Tara(g)	120.6	116.6	116.3	107.2	102.2	129.4	128.7	132.7	138.2
Peso Muestra Seca + Tara (g)	107.8	104.7	104.6	97.1	93	116	117.2	120.2	125.3
<b>Peso del Agua (g)</b>									
Peso R. Metalico (g)	36.9	37.3	37.7	37.4	37.2	37.2	37.6	37.3	37.7
<b>Peso Muestra Seca (gr)</b>									
<b>Cont. de Humedad (%) Final</b>									
<b>Cont. de Humedad promedio (%) Final</b>									
<b>Densidad Seca (g/cm3)</b>									
<b>RESULTADOS</b>	Densidad Maxima seca(DMS)					<b>g/cm3</b>			



**Figura 97**

*Toma de datos - Ensayo de expansión de las muestras de CBR (Con 10 % de ceniza + malla)*

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"														
"FORMATO"														
"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"														
"(MTC E-132/ NTP 339.129)"														
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"													
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Sanchez Viguria													
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140			<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	30/03/2023			<b>Asesor de tesis y responsable:</b>				
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775			<b>Profundidad:</b>	1.50 m	<b>Descripcion:</b>	CBR de Suelo Natural + Malla +10% de Ceniza			Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez				
ENSAYO DE EXPANSION														
NUMERO DE GOLPES			12 GOLPES				26 GOLPES				55 GOLPES			
MOLDE No			I				II				III			
TIEMPO			DIAL (0.001")	DEFORMACION		EXPANSIÓN %	DIAL (0.001")	DEFORMACION		EXPANSIÓN %	DIAL (0.001")	DEFORMACION		EXPANSIÓN %
Fecha	Días	Hora		Pulg	mm			Pulg	mm			Pulg	mm	
30/03/2023	0	2.05	35				52				12			
31/4/2023	1	2.25	166				193				133			
01/04/2023	2	2.18	166				202				146			
02/04/2023	3	2.27	174				206				151			
03/04/2023	4	2.21	175				207				151			



**Figura 98**

*Toma de datos para la determinación del CBR- Ensayo de penetración (Con 10 % de ceniza + malla)*

<i>"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"</i>														
<i>"FORMATO"</i>														
<b>"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"</b>														
<i>"(MTC E-132/ NTP 339.129)"</i>														
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"													
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Sanchez Viguria													
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	30/03/2023	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>								
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m	<b>Descripcion:</b>	CBR de Suelo Natural + Malla +10% de Ceniza	Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez								
<b>ENSAYO DE PENETRACION (ETAPA DE APLICACIÓN DE PRESION)</b>														
<b>CARGA UNITARIA PATRON (lb/pulg2)</b>	<b>Piston (pulg2)</b>	3.043	12 GOLPES				26 GOLPES				55 GOLPES			
		I			II			III						
	<b>PENETRACION</b>	<b>LECTURA DE FUERZA SOBRE EL</b>	<b>FUERZA</b>	<b>ESFUERZO</b>	<b>CBR</b>	<b>LECTURA DE FUERZA SOBRE EL</b>	<b>FUERZA</b>	<b>ESFUERZO</b>	<b>CBR</b>	<b>LECTURA DE FUERZA SOBRE EL</b>	<b>FUERZA</b>	<b>ESFUERZO</b>	<b>CBR</b>	
	mm pulg		Libras(lb)	lb/pulg2	%	Libras(lb)	lb/pulg2	%	Libras(lb)	lb/pulg2	%			
	0.00	0.000				0.000				0.000				
	0.64	0.025	0.194			0.267				0.456				
	1.27	0.050	0.273			0.427				0.812				
	1.91	0.075	0.337			0.604				1.182				
1000	2.54	0.100	0.395			0.775				1.500				
	3.81	0.150	0.514			1.063				2.073				
1500	5.08	0.200	0.616			1.345				2.609				
	6.35	0.250	0.713			1.582				3.024				
	7.62	0.300	0.797			1.823				3.468				
	10.16	0.400	0.962			2.279				4.172				
	12.70	0.500	1.122			2.705				4.858				





**Figura 99**

*Toma de datos para la determinación del CBR para subrasante (Con 10 % de ceniza + malla)*

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"						
"FORMATO"						
"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"						
"(MTC E-132/ NTP 339.129)"						
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"					
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Sanchez Viguria					
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	30/03/2023	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m	<b>Descripción:</b>	CBR de Suelo Natural + Malla +10% de Ceniza	Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez
<b>CALCULO DE CBR PARA SUBRASANTE</b>						
<b>Nro de Golpes</b>	<b>12</b>		<b>26</b>		<b>55</b>	
<b>Identificación</b>	<b>Molde I</b>		<b>Molde II</b>		<b>Molde III</b>	
<b>Penetración (pulg)</b>	<b>0.1</b>	<b>0.2</b>	<b>0.1</b>	<b>0.2</b>	<b>0.1</b>	<b>0.2</b>
<b>Presión (lb/pulg<sup>2</sup>)</b>						
<b>CBR(%)</b>						
<b>Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	1.668	1.668	1.768	1.768	1.911	1.911

Densidad maxima seca(g/cm3)	1.911
95% de la DMS(g/cm3)	

	<b>0.1"</b>	<b>0.2"</b>
CBR al 100% de la DMS		
CBR al 95% de la DMS		



### Figura 100

Toma de datos para la determinación del CBR- Calculo de densidad máxima seca (Con 15% de ceniza + malla)

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"										
"FORMATO"										
"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"										
"(MTC E-132/ NTP 339.129)"										
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAXIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"									
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Cristian Sanchez Viguria									
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	Nº 02	<b>Fecha:</b>	30/03/2023	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>				
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m				Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez			
<b>Descripcion:</b>	CBR de Suelo Natural+ Ceniza 15% +Malla			<b>Peso de ceniza:</b>	675	<b>g</b>				
<b>Nro de capas:</b>	5 capas			<b>Peso total:</b>	5175	<b>g</b>				
<b>Peso de suelo suelto:</b>	4500 g			<b>CHO añadido:</b>	8.70%	<b>(450 ml)</b>				
CALCULO DE LA DENSIDAD MAXIMA SECA										
DATOS										
Numero de Molde	IV			V			VI			
Numero de golpes	12			26			56			
Diametro (cm)	15.24			15.24			15.24			
Altura de Molde (cm)	17.8			17.8			17.7			
Altura de Disco Espaciador (cm)	6.1			6.1			6.1			
Vol. de Mu. Hum. Compactada(cm3)										
Peso Molde + Base (g)	7510			6935			7995			
P.del Molde+B+Muestra con CHO (g)	11500			11220			12575			
<b>Peso Muestra Humeda (gr)</b>										
<b>Densidad Humeda (gr/cm3)</b>										
Recipiente Metalico N°	<b>T-01</b>	<b>T-02</b>	<b>T-03</b>	<b>T-04</b>	<b>T-05</b>	<b>T-06</b>	<b>T-07</b>	<b>T-08</b>	<b>T-09</b>	
Peso Muestra Humeda+Tara(g)	145.6	153.4	159.9	150.9	136.3	55.6	145	146.9	65.2	
Peso Muestra Seca + Tara (g)	129	135.1	138.9	133.3	121.2	49.2	131.4	133.4	58.7	
<b>Peso del Agua (g)</b>										
Peso R. Metalico (g)	37	37.6	36.9	36.8	37.7	15.9	50.7	50	15.8	
<b>Peso Muestra Seca (gr)</b>										
<b>Cont. de Humedad (%) Final</b>										
<b>Cont. de Humedad promedio (%) Final</b>										
<b>Densidad Seca (g/cm3)</b>										
<b>RESULTADOS</b>	Densidad Maxima seca(DMS)				g/cm3					



**Figura 101**

*Toma de datos - Ensayo de expansión de las muestras de CBR (Con 15 % de ceniza + malla)*

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"														
"FORMATO"														
"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"														
"(MTC E-132/ NTP 339.129)"														
Proyecto:		"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"												
Solicitantes:		Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Sanchez Viguria												
Ubicación:		Via vecinal 1140			Calicata:		N° 02		Fecha:		30/03/2023		Asesor de tesis y responsable:	
Ubicación:		Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775			Profundidad:		1.50 m		Descripcion:		CBR de Suelo Natural + Malla +15% de Ceniza		Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez	
ENSAYO DE EXPANSION														
NUMERO DE GOLPES			12 GOLPES				26 GOLPES				55 GOLPES			
MOLDE No			I				II				III			
TIEMPO			DIAL	DEFORMACION		EXPANSIÓN	DIAL	DEFORMACION		EXPANSIÓN	DIAL	DEFORMACION		EXPANSIÓN
Fecha	Días	Hora	(0.001")	Pulg	mm	%	(0.001")	Pulg	mm	%	(0.001")	Pulg	mm	%
30/03/2023	0	2.05	13				64				0			
31/4/2023	1	2.25	142				231				141			
01/04/2023	2	2.18	142				234				149			
02/04/2023	3	2.27	146				235				153			
03/04/2023	4	2.21	146				235				160			



**Figura 102**

*Toma de datos - Ensayo de penetración de las muestras de CBR (Con 15 % de ceniza + malla)*

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"															
"FORMATO"															
"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"															
"(MTC E-132/ NTP 339.129)"															
Proyecto:	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAXIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"														
Solicitantes:	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Sanchez Viguria														
Ubicación:	Via vecinal 1140				Calicata:	N° 02	Fecha:	30/03/2023			Asesor de tesis y responsable:				
Ubicación:	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775				Profundidad:	1.50 m	Descripcion:	CBR de Suelo Natural + Malla +15% de Ceniza			Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez				
CARGA UNITARIA PATRON (lb/pulg2)	ENSAYO DE PENETRACION (ETAPA DE APLICACIÓN DE PRESION)														
	Piston (pulg2)	3.043		12 GOLFES				26 GOLFES				55 GOLFES			
				I			II			III					
		PENETRACION		LECTURA DE FUERZA SOBRE EL	FUERZA	ESFUERZO	CBR	LECTURA DE FUERZA SOBRE EL	FUERZA	ESFUERZO	CBR	LECTURA DE FUERZA SOBRE EL	FUERZA	ESFUERZO	CBR
mm	pulg	Libras(lb)	lb/pulg2		%	Libras(lb)	lb/pulg2	%	Libras(lb)	lb/pulg2	%				
	0.00	0.000	0.000				0.000				0.000				
	0.64	0.025	0.195				0.201				0.701				
	1.27	0.050	0.266				0.369				1.113				
	1.91	0.075	0.324				0.580				1.558				
1000	2.54	0.100	0.366				0.762				1.948				
	3.81	0.150	0.460				1.048				2.521				
1500	5.08	0.200	0.553				1.324				3.077				
	6.35	0.250	0.636				1.548				3.596				
	7.62	0.300	0.726				1.783				4.075				
	10.16	0.400	0.888				2.190				5.038				
	12.70	0.500	1.057				2.585				6.010				



**Figura 103**

*Toma de datos para la determinación del CBR para subrasante (Con 15 % de ceniza + malla)*

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"																			
"FORMATO"																			
"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"																			
"(MTC E-132/ NTP 339.129)"																			
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"																		
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Sanchez Viguria																		
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	30/03/2023	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>													
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m	<b>Descripcion:</b>	CBR de Suelo Natural + Malla +15% de Ceniza	Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez													
<b>CALCULO DE CBR PARA SUBRASANTE</b>																			
<b>Nro de Golpes</b>	<b>12</b>		<b>26</b>		<b>55</b>														
<b>Identificación</b>	<b>Molde I</b>		<b>Molde II</b>		<b>Molde III</b>														
<b>Penetración (pulg)</b>	<b>0.1</b>	<b>0.2</b>	<b>0.1</b>	<b>0.2</b>	<b>0.1</b>	<b>0.2</b>													
<b>Presión (lb/pulg2)</b>																			
<b>CBR(%)</b>																			
<b>Densidad Seca (gr/cm3)</b>	1.569	1.569	1.654	1.654	1.865	1.865													
<table border="1" style="margin-left: auto;"> <tr> <td>Densidad maxima seca(g/cm3)</td> <td>1.865</td> </tr> <tr> <td>95% de la DMS(g/cm3)</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;"><b>0.1"</b></td> <td style="text-align: center;"><b>0.2"</b></td> </tr> <tr> <td>CBR al 100% de la DMS</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>CBR al 95% de la DMS</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>							Densidad maxima seca(g/cm3)	1.865	95% de la DMS(g/cm3)			<b>0.1"</b>	<b>0.2"</b>	CBR al 100% de la DMS			CBR al 95% de la DMS		
Densidad maxima seca(g/cm3)	1.865																		
95% de la DMS(g/cm3)																			
	<b>0.1"</b>	<b>0.2"</b>																	
CBR al 100% de la DMS																			
CBR al 95% de la DMS																			



**Figura 104**

*Toma de datos para la determinación del CBR- Calculo de densidad máxima seca (Con 20% de ceniza + malla)*

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"									
"FORMATO"									
"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"									
"(MTC E-132/ NTP 339.129)"									
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAIXIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"								
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Cristian Sanchez Viguria								
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	30/03/2023	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>			
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m			Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez			
<b>Descripcion:</b>	CBR de Suelo Natural+ Ceniza 20% +Malla			<b>Peso de ceniza:</b>	900	<b>g</b>			
<b>Nro de capas:</b>	5 capas			<b>Peso total:</b>	5400	<b>g</b>			
<b>Peso de suelo suelto:</b>	4500 <b>g</b>			<b>CHO añadido:</b>	9.70%	<b>(524 ml)</b>			
CALCULO DE LA DENSIDAD MAXIMA SECA									
DATOS									
Numero de Molde	VII			VIII			IX		
<b>Numero de golpes</b>	<b>12</b>			<b>26</b>			<b>56</b>		
Diametro (cm)	15.24			15.24			15.24		
Altura de Molde (cm)	17.9			17.8			17.8		
Altura de Disco Espaciador (cm)	6.1			6.1			6.1		
<b>Vol. de Mu. Hum. Compactada(cm3)</b>									
Peso Molde + Base (g)	7520			8010			7935		
P.del Molde+B+Muestra con CHO (g)	11310			12315			12475		
<b>Peso Muestra Humeda (gr)</b>									
<b>Densidad Humeda (gr/cm3)</b>									
Recipiente Metalico N°	<b>T-01</b>	<b>T-02</b>	<b>T-03</b>	<b>T-04</b>	<b>T-05</b>	<b>T-06</b>	<b>T-07</b>	<b>T-08</b>	<b>T-09</b>
Peso Muestra Humeda+Tara(g)	121.7	125.5	128.6	137.6	130.8	129.7	103.1	109	112.5
Peso Muestra Seca + Tara (g)	109	112	114.3	123.6	118.4	117.2	94.9	99.3	102
<b>Peso del Agua (g)</b>									
Peso R. Metalico (g)	50.6	50	50.3	36.4	49.4	50.1	49.8	49.9	48.5
<b>Peso Muestra Seca (gr)</b>									
<b>Cont. de Humedad (%) Final</b>									
<b>Cont. de Humedad promedio (%) Final</b>									
<b>Densidad Seca (g/cm3)</b>									
<b>RESULTADOS</b>	Densidad Maxima seca(DMS)				<b>g/cm3</b>				



**Figura 105**

*Toma de datos - Ensayo de expansión de las muestras de CBR (Con 20 % de ceniza + malla)*

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"														
"FORMATO"														
"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"														
"(MTC E-132/ NTP 339.129)"														
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"													
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Sanchez Viguria													
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140			<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	30/03/2023			<b>Asesor de tesis y responsable:</b>				
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775			<b>Profundidad:</b>	1.50 m	<b>Descripcion:</b>	CBR de Suelo Natural + Malla +20% de Ceniza			Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez				
ENSAYO DE EXPANSION														
NUMERO DE GOLPES			12 GOLPES				26 GOLPES				55 GOLPES			
MOLDE No			I				II				III			
TIEMPO			DIAL (0.001")	DEFORMACION		EXPANSIÓN %	DIAL (0.001")	DEFORMACION		EXPANSIÓN %	DIAL (0.001")	DEFORMACION		EXPANSIÓN %
Fecha	Días	Hora		Pulg	mm			Pulg	mm			Pulg	mm	
30/03/2023	0	2.05	222				49				38			
31/4/2023	1	2.25	327				173				187			
01/04/2023	2	2.18	333				178				194			
02/04/2023	3	2.27	333				180				195			
03/04/2023	4	2.21	339				183				203			



**Figura 106**

Toma de datos - Ensayo de penetración de las muestras de CBR (Con 20 % de ceniza + malla)

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"														
"FORMATO"														
"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"														
"(MTC E-132/ NTP 339.129)"														
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"													
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Sanchez Viguria													
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	30/03/2023	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>								
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-850775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m	<b>Descripcion:</b>	CBR de Suelo Natural + Malla +20% de Ceniza	Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez								
ENSAYO DE PENETRACION (ETAPA DE APLICACIÓN DE PRESION)														
CARGA UNITARIA PATRON (lb/pulg2)	Piston (pulg2)	3.043	12 GOLPES				26 GOLPES				55 GOLPES			
			I			II			III					
			LECTURA DE FUERZA SOBRE EL	FUERZA	ESFUERZO	CBR	LECTURA DE FUERZA SOBRE EL	FUERZA	ESFUERZO	CBR	LECTURA DE FUERZA SOBRE EL	FUERZA	ESFUERZO	CBR
			mm	pulg	Libras(lb)	lb/pulg2	%	Libras(lb)	lb/pulg2	%	Libras(lb)	lb/pulg2	%	
	0.00	0.000	0.000						0.000					
	0.64	0.025	0.339						0.431					0.816
	1.27	0.050	0.442						0.752					1.252
	1.91	0.075	0.513						1.087					1.616
1000	2.54	0.100	0.561						1.376					1.899
	3.81	0.150	0.714						1.851					2.460
1500	5.08	0.200	0.863						2.249					2.952
	6.35	0.250	0.926						2.559					3.260
	7.62	0.300	1.025						2.860					3.549
	10.16	0.400	1.245						3.364					4.171
	12.70	0.500	1.474						3.811					4.790





**Figura 107**

*Toma de datos para la determinación del CBR para subrasante (Con 20 % de ceniza + malla)*

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"						
"FORMATO"						
"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"						
"(MTC E-132/ NTP 339.129)"						
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"					
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Sanchez Viguria					
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	30/03/2023	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m	<b>Descripcion:</b>	CBR de Suelo Natural + Malla +20% de Ceniza	Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez

CALCULO DE CBR PARA SUBRASANTE						
Nro de Golpes	12		26		55	
Identificación	Molde I		Molde II		Molde III	
Penetración (pulg)	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2
Presión (lb/pulg <sup>2</sup> )						
CBR(%)						
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.444	1.444	1.676	1.676	1.785	1.785

Densidad maxima seca(g/cm <sup>3</sup> )	1.785
95% de la DMS(g/cm <sup>3</sup> )	

	<b>0.1"</b>	<b>0.2"</b>
CBR al 100% de la DMS		
CBR al 95% de la DMS		



**Figura 108**

*Toma de datos para la determinación del CBR- Calculo de densidad máxima seca (Con 5% de ceniza)*

"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"									
"(MTC E-132/ NTP 339.129)"									
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAXIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"								
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huillca Bach. Hans Cristian Sanchez Viguria								
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	26/01/2024	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>			
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m			Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez			
<b>Descripción:</b>	CBR de Suelo Natural+ Ceniza 5%			<b>Peso de ceniza:</b>	235	<b>g</b>			
<b>Nro de capas:</b>	5 capas			<b>Peso total:</b>	4935	<b>g</b>			
<b>Peso de suelo suelto:</b>	4700 g			<b>CHO añadido:</b>	9.30%	<b>(459 ml)</b>			
CALCULO DE LA DENSIDAD MAXIMA SECA									
DATOS									
Numero de Molde	VII			VIII			IX		
<b>Numero de golpes</b>	<b>12</b>			<b>26</b>			<b>56</b>		
Diametro (cm)	15.24			15.24			15.24		
Altura de Molde (cm)	17.8			17.7			17.8		
Altura de Disco Espaciador (cm)	6.1			6.1			6.1		
<b>Vol. de Mu. Hum. Compactada(cm3)</b>									
Peso Molde + Base (g)	8190			8010			7540		
P.del Molde+B+Muestra con CHO (g)	12385			12560			12340		
<b>Peso Muestra Humeda (gr)</b>									
<b>Densidad Humeda (gr/cm3)</b>									
Recipiente Metalico N°	<b>T-01</b>	<b>T-02</b>	<b>T-03</b>	<b>T-04</b>	<b>T-05</b>	<b>T-06</b>	<b>T-07</b>	<b>T-08</b>	<b>T-09</b>
Peso Muestra Humeda+Tara(g)	87.8	107.8	91.1	111.4	101	122	97.5	131.6	48
Peso Muestra Seca + Tara (g)	79.8	96	82.6	99.5	91.1	108.4	88.3	117	43.3
<b>Peso del Agua (g)</b>									
Peso R. Metalico (g)	37.7	37.1	37	37.2	37.6	37.7	36.9	37.4	15.9
<b>Peso Muestra Seca (gr)</b>									
<b>Cont. de Humedad (%) Final</b>									
<b>Cont. de Humedad promedio (%) Final</b>									
<b>Densidad Seca (g/cm3)</b>									
<b>RESULTADOS</b>	Densidad Maxima seca(DMS)					g/cm3			



**Figura 109**

*Toma de datos - Ensayo de expansión de las muestras de CBR (Con 5 % de ceniza)*

<b>"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"</b>												
(MTC E-132/ NTP 339.129)"												
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAXIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"											
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Sanchez Viguria											
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	26/01/2024	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>						
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m	<b>Descripcion:</b>	CBR de Suelo Natural +5% de Ceniza	Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez						
<b>ENSAYO DE EXPANSION</b>												
NUMERO DE GOLPES	12 GOLPES				26 GOLPES				55 GOLPES			
MOLDE No	I				II				III			
TIEMPO	DIAL	DEFORMACION		EXPANSIÓN	DIAL	DEFORMACION		EXPANSIÓN	DIAL	DEFORMACION		EXPANSIÓN
Días		mm	mm	%		mm	mm	%		mm	mm	%
0	0				0				0			
1	47				42				12			
2	60				55				21.5			
3	60				55				21.5			
4	60				55				21.5			



**Figura 110**

*Toma de datos - Ensayo de penetración de las muestras de CBR (Con 5 % de ceniza)*

<b>"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"</b>																
(MTC E-132/ NTP 339.129)																
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"															
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Sanchez Viguria															
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	26/01/2024	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>										
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m	<b>Descripcion:</b>	CBR de Suelo Natural +5% de Ceniza	Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez										
<b>CARGA UNITARIA PATRON (lb/pulg2)</b>	<b>ENSAYO DE PENETRACION (ETAPA DE APLICACIÓN DE PRESION)</b>															
	<b>Piston (pulg2)</b>	3.043	12 GOLPES				26 GOLPES				55 GOLPES					
		<b>LECTURA DE FUERZA SOBRE EL</b>	<b>FUERZA</b>	<b>ESFUERZO</b>	<b>CBR</b>	<b>LECTURA DE FUERZA SOBRE EL</b>	<b>FUERZA</b>	<b>ESFUERZO</b>	<b>CBR</b>	<b>LECTURA DE FUERZA SOBRE EL</b>	<b>FUERZA</b>	<b>ESFUERZO</b>	<b>CBR</b>			
	<b>mm</b>	<b>pulg</b>	<b>Libras(lb)</b>	<b>lb/pulg2</b>	<b>%</b>	<b>Libras(lb)</b>	<b>lb/pulg2</b>	<b>%</b>	<b>Libras(lb)</b>	<b>lb/pulg2</b>	<b>%</b>	<b>Libras(lb)</b>	<b>lb/pulg2</b>	<b>%</b>		
	0.00	0.000	0.000					0.000					0.000			
	0.64	0.025	0.028					0.093					0.093			
	1.27	0.050	0.067					0.196					0.236			
	1.91	0.075	0.106					0.264					0.376			
1000	2.54	0.100	0.133					0.337					0.517			
	3.81	0.150	0.177					0.510					0.845			
1500	5.08	0.200	0.231					0.655					1.166			
	6.35	0.250	0.290					0.845					1.488			
	7.62	0.300	0.346					0.994					1.766			
	10.16	0.400	0.459					1.324					2.339			
	12.70	0.500	0.575					1.662					2.896			



**Figura 111**

*Toma de datos para la determinación del CBR para subrasante (Con 5 % de ceniza)*

<b>"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"</b>																			
(MTC E-132/ NTP 339.129)																			
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"																		
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Sanchez Viguria																		
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	26/01/2024	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>													
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m	<b>Descripcion:</b>	CBR de Suelo Natural +5% de Ceniza	Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez													
<b>CALCULO DE CBR PARA SUBRASANTE</b>																			
<b>Nro de Golpes</b>	<b>12</b>		<b>26</b>		<b>55</b>														
<b>Identificación</b>	<b>Molde I</b>		<b>Molde II</b>		<b>Molde III</b>														
<b>Penetración (pulg)</b>	<b>0.1</b>	<b>0.2</b>	<b>0.1</b>	<b>0.2</b>	<b>0.1</b>	<b>0.2</b>													
<b>Presión (lb/pulg<sup>2</sup>)</b>																			
<b>CBR(%)</b>																			
<b>Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	1.649	1.649	1.792	1.792	1.909	1.909													
<table border="1" style="float: right; margin-top: 10px;"> <tr> <td>Densidad maxima seca(g/cm<sup>3</sup>)</td> <td>1.909</td> </tr> <tr> <td>95% de la DMS(g/cm<sup>3</sup>)</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;"><b>0.1''</b></td> <td style="text-align: center;"><b>0.2''</b></td> </tr> <tr> <td>CBR al 100% de la DMS</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>CBR al 95% de la DMS</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>							Densidad maxima seca(g/cm <sup>3</sup> )	1.909	95% de la DMS(g/cm <sup>3</sup> )			<b>0.1''</b>	<b>0.2''</b>	CBR al 100% de la DMS			CBR al 95% de la DMS		
Densidad maxima seca(g/cm <sup>3</sup> )	1.909																		
95% de la DMS(g/cm <sup>3</sup> )																			
	<b>0.1''</b>	<b>0.2''</b>																	
CBR al 100% de la DMS																			
CBR al 95% de la DMS																			



### Figura 112

Toma de datos para la determinación del CBR- Calculo de densidad máxima seca (Con 10% de ceniza)

"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"										
"(MTC E-132/ NTP 339.129)"										
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAXIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"									
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Cristian Sanchez Viguria									
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	26/01/2024	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>				
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L. Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-850775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m				Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez			
<b>Descripcion:</b>	CBR de Suelo Natural + Ceniza 10%			<b>Peso de ceniza:</b>	500	<b>g</b>				
<b>Nro de capas:</b>	5 capas			<b>Peso total:</b>	5500	<b>g</b>				
<b>Peso de suelo suelto:</b>	5000 g			<b>CHO añadido:</b>	9.90%	<b>(545 ml)</b>				
CALCULO DE LA DENSIDAD MAXIMA SECA										
DATOS										
Numero de Molde	I			II			III			
<b>Numero de golpes</b>	<b>12</b>			<b>26</b>			<b>56</b>			
Diametro (cm)	15.24			15.24			15.24			
Altura de Molde (cm)	17.7			17.7			17.8			
Altura de Disco Espaciador (cm)	6.1			6.1			6.1			
<b>Vol. de Mu. Hum. Compactada(cm3)</b>										
Peso Molde + Base (g)	7555			7760			6935			
P.del Molde+B+Muestra con CHO (g)	11710			12130			11615			
<b>Peso Muestra Humeda (gr)</b>										
<b>Densidad Humeda (gr/cm3)</b>										
Recipiente Metalico N°	<b>T-01</b>	<b>T-02</b>	<b>T-03</b>	<b>T-04</b>	<b>T-05</b>	<b>T-06</b>	<b>T-07</b>	<b>T-08</b>	<b>T-09</b>	
Peso Muestra Humeda+Tara(g)	120.6	116.6	116.3	107.2	102.2	129.4	128.7	132.7	138.2	
Peso Muestra Seca + Tara (g)	107.8	104.7	104.6	97.1	93	116	117.2	120.2	125.3	
<b>Peso del Agua (g)</b>										
Peso R. Metalico (g)	36.9	37.3	37.7	37.4	37.2	37.2	37.6	37.3	37.7	
<b>Peso Muestra Seca (gr)</b>										
<b>Cont. de Humedad (%) Final</b>										
<b>Cont. de Humedad promedio (%) Final</b>										
<b>Densidad Seca (g/cm3)</b>										
<b>RESULTADOS</b>	Densidad Maxima seca(DMS)				g/cm3					



**Figura 113**

*Toma de datos - Ensayo de expansión de las muestras de CBR (Con 10 % de ceniza)*

<b>"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"</b>												
(MTC E-132/ NTP 339.129)"												
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"											
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Sanchez Viguria											
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	26/01/2024	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>						
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m	<b>Descripcion:</b>	CBR de Suelo Natural +10% de Ceniza	Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez						
<b>ENSAYO DE EXPANSION</b>												
NUMERO DE GOLPES	12 GOLPES				26 GOLPES				55 GOLPES			
MOLDE No	I				II				III			
TIEMPO	DIAL	DEFORMACION		EXPANSIÓN	DIAL	DEFORMACION		EXPANSIÓN	DIAL	DEFORMACION		EXPANSIÓN
Días		mm	mm	%		mm	mm	%		mm	mm	%
0	0				0				0			
1	41				27				12			
2	54				48				18			
3	54				48				18			
4	54				48				18			



**Figura 114**

*Toma de datos - Ensayo de penetración de las muestras de CBR (Con 10 % de ceniza)*

<b>"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"</b>															
<b>"(MTC E-132/ NTP 339.129)"</b>															
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"														
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Sanchez Viguria														
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	26/01/2024	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>									
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m	<b>Descripcion:</b>	CBR de Suelo Natural +10% de Ceniza	Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez									
<b>CARGA UNITARIA PATRON (lb/pulg2)</b>	<b>ENSAYO DE PENETRACION (ETAPA DE APLICACIÓN DE PRESION)</b>														
	<b>Piston (pulg2)</b>	3.043	12 GOLPES				26 GOLPES				55 GOLPES				
		<b>LECTURA DE FUERZA SOBRE EL</b>	I			II			III						
	<b>PENETRACION</b>	<b>FUERZA</b>	<b>ESFUERZO</b>	<b>CBR</b>	<b>LECTURA DE FUERZA SOBRE EL</b>	<b>FUERZA</b>	<b>ESFUERZO</b>	<b>CBR</b>	<b>LECTURA DE FUERZA SOBRE EL</b>	<b>FUERZA</b>	<b>ESFUERZO</b>	<b>CBR</b>			
mm	pulg	Libras(lb)	lb/pulg2	%	Libras(lb)	lb/pulg2	%	Libras(lb)	lb/pulg2	%					
	0.00	0.000	0.000					0.000				0.000			
	0.64	0.025	0.097					0.134				0.228			
	1.27	0.050	0.176					0.294				0.584			
	1.91	0.075	0.240					0.471				0.954			
1000	2.54	0.100	0.298					0.642				1.272			
	3.81	0.150	0.417					0.930				1.845			
1500	5.08	0.200	0.519					1.212				2.381			
	6.35	0.250	0.616					1.449				2.796			
	7.62	0.300	0.700					1.690				3.240			
	10.16	0.400	0.865					2.146				3.944			
	12.70	0.500	1.025					2.572				4.630			





**Figura 115**

*Toma de datos para la determinación del CBR para subrasante (Con 10 % de ceniza)*

<b>"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"</b>																			
(MTC E-132/ NTP 339.129)"																			
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"																		
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Sanchez Viguria																		
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	26/01/2024	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>													
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m	<b>Descripcion:</b>	CBR de Suelo Natural +10% de Ceniza	Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez													
<b>CALCULO DE CBR PARA SUBRASANTE</b>																			
<b>Nro de Golpes</b>	<b>12</b>		<b>26</b>		<b>55</b>														
<b>Identificación</b>	<b>Molde I</b>		<b>Molde II</b>		<b>Molde III</b>														
<b>Penetración (pulg)</b>	<b>0.1</b>	<b>0.2</b>	<b>0.1</b>	<b>0.2</b>	<b>0.1</b>	<b>0.2</b>													
<b>Presión (lb/pulg<sup>2</sup>)</b>																			
<b>CBR(%)</b>																			
<b>Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	1.668	1.668	1.768	1.768	1.911	1.911													
<table border="1" style="margin-left: auto;"> <tr> <td>Densidad maxima seca(g/cm<sup>3</sup>)</td> <td>1.911</td> </tr> <tr> <td>95% de la DMS(g/cm<sup>3</sup>)</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;"><b>0.1"</b></td> <td style="text-align: center;"><b>0.2"</b></td> </tr> <tr> <td>CBR al 100% de la DMS</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>CBR al 95% de la DMS</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>							Densidad maxima seca(g/cm <sup>3</sup> )	1.911	95% de la DMS(g/cm <sup>3</sup> )			<b>0.1"</b>	<b>0.2"</b>	CBR al 100% de la DMS			CBR al 95% de la DMS		
Densidad maxima seca(g/cm <sup>3</sup> )	1.911																		
95% de la DMS(g/cm <sup>3</sup> )																			
	<b>0.1"</b>	<b>0.2"</b>																	
CBR al 100% de la DMS																			
CBR al 95% de la DMS																			



**Figura 116**

*Toma de datos para la determinación del CBR- Calculo de densidad máxima seca (Con 15% de ceniza)*

"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"									
"(MTC E-132/ NTP 339.129)"									
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAXIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"								
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huílca Bach. Hans Sanchez Viguria								
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	26/01/2024	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>			
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-850775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m			Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez			
<b>Descripcion:</b>	Suelo Natural + Ceniza 15%		<b>Peso de ceniza:</b>	675 g					
<b>Nro de capas:</b>	5 capas		<b>Peso total:</b>	5175 g					
<b>Peso de suelo suelto:</b>	4500 g		<b>CHO añadido:</b>	8.70% (450 ml)					
CALCULO DE LA DENSIDAD MAXIMA SECA									
DATOS									
<b>Numero de Molde</b>	IV			V			VI		
<b>Numero de golpes</b>	12			26			56		
<b>Diametro (cm)</b>	15.24			15.24			15.24		
<b>Altura de Molde (cm)</b>	17.8			17.8			17.7		
<b>Altura de Disco Espaciador (cm)</b>	6.1			6.1			6.1		
<b>Vol. de Mu. Hum. Compactada(cm3)</b>									
<b>Peso Molde + Base (g)</b>	7510			6935			7995		
<b>P.del Molde+B+Muestra con CHO (g)</b>	11500			11220			12575		
<b>Peso Muestra Humeda (gr)</b>									
<b>Densidad Humeda (gr/cm3)</b>									
<b>Recipiente Metalico N°</b>	<b>T-01</b>	<b>T-02</b>	<b>T-03</b>	<b>T-04</b>	<b>T-05</b>	<b>T-06</b>	<b>T-07</b>	<b>T-08</b>	<b>T-09</b>
<b>Peso Muestra Humeda+Tara(g)</b>	145.6	153.4	159.9	150.9	136.3	55.6	145	146.9	65.2
<b>Peso Muestra Seca + Tara (g)</b>	129	135.1	138.9	133.3	121.2	49.2	131.4	133.4	58.7
<b>Peso del Agua (g)</b>									
<b>Peso R. Metalico (g)</b>	37	37.6	36.9	36.8	37.7	15.9	50.7	50	15.8
<b>Peso Muestra Seca (gr)</b>									
<b>Cont. de Humedad (%) Final</b>									
<b>Cont. de Humedad promedio (%) Fin</b>									
<b>Densidad Seca (g/cm3)</b>									
<b>RESULTADOS</b>	Densidad Maxima seca(DMS)								



**Figura 117**

*Toma de datos - Ensayo de expansión de las muestras de CBR (Con 15 % de ceniza)*

<b>"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"</b>														
"(MTC E-132/ NTP 339.129)"														
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"													
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huillca													
	Bach. Hans Sanchez Viguria													
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140			<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	26/01/2024		<b>Asesor de tesis y responsable:</b>					
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775			<b>Profundidad:</b>	1.50 m	<b>Descripcion:</b>	CBR de Suelo Natural +15% de Ceniza		Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez					
<b>ENSAYO DE EXPANSION</b>														
<b>NUMERO DE GOLPES</b>			<b>12 GOLPES</b>				<b>26 GOLPES</b>				<b>55 GOLPES</b>			
<b>MOLDE No</b>			<b>I</b>				<b>II</b>				<b>III</b>			
<b>TIEMPO</b>			<b>DIAL</b>	<b>DEFORMACION</b>		<b>EXPANSIÓN</b>	<b>DIAL</b>	<b>DEFORMACION</b>		<b>EXPANSIÓN</b>	<b>DIAL</b>	<b>DEFORMACION</b>		<b>EXPANSIÓN</b>
<b>Fecha</b>	<b>Dias</b>	<b>Hora</b>		<b>mm</b>	<b>mm</b>			<b>%</b>	<b>mm</b>			<b>mm</b>	<b>%</b>	
22/02/2024	0	12.15	0				0				0			
23/02/2024	1	12.08	33				21				9			
24/02/2024	2	12.21	56				37				14			
25/02/2024	3	12.18	56				37				14			
26/02/2024	4	12.07	56				37				14			



**Figura 118**

*Toma de datos - Ensayo de penetración de las muestras de CBR (Con 15 % de ceniza)*

"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"														
"(MTC E-132/ NTP 339.129)"														
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAIXIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"													
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Sanchez Viguria													
<b>Ubicación:</b>	Vía vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	26/01/2024	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>								
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-850775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m	<b>Descripción:</b>	CBR de Suelo Natural +15% de Ceniza	Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez								
<b>ENSAYO DE PENETRACION (ETAPA DE APLICACIÓN DE PRESION)</b>														
<b>CARGA UNITARIA PATRON (lb/pulg2)</b>	<b>Piston (pulg2)</b>	3.043	12 GOLPES				26 GOLPES				55 GOLPES			
			I				II				III			
	<b>PENETRACION</b>		<b>LECTURA DE FUERZA SOBRE EL PISTON (kN)</b>	<b>FUERZA Libras (lb)</b>	<b>ESFUERZO lb/pulg2</b>	<b>CBR %</b>	<b>LECTURA DE FUERZA SOBRE EL PISTON (kN)</b>	<b>FUERZA Libras (lb)</b>	<b>ESFUERZO lb/pulg2</b>	<b>CBR %</b>	<b>LECTURA DE FUERZA SOBRE EL PISTON (kN)</b>	<b>FUERZA Libras (lb)</b>	<b>ESFUERZO lb/pulg2</b>	<b>CBR %</b>
	<b>mm</b>	<b>pulg</b>												
	0.00	0.000	0.000				0.000				0.000			
	0.64	0.025	0.145				0.195				0.381			
	1.27	0.050	0.206				0.299				0.746			
	1.91	0.075	0.274				0.467				1.179			
1000	2.54	0.100	0.326				0.659				1.599			
	3.81	0.150	0.435				0.912				2.256			
1500	5.08	0.200	0.526				1.214				2.761			
	6.35	0.250	0.629				1.397				3.284			
	7.62	0.300	0.726				1.573				3.755			
	10.16	0.400	0.869				1.899				4.483			
	12.70	0.500	1.046				2.135				5.156			



**Figura 119**

*Toma de datos para la determinación del CBR para subrasante (Con 15 % de ceniza)*

"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"																			
"(MTC E-132/ NTP 339.129)"																			
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"																		
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Sanchez Viguria																		
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	26/01/2024	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>													
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m	<b>Descripcion:</b>	CBR de Suelo Natural +15% de Ceniza	Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez													
<b>CALCULO DE CBR PARA SUBRASANTE</b>																			
<b>Nro de Golpes</b>	<b>12</b>		<b>26</b>		<b>55</b>														
<b>Identificación</b>	<b>Molde I</b>		<b>Molde II</b>		<b>Molde III</b>														
<b>Penetración (pulg)</b>	<b>0.1</b>	<b>0.2</b>	<b>0.1</b>	<b>0.2</b>	<b>0.1</b>	<b>0.2</b>													
<b>Presión (lb/pulg<sup>2</sup>)</b>																			
<b>CBR(%)</b>																			
<b>Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	1.569	1.569	1.654	1.654	1.865	1.865													
<table border="1" style="float: right; margin-top: 10px;"> <tr> <td>Densidad maxima seca(g/cm<sup>3</sup>)</td> <td>1.865</td> </tr> <tr> <td>95% de la DMS(g/cm<sup>3</sup>)</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;"><b>0.1"</b></td> <td style="text-align: center;"><b>0.2"</b></td> </tr> <tr> <td>CBR al 100% de la DMS</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>CBR al 95% de la DMS</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>							Densidad maxima seca(g/cm <sup>3</sup> )	1.865	95% de la DMS(g/cm <sup>3</sup> )			<b>0.1"</b>	<b>0.2"</b>	CBR al 100% de la DMS			CBR al 95% de la DMS		
Densidad maxima seca(g/cm <sup>3</sup> )	1.865																		
95% de la DMS(g/cm <sup>3</sup> )																			
	<b>0.1"</b>	<b>0.2"</b>																	
CBR al 100% de la DMS																			
CBR al 95% de la DMS																			



**Figura 120**

*Toma de datos para la determinación del CBR- Calculo de densidad máxima seca (Con 20% de ceniza)*

"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"										
"(MTC E-132/ NTP 339.129)"										
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"									
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Sanchez Viguria									
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	26/01/2024	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>				
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L.Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-850775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m				Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez			
<b>Descripcion:</b>	Suelo Natural + Ceniza 20%			<b>Peso de ceniza:</b>	900	<b>g</b>				
<b>Nro de capas:</b>	5 capas			<b>Peso total:</b>	5400	<b>g</b>				
<b>Peso de suelo suelto:</b>	4500			<b>CHO añadido:</b>	9.70%	<b>(524 ml)</b>				
CALCULO DE LA DENSIDAD MAXIMA SECA										
DATOS										
Numero de Molde	VII			VIII			IX			
<b>Numero de golpes</b>	<b>12</b>			<b>26</b>			<b>56</b>			
Diametro (cm)	15.24			15.24			15.24			
Altura de Molde (cm)	17.9			17.8			17.8			
Altura de Disco Espaciador (cm)	6.1			6.1			6.1			
<b>Vol. de Mu. Hum. Compactada(cm3)</b>										
Peso Molde + Base (g)	7520			8010			7935			
P.del Molde+B+Muestra con CHO (g)	11310			12315			12475			
<b>Peso Muestra Humeda (gr)</b>										
<b>Densidad Humeda (gr/cm3)</b>										
Recipiente Metalico N°	<b>T-01</b>	<b>T-02</b>	<b>T-03</b>	<b>T-04</b>	<b>T-05</b>	<b>T-06</b>	<b>T-07</b>	<b>T-08</b>	<b>T-09</b>	
Peso Muestra Humeda+Tara(g)	121.7	125.5	128.6	137.6	130.8	129.7	103.1	109	112.5	
Peso Muestra Seca + Tara (g)	109	112	114.3	123.6	118.4	117.2	94.9	99.3	102	
<b>Peso del Agua (g)</b>										
Peso R. Metalico (g)	50.6	50	50.3	36.4	49.4	50.1	49.8	49.9	48.5	
<b>Peso Muestra Seca (gr)</b>										
<b>Cont. de Humedad (%) Final</b>										
<b>Cont. de Humedad promedio (%) Fin</b>										
<b>Densidad Seca (g/cm3)</b>										
<b>RESULTADOS</b>	Densidad Maxima seca (DMS)									



**Figura 121**

*Toma de datos - Ensayo de expansión de las muestras de CBR (Con 20 % de ceniza)*

"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"														
"(MTC E-132/ NTP 339.129)"														
Proyecto:		"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAIXIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"												
Solicitantes:		Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Sanchez Viguria												
Ubicación:		Via vecinal 1140		Calicata:		N° 02	Fecha:		26/01/2024		Asesor de tesis y responsable:			
Ubicación:		Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775		Profundidad:		1.50 m	Descripcion:		CBR de Suelo Natural +20% de Ceniza		Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez			
ENSAYO DE EXPANSION														
NUMERO DE GOLPES			12 GOLPES				26 GOLPES				55 GOLPES			
MOLDE No			I				II				III			
TIEMPO			DIAL	DEFORMACION		EXPANSIÓN	DIAL	DEFORMACION		EXPANSIÓN	DIAL	DEFORMACION		EXPANSIÓN
Fecha	Dias	Hora		mm	mm	%		mm	mm	%		mm	mm	%
22/02/2024	0	2.11	0				0				0			
23/02/2024	1	2.14	33.5				30.5				8			
24/02/2024	2	2.18	36				33.5				10.5			
25/02/2024	3	2.15	52				33.5				10.5			
26/02/2024	4	2.11	52				33.5				10.5			



**Figura 122**

*Toma de datos - Ensayo de penetración de las muestras de CBR (Con 20 % de ceniza)*

<b>"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"</b>															
"(MTC E-132/ NTP 339.129)"															
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"														
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huillca														
	Bach. Hans Sanchez Viguria														
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140			<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	26/01/2024		<b>Asesor de tesis y responsable:</b>						
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775			<b>Profundidad:</b>	1.50 m	<b>Descripcion:</b>	CBR de Suelo Natural +20% de Ceniza		Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez						
<b>ENSAYO DE PENETRACION (ETAPA DE APLICACIÓN DE PRESION)</b>															
<b>CARGA UNITARIA PATRON (lb/pulg2)</b>	<b>Piston (pulg2)</b>	3.043		12 GOLPES				26 GOLPES				55 GOLPES			
				I			II			III					
	<b>PENETRACION</b>		<b>LECTURA DE FUERZA SOBRE EL PISTON (kN)</b>	<b>FUERZA</b>	<b>ESFUERZO</b>	<b>CBR</b>	<b>LECTURA DE FUERZA SOBRE EL PISTON (kN)</b>	<b>FUERZA</b>	<b>ESFUERZO</b>	<b>CBR</b>	<b>LECTURA DE FUERZA SOBRE EL PISTON (kN)</b>	<b>FUERZA</b>	<b>ESFUERZO</b>	<b>CBR</b>	
	<b>mm</b>	<b>pulg</b>		<b>Libras(lb)</b>	<b>lb/pulg2</b>	<b>%</b>		<b>Libras(lb)</b>	<b>lb/pulg2</b>	<b>%</b>		<b>Libras(lb)</b>	<b>lb/pulg2</b>	<b>%</b>	
	0.00	0.000	0.000			0.000				0.000					
	0.64	0.025	0.178			0.258				0.516					
	1.27	0.050	0.294			0.574				0.942					
	1.91	0.075	0.411			0.887				1.326					
1000	2.54	0.100	0.519			1.179				1.698					
	3.81	0.150	0.671			1.591				2.251					
1500	5.08	0.200	0.796			1.937				2.742					
	6.35	0.250	0.918			2.259				3.192					
	7.62	0.300	0.994			2.561				3.558					
	10.16	0.400	1.126			3.054				4.151					
	12.70	0.500	1.286			3.469				4.520					





**Figura 123**

*Toma de datos para la determinación del CBR para subrasante (Con 20 % de ceniza)*

"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"						
"(MTC E-132/ NTP 339.129)"						
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"					
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Sanchez Viguria					
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	26/01/2024	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m	<b>Descripción:</b>	CBR de Suelo Natural +20% de Ceniza	Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez
<b>CALCULO DE CBR PARA SUBRASANTE</b>						
<b>Nro de Golpes</b>	12		26		55	
<b>Identificación</b>	Molde I		Molde II		Molde III	
<b>Penetración (pulg)</b>	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2
<b>Presión (lb/pulg<sup>2</sup>)</b>						
<b>CBR(%)</b>						
<b>Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	1.444	1.444	1.676	1.676	1.785	1.785

Densidad maxima seca(g/cm <sup>3</sup> )	1.785
95% de la DMS(g/cm <sup>3</sup> )	

	<b>0.1"</b>	<b>0.2"</b>
CBR al 100% de la DMS		
CBR al 95% de la DMS		



### 3.5.3. Análisis de datos

#### 3.5.3.1. Ensayo contenido de humedad

##### 3.5.3.1.1. Procesamiento del ensayo

- Contenido de Humedad: Se determina mediante la fórmula siguiente. Utilizado para determinar la humedad final de las muestras con diferentes dosificaciones.

$$W = \frac{\text{Peso del Agua}}{\text{Peso del Suelo Seco}} * 100$$
$$W = \frac{PMH - PMS}{PMS - PR} * 100$$

Donde:

W = Contenido de Humedad (%).

PMH = Peso de muestra húmeda más recipiente (g).

PMS = Peso de muestra secada en horno más recipiente (g).

PR = Peso de recipiente (g).

En cada ensayo se evaluaron 3 muestras, de las que finalmente se obtuvo un valor promedio representativo.



### 3.5.3.1.2. Diagrama del ensayo

**Figura 124:**

*Procesamiento de datos Determinación de contenido de humedad (Calicata N°1)*

<i>"LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS"</i>																																						
"FORMATO"																																						
<b>"ENSAYO: DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO (MTC E 108)"</b>																																						
"(MTC E-108 / ASTM D-2216: Standard Test Method of Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock. )"																																						
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"																																					
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huillca Bach. Hans Cristian Sanchez Viguria																																					
<b>Ubicación:</b>	Vía Vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 01	<b>Fecha:</b>	09/11/2022	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>																																
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822413; NORTE-8507854	<b>Profundidad:</b>	1.50 m			Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4" style="text-align: center;">DETERMINACION CONTENIDO DE HUMEDAD W%</th> </tr> <tr> <th style="width: 50%;">Tara</th> <th style="width: 16.6%;">T-01</th> <th style="width: 16.6%;">T-02</th> <th style="width: 16.6%;">T-03</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso del suelo humedo + Tara</td> <td>110.70</td> <td>97.30</td> <td>78.00</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco + Tara</td> <td>102.80</td> <td>91.30</td> <td>75.10</td> </tr> <tr> <td>Peso de la tara</td> <td>49.60</td> <td>47.10</td> <td>49.00</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco</td> <td>53.20</td> <td>44.20</td> <td>26.10</td> </tr> <tr> <td>Peso de agua</td> <td>7.90</td> <td>6.00</td> <td>2.90</td> </tr> <tr> <td>Contenido de humedad %</td> <td>14.85%</td> <td>13.57%</td> <td>11.11%</td> </tr> </tbody> </table>							DETERMINACION CONTENIDO DE HUMEDAD W%				Tara	T-01	T-02	T-03	Peso del suelo humedo + Tara	110.70	97.30	78.00	Peso del suelo seco + Tara	102.80	91.30	75.10	Peso de la tara	49.60	47.10	49.00	Peso del suelo seco	53.20	44.20	26.10	Peso de agua	7.90	6.00	2.90	Contenido de humedad %	14.85%	13.57%	11.11%
DETERMINACION CONTENIDO DE HUMEDAD W%																																						
Tara	T-01	T-02	T-03																																			
Peso del suelo humedo + Tara	110.70	97.30	78.00																																			
Peso del suelo seco + Tara	102.80	91.30	75.10																																			
Peso de la tara	49.60	47.10	49.00																																			
Peso del suelo seco	53.20	44.20	26.10																																			
Peso de agua	7.90	6.00	2.90																																			
Contenido de humedad %	14.85%	13.57%	11.11%																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 60%;">Contenido de humedad =</td> <td style="width: 40%; text-align: center;">13.18%</td> </tr> </table>							Contenido de humedad =	13.18%																														
Contenido de humedad =	13.18%																																					



**Figura 125**

*Procesamiento de datos Determinación de contenido de humedad (Calicata N°2)*

<i>"LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS"</i>																																						
"FORMATO"																																						
<b>"ENSAYO: DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO (MTC E 108)"</b>																																						
"(MTC E-108 / ASTM D-2216: Standard Test Method of Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock. )"																																						
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"																																					
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Cristian Sanchez Viguria																																					
<b>Ubicación:</b>	Vía Vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	09/11/2022	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>																																
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m			Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez																																
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <th colspan="4" style="text-align: center;">DETERMINACION CONTENIDO DE HUMEDAD W%</th> </tr> <tr> <td>Tara</td> <td>T-01</td> <td>T-02</td> <td>T-03</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo humedo + Tara</td> <td>99.20</td> <td>100.70</td> <td>110.80</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco + Tara</td> <td>92.80</td> <td>93.20</td> <td>102.60</td> </tr> <tr> <td>Peso de la tara</td> <td>49.1</td> <td>49.00</td> <td>49.80</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco</td> <td>43.70</td> <td>44.20</td> <td>52.80</td> </tr> <tr> <td>Peso de agua</td> <td>6.40</td> <td>7.50</td> <td>8.20</td> </tr> <tr> <td>Contenido de humedad %</td> <td>14.65%</td> <td>16.97%</td> <td>15.53%</td> </tr> </table>							DETERMINACION CONTENIDO DE HUMEDAD W%				Tara	T-01	T-02	T-03	Peso del suelo humedo + Tara	99.20	100.70	110.80	Peso del suelo seco + Tara	92.80	93.20	102.60	Peso de la tara	49.1	49.00	49.80	Peso del suelo seco	43.70	44.20	52.80	Peso de agua	6.40	7.50	8.20	Contenido de humedad %	14.65%	16.97%	15.53%
DETERMINACION CONTENIDO DE HUMEDAD W%																																						
Tara	T-01	T-02	T-03																																			
Peso del suelo humedo + Tara	99.20	100.70	110.80																																			
Peso del suelo seco + Tara	92.80	93.20	102.60																																			
Peso de la tara	49.1	49.00	49.80																																			
Peso del suelo seco	43.70	44.20	52.80																																			
Peso de agua	6.40	7.50	8.20																																			
Contenido de humedad %	14.65%	16.97%	15.53%																																			
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 60%;">Contenido de humedad =</td> <td style="text-align: right;">15.71%</td> </tr> </table>							Contenido de humedad =	15.71%																														
Contenido de humedad =	15.71%																																					



**Figura 126**

*Procesamiento de datos Determinación de contenido de humedad (Calicata N°3)*

"LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS"																																						
"FORMATO"																																						
"ENSAYO: DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO (MTC E 108)"																																						
"(MTC E-108 / ASTM D-2216: Standard Test Method of Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock. )"																																						
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"																																					
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Cristian Sanchez Viguria																																					
<b>Ubicación:</b>	Vía Vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 03	<b>Fecha:</b>	09/11/2022	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>																																
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m			Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">DETERMINACION CONTENIDO DE HUMEDAD W%</th> </tr> <tr> <th>Tara</th> <th>T-01</th> <th>T-02</th> <th>T-03</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso del suelo humedo + Tara</td> <td>95.30</td> <td>104.30</td> <td>115.30</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco + Tara</td> <td>88.30</td> <td>96.70</td> <td>105.10</td> </tr> <tr> <td>Peso de la tara</td> <td>49.00</td> <td>49.30</td> <td>49.80</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco</td> <td>39.30</td> <td>47.40</td> <td>55.30</td> </tr> <tr> <td>Peso de agua</td> <td>7.00</td> <td>7.60</td> <td>10.20</td> </tr> <tr> <td>Contenido de humedad %</td> <td>17.81%</td> <td>16.03%</td> <td>18.44%</td> </tr> </tbody> </table>							DETERMINACION CONTENIDO DE HUMEDAD W%				Tara	T-01	T-02	T-03	Peso del suelo humedo + Tara	95.30	104.30	115.30	Peso del suelo seco + Tara	88.30	96.70	105.10	Peso de la tara	49.00	49.30	49.80	Peso del suelo seco	39.30	47.40	55.30	Peso de agua	7.00	7.60	10.20	Contenido de humedad %	17.81%	16.03%	18.44%
DETERMINACION CONTENIDO DE HUMEDAD W%																																						
Tara	T-01	T-02	T-03																																			
Peso del suelo humedo + Tara	95.30	104.30	115.30																																			
Peso del suelo seco + Tara	88.30	96.70	105.10																																			
Peso de la tara	49.00	49.30	49.80																																			
Peso del suelo seco	39.30	47.40	55.30																																			
Peso de agua	7.00	7.60	10.20																																			
Contenido de humedad %	17.81%	16.03%	18.44%																																			
<table border="1"> <tr> <td>Contenido de humedad =</td> <td>17.43%</td> </tr> </table>							Contenido de humedad =	17.43%																														
Contenido de humedad =	17.43%																																					

### 3.5.3.1.3. Análisis del Ensayo

Se puede ver que los valores de contenido de humedad entre cada calicata son muy similares y varían ligeramente en 2%, lo que es un indicativo de que los suelos son similares.



### 3.5.3.2. Análisis granulométrico de suelos por tamizado

#### 3.5.3.2.1. Procesamiento del ensayo

- Porcentaje Retenido: se determinó el porcentaje retenido en cada uno de los tamices, para eso se utilizó la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Retenido} = \frac{\text{Peso retenido en el Tamiz}}{\text{Peso total}} * 100$$

- Porcentaje Retenido Acumulado: Se determina utilizando la sumatoria de los porcentajes retenidos en cada tamiz, de la siguiente forma:

$$\% \text{ Retenido Acumulado} = \sum \% \text{ Retenido en los tamices anteriores}$$

- Porcentaje que pasa: Se calcula la cantidad en % de material que pasa en forma acumulativa del 100% en cada tamiz, utilizando la siguiente ecuación.

$$\% \text{ Pasa} = 100\% - \% \text{ Retenido Acumulado}$$

- Porcentaje de error: Este porcentaje se usó para determinar la validez del ensayo, se usó la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Error} = \frac{(PMS - \sum \text{Peso Retenido})}{PMS}$$

Donde:

$PMS$  = Peso de la muestra seca antes del ensayo

$\sum \text{Peso Retenido}$ ) = Sumatoria de los pesos retenidos en los tamices, incluyendo la perdida por lavado y el fondo.

- Coeficiente de uniformidad ( $C_u$ ): Este coeficiente determina la uniformidad y variación del tamaño de las partículas del suelo, se calcula de la siguiente manera:

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

Donde:

$D_{60}$  = Tamaño de la abertura que pasa el 60% de la muestra.

$D_{10}$  = Tamaño de la abertura que pasa el 10% de la muestra.

- Coeficiente de curvatura ( $C_c$ ): Este coeficiente nos informa sobre la gradación del suelo y determina si es bien gradado o mal gradado, se calcula de la siguiente manera:

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{(D_{60} * D_{10})}$$

Donde:



$D_{60}$  = Tamaño de la abertura que pasa el 60% de la muestra.

$D_{30}$  = Tamaño de la abertura que pasa el 30% de la muestra.

$D_{10}$  = Tamaño de la abertura que pasa el 10% de la muestra.

Los Ensayos fueron realizados en base a el “Manual de Ensayos de Materiales” del ministerio de transportes y comunicaciones 2016 (MTC E-107).



### 3.5.3.2.2. Diagrama del ensayo

Figura 127

Procesamiento de datos del Análisis granulométrico de suelos por tamizado (Calicata N°1)

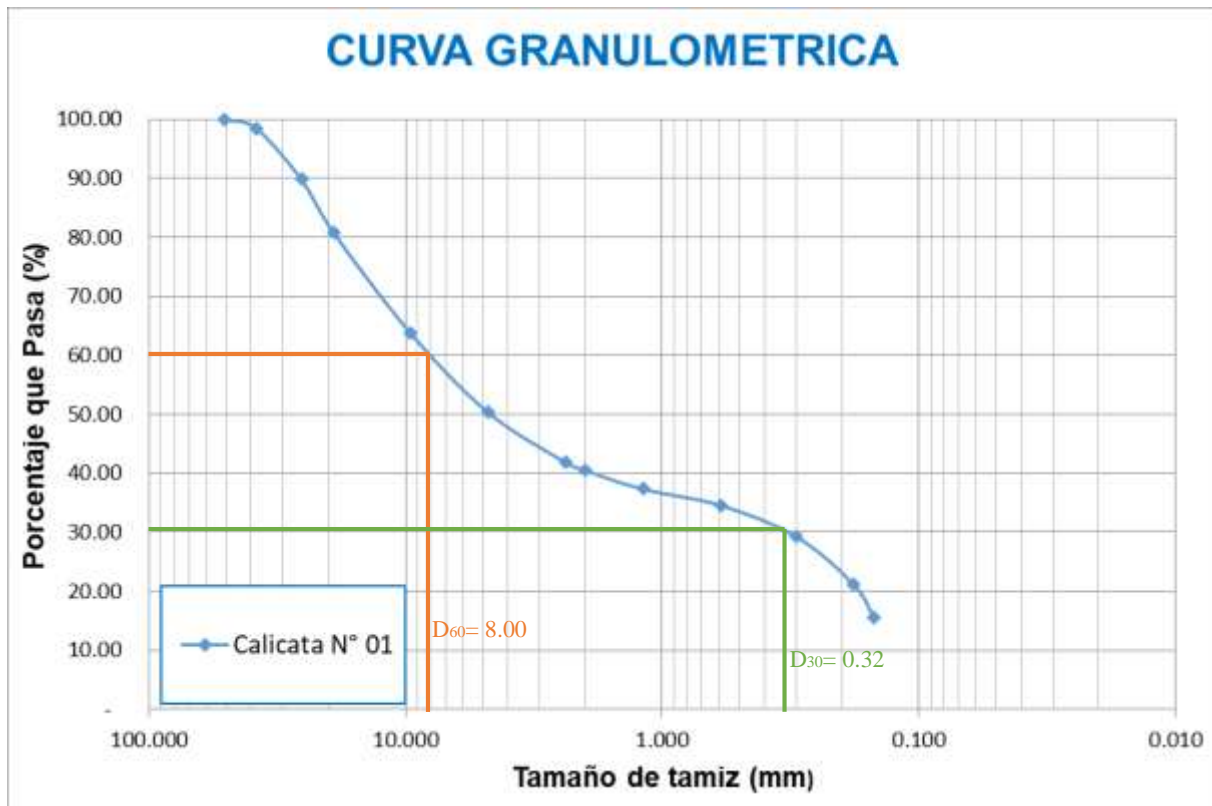
"LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS"							
"FORMATO"							
"ENSAYO: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO (MTC E 107)"							
"(MTC E-107 / ASTM D-422: Standard Test Method for Particle-size Analysis of Soils. )"							
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAIXIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"						
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Cristian Sanchez Viguria						
<b>Ubicación:</b>	Vía Vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 01	<b>Fecha:</b>	09/11/2022	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>	
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822413; NORTE-8507854	<b>Profundidad:</b>	1.50 m			Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez	
<b>Tamaño</b>	<b>MALLA</b>	<b>Peso Retenido</b>	<b>Peso</b>	<b>% Retenido</b>	<b>% Que pasa</b>	<b>Calicata N°</b>	<b>01</b>
<b>Malla</b>	<b>ASTM</b>	<b>(g)</b>	<b>Corregido (g)</b>				
4"	102.40	-	-	-	100.00	Peso de la muestra secada al aire (w)	3810 g
3"	76.20	-	-	-	100.00		
2 1/2"	63.50	-	-	-	100.00	Peso de la muestra secada al horno (w0)	3235 g
2"	50.60	-	-	-	100.00		
1 1/2"	38.10	57.50	57.88	1.52	98.48	(W-W0)	575 g
1"	25.40	330.00	330.38	8.67	89.81		
3/4"	19.05	341.90	342.28	8.98	80.83		
1/2"	12.70	-	-	-	80.83		
3/8"	9.53	651.50	651.88	17.11	63.72		
1/4"	6.35	-	-	-	63.72		
N° 4	4.76	510.50	510.88	13.41	50.31		
N° 8	2.38	320.50	320.88	8.42	41.88		
N° 10	2.00	51.30	51.68	1.36	40.53		
N° 16	1.19	120.90	121.28	3.18	37.34		
N° 20	0.84	-	-	-	37.34		
N° 30	0.59	105.70	106.08	2.78	34.56		
N° 40	0.42	-	-	-	34.56		
N° 50	0.30	202.10	202.48	5.31	29.25		
N° 60	0.25	-	-	-	29.25		
N° 80	0.18	-	-	-	29.25		
N° 100	0.15	307.80	308.18	8.09	21.16		
N° 200	0.07	211.60	211.98	5.56	15.59		
Fondo	0	18.70	594.08	15.59	-		
Total		3230.00	3810.00	100.00			
Material Perdido		5.00	g				
Porcentaje de perdida		0.15%					





Figura 128

Curva granulométrica Calicata N°01



Nota: Como se ve en la curva granulométrica de la calicata N°01, no presenta coeficiente de uniformidad ni de curvatura. Debido a que no presenta  $D_{10}$ , por lo tanto, no se pueden calcular estos valores.



**Figura 129**

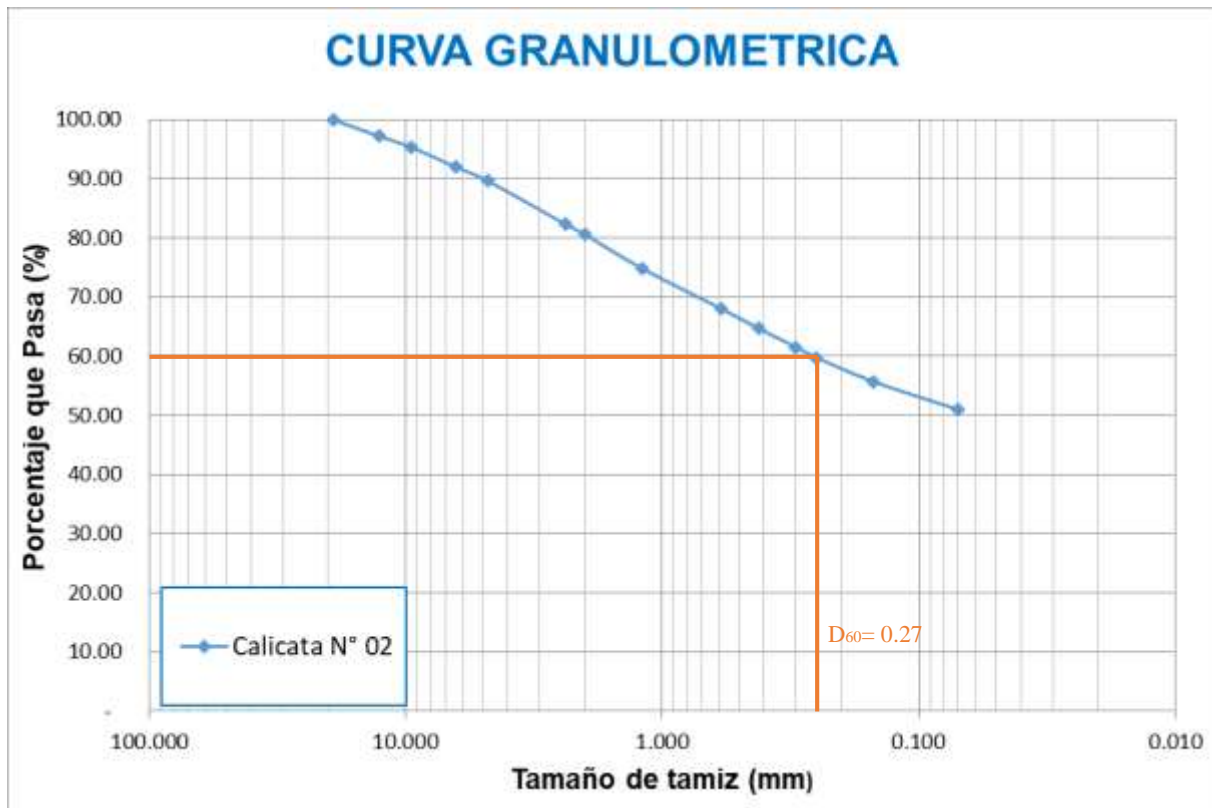
*Procesamiento de datos del Análisis granulométrico de suelos por tamizado (Calicata N°2)*

"LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS"								
"FORMATO"								
"ENSAYO: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO (MTC E 107)"								
"(MTC E-107 / ASTM D-422: Standard Test Method for Particle-size Analysis of Soils. )"								
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"							
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huillca Bach. Hans Cristian Sanchez Viguria							
<b>Ubicación:</b>	Vía Vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	09/11/2022	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>		
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m				Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez	
<b>Tamaño</b>	<b>MALLA</b>	<b>Peso Retenido</b>	<b>Peso</b>	<b>% Retenido</b>	<b>% Que pasa</b>	<b>Calicata N°</b>	<b>02</b>	
<b>Malla</b>	<b>ASTM</b>	<b>(g)</b>	<b>Corregido (g)</b>					
4"	102.40	-	-	-	100.00	Peso de la muestra secada al aire (w)	1918 g	
3"	76.20	-	-	-	100.00			
2 1/2"	63.50	-	-	-	100.00	Peso de la muestra secada al horno (w0)	945 g	
2"	50.60	-	-	-	100.00			
1 1/2"	38.10	-	-	-	100.00	(W-W0)	973 g	
1"	25.40	-	-	-	100.00			
3/4"	19.05	-	-	-	100.00			
1/2"	12.70	52.90	52.92	2.76	97.24			
3/8"	9.53	35.30	35.32	1.84	95.40			
1/4"	6.35	65.20	65.22	3.40	92.00			
N° 4	4.76	45.80	45.82	2.39	89.61			
N° 8	2.38	139.20	139.22	7.26	82.35			
N° 10	2.00	33.20	33.22	1.73	80.62			
N° 16	1.19	111.90	111.92	5.84	74.78			
N° 20	0.84	-	-	-	74.78			
N° 30	0.59	129.00	129.02	6.73	68.06			
N° 40	0.42	64.70	64.72	3.37	64.68			
N° 50	0.30	61.00	61.02	3.18	61.50			
N° 60	0.25	33.50	33.52	1.75	59.75			
N° 80	0.18	-	-	-	59.75			
N° 100	0.15	78.10	78.12	4.07	55.68			
N° 200	0.07	91.30	91.32	4.76	50.92			
Fondo	0	3.60	976.62	50.92	-			
<b>Total</b>		944.70	1918.00	100.00				
<b>Material Perdido</b>		0.30	g					
<b>Porcentaje de perdida</b>		0.03%						



Figura 130

Curva granulométrica Calicata N°02



Nota: Como se ve en la curva granulométrica de la calicata N°02, no presenta coeficiente de uniformidad ni de curvatura. Debido a que no presenta  $D_{10}$  y  $D_{30}$ , por lo tanto, no se pueden calcular estos valores.



**Figura 131**

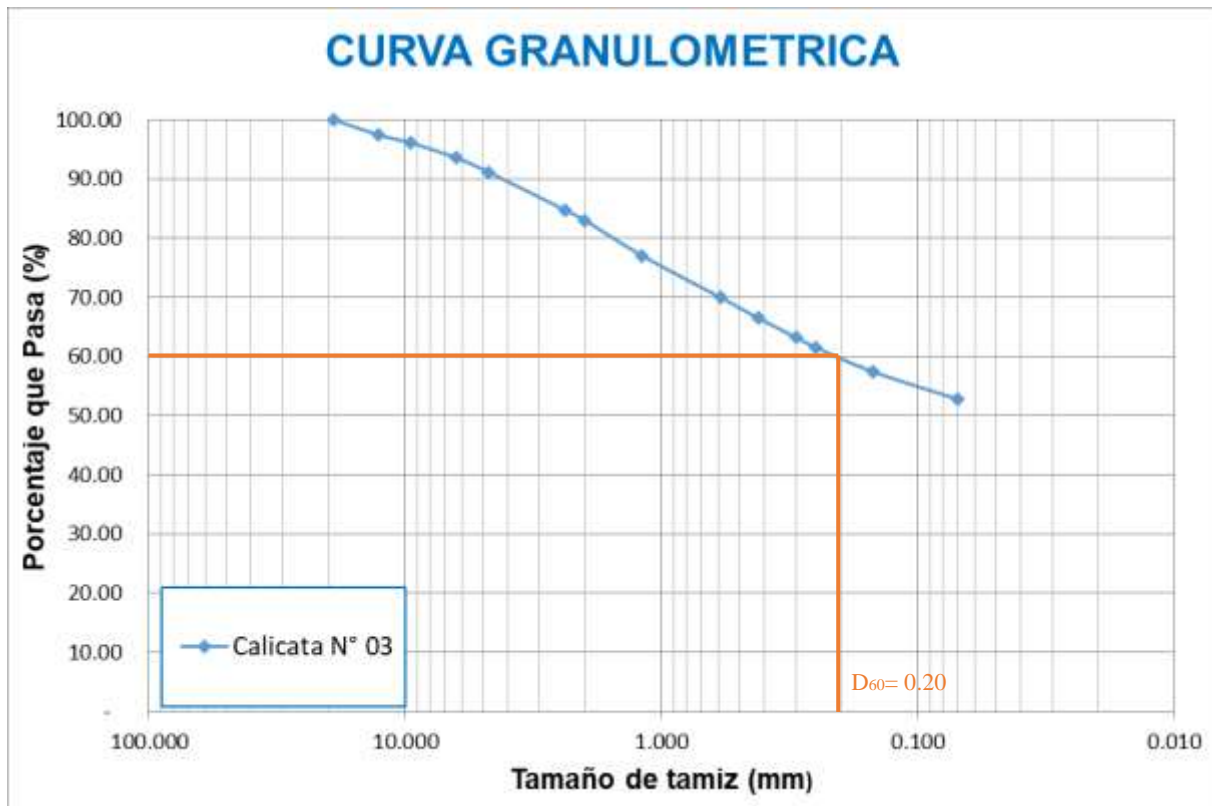
*Procesamiento de datos del Análisis granulométrico de suelos por tamizado (Calicata N°3)*

"LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS"								
"FORMATO"								
"ENSAYO: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO (MTC E 107)"								
"(MTC E-107 / ASTM D-422: Standard Test Method for Particle-size Analysis of Soils. )"								
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAJIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"							
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huillca Bach. Hans Cristian Sanchez Viguria							
<b>Ubicación:</b>	Vía Vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 03	<b>Fecha:</b>	09/11/2022	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>		
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m				Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez	
	Tamaño	MALLA ASTM	Peso Retenido (g)	Peso Corregido (g)	% Retenido	% Que pasa	Calicata N°	03
	Malla							
	4"	102.40	-	-	-	100.00	Peso de la muestra secada al aire (w)	1877.6 g
	3"	76.20	-	-	-	100.00		
	2 1/2"	63.50	-	-	-	100.00	Peso de la muestra secada al horno (w0)	891.1 g
	2"	50.60	-	-	-	100.00		
	1 1/2"	38.10	-	-	-	100.00	(W-W0)	986.5 g
	1"	25.40	-	-	-	100.00		
	3/4"	19.05	-	-	-	100.00		
	1/2"	12.70	48.20	48.24	2.57	97.43		
	3/8"	9.53	25.00	25.04	1.33	96.10		
	1/4"	6.35	47.10	47.14	2.51	93.59		
	N° 4	4.76	45.30	45.34	2.41	91.17		
	N° 8	2.38	121.40	121.44	6.47	84.70		
	N° 10	2.00	32.00	32.04	1.71	83.00		
	N° 16	1.19	113.00	113.04	6.02	76.98		
	N° 20	0.84	-	-	-	76.98		
	N° 30	0.59	132.20	132.24	7.04	69.93		
	N° 40	0.42	65.60	65.64	3.50	66.44		
	N° 50	0.30	60.80	60.84	3.24	63.20		
	N° 60	0.25	32.80	32.84	1.75	61.45		
	N° 80	0.18	-	-	-	61.45		
	N° 100	0.15	76.30	76.34	4.07	57.38		
	N° 200	0.07	87.70	87.74	4.67	52.71		
	Fondo	0	3.10	989.64	52.71	-		
	Total		890.50	1877.60	100.00			
	Material Perdido		0.60	g				
	Porcentaje de perdida		0.07%					



Figura 132

Curva granulométrica Calicata N°03



Nota: Como se ve en la curva granulométrica de la calicata N°03, no presenta coeficiente de uniformidad ni de curvatura. Debido a que no presenta  $D_{10}$  y  $D_{30}$ , por lo tanto, no se pueden calcular estos valores.

### 3.5.3.2.3. Análisis del Ensayo

Como se muestra en las curvas granulométricas de las calicatas 01, 02 y 03 obtenidas del km 03+700 a 04+700 de la vía vecinal 1140 Cusco, podemos afirmar que, para la calicata 01 presenta mayor cantidad de materiales granulares, y una cantidad mínima de material fino que pasa la malla N°200 ya que es solo del 15.59%, mientras que de las calicatas 02 y 03 presentan más material fino pasante por la malla N°200, para estas calicatas fueron de 50.92 % y 52.71 % respectivamente.

Como se vio en la curva granulométrica de las calicatas, podemos apreciar que estas no presentan  $D_{10}$  y  $D_{30}$ , por lo tanto, no se puede determinar el coeficiente de uniformidad ni el coeficiente de curvatura



Para los ensayos futuros se utilizó solo material de la calicata 02, debido a que esta presenta material arcilloso, la calicata 03 tiene material limoso y la calicata 01 material gravoso y arenoso, por este motivo solo se usó el material de la calicata 02.

### 3.5.3.3. Determinación del Límite Líquido

#### 3.5.3.3.1. Procesamiento del ensayo

- Determinación del contenido de Humedad: Al realizar el ensayo en la cuchara de Casagrande los datos se procesaron usando la siguiente fórmula:

$$W = \frac{\text{Peso del Agua}}{\text{Peso del Suelo Seco}} * 100$$
$$W = \frac{PMH - PMS}{PMS - PR} * 100$$

Donde:

W = Contenido de Humedad (%).

PH = Peso de muestra húmeda más recipiente (g).

PP = Peso de muestra secada en horno más recipiente (g).

PR = Peso de recipiente (g).

- Se procede a graficar en las abscisas el número de golpes, determinando el porcentaje de humedad a los 25 golpes cuando este segmento intercepta con la curva de tendencia, gráfica un segmento hacia las ordenadas del porcentaje de humedad (Valor del límite líquido). A la vez para un cálculo más preciso se puede utilizar la ecuación de la recta en función del número de golpes, en la cual simplemente se reemplaza el valor de 25, que permite obtener directamente el valor en porcentaje de humedad del límite líquido.

Los Ensayos fueron realizados en base a el “Manual de Ensayos de Materiales” del ministerio de transportes y comunicaciones 2016 (MTC E-110).



### 3.5.3.3.2. Diagrama del ensayo

Figura 133

Procesamiento de datos para la determinación del límite líquido (Calicata N°1)

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"																																										
"FORMATO"																																										
"ENSAYO: DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS (MTC E 110)"																																										
"(MTC E-110 / NTP 339.129)"																																										
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAJIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"																																									
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huillca Bach. Hans Cristian Sanchez Viguria																																									
<b>Ubicación:</b>	Vía Vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 01	<b>Fecha:</b>	10/11/2022	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>																																				
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822413; NORTE-8507854	<b>Profundidad:</b>	1.50 m			Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">DETERMINACION LIMITE LIQUIDO</th> </tr> <tr> <th>Tara</th> <th>T-01</th> <th>T-02</th> <th>T-03</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso del suelo humedo+Tara (g)</td> <td>23.90</td> <td>26.30</td> <td>24.80</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco+Tara (g)</td> <td>22.40</td> <td>24.90</td> <td>23.10</td> </tr> <tr> <td>Peso de la tara (g)</td> <td>15.80</td> <td>15.70</td> <td>15.60</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco (g)</td> <td>6.60</td> <td>9.20</td> <td>7.50</td> </tr> <tr> <td>Peso de agua (g)</td> <td>1.50</td> <td>1.40</td> <td>1.70</td> </tr> <tr> <td>Contenido de humedad %</td> <td>22.73</td> <td>15.22</td> <td>22.67</td> </tr> <tr> <td>Numero de golpes, N</td> <td>32</td> <td>24</td> <td>16</td> </tr> </tbody> </table>							DETERMINACION LIMITE LIQUIDO				Tara	T-01	T-02	T-03	Peso del suelo humedo+Tara (g)	23.90	26.30	24.80	Peso del suelo seco+Tara (g)	22.40	24.90	23.10	Peso de la tara (g)	15.80	15.70	15.60	Peso del suelo seco (g)	6.60	9.20	7.50	Peso de agua (g)	1.50	1.40	1.70	Contenido de humedad %	22.73	15.22	22.67	Numero de golpes, N	32	24	16
DETERMINACION LIMITE LIQUIDO																																										
Tara	T-01	T-02	T-03																																							
Peso del suelo humedo+Tara (g)	23.90	26.30	24.80																																							
Peso del suelo seco+Tara (g)	22.40	24.90	23.10																																							
Peso de la tara (g)	15.80	15.70	15.60																																							
Peso del suelo seco (g)	6.60	9.20	7.50																																							
Peso de agua (g)	1.50	1.40	1.70																																							
Contenido de humedad %	22.73	15.22	22.67																																							
Numero de golpes, N	32	24	16																																							
<table border="1"> <tr> <td style="width: 50%;">Limite liquido =</td> <td style="width: 50%;">20.11%</td> </tr> </table>							Limite liquido =	20.11%																																		
Limite liquido =	20.11%																																									

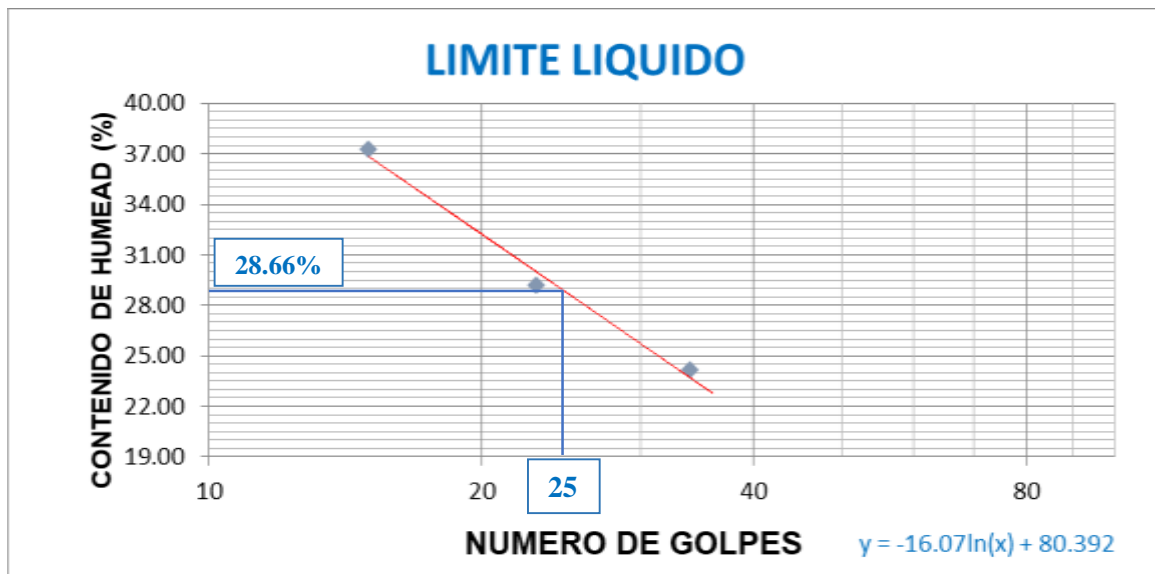




**Figura 134**

*Procesamiento de datos para la determinación del límite líquido (Calicata N°2)*

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"																																										
"FORMATO"																																										
"ENSAYO: DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS (MTC E 110)"																																										
"(MTC E-110 / NTP 339.129)"																																										
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"																																									
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Cristian Sanchez Viguria																																									
<b>Ubicación:</b>	Vía Vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	10/11/2022	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>																																				
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-850775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m			Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">DETERMINACION LIMITE LIQUIDO</th> </tr> <tr> <th>Tara</th> <th>T-01</th> <th>T-02</th> <th>T-03</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso del suelo humedo+Tara (g)</td> <td>23.10</td> <td>25.20</td> <td>22.90</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco+Tara (g)</td> <td>21.70</td> <td>23.10</td> <td>21.00</td> </tr> <tr> <td>Peso de la tara (g)</td> <td>15.90</td> <td>15.90</td> <td>15.90</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco (g)</td> <td>5.80</td> <td>7.20</td> <td>5.10</td> </tr> <tr> <td>Peso de agua (g)</td> <td>1.40</td> <td>2.10</td> <td>1.90</td> </tr> <tr> <td>Contenido de humedad %</td> <td>24.14</td> <td>29.17</td> <td>37.25</td> </tr> <tr> <td>Numero de golpes, N</td> <td>34</td> <td>23</td> <td>15</td> </tr> </tbody> </table>							DETERMINACION LIMITE LIQUIDO				Tara	T-01	T-02	T-03	Peso del suelo humedo+Tara (g)	23.10	25.20	22.90	Peso del suelo seco+Tara (g)	21.70	23.10	21.00	Peso de la tara (g)	15.90	15.90	15.90	Peso del suelo seco (g)	5.80	7.20	5.10	Peso de agua (g)	1.40	2.10	1.90	Contenido de humedad %	24.14	29.17	37.25	Numero de golpes, N	34	23	15
DETERMINACION LIMITE LIQUIDO																																										
Tara	T-01	T-02	T-03																																							
Peso del suelo humedo+Tara (g)	23.10	25.20	22.90																																							
Peso del suelo seco+Tara (g)	21.70	23.10	21.00																																							
Peso de la tara (g)	15.90	15.90	15.90																																							
Peso del suelo seco (g)	5.80	7.20	5.10																																							
Peso de agua (g)	1.40	2.10	1.90																																							
Contenido de humedad %	24.14	29.17	37.25																																							
Numero de golpes, N	34	23	15																																							
<table border="1"> <tr> <td>Limite liquido =</td> <td>28.66%</td> </tr> </table>							Limite liquido =	28.66%																																		
Limite liquido =	28.66%																																									







**Figura 135**

*Procesamiento de datos para la determinación del límite líquido (Calicata N°3)*

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"																																																			
"FORMATO"																																																			
"ENSAYO: DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS (MTC E 110)"																																																			
"(MTC E-110 / NTP 339.129)"																																																			
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAIXIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"																																																		
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Cristian Sanchez Viguria																																																		
<b>Ubicación:</b>	Vía Vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 03	<b>Fecha:</b>	10/11/2022	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>																																													
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m			Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez																																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">DETERMINACION LIMITE LIQUIDO</th> </tr> <tr> <th>Tara</th> <th>T-01</th> <th>T-02</th> <th>T-03</th> <th>T-04</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso del suelo humedo+Tara (g)</td> <td>27.10</td> <td>24.90</td> <td>26.70</td> <td>24.00</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco+Tara (g)</td> <td>24.70</td> <td>23.10</td> <td>24.60</td> <td>22.50</td> </tr> <tr> <td>Peso de la tara (g)</td> <td>15.70</td> <td>16.00</td> <td>16.00</td> <td>15.90</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco (g)</td> <td>9.00</td> <td>7.10</td> <td>8.60</td> <td>6.60</td> </tr> <tr> <td>Peso de agua (g)</td> <td>2.40</td> <td>1.80</td> <td>2.10</td> <td>1.50</td> </tr> <tr> <td>Contenido de humedad %</td> <td>26.67</td> <td>25.35</td> <td>24.42</td> <td>22.73</td> </tr> <tr> <td>Numero de golpes, N</td> <td>16</td> <td>23</td> <td>27</td> <td>38</td> </tr> </tbody> </table>							DETERMINACION LIMITE LIQUIDO					Tara	T-01	T-02	T-03	T-04	Peso del suelo humedo+Tara (g)	27.10	24.90	26.70	24.00	Peso del suelo seco+Tara (g)	24.70	23.10	24.60	22.50	Peso de la tara (g)	15.70	16.00	16.00	15.90	Peso del suelo seco (g)	9.00	7.10	8.60	6.60	Peso de agua (g)	2.40	1.80	2.10	1.50	Contenido de humedad %	26.67	25.35	24.42	22.73	Numero de golpes, N	16	23	27	38
DETERMINACION LIMITE LIQUIDO																																																			
Tara	T-01	T-02	T-03	T-04																																															
Peso del suelo humedo+Tara (g)	27.10	24.90	26.70	24.00																																															
Peso del suelo seco+Tara (g)	24.70	23.10	24.60	22.50																																															
Peso de la tara (g)	15.70	16.00	16.00	15.90																																															
Peso del suelo seco (g)	9.00	7.10	8.60	6.60																																															
Peso de agua (g)	2.40	1.80	2.10	1.50																																															
Contenido de humedad %	26.67	25.35	24.42	22.73																																															
Numero de golpes, N	16	23	27	38																																															
<table border="1"> <tr> <td style="padding: 5px;">Limite liquido =</td> <td style="padding: 5px;">24.75%</td> </tr> </table>							Limite liquido =	24.75%																																											
Limite liquido =	24.75%																																																		

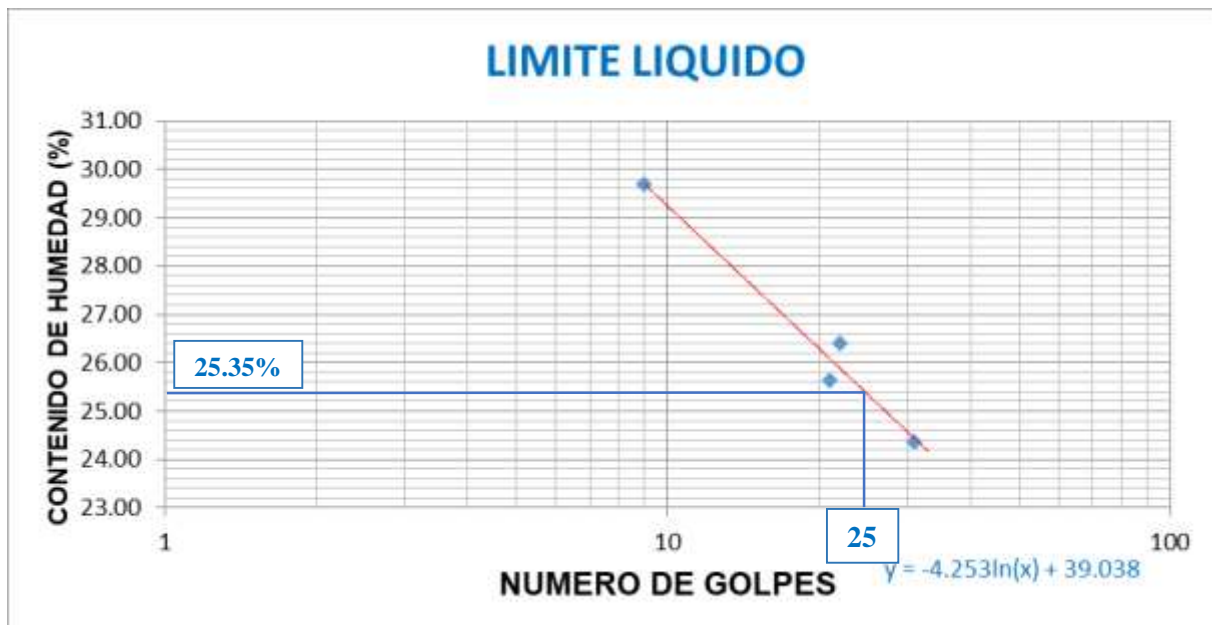




Figura 136

Procesamiento de datos para la determinación del límite líquido (Con 5% de ceniza)

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"																																																			
"FORMATO"																																																			
"ENSAYO: DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS (MTC E 110)"																																																			
"(MTC E-110 / NTP 339.129)"																																																			
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"																																																		
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Cristian Sanchez Viguria																																																		
<b>Ubicación:</b>	Vía Vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	Nº 02	<b>Fecha:</b>	15/03/2023	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>																																													
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE:822559; NORTE:850775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m			Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez																																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">DETERMINACION LIMITE LIQUIDO</th> </tr> <tr> <th>Tara</th> <th>T-01</th> <th>T-02</th> <th>T-03</th> <th>T-04</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso del suelo humedo+Tara (g)</td> <td>58.00</td> <td>60.70</td> <td>55.20</td> <td>59.50</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco+Tara (g)</td> <td>56.10</td> <td>58.70</td> <td>53.80</td> <td>57.60</td> </tr> <tr> <td>Peso de la tara (g)</td> <td>49.70</td> <td>50.90</td> <td>48.50</td> <td>49.80</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco (g)</td> <td>6.40</td> <td>7.80</td> <td>5.30</td> <td>7.80</td> </tr> <tr> <td>Peso de agua (g)</td> <td>1.90</td> <td>2.00</td> <td>1.40</td> <td>1.90</td> </tr> <tr> <td>Contenido de humedad %</td> <td>29.69</td> <td>25.64</td> <td>26.42</td> <td>24.36</td> </tr> <tr> <td>Numero de golpes, N</td> <td>9</td> <td>21</td> <td>22</td> <td>31</td> </tr> </tbody> </table>							DETERMINACION LIMITE LIQUIDO					Tara	T-01	T-02	T-03	T-04	Peso del suelo humedo+Tara (g)	58.00	60.70	55.20	59.50	Peso del suelo seco+Tara (g)	56.10	58.70	53.80	57.60	Peso de la tara (g)	49.70	50.90	48.50	49.80	Peso del suelo seco (g)	6.40	7.80	5.30	7.80	Peso de agua (g)	1.90	2.00	1.40	1.90	Contenido de humedad %	29.69	25.64	26.42	24.36	Numero de golpes, N	9	21	22	31
DETERMINACION LIMITE LIQUIDO																																																			
Tara	T-01	T-02	T-03	T-04																																															
Peso del suelo humedo+Tara (g)	58.00	60.70	55.20	59.50																																															
Peso del suelo seco+Tara (g)	56.10	58.70	53.80	57.60																																															
Peso de la tara (g)	49.70	50.90	48.50	49.80																																															
Peso del suelo seco (g)	6.40	7.80	5.30	7.80																																															
Peso de agua (g)	1.90	2.00	1.40	1.90																																															
Contenido de humedad %	29.69	25.64	26.42	24.36																																															
Numero de golpes, N	9	21	22	31																																															
<table border="1"> <tr> <td style="width: 60%;">Limite liquido =</td> <td>25.35%</td> </tr> </table>							Limite liquido =	25.35%																																											
Limite liquido =	25.35%																																																		

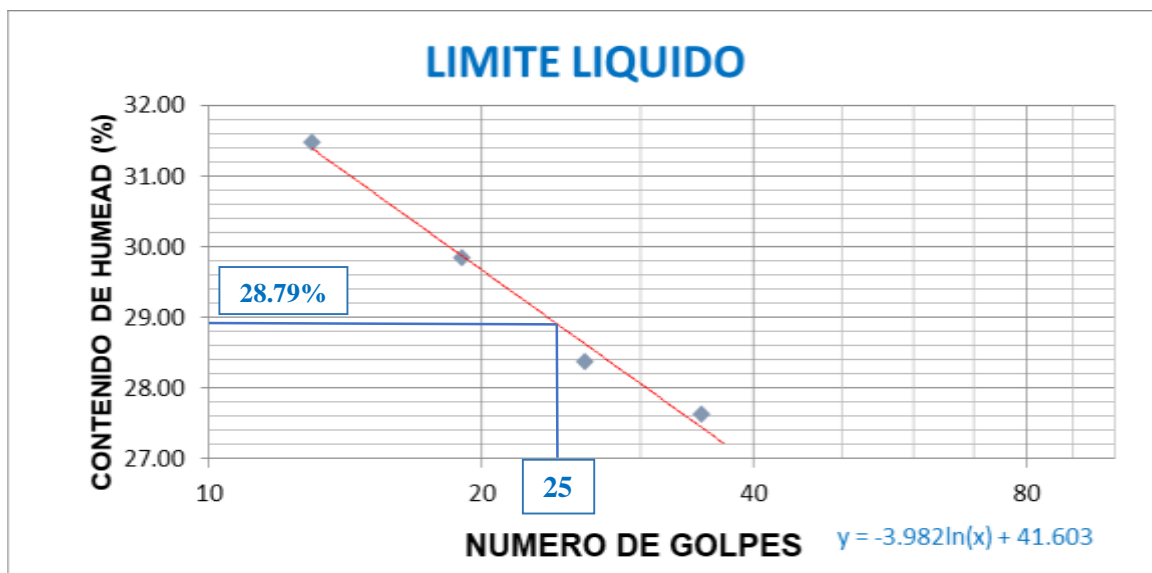




**Figura 137**

*Procesamiento de datos para la determinación del límite líquido (Con 10% de ceniza)*

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"																																																			
"FORMATO"																																																			
"ENSAYO: DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS (MTC E 110)"																																																			
"(MTC E-110 / NTP 339.129)"																																																			
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAIXIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"																																																		
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Cristian Sanchez Viguria																																																		
<b>Ubicación:</b>	Vía Vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	15/03/2023	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>																																													
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-850775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m			Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez																																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">DETERMINACION LIMITE LIQUIDO</th> </tr> <tr> <th>Tara</th> <th>T-01</th> <th>T-02</th> <th>T-03</th> <th>T-04</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso del suelo humedo+Tara (g)</td> <td>44.40</td> <td>46.30</td> <td>46.80</td> <td>47.30</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco+Tara (g)</td> <td>42.70</td> <td>44.30</td> <td>44.70</td> <td>45.20</td> </tr> <tr> <td>Peso de la tara (g)</td> <td>37.30</td> <td>37.60</td> <td>37.30</td> <td>37.60</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco (g)</td> <td>5.40</td> <td>6.70</td> <td>7.40</td> <td>7.60</td> </tr> <tr> <td>Peso de agua (g)</td> <td>1.70</td> <td>2.00</td> <td>2.10</td> <td>2.10</td> </tr> <tr> <td>Contenido de humedad %</td> <td>31.48</td> <td>29.85</td> <td>28.38</td> <td>27.63</td> </tr> <tr> <td>Numero de golpes, N</td> <td>13</td> <td>19</td> <td>26</td> <td>35</td> </tr> </tbody> </table>							DETERMINACION LIMITE LIQUIDO					Tara	T-01	T-02	T-03	T-04	Peso del suelo humedo+Tara (g)	44.40	46.30	46.80	47.30	Peso del suelo seco+Tara (g)	42.70	44.30	44.70	45.20	Peso de la tara (g)	37.30	37.60	37.30	37.60	Peso del suelo seco (g)	5.40	6.70	7.40	7.60	Peso de agua (g)	1.70	2.00	2.10	2.10	Contenido de humedad %	31.48	29.85	28.38	27.63	Numero de golpes, N	13	19	26	35
DETERMINACION LIMITE LIQUIDO																																																			
Tara	T-01	T-02	T-03	T-04																																															
Peso del suelo humedo+Tara (g)	44.40	46.30	46.80	47.30																																															
Peso del suelo seco+Tara (g)	42.70	44.30	44.70	45.20																																															
Peso de la tara (g)	37.30	37.60	37.30	37.60																																															
Peso del suelo seco (g)	5.40	6.70	7.40	7.60																																															
Peso de agua (g)	1.70	2.00	2.10	2.10																																															
Contenido de humedad %	31.48	29.85	28.38	27.63																																															
Numero de golpes, N	13	19	26	35																																															
<table border="1"> <tr> <td>Limite liquido =</td> <td>28.79%</td> </tr> </table>							Limite liquido =	28.79%																																											
Limite liquido =	28.79%																																																		

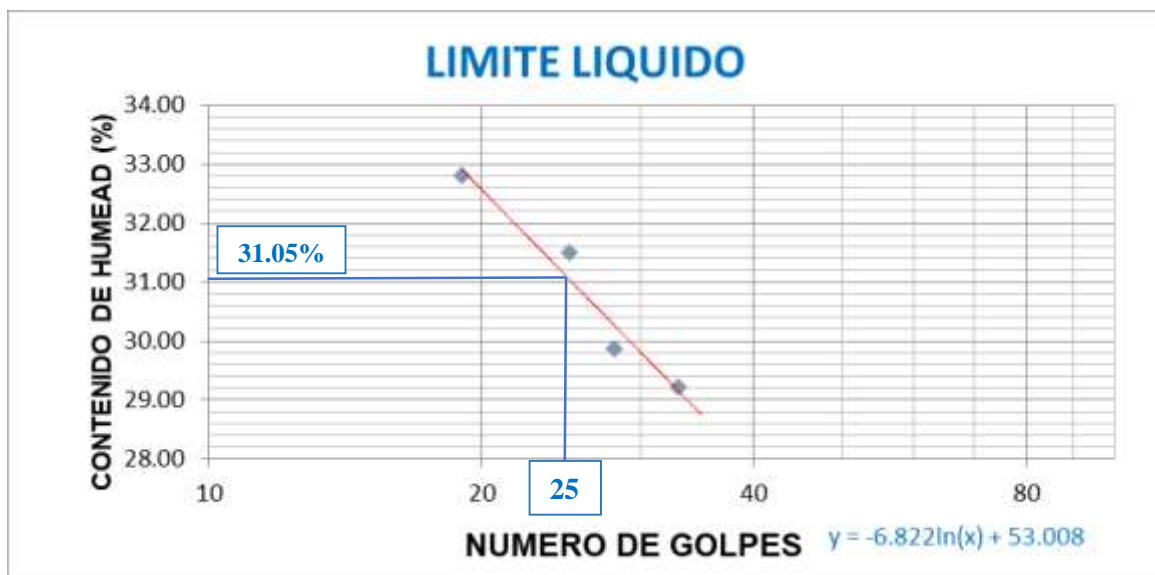




**Figura 138**

*Procesamiento de datos para la determinación del límite líquido (Con 15% de ceniza)*

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"																																																			
"FORMATO"																																																			
"ENSAYO: DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS (MTC E 110)"																																																			
"(MTC E-110 / NTP 339.129)"																																																			
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAIXIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"																																																		
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Cristian Sanchez Viguria																																																		
<b>Ubicación:</b>	Vía Vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	Nº 02	<b>Fecha:</b>	23/02/2023	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>																																													
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m			Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez																																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">DETERMINACION LIMITE LIQUIDO</th> </tr> <tr> <th>Tara</th> <th>T-01</th> <th>T-02</th> <th>T-03</th> <th>T-04</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso del suelo humedo+Tara (g)</td> <td>24.50</td> <td>26.20</td> <td>25.70</td> <td>27.70</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco+Tara (g)</td> <td>22.40</td> <td>23.90</td> <td>23.40</td> <td>25.10</td> </tr> <tr> <td>Peso de la tara (g)</td> <td>16.00</td> <td>16.60</td> <td>15.70</td> <td>16.20</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco (g)</td> <td>6.40</td> <td>7.30</td> <td>7.70</td> <td>8.90</td> </tr> <tr> <td>Peso de agua (g)</td> <td>2.10</td> <td>2.30</td> <td>2.30</td> <td>2.60</td> </tr> <tr> <td>Contenido de humedad %</td> <td>32.81</td> <td>31.51</td> <td>29.87</td> <td>29.21</td> </tr> <tr> <td>Numero de golpes, N</td> <td>19</td> <td>25</td> <td>28</td> <td>33</td> </tr> </tbody> </table>							DETERMINACION LIMITE LIQUIDO					Tara	T-01	T-02	T-03	T-04	Peso del suelo humedo+Tara (g)	24.50	26.20	25.70	27.70	Peso del suelo seco+Tara (g)	22.40	23.90	23.40	25.10	Peso de la tara (g)	16.00	16.60	15.70	16.20	Peso del suelo seco (g)	6.40	7.30	7.70	8.90	Peso de agua (g)	2.10	2.30	2.30	2.60	Contenido de humedad %	32.81	31.51	29.87	29.21	Numero de golpes, N	19	25	28	33
DETERMINACION LIMITE LIQUIDO																																																			
Tara	T-01	T-02	T-03	T-04																																															
Peso del suelo humedo+Tara (g)	24.50	26.20	25.70	27.70																																															
Peso del suelo seco+Tara (g)	22.40	23.90	23.40	25.10																																															
Peso de la tara (g)	16.00	16.60	15.70	16.20																																															
Peso del suelo seco (g)	6.40	7.30	7.70	8.90																																															
Peso de agua (g)	2.10	2.30	2.30	2.60																																															
Contenido de humedad %	32.81	31.51	29.87	29.21																																															
Numero de golpes, N	19	25	28	33																																															
<table border="1"> <tr> <td style="padding: 5px;">Limite liquido =</td> <td style="padding: 5px;">31.05%</td> </tr> </table>							Limite liquido =	31.05%																																											
Limite liquido =	31.05%																																																		

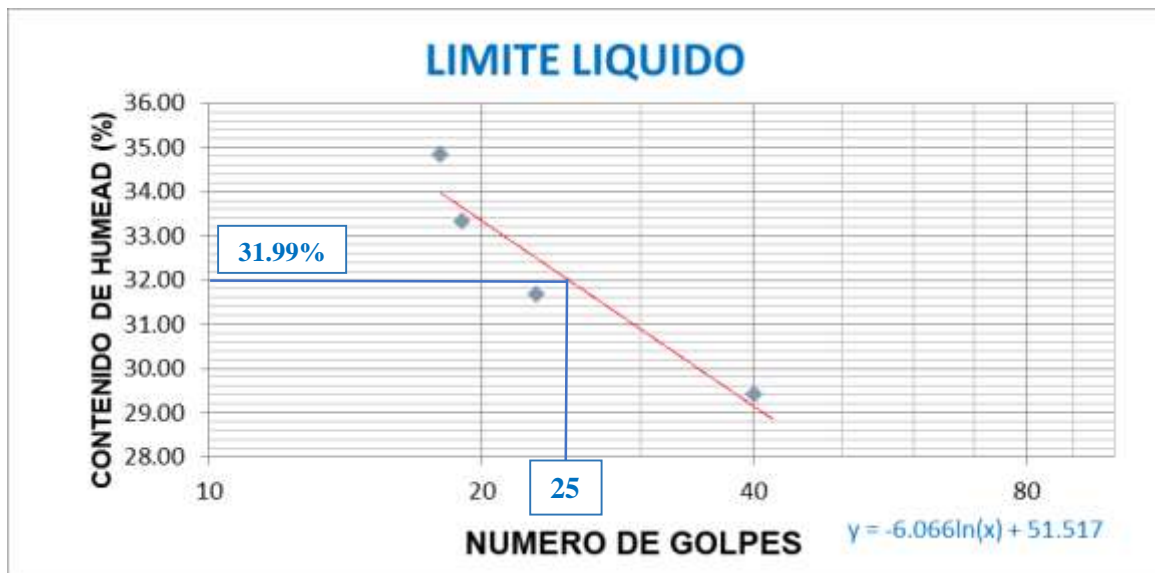




**Figura 139**

*Procesamiento de datos para la determinación del límite líquido (Con 20% de ceniza)*

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"																																																			
"FORMATO"																																																			
"ENSAYO: DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS (MTC E 110)"																																																			
"(MTC E-110 / NTP 339.129)"																																																			
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAIXIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"																																																		
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Cristian Sanchez Viguria																																																		
<b>Ubicación:</b>	Vía Vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	Nº 02	<b>Fecha:</b>	23/02/2023	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>																																													
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m			Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez																																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">DETERMINACION LIMITE LIQUIDO</th> </tr> <tr> <th>Tara</th> <th>T-01</th> <th>T-02</th> <th>T-03</th> <th>T-04</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso del suelo humedo+Tara (g)</td> <td>46.20</td> <td>52.90</td> <td>50.20</td> <td>50.80</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco+Tara (g)</td> <td>43.90</td> <td>49.10</td> <td>47.00</td> <td>47.80</td> </tr> <tr> <td>Peso de la tara (g)</td> <td>37.30</td> <td>37.70</td> <td>36.90</td> <td>37.60</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco (g)</td> <td>6.60</td> <td>11.40</td> <td>10.10</td> <td>10.20</td> </tr> <tr> <td>Peso de agua (g)</td> <td>2.30</td> <td>3.80</td> <td>3.20</td> <td>3.00</td> </tr> <tr> <td>Contenido de humedad %</td> <td>34.85</td> <td>33.33</td> <td>31.68</td> <td>29.41</td> </tr> <tr> <td>Numero de golpes, N</td> <td>18</td> <td>19</td> <td>23</td> <td>40</td> </tr> </tbody> </table>							DETERMINACION LIMITE LIQUIDO					Tara	T-01	T-02	T-03	T-04	Peso del suelo humedo+Tara (g)	46.20	52.90	50.20	50.80	Peso del suelo seco+Tara (g)	43.90	49.10	47.00	47.80	Peso de la tara (g)	37.30	37.70	36.90	37.60	Peso del suelo seco (g)	6.60	11.40	10.10	10.20	Peso de agua (g)	2.30	3.80	3.20	3.00	Contenido de humedad %	34.85	33.33	31.68	29.41	Numero de golpes, N	18	19	23	40
DETERMINACION LIMITE LIQUIDO																																																			
Tara	T-01	T-02	T-03	T-04																																															
Peso del suelo humedo+Tara (g)	46.20	52.90	50.20	50.80																																															
Peso del suelo seco+Tara (g)	43.90	49.10	47.00	47.80																																															
Peso de la tara (g)	37.30	37.70	36.90	37.60																																															
Peso del suelo seco (g)	6.60	11.40	10.10	10.20																																															
Peso de agua (g)	2.30	3.80	3.20	3.00																																															
Contenido de humedad %	34.85	33.33	31.68	29.41																																															
Numero de golpes, N	18	19	23	40																																															
<table border="1"> <tr> <td style="width: 50%;">Limite liquido =</td> <td style="width: 50%;">31.99%</td> </tr> </table>							Limite liquido =	31.99%																																											
Limite liquido =	31.99%																																																		



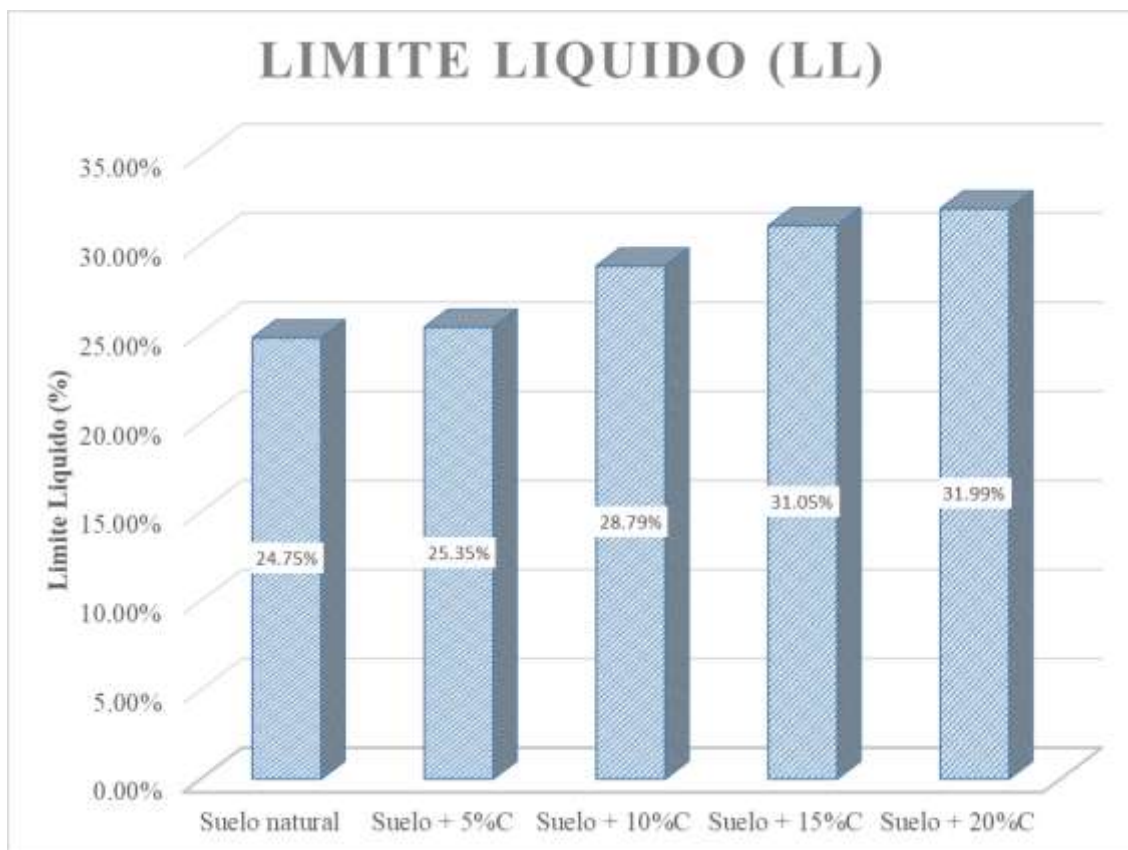


### 3.5.3.3.3. Análisis del Ensayo

Con el ensayo se pudo determinar que el límite líquido del suelo ha ido incrementando a medida que se fue aumentando el porcentaje de adición de ceniza de fondo de horno ladrillero, lo que implica una mejora a la comprensibilidad del suelo, además indica que, a mayor utilización de ceniza, el suelo necesitara de un mayor incremento de contenido de humedad para alcanzar su límite líquido.

**Figura 140**

*Gráfica del resultado del ensayo de Límite Líquido*



Nota: En la figura podemos observar que al ir incrementando el porcentaje de ceniza de fondo el límite líquido también va aumentando en valor.



### 3.5.3.4. Determinación del Límite Plástico e Índice de Plasticidad

#### 3.5.3.4.1. Procesamiento del ensayo

- Contenido de Humedad: se determina mediante la fórmula siguiente.

$$W = \frac{\text{Peso del Agua}}{\text{Peso del Suelo Seco}} * 100$$
$$W = \frac{PMH - PMS}{PMS - PR} * 100$$

Donde:

$W$  = Contenido de Humedad (%).

$PMH$  = Peso de la muestra húmeda más recipiente (g).

$PMS$  = Peso de la muestra seca en horno más recipiente (g).

$PR$  = Peso del recipiente (g).

- Índice de Plasticidad: El índice de plasticidad será la diferencia del Límite Líquido (LL) y el Límite Plástico (LP), este resultado obtenido nos indica cuanta humedad necesita para que el suelo se mantenga en el rango plástico.

$$IP = LL - LP$$

Donde:

$IP$  = Índice de plasticidad.

$LL$  = Límite líquido.

$LP$  = Límite plástico.

Los Ensayos fueron realizados en base a el “Manual de Ensayos de Materiales” del ministerio de transportes y comunicaciones 2016 (MTC E-111).



### 3.5.3.4.2. Diagrama del ensayo

**Figura 141**

*Procesamiento de datos para la determinación del límite plástico e índice de plasticidad (Calicata N°1)*

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"																																						
"FORMATO"																																						
"ENSAYO: DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO (L.P) DE LOS SUELOS E INDICE DE PLASTICIDAD (I.P.) (MTC E 111)"																																						
"(MTC E-111 / NTP 339.129)"																																						
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAXIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"																																					
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huillca Bach. Hans Cristian Sanchez Viguria																																					
<b>Ubicación:</b>	Vía Vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 01	<b>Fecha:</b>	10/11/2022	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>																																
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822413; NORTE-8507854	<b>Profundidad:</b>	1.50 m			Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">DETERMINACION LIMITE PLASTICO</th> </tr> <tr> <th>Tara</th> <th>T-01</th> <th>T-02</th> <th>T-03</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso del suelo humedo+Tara (g)</td> <td>22.60</td> <td>22.30</td> <td>22.30</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco+Tara (g)</td> <td>21.50</td> <td>20.80</td> <td>21.30</td> </tr> <tr> <td>Peso de la tara (g)</td> <td>16.30</td> <td>15.70</td> <td>15.60</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco (g)</td> <td>5.20</td> <td>5.10</td> <td>5.70</td> </tr> <tr> <td>Peso de agua (g)</td> <td>1.10</td> <td>1.50</td> <td>1.00</td> </tr> <tr> <td>Contenido de humedad %</td> <td>21.15</td> <td>29.41</td> <td>17.54</td> </tr> </tbody> </table>							DETERMINACION LIMITE PLASTICO				Tara	T-01	T-02	T-03	Peso del suelo humedo+Tara (g)	22.60	22.30	22.30	Peso del suelo seco+Tara (g)	21.50	20.80	21.30	Peso de la tara (g)	16.30	15.70	15.60	Peso del suelo seco (g)	5.20	5.10	5.70	Peso de agua (g)	1.10	1.50	1.00	Contenido de humedad %	21.15	29.41	17.54
DETERMINACION LIMITE PLASTICO																																						
Tara	T-01	T-02	T-03																																			
Peso del suelo humedo+Tara (g)	22.60	22.30	22.30																																			
Peso del suelo seco+Tara (g)	21.50	20.80	21.30																																			
Peso de la tara (g)	16.30	15.70	15.60																																			
Peso del suelo seco (g)	5.20	5.10	5.70																																			
Peso de agua (g)	1.10	1.50	1.00																																			
Contenido de humedad %	21.15	29.41	17.54																																			
<table border="1"> <tr> <td>Limite Plastico =</td> <td>22.70%</td> </tr> </table>							Limite Plastico =	22.70%																														
Limite Plastico =	22.70%																																					
<table border="1"> <tr> <td>Indice de Plasticidad =</td> <td>-2.59%</td> </tr> </table>							Indice de Plasticidad =	-2.59%																														
Indice de Plasticidad =	-2.59%																																					





**Figura 142**

*Procesamiento de datos para la determinación del límite plástico e índice de plasticidad (Calicata N°2)*

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"																																						
"FORMATO"																																						
"ENSAYO: DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO (L.P) DE LOS SUELOS E INDICE DE PLASTICIDAD (I.P.) (MTC E 111)"																																						
"(MTC E-111 / NTP 339.129)"																																						
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"																																					
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huillca Bach. Hans Cristian Sanchez Viguria																																					
<b>Ubicación:</b>	Vía Vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	10/11/2022	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>																																
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m			Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">DETERMINACION LIMITE PLASTICO</th> </tr> <tr> <th>Tara</th> <th>T-01</th> <th>T-02</th> <th>T-03</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso del suelo humedo+Tara (g)</td> <td>22.40</td> <td>22.60</td> <td>23.10</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco+Tara (g)</td> <td>21.50</td> <td>21.70</td> <td>22.10</td> </tr> <tr> <td>Peso de la tara (g)</td> <td>15.90</td> <td>16.10</td> <td>16.10</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco (g)</td> <td>5.60</td> <td>5.60</td> <td>6.00</td> </tr> <tr> <td>Peso de agua (g)</td> <td>0.90</td> <td>0.90</td> <td>1.00</td> </tr> <tr> <td>Contenido de humedad %</td> <td>16.07</td> <td>16.07</td> <td>16.67</td> </tr> </tbody> </table>							DETERMINACION LIMITE PLASTICO				Tara	T-01	T-02	T-03	Peso del suelo humedo+Tara (g)	22.40	22.60	23.10	Peso del suelo seco+Tara (g)	21.50	21.70	22.10	Peso de la tara (g)	15.90	16.10	16.10	Peso del suelo seco (g)	5.60	5.60	6.00	Peso de agua (g)	0.90	0.90	1.00	Contenido de humedad %	16.07	16.07	16.67
DETERMINACION LIMITE PLASTICO																																						
Tara	T-01	T-02	T-03																																			
Peso del suelo humedo+Tara (g)	22.40	22.60	23.10																																			
Peso del suelo seco+Tara (g)	21.50	21.70	22.10																																			
Peso de la tara (g)	15.90	16.10	16.10																																			
Peso del suelo seco (g)	5.60	5.60	6.00																																			
Peso de agua (g)	0.90	0.90	1.00																																			
Contenido de humedad %	16.07	16.07	16.67																																			
<table border="1"> <tr> <td>Limite Plastico =</td> <td>16.27%</td> </tr> </table>							Limite Plastico =	16.27%																														
Limite Plastico =	16.27%																																					
<table border="1"> <tr> <td>Indice de Plasticidad =</td> <td>12.39%</td> </tr> </table>							Indice de Plasticidad =	12.39%																														
Indice de Plasticidad =	12.39%																																					



**Figura 143**

*Procesamiento de datos para la determinación del límite plástico e índice de plasticidad (Calicata N°3)*

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"																																														
"FORMATO"																																														
"ENSAYO: DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO (L.P) DE LOS SUELOS E INDICE DE PLASTICIDAD (I.P.) (MTC E 111)"																																														
"(MTC E-111 / NTP 339.129)"																																														
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"																																													
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Cristian Sanchez Viguria																																													
<b>Ubicación:</b>	Vía Vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 03	<b>Fecha:</b>	10/11/2022	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>																																								
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m			Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">DETERMINACION LIMITE PLASTICO</th> </tr> <tr> <th>Tara</th> <th>T-01</th> <th>T-02</th> <th>T-03</th> <th>T-04</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso del suelo humedo+Tara (g)</td> <td>18.30</td> <td>18.10</td> <td>19.20</td> <td>20.60</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco+Tara (g)</td> <td>17.90</td> <td>17.80</td> <td>18.80</td> <td>19.90</td> </tr> <tr> <td>Peso de la tara (g)</td> <td>16.00</td> <td>15.90</td> <td>16.00</td> <td>15.80</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco (g)</td> <td>1.90</td> <td>1.90</td> <td>2.80</td> <td>4.10</td> </tr> <tr> <td>Peso de agua (g)</td> <td>0.40</td> <td>0.30</td> <td>0.40</td> <td>0.70</td> </tr> <tr> <td>Contenido de humedad %</td> <td>21.05</td> <td>15.79</td> <td>14.29</td> <td>17.07</td> </tr> </tbody> </table>							DETERMINACION LIMITE PLASTICO					Tara	T-01	T-02	T-03	T-04	Peso del suelo humedo+Tara (g)	18.30	18.10	19.20	20.60	Peso del suelo seco+Tara (g)	17.90	17.80	18.80	19.90	Peso de la tara (g)	16.00	15.90	16.00	15.80	Peso del suelo seco (g)	1.90	1.90	2.80	4.10	Peso de agua (g)	0.40	0.30	0.40	0.70	Contenido de humedad %	21.05	15.79	14.29	17.07
DETERMINACION LIMITE PLASTICO																																														
Tara	T-01	T-02	T-03	T-04																																										
Peso del suelo humedo+Tara (g)	18.30	18.10	19.20	20.60																																										
Peso del suelo seco+Tara (g)	17.90	17.80	18.80	19.90																																										
Peso de la tara (g)	16.00	15.90	16.00	15.80																																										
Peso del suelo seco (g)	1.90	1.90	2.80	4.10																																										
Peso de agua (g)	0.40	0.30	0.40	0.70																																										
Contenido de humedad %	21.05	15.79	14.29	17.07																																										
<table border="1"> <tr> <td>Limite Plastico =</td> <td>17.05%</td> </tr> </table>							Limite Plastico =	17.05%																																						
Limite Plastico =	17.05%																																													
<table border="1"> <tr> <td>Indice de Plasticidad =</td> <td>7.70%</td> </tr> </table>							Indice de Plasticidad =	7.70%																																						
Indice de Plasticidad =	7.70%																																													



**Figura 144**

*Procesamiento de datos para la determinación del límite plástico e índice de plasticidad (Con 5% de ceniza)*

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"																																														
"FORMATO"																																														
"ENSAYO: DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO (L.P) DE LOS SUELOS E INDICE DE PLASTICIDAD (I.P.) (MTC E 111)"																																														
"(MTC E-111 / NTP 339.129)"																																														
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAXIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"																																													
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Cristian Sanchez Viguria																																													
<b>Ubicación:</b>	Vía Vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	15/03/2023	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>																																								
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m			Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">DETERMINACION LIMITE PLASTICO</th> </tr> <tr> <th>Tara</th> <th>T-01</th> <th>T-02</th> <th>T-03</th> <th>T-04</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso del suelo humedo+Tara (g)</td> <td>54.50</td> <td>52.90</td> <td>55.00</td> <td>52.10</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco+Tara (g)</td> <td>53.90</td> <td>52.40</td> <td>54.30</td> <td>51.30</td> </tr> <tr> <td>Peso de la tara (g)</td> <td>50.30</td> <td>49.60</td> <td>50.00</td> <td>47.60</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco (g)</td> <td>3.60</td> <td>2.80</td> <td>4.30</td> <td>3.70</td> </tr> <tr> <td>Peso de agua (g)</td> <td>0.60</td> <td>0.50</td> <td>0.70</td> <td>0.80</td> </tr> <tr> <td>Contenido de humedad %</td> <td>16.67</td> <td>17.86</td> <td>16.28</td> <td>21.62</td> </tr> </tbody> </table>							DETERMINACION LIMITE PLASTICO					Tara	T-01	T-02	T-03	T-04	Peso del suelo humedo+Tara (g)	54.50	52.90	55.00	52.10	Peso del suelo seco+Tara (g)	53.90	52.40	54.30	51.30	Peso de la tara (g)	50.30	49.60	50.00	47.60	Peso del suelo seco (g)	3.60	2.80	4.30	3.70	Peso de agua (g)	0.60	0.50	0.70	0.80	Contenido de humedad %	16.67	17.86	16.28	21.62
DETERMINACION LIMITE PLASTICO																																														
Tara	T-01	T-02	T-03	T-04																																										
Peso del suelo humedo+Tara (g)	54.50	52.90	55.00	52.10																																										
Peso del suelo seco+Tara (g)	53.90	52.40	54.30	51.30																																										
Peso de la tara (g)	50.30	49.60	50.00	47.60																																										
Peso del suelo seco (g)	3.60	2.80	4.30	3.70																																										
Peso de agua (g)	0.60	0.50	0.70	0.80																																										
Contenido de humedad %	16.67	17.86	16.28	21.62																																										
<table border="1"> <tr> <td>Limite Plastico =</td> <td>18.11%</td> </tr> </table>							Limite Plastico =	18.11%																																						
Limite Plastico =	18.11%																																													
<table border="1"> <tr> <td>Indice de Plasticidad =</td> <td>7.24%</td> </tr> </table>							Indice de Plasticidad =	7.24%																																						
Indice de Plasticidad =	7.24%																																													



**Figura 145**

*Procesamiento de datos para la determinación del límite plástico e índice de plasticidad (Con 10% de ceniza)*

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"																																														
"FORMATO"																																														
"ENSAYO: DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO (L.P) DE LOS SUELOS E INDICE DE PLASTICIDAD (I.P.) (MTC E 111)"																																														
"(MTC E-111 / NTP 339.129)"																																														
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAXIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"																																													
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Cristian Sanchez Viguria																																													
<b>Ubicación:</b>	Vía Vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	15/03/2023	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>																																								
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m			Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">DETERMINACION LIMITE PLASTICO</th> </tr> <tr> <th>Tara</th> <th>T-01</th> <th>T-02</th> <th>T-03</th> <th>T-04</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso del suelo humedo+Tara (g)</td> <td>42.80</td> <td>41.30</td> <td>42.30</td> <td>42.00</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco+Tara (g)</td> <td>41.80</td> <td>40.50</td> <td>41.40</td> <td>41.20</td> </tr> <tr> <td>Peso de la tara (g)</td> <td>37.00</td> <td>36.90</td> <td>37.50</td> <td>37.30</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco (g)</td> <td>4.80</td> <td>3.60</td> <td>3.90</td> <td>3.90</td> </tr> <tr> <td>Peso de agua (g)</td> <td>1.00</td> <td>0.80</td> <td>0.90</td> <td>0.80</td> </tr> <tr> <td>Contenido de humedad %</td> <td>20.83</td> <td>22.22</td> <td>23.08</td> <td>20.51</td> </tr> </tbody> </table>							DETERMINACION LIMITE PLASTICO					Tara	T-01	T-02	T-03	T-04	Peso del suelo humedo+Tara (g)	42.80	41.30	42.30	42.00	Peso del suelo seco+Tara (g)	41.80	40.50	41.40	41.20	Peso de la tara (g)	37.00	36.90	37.50	37.30	Peso del suelo seco (g)	4.80	3.60	3.90	3.90	Peso de agua (g)	1.00	0.80	0.90	0.80	Contenido de humedad %	20.83	22.22	23.08	20.51
DETERMINACION LIMITE PLASTICO																																														
Tara	T-01	T-02	T-03	T-04																																										
Peso del suelo humedo+Tara (g)	42.80	41.30	42.30	42.00																																										
Peso del suelo seco+Tara (g)	41.80	40.50	41.40	41.20																																										
Peso de la tara (g)	37.00	36.90	37.50	37.30																																										
Peso del suelo seco (g)	4.80	3.60	3.90	3.90																																										
Peso de agua (g)	1.00	0.80	0.90	0.80																																										
Contenido de humedad %	20.83	22.22	23.08	20.51																																										
<table border="1"> <tr> <td>Limite Plastico =</td> <td>21.66%</td> </tr> </table>							Limite Plastico =	21.66%																																						
Limite Plastico =	21.66%																																													
<table border="1"> <tr> <td>Indice de Plasticidad =</td> <td>7.12%</td> </tr> </table>							Indice de Plasticidad =	7.12%																																						
Indice de Plasticidad =	7.12%																																													



**Figura 146**

*Toma de Datos para la determinación del límite plástico e índice de plasticidad (Con 15% de ceniza)*

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"																																														
"FORMATO"																																														
"ENSAYO: DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO (L.P) DE LOS SUELOS E INDICE DE PLASTICIDAD (I.P.) (MTC E 111)"																																														
"(MTC E-111 / NTP 339.129)"																																														
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAXIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"																																													
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Cristian Sanchez Viguria																																													
<b>Ubicación:</b>	Vía Vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	23/02/2023	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>																																								
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m			Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">DETERMINACION LIMITE PLASTICO</th> </tr> <tr> <th>Tara</th> <th>T-01</th> <th>T-02</th> <th>T-03</th> <th>T-04</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso del suelo humedo+Tara (g)</td> <td>18.90</td> <td>19.50</td> <td>19.80</td> <td>19.60</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco+Tara (g)</td> <td>18.30</td> <td>18.80</td> <td>19.10</td> <td>18.90</td> </tr> <tr> <td>Peso de la tara (g)</td> <td>15.90</td> <td>15.90</td> <td>15.80</td> <td>16.20</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco (g)</td> <td>2.40</td> <td>2.90</td> <td>3.30</td> <td>2.70</td> </tr> <tr> <td>Peso de agua (g)</td> <td>0.60</td> <td>0.70</td> <td>0.70</td> <td>0.70</td> </tr> <tr> <td>Contenido de humedad %</td> <td>25.00</td> <td>24.14</td> <td>21.21</td> <td>25.93</td> </tr> </tbody> </table>							DETERMINACION LIMITE PLASTICO					Tara	T-01	T-02	T-03	T-04	Peso del suelo humedo+Tara (g)	18.90	19.50	19.80	19.60	Peso del suelo seco+Tara (g)	18.30	18.80	19.10	18.90	Peso de la tara (g)	15.90	15.90	15.80	16.20	Peso del suelo seco (g)	2.40	2.90	3.30	2.70	Peso de agua (g)	0.60	0.70	0.70	0.70	Contenido de humedad %	25.00	24.14	21.21	25.93
DETERMINACION LIMITE PLASTICO																																														
Tara	T-01	T-02	T-03	T-04																																										
Peso del suelo humedo+Tara (g)	18.90	19.50	19.80	19.60																																										
Peso del suelo seco+Tara (g)	18.30	18.80	19.10	18.90																																										
Peso de la tara (g)	15.90	15.90	15.80	16.20																																										
Peso del suelo seco (g)	2.40	2.90	3.30	2.70																																										
Peso de agua (g)	0.60	0.70	0.70	0.70																																										
Contenido de humedad %	25.00	24.14	21.21	25.93																																										
<table border="1"> <tr> <td>Limite Plastico =</td> <td>24.07%</td> </tr> </table>							Limite Plastico =	24.07%																																						
Limite Plastico =	24.07%																																													
<table border="1"> <tr> <td>Indice de Plasticidad =</td> <td>6.98%</td> </tr> </table>							Indice de Plasticidad =	6.98%																																						
Indice de Plasticidad =	6.98%																																													



**Figura 147**

*Toma de Datos para la determinación del límite plástico e índice de plasticidad (Con 20% de ceniza)*

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"																																														
"FORMATO"																																														
"ENSAYO: DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO (L.P) DE LOS SUELOS E INDICE DE PLASTICIDAD (I.P.) (MTC E 111)"																																														
"(MTC E-111 / NTP 339.129)"																																														
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"																																													
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Cristian Sanchez Viguria																																													
<b>Ubicación:</b>	Vía Vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	23/02/2023	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>																																								
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m			Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">DETERMINACION LIMITE PLASTICO</th> </tr> <tr> <th>Tara</th> <th>T-01</th> <th>T-02</th> <th>T-03</th> <th>T-04</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso del suelo humedo+Tara (g)</td> <td>42.10</td> <td>42.80</td> <td>40.50</td> <td>40.30</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco+Tara (g)</td> <td>41.10</td> <td>41.70</td> <td>39.70</td> <td>39.60</td> </tr> <tr> <td>Peso de la tara (g)</td> <td>37.50</td> <td>37.60</td> <td>36.80</td> <td>37.00</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco (g)</td> <td>3.60</td> <td>4.10</td> <td>2.90</td> <td>2.60</td> </tr> <tr> <td>Peso de agua (g)</td> <td>1.00</td> <td>1.10</td> <td>0.80</td> <td>0.70</td> </tr> <tr> <td>Contenido de humedad %</td> <td>27.78</td> <td>26.83</td> <td>27.59</td> <td>26.92</td> </tr> </tbody> </table>							DETERMINACION LIMITE PLASTICO					Tara	T-01	T-02	T-03	T-04	Peso del suelo humedo+Tara (g)	42.10	42.80	40.50	40.30	Peso del suelo seco+Tara (g)	41.10	41.70	39.70	39.60	Peso de la tara (g)	37.50	37.60	36.80	37.00	Peso del suelo seco (g)	3.60	4.10	2.90	2.60	Peso de agua (g)	1.00	1.10	0.80	0.70	Contenido de humedad %	27.78	26.83	27.59	26.92
DETERMINACION LIMITE PLASTICO																																														
Tara	T-01	T-02	T-03	T-04																																										
Peso del suelo humedo+Tara (g)	42.10	42.80	40.50	40.30																																										
Peso del suelo seco+Tara (g)	41.10	41.70	39.70	39.60																																										
Peso de la tara (g)	37.50	37.60	36.80	37.00																																										
Peso del suelo seco (g)	3.60	4.10	2.90	2.60																																										
Peso de agua (g)	1.00	1.10	0.80	0.70																																										
Contenido de humedad %	27.78	26.83	27.59	26.92																																										
<table border="1"> <tr> <td>Limite Plastico =</td> <td>27.28%</td> </tr> </table>							Limite Plastico =	27.28%																																						
Limite Plastico =	27.28%																																													
<table border="1"> <tr> <td>Indice de Plasticidad =</td> <td>4.71%</td> </tr> </table>							Indice de Plasticidad =	4.71%																																						
Indice de Plasticidad =	4.71%																																													

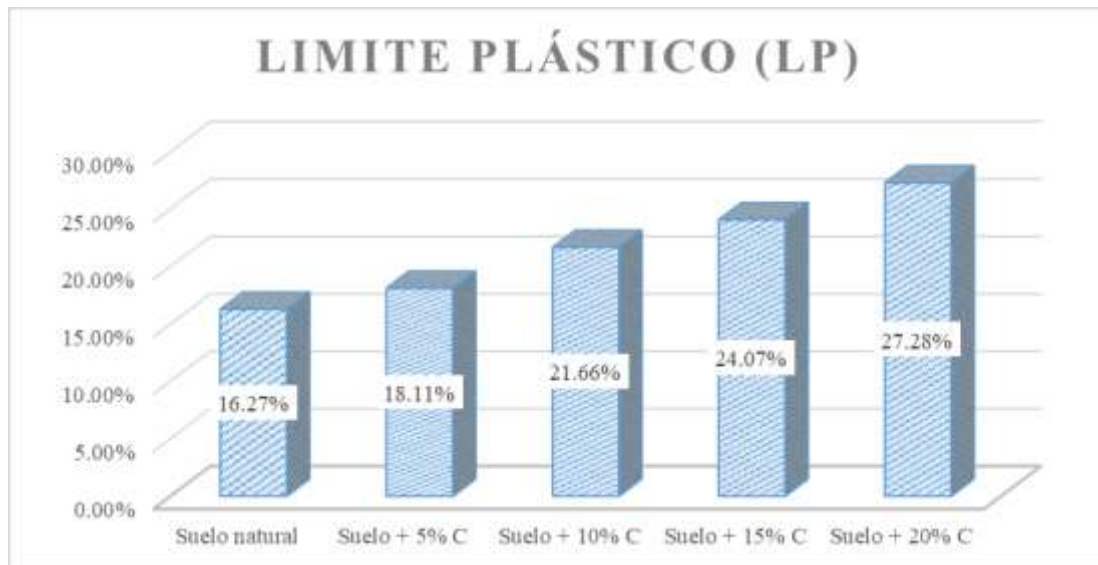
### 3.5.3.4.3. Análisis del Ensayo

Se puede ver según los resultados obtenidos de los ensayos, que al ir incrementando la ceniza de fondo de ladrillera la plasticidad ha ido aumentando, lo que podemos traducir como una mejora a la comprensibilidad del suelo, además de que el límite plástico influye de manera directa con el índice de plasticidad



**Figura 148**

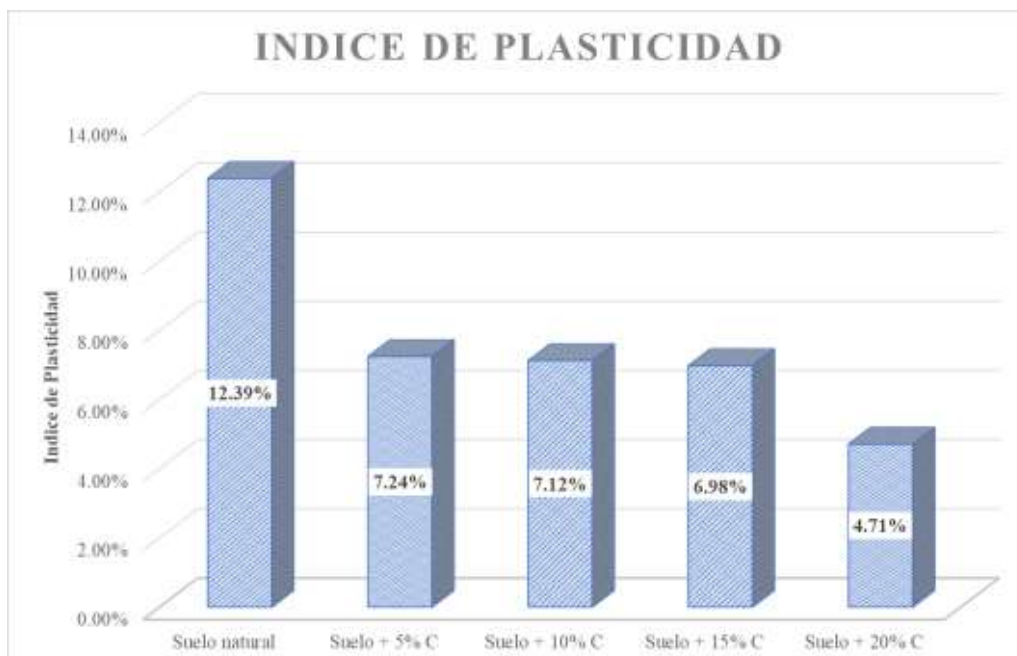
*Gráfica del resultado del ensayo de Límite Plástico*



Nota: En la figura podemos observar que al ir incrementando el porcentaje de ceniza de fondo el límite plástico de igual manera va aumentando.

**Figura 149**

*Gráfica del resultado del Índice de Plasticidad*



Nota: Se muestra la disminución del Índice de Plasticidad a medida que se aumenta el porcentaje de ceniza de fondo.



### 3.5.3.5. Compactación de suelos (Proctor modificado)

#### 3.5.3.5.1. Procesamiento del ensayo

- Contenido de Humedad: se determina mediante la fórmula siguiente.

$$W = \frac{\text{Peso del Agua}}{\text{Peso del Suelo Seco}} * 100$$
$$W = \frac{PMH - PMS}{PMS - PR} * 100$$

Donde:

$W$  = Contenido de Humedad (%).

$PMH$  = Peso de la muestra húmeda más recipiente (g).

$PMS$  = Peso de la muestra seca en horno más recipiente (g).

$PR$  = Peso del recipiente (g).

- Densidad Húmeda: sirve para determinar la densidad de los especímenes antes de ser secados, en estado húmedo, se usa la siguiente fórmula para calcular:

$$\rho_m = \left( \frac{1}{VM} \right) * PMH$$

Donde:

$\rho_m$  = Densidad Húmeda (g/cm<sup>3</sup>).

$VM$  = Volumen del molde (cm<sup>3</sup>).

$PMH$  = Peso de la muestra Húmeda (g).

- Densidad seca:

$$\rho_d = \left( \frac{100 * \rho_m}{100 + W} \right)$$

Donde:

$\rho_d$  = Densidad Seca (g/cm<sup>3</sup>).

$\rho_m$  = Densidad Húmeda (g/cm<sup>3</sup>).

$W$  = Contenido de Humedad (%).

Para poder graficar la curva de tendencia se tomaron para las densidades secas en el eje “Y” y al contenido de humedad en el eje “X”, con la finalidad de determinar la Densidad Máxima Seca y el Contenido de Humedad Óptimo para nuestro suelo.

Los Ensayos fueron realizados en base a el “Manual de Ensayos de Materiales” del ministerio de transportes y comunicaciones 2016 (MTC E-115).





### 3.5.3.5.2. Diagrama del ensayo

Figura 150

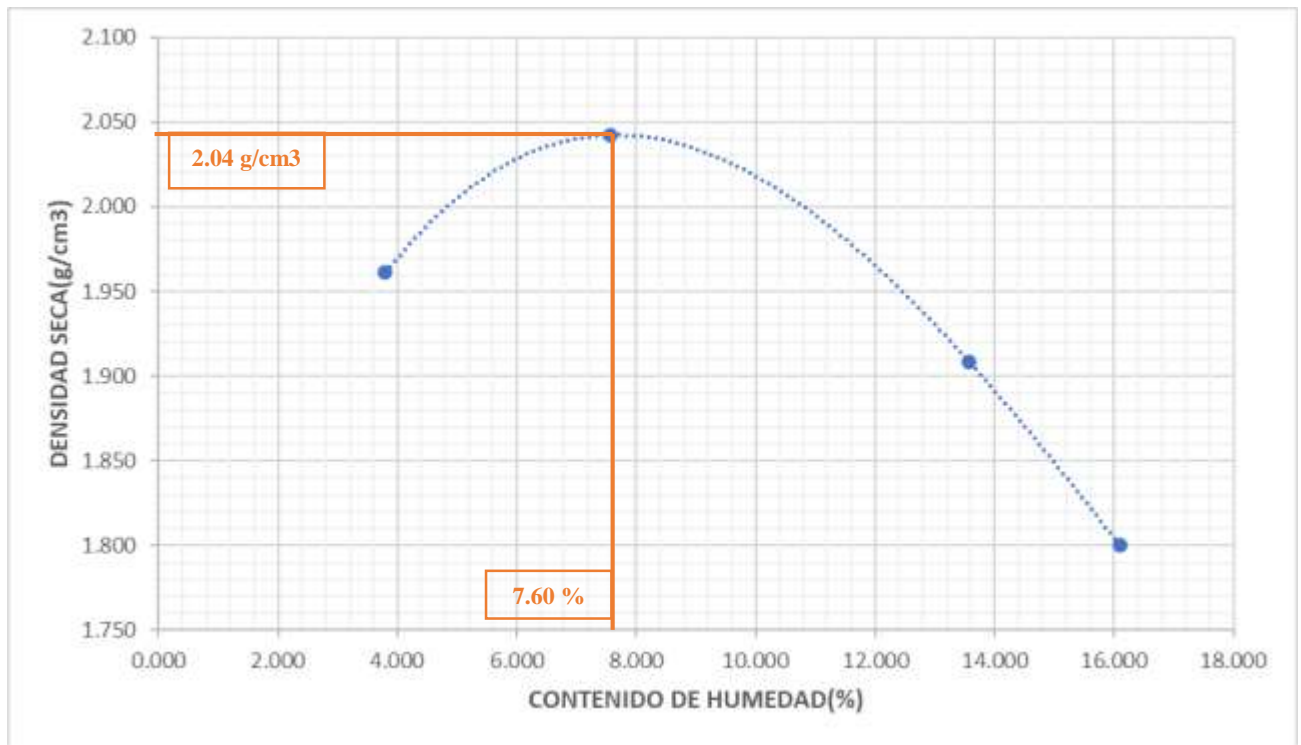
Procesamiento de datos para la determinación del CHO y Densidad Máxima seca (Suelo natural)

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"										
"FORMATO"										
"ENSAYO: COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA (PROCTOR MODIFICADO) (MTC E 115)"										
"(MTC E-115/ NTP 339.129)"										
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAJIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"									
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Sanchez Viguria									
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	Nº 02	<b>Fecha:</b>	06/03/2023	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>				
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m				Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez			
<b>Descripción:</b>	Suelo Natural	<b>Nro de molde:</b>	I	<b>Peso de ceniza:</b>	0 g					
<b>Nro de capas:</b>	5	<b>Metodo de compact.</b>	A	<b>Peso total:</b>	2200 g					
<b>Nro de Golpes:</b>	25	<b>Peso de suelo suelto:</b>	2200 g							
<b>ENSAYO N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>					
Peso de muestra humeda +Molde(g)	6180.6	6333.6	6305.6	6232.1	-					
Peso de molde (g)	4251.4	4251.4	4251.4	4251.4	-					
Peso de muestra humeda (g)	1929.2	2082.2	2054.2	1980.7	-					
Volumen de molde (cm <sup>3</sup> )	947.746	947.746	947.746	947.746	-					
Densidad humeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.036	2.197	2.167	2.090	-					
Recipiente metalico N°	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
Peso de muestra humeda+Tara(g)	85.2	111.1	93.5	97.2	149.6	163	173.7	161.5	-	-
Peso de muestra seca+ Tara(g)	83.7	109.2	90.3	94	137.7	149.3	156.5	145.7	-	-
Peso del agua(g)	1.5	1.9	3.2	3.2	11.9	13.7	17.2	15.8	-	-
Peso de la Tara(g)	49.9	49.1	49.8	49.8	48.8	49.8	47.5	49.4	-	-
Peso de muestra seca (g)	33.8	60.1	40.5	44.2	88.9	99.5	109	96.3	-	-
Contenido de humedad(%)	4.438	3.161	7.901	7.240	13.386	13.769	15.780	16.407	-	-
Contenido de humedad promedio(%)	3.800		7.571		13.577		16.093			
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.961		2.042		1.908		1.800			
<b>RESULTADOS</b>	Densidad Maxima seca(DMS)			2.04	g/cm <sup>3</sup>					
	Contenido de Humedads Optimo(CHO)			7.60	%					



**Figura 151**

*Curva de compactación de Proctor Modificado para un Suelo Natural*



Nota: La curva se obtiene en base a los datos obtenidos del ensayo de Proctor Modificado, con esta curva se obtiene la densidad máxima seca a la que llega el suelo natural, añadido con distintos porcentajes de agua, por lo que también podremos determinar el porcentaje óptimo de humedad.



**Figura 152**

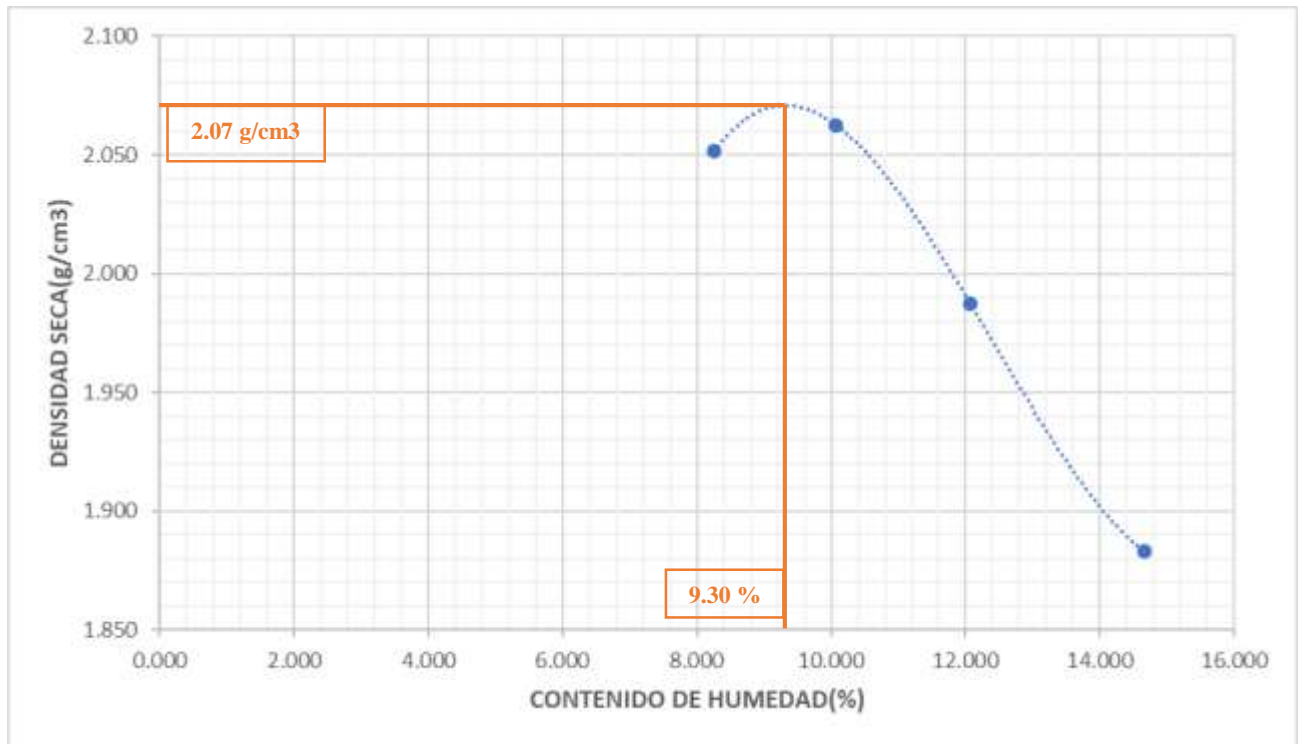
*Procesamiento de datos para la determinación del CHO y Densidad Máxima seca (Con 5% de ceniza)*

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"											
"FORMATO"											
"ENSAYO: COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA (PROCTOR MODIFICADO) (MTC E 115)"											
"(MTC E-115/ NTP 339.129)"											
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAIXIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"										
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Sanchez Viguria										
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	Nº 02	<b>Fecha:</b>	07/03/2023	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>					
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM:ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m				Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez				
<b>Descripcion:</b>	Suelo Natural+Ceniza 5%	<b>Nro de molde:</b>	II	<b>Peso de ceniza:</b>	105 g						
<b>Nro de capas:</b>	5	<b>Metodo de compact.</b>	A	<b>Peso total:</b>	2205 g						
<b>Nro de Golpes:</b>	25	<b>Peso de suelo suelto:</b>	2100 g								
<b>ENSAYO N°</b>	<b>1</b>		<b>2</b>		<b>3</b>		<b>4</b>		<b>5</b>		
Peso de muestra humeda +Molde(g)	6226.7		6273.7		6232.9		6168.3		-		
Peso de molde (g)	4122.1		4122.1		4122.1		4122.1		-		
Peso de muestra humeda (g)	2104.6		2151.6		2110.8		2046.2				
Volumen de molde (cm <sup>3</sup> )	947.746		947.746		947.746		947.746		-		
Densidad humeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.221		2.270		2.227		2.159				
<b>Recipiente metalico N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	
Peso de muestra humeda+Tara(g)	90.1	37.9	48.1	44.6	61.7	49.4	48.7	44.9	-	-	
Peso de muestra seca+ Tara(g)	85.8	36.3	45.1	42	56.9	45.7	44.4	41.3	-	-	
Peso del agua(g)	4.3	1.6	3	2.6	4.8	3.7	4.3	3.6			
Peso de la Tara(g)	37	15.5	15.7	15.8	16.1	15.8	15.9	16	-	-	
Peso de muestra seca (g)	48.8	20.8	29.4	26.2	40.8	29.9	28.5	25.3			
Contenido de humedad(%)	8.811	7.692	10.204	9.924	11.765	12.375	15.088	14.229			
Contenido de humedad promedio(%)	8.252		10.064		12.070		14.658				
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.051		2.063		1.987		1.883				
<b>RESULTADOS</b>	Densidad Maxima seca(DMS)				2.07	g/cm <sup>3</sup>					
	Contenido de Humedads Optimo(CHO)				9.30	%					



**Figura 153**

*Curva de compactación de Proctor Modificado para un Suelo con adición del 5% de ceniza*



Nota: La curva se obtiene en base a los datos obtenidos del ensayo de Proctor Modificado, con esta curva se obtiene la densidad máxima seca a la que llega el suelo adicionado con 5% de ceniza de fondo de ladrillera, añadido con distintos porcentajes de agua, por lo que también podremos determinar el porcentaje óptimo de humedad.



**Figura 154**

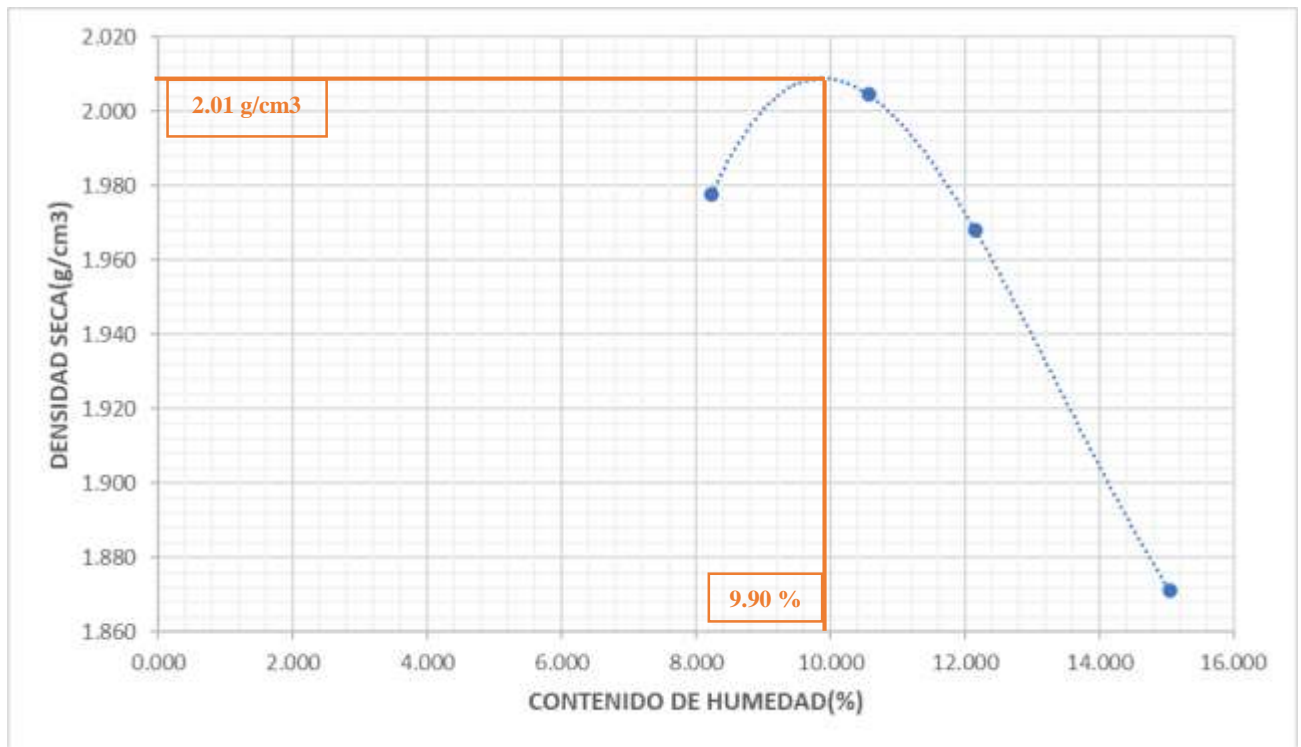
*Procesamiento de datos para la determinación del CHO y Densidad Máxima seca (Con 10% de ceniza)*

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"										
"FORMATO"										
"ENSAYO: COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA (PROCTOR MODIFICADO) (MTC E 115)"										
"(MTC E-115/ NTP 339.129)"										
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAIXIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"									
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Sanchez Viguria									
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	13/03/2023	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>				
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM:ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m				Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez			
<b>Descripcion:</b>	Suelo Natural+Ceniza 10%	<b>Nro de molde:</b>	II	<b>Peso de ceniza:</b>	200 g					
<b>Nro de capas:</b>	5	<b>Metodo de compact.</b>	A	<b>Peso total:</b>	2200 g					
<b>Nro de Golpes:</b>	25	<b>Peso de suelo suelto:</b>	2000 g							
<b>ENSAYO N°</b>	<b>1</b>		<b>2</b>		<b>3</b>		<b>4</b>		<b>5</b>	
Peso de muestra humeda +Molde(g)	6150.7		6222.6		6214.1		6162.5		-	
Peso de molde (g)	4122.1		4122.1		4122.1		4122.1		-	
Peso de muestra humeda (g)	2028.6		2100.5		2092		2040.4			
Volumen de molde (cm <sup>3</sup> )	947.746		947.746		947.746		947.746		-	
Densidad humeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.140		2.216		2.207		2.153			
<b>Recipiente metalico N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
Peso de muestra humeda+Tara(g)	80.3	80.8	88.3	76	86.9	101.4	92.6	93.4	-	-
Peso de muestra seca+ Tara(g)	75.8	76.3	81.9	70.8	79.8	92.7	83.1	84.2	-	-
Peso del agua(g)	4.5	4.5	6.4	5.2	7.1	8.7	9.5	9.2		
Peso de la Tara(g)	21.5	21.3	21.2	21.7	21.3	21.3	21.9	21.1	-	-
Peso de muestra seca (g)	54.3	55	60.7	49.1	58.5	71.4	61.2	63.1		
Contenido de humedad(%)	8.287	8.182	10.544	10.591	12.137	12.185	15.523	14.580		
Contenido de humedad promedio(%)	8.235		10.567		12.161		15.051			
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.978		2.004		1.968		1.871			
<b>RESULTADOS</b>	Densidad Maxima seca(DMS)				2.01	g/cm <sup>3</sup>				
	Contenido de Humedads Optimo(CHO)				9.90	%				



**Figura 155**

*Curva de compactación de Proctor Modificado para un Suelo con adición del 10% de ceniza*



Nota: La curva se obtiene en base a los datos obtenidos del ensayo de Proctor Modificado, con esta curva se obtiene la densidad máxima seca a la que llega el suelo adicionado con 10% de ceniza de fondo de ladrillera, añadido con distintos porcentajes de agua, por lo que también podremos determinar el porcentaje óptimo de humedad.



**Figura 156**

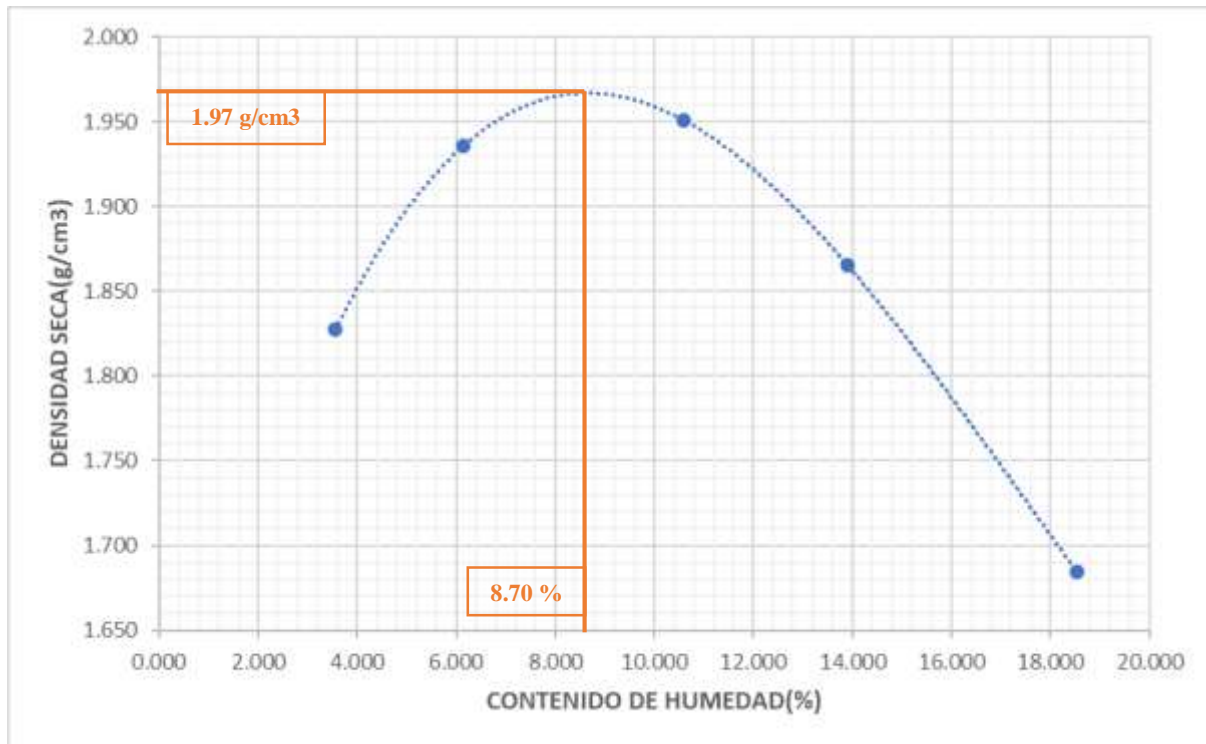
*Procesamiento de datos para la determinación del CHO y Densidad Máxima seca (Con 15% de ceniza)*

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"										
"FORMATO"										
"ENSAYO: COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA (PROCTOR MODIFICADO) (MTC E 115)"										
"(MTC E-115/ NTP 339.129)"										
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAIXIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"									
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Sanchez Viguria									
<b>Ubicación:</b>	Vía vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	13/03/2023	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>				
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM:ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m			Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez				
<b>Descripcion:</b>	Suelo Natural+Ceniza 15%	<b>Nro de molde:</b>	III	<b>Peso de ceniza:</b>	300 g					
<b>Nro de capas:</b>	5	<b>Metodo de compact.</b>	A	<b>Peso total:</b>	2300 g					
<b>Nro de Golpes:</b>	25	<b>Peso de suelo suelto:</b>	2000 g							
<b>ENSAYO N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>					
Peso de muestra humeda +Molde(g)	6044.4	6198.2	6295.6	6264.5	6143.2					
Peso de molde (g)	4250.8	4250.8	4250.8	4250.8	4250.8					
Peso de muestra humeda (g)	1793.6	1947.4	2044.8	2013.7	1892.4					
Volumen de molde (cm <sup>3</sup> )	947.746	947.746	947.746	947.746	947.746					
Densidad humeda (g/cm <sup>3</sup> )	1.892	2.055	2.158	2.125	1.997					
<b>Recipiente metalico N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
Peso de muestra humeda+Tara(g)	100.1	97.7	103.2	94.5	104.7	118.7	137.1	122.1	147.9	168.3
Peso de muestra seca+ Tara(g)	98.3	96.1	100	92	99.6	111.8	126.1	113.3	132.6	149.7
Peso del agua(g)	1.8	1.6	3.2	2.5	5.1	6.9	11	8.8	15.3	18.6
Peso de la Tara(g)	49.9	49.1	49.8	49.8	48.8	49.8	47.6	49.4	49.8	49.7
Peso de muestra seca (g)	48.4	47	50.2	42.2	50.8	62	78.5	63.9	82.8	100
Contenido de humedad(%)	3.719	3.404	6.375	5.924	10.039	11.129	14.013	13.772	18.478	18.600
Contenido de humedad promedio(%)	3.562		6.149		10.584		13.892		18.539	
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.827		1.936		1.951		1.866		1.684	
<b>RESULTADOS</b>	Densidad Maxima seca(DMS)			1.97	g/cm <sup>3</sup>					
	Contenido de Humedads Optimo(CHO)			8.70	%					



Figura 157

Curva de compactación de Proctor Modificado para un Suelo con adición del 15% de ceniza



Nota: La curva se obtiene en base a los datos obtenidos del ensayo de Proctor Modificado, con esta curva se obtiene la densidad máxima seca a la que llega el suelo adicionado con 15% de ceniza de fondo de ladrillera, añadido con distintos porcentajes de agua, por lo que también podremos determinar el porcentaje óptimo de humedad.





**Figura 158**

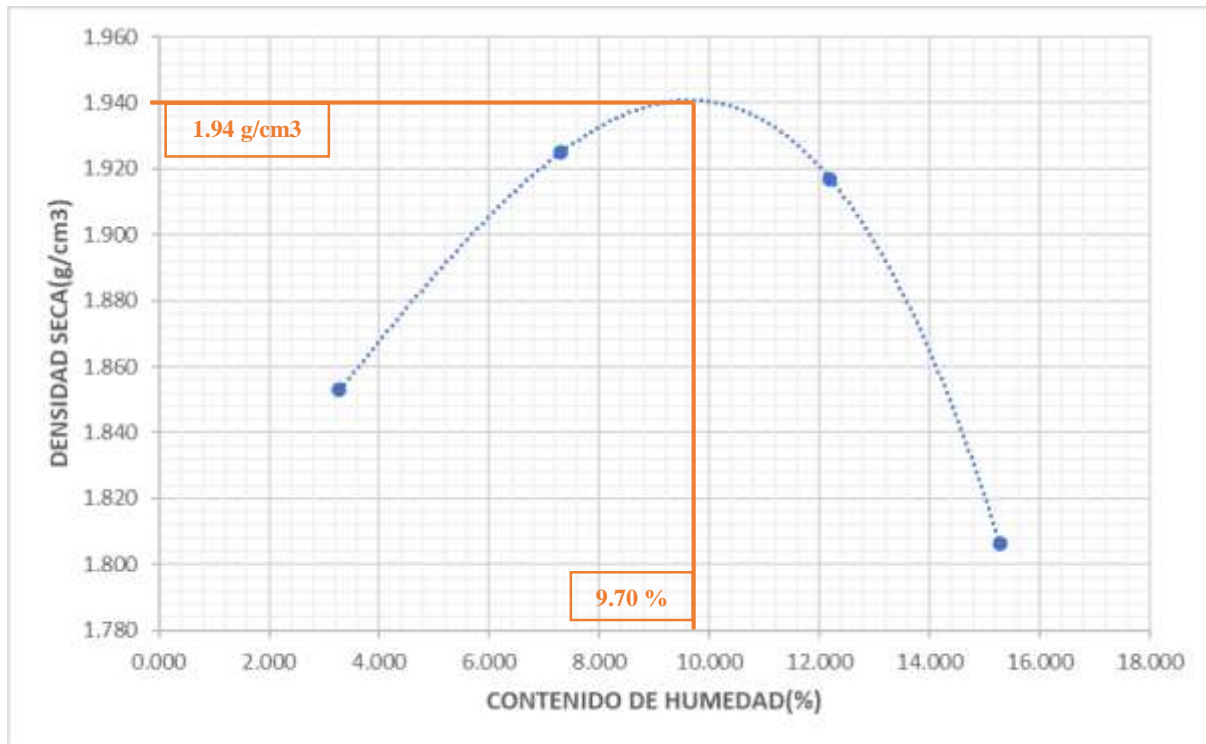
*Procesamiento de datos para la determinación del CHO y Densidad Máxima seca (Con 20% de ceniza)*

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"										
"FORMATO"										
"ENSAYO: COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA (PROCTOR MODIFICADO) (MTC E 115)"										
"(MTC E-115/ NTP 339.129)"										
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"									
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Sanchez Viguria									
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	Nº 02	<b>Fecha:</b>	08/03/2023	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>				
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM:ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m				Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez			
<b>Descripcion:</b>	Suelo Natural+Ceniza 20%	<b>Nro de molde:</b>	IV	<b>Peso de ceniza:</b>			308 g			
<b>Nro de capas:</b>	5	<b>Metodo de compact.</b>	A	<b>Peso total:</b>			2208 g			
<b>Nro de Golpes:</b>	25	<b>Peso de suelo suelto:</b>	1900 g							
<b>ENSAYO N°</b>	<b>1</b>		<b>2</b>		<b>3</b>		<b>4</b>		<b>5</b>	
Peso de muestra humeda +Molde(g)	5973.5		6117.4		6198.2		6133.5		-	
Peso de molde (g)	4159.9		4159.9		4159.9		4159.9		-	
Peso de muestra humeda (g)	1813.6		1957.5		2038.3		1973.6			
Volumen de molde (cm <sup>3</sup> )	947.746		947.746		947.746		947.746		-	
Densidad humeda (g/cm <sup>3</sup> )	1.914		2.065		2.151		2.082			
<b>Recipiente metalico N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
Peso de muestra humeda+Tara(g)	104	117.3	114.1	109.3	116	119.7	122.8	134.7	-	-
Peso de muestra seca+ Tara(g)	102.4	115	109.9	105.1	108.8	112	113.2	123	-	-
Peso del agua(g)	1.6	2.3	4.2	4.2	7.2	7.7	9.6	11.7		
Peso de la Tara(g)	49.2	50.1	49.9	49.8	49.8	48.8	49.5	47.5	-	-
Peso de muestra seca (g)	53.2	64.9	60	55.3	59	63.2	63.7	75.5		
Contenido de humedad(%)	3.008	3.544	7.000	7.595	12.203	12.184	15.071	15.497		
Contenido de humedad promedio(%)	3.276		7.297		12.193		15.284			
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.853		1.925		1.917		1.806			
<b>RESULTADOS</b>	Densidad Maxima seca(DMS)				1.94	g/cm <sup>3</sup>				
	Contenido de Humedads Optimo(CHO)				9.70	%				



**Figura 159**

*Curva de compactación de Proctor Modificado para un Suelo con adición del 20% de ceniza*



Nota: La curva se obtiene en base a los datos obtenidos del ensayo de Proctor Modificado, con esta curva se obtiene la densidad máxima seca a la que llega el suelo adicionado con 20% de ceniza de fondo de ladrillera, añadido con distintos porcentajes de agua, por lo que también podremos determinar el porcentaje óptimo de humedad.

### 3.5.3.5.3. Análisis del Ensayo

Para este ensayo se utilizó el método “A” del Proctor modificado, esto debido a que nuestro material era demasiado fino, y menos del 20% del material se quedaba retenido en el tamiz N°04, para esto se emplearon moldes de 4” de diámetro y se compactaron en 5 capas con 25 golpes en cada capa.

El suelo natural tiene una densidad máxima seca de 2.04 g/cm<sup>3</sup> y un contenido de humedad óptimo de 7.60%.

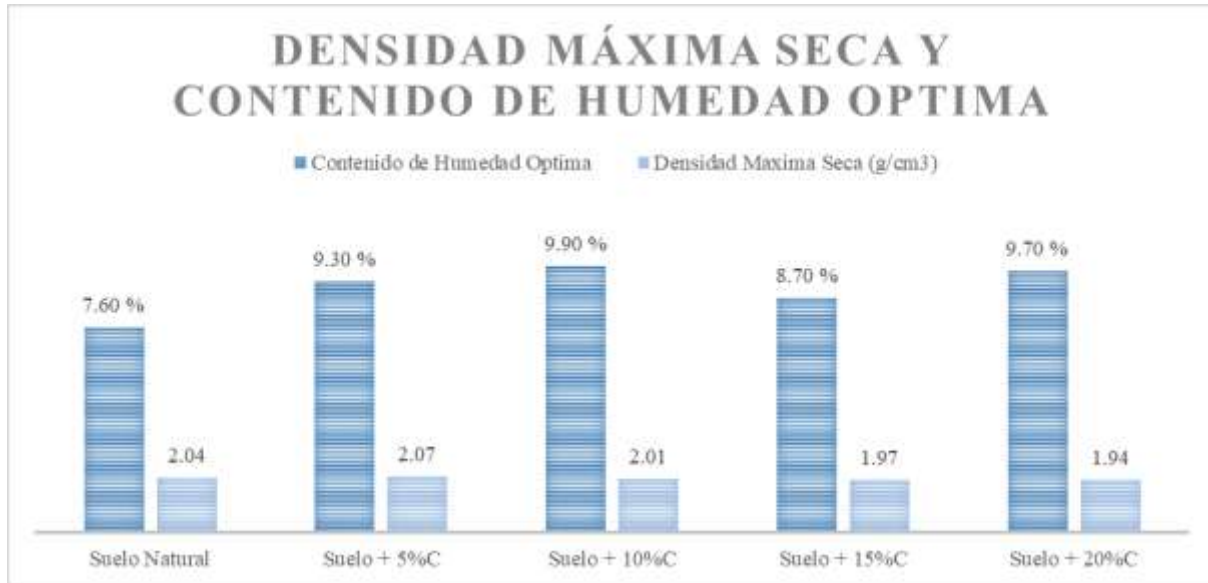
La densidad máxima seca se obtuvo con la adición de 5% de ceniza de fondo de ladrillera, obteniendo una densidad de 2.07 g/cm<sup>3</sup> con un contenido de humedad óptimo de 9.30%; mientras que al adicionar un 20% de ceniza de fondo de ladrillera se obtuvo una densidad máxima seca de 1.94 g/cm<sup>3</sup> y un contenido de humedad óptimo de 9.70%.



Con estos datos obtenidos se puede ver que al incrementar el porcentaje de ceniza de fondo la densidad máxima seca disminuye y el contenido de humedad óptimo se incrementa.

**Figura 160**

*Gráfico de Densidad Máxima Seca y Contenido de Humedad Óptima del ensayo Proctor Modificado*



Nota: En la figura se puede apreciar la variación del contenido de humedad óptima y la densidad máxima seca al incrementar los porcentajes de ceniza de fondo de ladrillera.



### 3.5.3.6. Determinación de Capacidad de Soporte CBR

#### 3.5.3.6.1. Procesamiento del ensayo

- Contenido de Humedad: Se determina mediante la fórmula siguiente. Utilizado para determinar la humedad final de las muestras

$$W = \frac{\text{Peso del Agua}}{\text{Peso del Suelo Seco}} * 100$$
$$W = \frac{PMH - PMS}{PMS - PR} * 100$$

Donde:

$W$  = Contenido de Humedad (%).

$PMH$  = Peso de la muestra húmeda más recipiente (g).

$PMS$  = Peso de la muestra seca en horno más recipiente (g).

$PR$  = Peso del recipiente (g).

- Porcentaje de expansión:

$$\%_{Expansion} = \left( \frac{L_2 - L_1}{127} \right) * 100$$

Donde:

$\%_{Expansion}$  = Hinchamiento lineal (%).

$L_2$  = Lectura final (mm).

$L_1$  = Lectura inicial (mm).

- Cálculo del CBR:

$$CBR = \left( \frac{\text{Carga unitaria del ensayo}}{\text{Carga unitaria patron}} \right) * 100$$

$$CBR_{0.1} = \left( \frac{\text{Carga unitaria del ensayo}}{1000} \right) * 100$$

$$CBR_{0.2} = \left( \frac{\text{Carga unitaria del ensayo}}{1500} \right) * 100$$



Donde:

$CBR = \text{Índice de California (\%)}$ .

$CBR_{0.1} = \text{Valor obtenido a 2.54 mm de penetración (\%)}$ .

$CBR_{0.2} = \text{Valor obtenido a 5.08 mm de penetración (\%)}$ .

$Carga\ unitaria\ del\ ensayo = \text{Valor en libras por pulgada cuadrada (lib/pulg}^2\text{)}$

$Carga\ unitaria\ patron = \text{Valor en libras por pulgada cuadrada (lib/pulg}^2\text{)}$

Para poder calcular del CBR para subrasante se reportó el CBR que corresponda al 95% de la Densidad Seca Máxima., esto se calculó proyectando en el gráfico de CBR vs Densidad máxima seca.

Los Ensayos fueron realizados en base a el “Manual de Ensayos de Materiales” del ministerio de transportes y comunicaciones 2016 (MTC E-132).



### 3.5.3.6.2. Diagrama del ensayo

Figura 161

Procesamiento de datos para la determinación del CBR- Densidad máxima seca (Suelo natural)

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"									
"FORMATO"									
"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"									
"(MTC E-132/ NTP 339.129)"									
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"								
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Cristian Sanchez Viguria								
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	Nº 02	<b>Fecha:</b>	16/03/2023	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>			
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m			Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez			
<b>Descripcion:</b>	Suelo Natural	<b>Peso de ceniza:</b>	0	<b>g</b>					
<b>Nro de capas:</b>	5 capas	<b>Peso total:</b>	5000	<b>g</b>					
<b>Peso de suelo suelto:</b>	5000 g	<b>CHO añadido:</b>	7.60%	<b>(380 ml)</b>					
CALCULO DE LA DENSIDAD MAXIMA SECA									
DATOS									
Numero de Molde	I			II			III		
<b>Numero de golpes</b>	<b>12</b>			<b>26</b>			<b>56</b>		
Diametro (cm)	15.24			15.24			15.24		
Altura de Molde (cm)	17.8			17.7			17.8		
Altura de Disco Espaciador (cm)	6.1			6.1			6.1		
<b>Vol. de Mu. Hum. Compactada(cm3)</b>	2134.319			2116.077			2134.319		
Peso Molde + Base (g)	7560			6990			6935		
P.del Molde+B+Muestra con CHO (g)	11745			11285			11660		
<b>Peso Muestra Humeda (gr)</b>	4185			4295			4725		
<b>Densidad Humeda (gr/cm3)</b>	1.961			2.030			2.214		
Recipiente Metalico Nº	<b>T-01</b>	<b>T-02</b>	<b>T-03</b>	<b>T-04</b>	<b>T-05</b>	<b>T-06</b>	<b>T-07</b>	<b>T-08</b>	<b>T-09</b>
Peso Muestra Humeda+Tara(g)	127.8	134.4	140.4	96.8	97.5	130.5	109.3	115.6	94.9
Peso Muestra Seca + Tara (g)	117.1	122.4	127.6	90.8	91.3	119.8	102.1	107.7	89.4
<b>Peso del Agua (g)</b>	10.7	12	12.8	6	6.2	10.7	7.2	7.9	5.5
Peso R. Metalico (g)	50.6	50	50.3	36.4	49.4	50.1	49.8	49.9	48.5
<b>Peso Muestra Seca (gr)</b>	66.5	72.4	77.3	54.4	41.9	69.7	52.3	57.8	40.9
<b>Cont. de Humedad (%) Final</b>	16.090	16.575	16.559	11.029	14.797	15.352	13.767	13.668	13.447
<b>Cont. de Humedad promedio (%) Final</b>	16.408			13.726			13.627		
<b>Densidad Seca (g/cm3)</b>	<b>1.684</b>			<b>1.785</b>			<b>1.948</b>		
<b>RESULTADOS</b>	Densidad Maxima seca(DMS)			1.948	g/cm3				



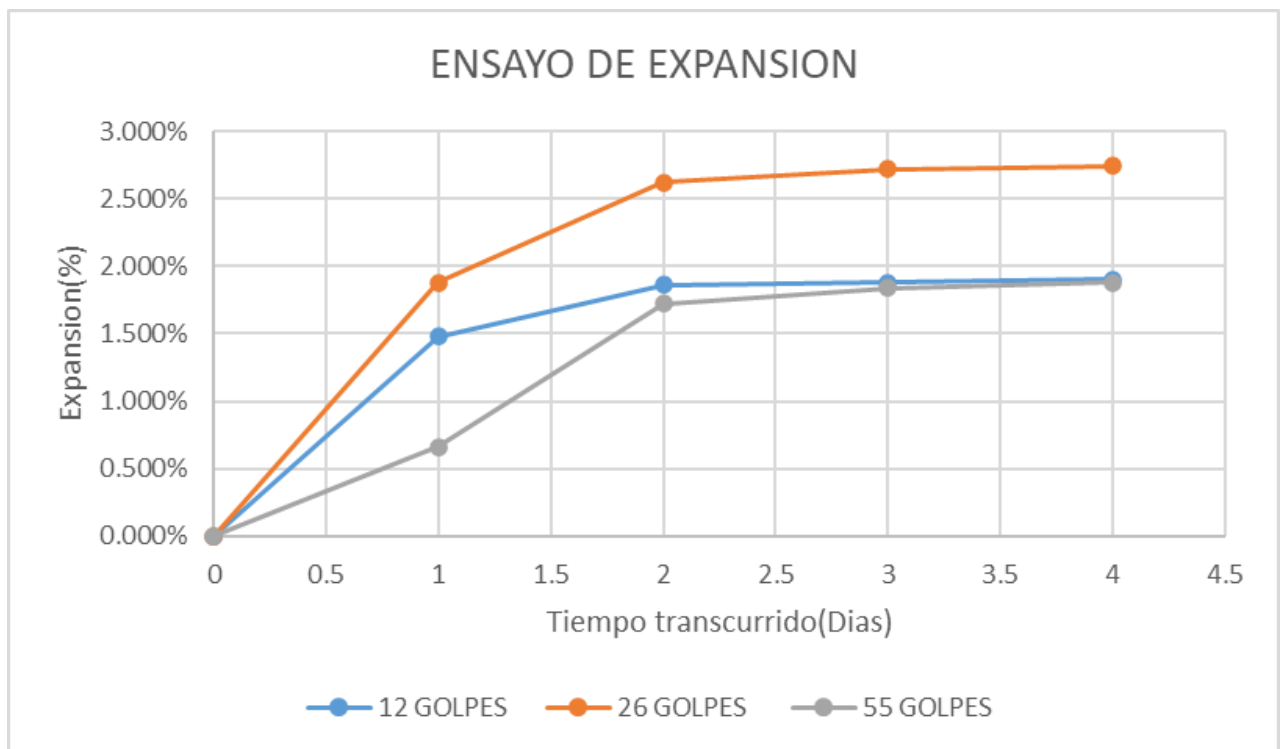
**Figura 162**

*Procesamiento de datos para la determinación del CBR- Ensayo de expansión (Suelo natural)*

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"														
"FORMATO"														
"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"														
"(MTC E-132/ NTP 339.129)"														
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"													
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Sanchez Viguria													
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140			<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	16/03/2023		<b>Asesor de tesis y responsable:</b>					
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775			<b>Profundidad:</b>	1.50 m	<b>Descripcion:</b>	CBR de Suelo Natural		Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez					
ENSAYO DE EXPANSION														
NUMERO DE GOLPES			12 GOLPES				26 GOLPES				55 GOLPES			
MOLDE No			I				II				III			
TIEMPO			DIAL (0.001")	DEFORMACION		EXPANSIÓN %	DIAL (0.001")	DEFORMACION		EXPANSIÓN %	DIAL (0.001")	DEFORMACION		EXPANSIÓN %
Fecha	Dias	Hora		Pulg	mm			Pulg	mm			Pulg	mm	
16/03/2023	0	3.15	10	0.01	0.254	0.000%	100	0.1	2.540	0.000%	0	0	0.000	0.000%
17/03/2023	1	3.05	84	0.084	2.134	1.480%	194	0.194	4.928	1.880%	33	0.033	0.838	0.660%
18/03/2023	2	3.17	103	0.103	2.616	1.860%	231	0.231	5.867	2.620%	86	0.086	2.184	1.720%
19/03/2023	3	3.13	104	0.104	2.642	1.880%	236	0.236	5.994	2.720%	92	0.092	2.337	1.840%
20/03/2023	4	3.04	105	0.105	2.667	1.900%	237	0.237	6.020	2.740%	94	0.094	2.388	1.880%

**Figura 163**

*Gráfico de Expansión versus tiempo transcurrido para un Suelo natural*



Nota: En base a los datos obtenidos del ensayo de Expansión; del Gráfico se puede ver que la muestra que alcanzo un mayor porcentaje de expansión al cuarto día, fue la del molde II de 26 golpes de energía de compactación, con un valor de 2.74%, mientras que la muestra del molde III de 55 golpes de energía de compactación, fue la que obtuvo un menor valor de porcentaje de expansión, con un 1.88%.





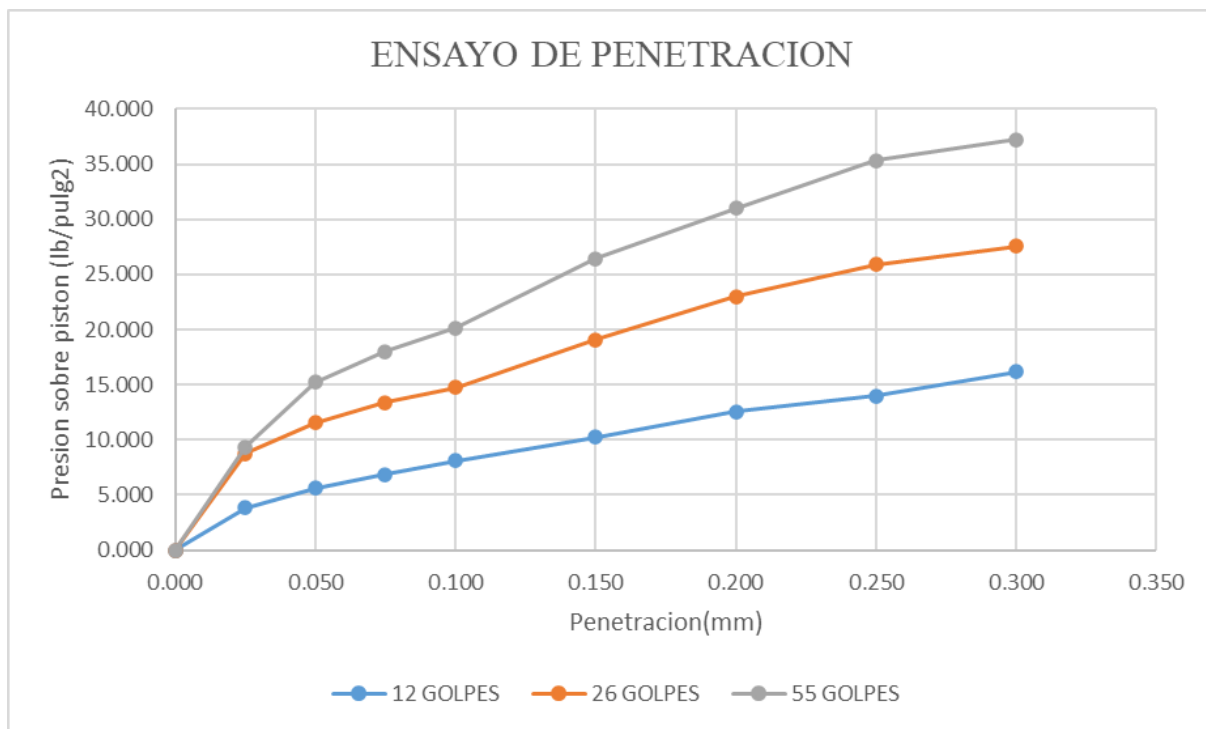
**Figura 164**

*Procesamiento de datos para la determinación del CBR- Ensayo de penetración (Suelo natural)*

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"														
"FORMATO"														
"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"														
"(MTC E-132/ NTP 339.129)"														
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"													
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Sanchez Viguria													
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	16/03/2023	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>								
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m	<b>Descripcion:</b>	CBR de Suelo Natural	Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez								
CARGA UNITARIA PATRON (lb/pulg2)	ENSAYO DE PENETRACION (ETAPA DE APLICACIÓN DE PRESION)													
	Piston (pulg2)	3.043	12 GOLPES				26 GOLPES				55 GOLPES			
			I				II				III			
			LECTURA DE FUERZA SOBRE EL	FUERZA Libras(lb)	ESFUERZO lb/pulg2	CBR %	LECTURA DE FUERZA SOBRE EL	FUERZA Libras(lb)	ESFUERZO lb/pulg2	CBR %	LECTURA DE FUERZA SOBRE EL	FUERZA Libras(lb)	ESFUERZO lb/pulg2	CBR %
mm	pulg													
	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	0.64	0.025	0.052	11.690	3.841	0.119	26.752	8.790	0.127	28.551	9.381			
	1.27	0.050	0.076	17.086	5.614	0.156	35.070	11.523	0.206	46.311	15.217			
	1.91	0.075	0.093	20.907	6.870	0.181	40.691	13.370	0.244	54.854	18.024			
1000	2.54	0.100	0.110	24.729	8.125	0.813%	0.200	44.962	14.774	1.477%	0.273	61.373	20.166	2.017%
	3.81	0.150	0.139	31.249	10.268		0.258	58.001	19.058		0.358	80.482	26.445	
1500	5.08	0.200	0.170	38.218	12.557	0.837%	0.311	69.916	22.973	1.532%	0.420	94.420	31.024	2.068%
	6.35	0.250	0.189	42.489	13.961		0.351	78.908	25.928		0.478	107.459	35.309	
	7.62	0.300	0.219	49.233	16.177		0.373	83.854	27.553		0.504	113.304	37.229	
	10.16	0.400	0.000	0.000	0.000		0.000	0.000	0.000		0.000	0.000	0.000	
	12.70	0.500	0.000	0.000	0.000		0.000	0.000	0.000		0.000	0.000	0.000	

**Figura 165**

*Gráfico de Penetración versus presión sobre pistón, para un Suelo natural*



Nota: En base a los datos obtenidos del ensayo de Penetración; del Gráfico se puede ver que la muestra que alcanzo un mayor esfuerzo sobre el pistón, fue la del molde III de 55 golpes de energía de compactación, con un valor de 37.229 lb/pulg<sup>2</sup>; mientras que a las penetraciones de 0.1 y 0.2 pulgadas, la muestra alcanzó los valores de esfuerzo de 20.166 lb/pulg<sup>2</sup> y 31.024 lb/pulg<sup>2</sup> respectivamente.



**Figura 166**

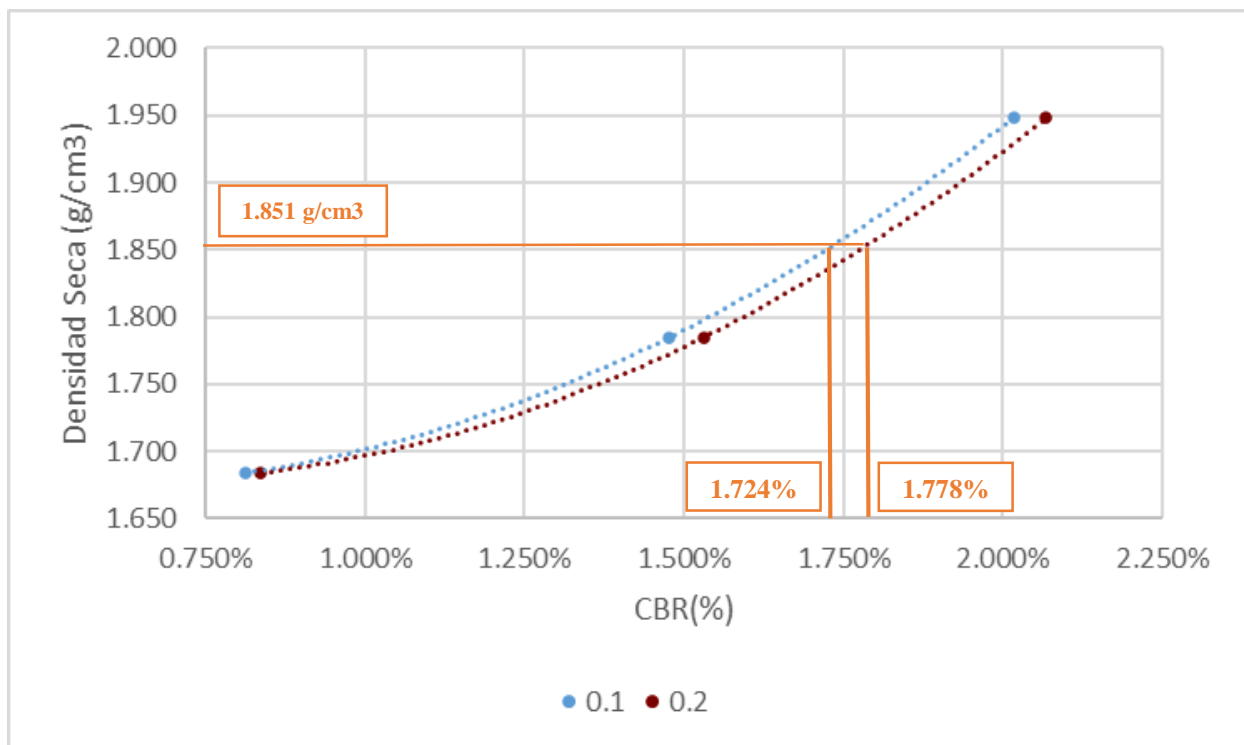
*Procesamiento de datos para la determinación del CBR para subrasante (Suelo natural)*

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"															
"FORMATO"															
"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"															
"(MTC E-132/ NTP 339.129)"															
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"														
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Sanchez Viguria														
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	16/03/2023	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>									
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m	<b>Descripcion:</b>	CBR de Suelo Natural	<b>Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez</b>									
<b>CALCULO DE CBR PARA SUBRASANTE</b>															
<b>Nro de Golpes</b>	<b>12</b>		<b>26</b>		<b>55</b>										
<b>Identificación</b>	<b>Molde I</b>		<b>Molde II</b>		<b>Molde III</b>										
<b>Penetración (pulg)</b>	<b>0.1</b>	<b>0.2</b>	<b>0.1</b>	<b>0.2</b>	<b>0.1</b>	<b>0.2</b>									
<b>Presión (lb/pulg<sup>2</sup>)</b>	8.125	12.557	14.774	22.973	20.166	31.024									
<b>CBR(%)</b>	0.813%	0.837%	1.477%	1.532%	2.017%	2.068%									
<b>Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	1.684	1.684	1.785	1.785	1.948	1.948									
<table border="1" style="float: right; margin-top: 10px;"> <tr> <td>Densidad maxima seca(g/cm3)</td> <td>1.948</td> </tr> <tr> <td>95% de la DMS(g/cm3)</td> <td>1.851</td> </tr> </table>							Densidad maxima seca(g/cm3)	1.948	95% de la DMS(g/cm3)	1.851					
Densidad maxima seca(g/cm3)	1.948														
95% de la DMS(g/cm3)	1.851														
<table border="1" style="float: right; margin-top: 10px;"> <tr> <td></td> <td><b>0.1"</b></td> <td><b>0.2"</b></td> </tr> <tr> <td>CBR al 100% de la DMS</td> <td>2.017%</td> <td>2.068%</td> </tr> <tr> <td>CBR al 95% de la DMS</td> <td>1.724%</td> <td>1.778%</td> </tr> </table>								<b>0.1"</b>	<b>0.2"</b>	CBR al 100% de la DMS	2.017%	2.068%	CBR al 95% de la DMS	1.724%	1.778%
	<b>0.1"</b>	<b>0.2"</b>													
CBR al 100% de la DMS	2.017%	2.068%													
CBR al 95% de la DMS	1.724%	1.778%													



Figura 167

Gráfico de CBR versus densidad seca, para un Suelo natural



Nota: En base a los datos obtenidos para el cálculo de CBR para subrasante; del Gráfico se puede ver que al 95% de la densidad máxima seca ( $1.851 \text{ g/cm}^3$ ) se tienen los siguientes valores de CBR, tanto para las penetraciones de 0.1 y 0.2 pulgadas, estos son: 1.724% y 1.778% respectivamente.



**Figura 168**

*Procesamiento de datos para la determinación del CBR- Densidad máxima seca (Suelo natural + malla)*

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"										
"FORMATO"										
"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"										
"(MTC E-132/ NTP 339.129)"										
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAXIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"									
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Sanchez Viguria									
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	16/03/2023	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>				
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordinadas UTM: ESTE-822559; NORTE-850775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m				Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez			
<b>Descripción:</b>	Suelo Natural + Malla	<b>Peso de ceniza:</b>	0	<b>g</b>						
<b>Nro de capas:</b>	5 capas	<b>Peso total:</b>	5000	<b>g</b>						
<b>Peso de suelo suelto:</b>	5000 g	<b>CHO añadido:</b>	7.60%	<b>(380 ml)</b>						
CALCULO DE LA DENSIDAD MAXIMA SECA										
DATOS										
Numero de Molde	IV			V			VI			
<b>Numero de golpes</b>	<b>12</b>			<b>26</b>			<b>56</b>			
Diametro (cm)	15.24			15.24			15.24			
Altura de Molde (cm)	17.8			17.8			17.8			
Altura de Disco Espaciador (cm)	6.1			6.1			6.1			
<b>Vol. de Mu. Hum. Compactada(cm3)</b>	2134.319			2134.319			2134.319			
Peso Molde + Base (g)	7510			6935			7995			
P.del Molde+B+Muestra con CHO (g)	11645			11520			12745			
<b>Peso Muestra Humeda (gr)</b>	4135			4585			4750			
<b>Densidad Humeda (gr/cm3)</b>	1.937			2.148			2.226			
Recipiente Metalico N°	<b>T-01</b>	<b>T-02</b>	<b>T-03</b>	<b>T-04</b>	<b>T-05</b>	<b>T-06</b>	<b>T-07</b>	<b>T-08</b>	<b>T-09</b>	
Peso Muestra Humeda+Tara(g)	92.3	93.1	125.2	113.2	117	67	131.4	107.3	105.6	
Peso Muestra Seca + Tara (g)	84.3	84.7	112.1	104.3	107.5	59.7	118.8	97.7	96.2	
<b>Peso del Agua (g)</b>	8	8.4	13.1	8.9	9.5	7.3	12.6	9.6	9.4	
Peso R. Metalico (g)	37.7	36.9	37.5	49.2	50.2	16.5	37.3	37.4	15.9	
<b>Peso Muestra Seca (gr)</b>	46.6	47.8	74.6	55.1	57.3	43.2	81.5	60.3	80.3	
<b>Cont. de Humedad (%) Final</b>	17.167	17.573	17.560	16.152	16.579	16.898	15.460	15.920	11.706	
<b>Cont. de Humedad promedio (%) Final</b>	17.434			16.543			14.362			
<b>Densidad Seca (g/cm3)</b>	<b>1.650</b>			<b>1.843</b>			<b>1.946</b>			
<b>RESULTADOS</b>	Densidad Maxima seca(DMS)		1.946 g/cm3							



**Figura 169**

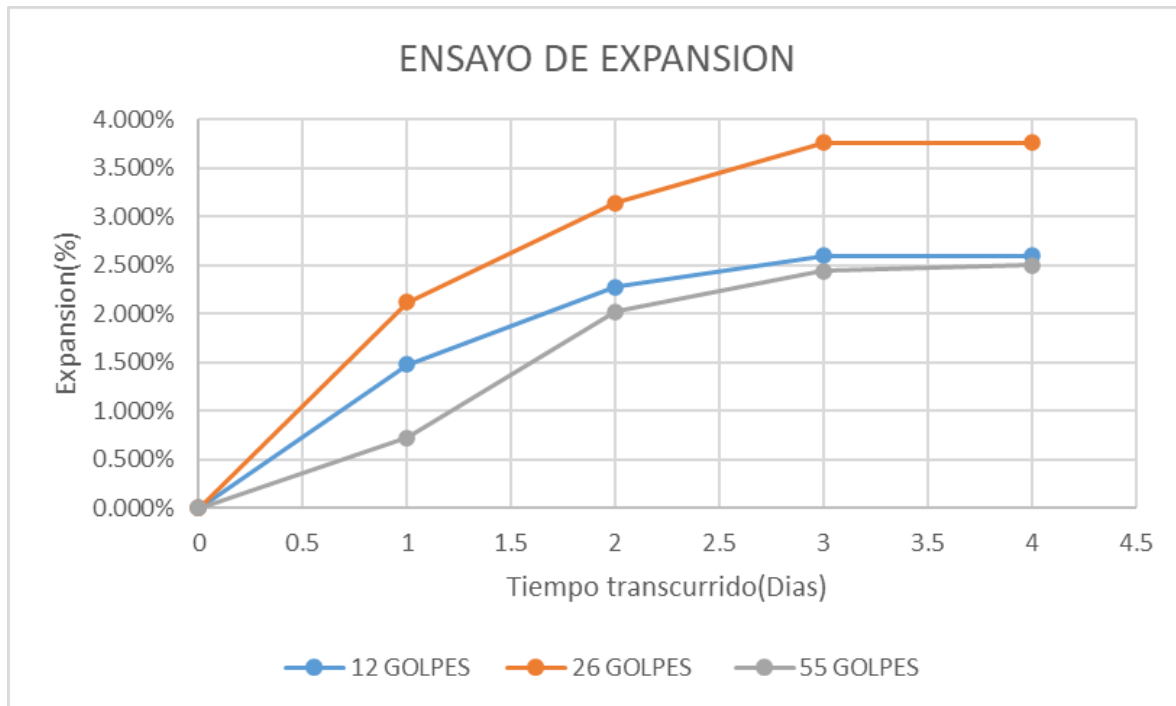
*Procesamiento de datos para la determinación del CBR- Ensayo de expansión (Suelo natural + malla)*

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"														
"FORMATO"														
"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"														
"(MTC E-132/ NTP 339.129)"														
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"													
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Sanchez Viguria													
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140			<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	16/03/2023			<b>Asesor de tesis y responsable:</b>				
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775			<b>Profundidad:</b>	1.50 m	<b>Descripcion:</b>	CBR de Suelo Natural + Malla			Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez				
ENSAYO DE EXPANSION														
NUMERO DE GOLPES			12 GOLPES				26 GOLPES				55 GOLPES			
MOLDE No			I				II				III			
TIEMPO			DIAL (0.001")	DEFORMACION		EXPANSIÓN %	DIAL (0.001")	DEFORMACION		EXPANSIÓN %	DIAL (0.001")	DEFORMACION		EXPANSIÓN %
Fecha	Dias	Hora		Pulg	mm			Pulg	mm			Pulg	mm	
16/03/2023	0	3.15	0	0	0.000	0.000%	100	0.1	2.540	0.000%	200	0.2	5.080	0.000%
17/03/2023	1	3.05	74	0.074	1.880	1.480%	206	0.206	5.232	2.120%	236	0.236	5.994	0.720%
18/03/2023	2	3.17	114	0.114	2.896	2.280%	257	0.257	6.528	3.140%	301	0.301	7.645	2.020%
19/03/2023	3	3.13	130	0.13	3.302	2.600%	288	0.288	7.315	3.760%	322	0.322	8.179	2.440%
20/03/2023	4	3.04	130	0.13	3.302	2.600%	288	0.288	7.315	3.760%	325	0.325	8.255	2.500%



Figura 170

Gráfico de Expansión versus tiempo transcurrido para un Suelo con inclusión de malla



Nota: En base a los datos obtenidos del ensayo de Expansión; del Gráfico se puede ver que la muestra que alcanzo un mayor porcentaje de expansión al cuarto día, fue la del molde II de 26 golpes de energía de compactación, con un valor de 3.76%, mientras que la muestra del molde III de 55 golpes de energía de compactación, fue la que obtuvo un menor valor de porcentaje de expansión, con un 2.50%.



**Figura 171**

*Procesamiento de datos para la determinación del CBR- Ensayo de penetración (Suelo natural + malla)*

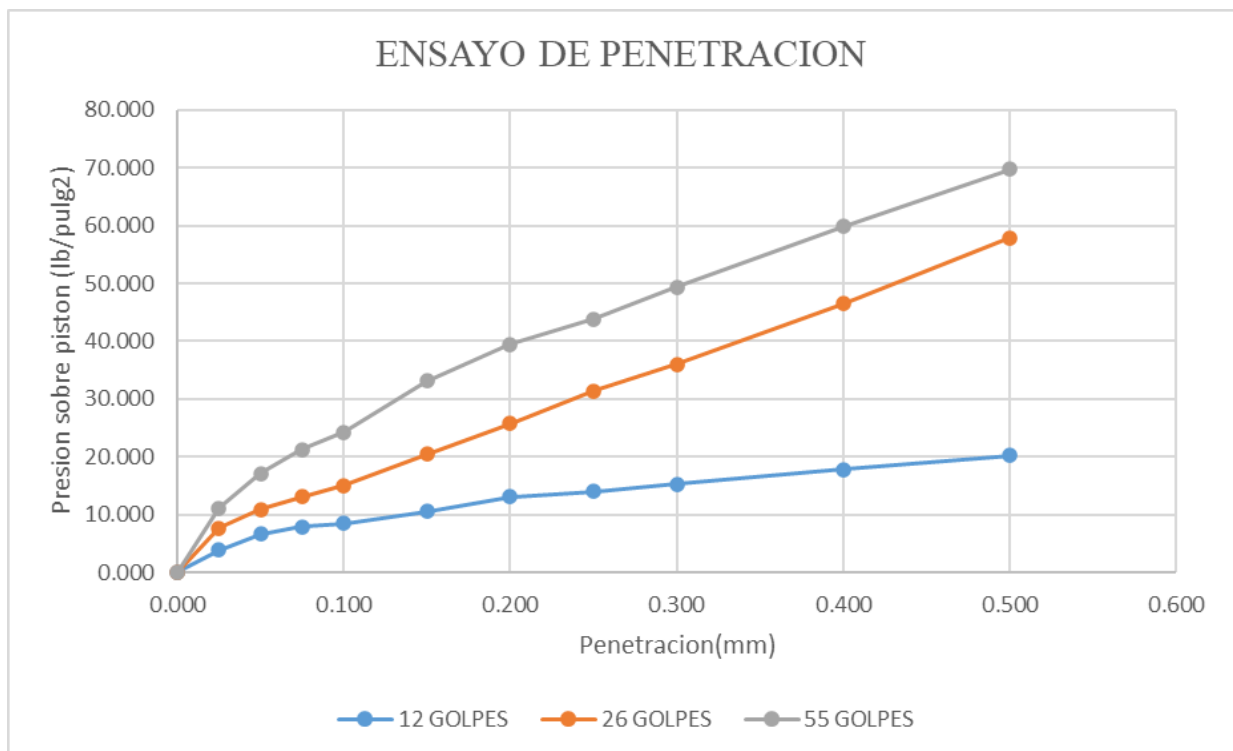
"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"														
"FORMATO"														
"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"														
"(MTC E-132/ NTP 339.129)"														
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"													
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Sanchez Viguria													
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140			<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	16/03/2023			<b>Asesor de tesis y responsable:</b>				
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775			<b>Profundidad:</b>	1.50 m	<b>Descripcion:</b>	CBR de Suelo Natural + Malla			Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez				
CARGA UNITARIA PATRON (lb/pulg2)	ENSAYO DE PENETRACION (ETAPA DE APLICACIÓN DE PRESION)													
	Piston (pulg2)	3.043	12 GOLPES				26 GOLPES				55 GOLPES			
			I			II			III					
	LECTURA DE FUERZA SOBRE EL	FUERZA	ESFUERZO	CBR	LECTURA DE FUERZA SOBRE EL	FUERZA	ESFUERZO	CBR	LECTURA DE FUERZA SOBRE EL	FUERZA	ESFUERZO	CBR		
	mm	pulg	Libras(lb)	lb/pulg2	%	Libras(lb)	lb/pulg2	%	Libras(lb)	lb/pulg2	%			
0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
0.64	0.025	0.052	11.690	3.841	0.104	23.380	7.682	0.151	33.946	11.154				
1.27	0.050	0.089	20.008	6.574	0.147	33.047	10.859	0.232	52.156	17.137				
1.91	0.075	0.106	23.830	7.830	0.177	39.791	13.075	0.287	64.520	21.200				
1000	2.54	0.100	0.114	25.628	8.421	0.842%	0.204	45.861	15.069	1.507%	0.328	73.738	24.229	2.423%
	3.81	0.150	0.143	32.148	10.563		0.276	62.048	20.387		0.448	100.715	33.093	
1500	5.08	0.200	0.177	39.791	13.075	0.872%	0.348	78.234	25.706	1.714%	0.534	120.049	39.445	2.630%
	6.35	0.250	0.189	42.489	13.961		0.425	95.544	31.394		0.593	133.312	43.803	
	7.62	0.300	0.207	46.536	15.291		0.487	109.482	35.974		0.669	150.398	49.417	
	10.16	0.400	0.241	54.179	17.802		0.630	141.630	46.537		0.810	182.096	59.833	
	12.70	0.500	0.273	61.373	20.166		0.784	176.251	57.912		0.945	212.445	69.805	





Figura 172

Gráfico de Penetración versus presión sobre pistón, para un Suelo natural con inclusión de malla



Nota: En base a los datos obtenidos del ensayo de Penetración; del Gráfico se puede ver que la muestra que alcanzó un mayor esfuerzo sobre el pistón, fue la del molde III de 55 golpes de energía de compactación, con un valor de 69.805 lb/pulg<sup>2</sup>; mientras que a las penetraciones de 0.1 y 0.2 pulgadas, la muestra alcanzó los valores de esfuerzo de 24.229 lb/pulg<sup>2</sup> y 39.445 lb/pulg<sup>2</sup> respectivamente.



**Figura 173**

*Procesamiento de datos para la determinación del CBR para subrasante (Suelo natural + malla)*

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"						
"FORMATO"						
"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"						
"(MTC E-132/ NTP 339.129)"						
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"					
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Sanchez Viguria					
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	16/03/2023	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m	<b>Descripcion:</b>	CBR de Suelo Natural + Malla	Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez
<b>CALCULO DE CBR PARA SUBRASANTE</b>						
<b>Nro de Golpes</b>	<b>12</b>		<b>26</b>		<b>55</b>	
<b>Identificación</b>	<b>Molde I</b>		<b>Molde II</b>		<b>Molde III</b>	
<b>Penetración (pulg)</b>	<b>0.1</b>	<b>0.2</b>	<b>0.1</b>	<b>0.2</b>	<b>0.1</b>	<b>0.2</b>
<b>Presión (lb/pulg<sup>2</sup>)</b>	8.421	13.075	15.069	25.706	24.229	39.445
<b>CBR(%)</b>	0.842%	0.872%	1.507%	1.714%	2.423%	2.630%
<b>Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	1.650	1.650	1.803	1.803	1.946	1.946

Densidad maxima seca(g/cm <sup>3</sup> )	1.946
95% de la DMS(g/cm <sup>3</sup> )	1.849

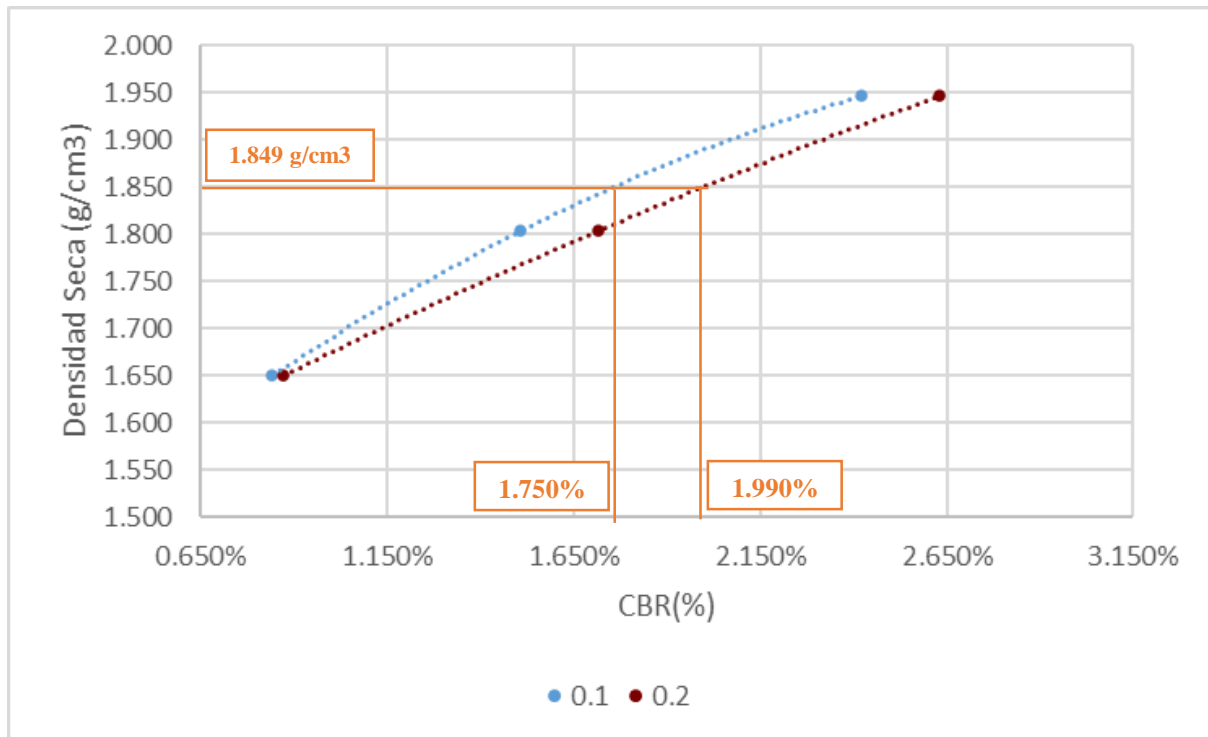
  

	<b>0.1"</b>	<b>0.2"</b>
CBR al 100% de la DMS	2.423%	2.630%
CBR al 95% de la DMS	1.750%	1.990%



**Figura 174**

*Gráfico de CBR versus densidad seca, para un Suelo natural con inclusión de malla*



Nota: En base a los datos obtenidos para el cálculo de CBR para subrasante; del Gráfico se puede ver que al 95% de la densidad máxima seca ( $1.849 \text{ g/cm}^3$ ) se tienen los siguientes valores de CBR, tanto para las penetraciones de 0.1 y 0.2 pulgadas, estos son: 1.750% y 1.990% respectivamente.



**Figura 175**

*Procesamiento de datos para la determinación del CBR- Densidad máxima seca (Con 5% de ceniza + malla)*

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"									
"FORMATO"									
"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"									
"(MTC E-132/ NTP 339.129)"									
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAXIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"								
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huillca Bach. Hans Sanchez Viguria								
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	16/03/2023	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>			
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m			Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez			
<b>Descripcion:</b>	Suelo Natural + Ceniza 5% + Malla		<b>Peso de ceniza:</b>	235	<b>g</b>				
<b>Nro de capas:</b>	5 capas		<b>Peso total:</b>	4935	<b>g</b>				
<b>Peso de suelo suelto:</b>	4700	<b>g</b>	<b>CHO añadido:</b>	9.30%	<b>(459 ml)</b>				
CALCULO DE LA DENSIDAD MAXIMA SECA									
DATOS									
Numero de Molde	VII			VIII			IX		
<b>Numero de golpes</b>	<b>12</b>			<b>26</b>			<b>56</b>		
Diametro (cm)	15.24			15.24			15.24		
Altura de Molde (cm)	17.8			17.7			17.8		
Altura de Disco Espaciador (cm)	6.1			6.1			6.1		
<b>Vol. de Mu. Hum. Compactada(cm3)</b>	2134.319			2116.077			2134.319		
Peso Molde + Base (g)	8190			8010			7540		
P.del Molde+B+Muestra con CHO (g)	12385			12560			12340		
<b>Peso Muestra Humeda (gr)</b>	4195			4550			4800		
<b>Densidad Humeda (gr/cm3)</b>	1.965			2.150			2.249		
Recipiente Metalico N°	<b>T-01</b>	<b>T-02</b>	<b>T-03</b>	<b>T-04</b>	<b>T-05</b>	<b>T-06</b>	<b>T-07</b>	<b>T-08</b>	<b>T-09</b>
Peso Muestra Humeda+Tara(g)	87.8	107.8	91.1	111.4	101	122	97.5	131.6	48
Peso Muestra Seca + Tara (g)	79.8	96	82.6	99.5	91.1	108.4	88.3	117	43.3
<b>Peso del Agua (g)</b>	8	11.8	8.5	11.9	9.9	13.6	9.2	14.6	4.7
Peso R. Metalico (g)	37.7	37.1	37	37.2	37.6	37.7	36.9	37.4	15.9
<b>Peso Muestra Seca (gr)</b>	42.1	58.9	45.6	62.3	53.5	70.7	51.4	79.6	27.4
<b>Cont. de Humedad (%) Final</b>	19.002	20.034	18.640	19.101	18.505	19.236	17.899	18.342	17.153
<b>Cont. de Humedad promedio (%) Final</b>	19.226			18.947			17.798		
<b>Densidad Seca (g/cm3)</b>	<b>1.649</b>			<b>1.808</b>			<b>1.909</b>		
<b>RESULTADOS</b>	Densidad Maxima seca(DMS)		1.909		g/cm3				



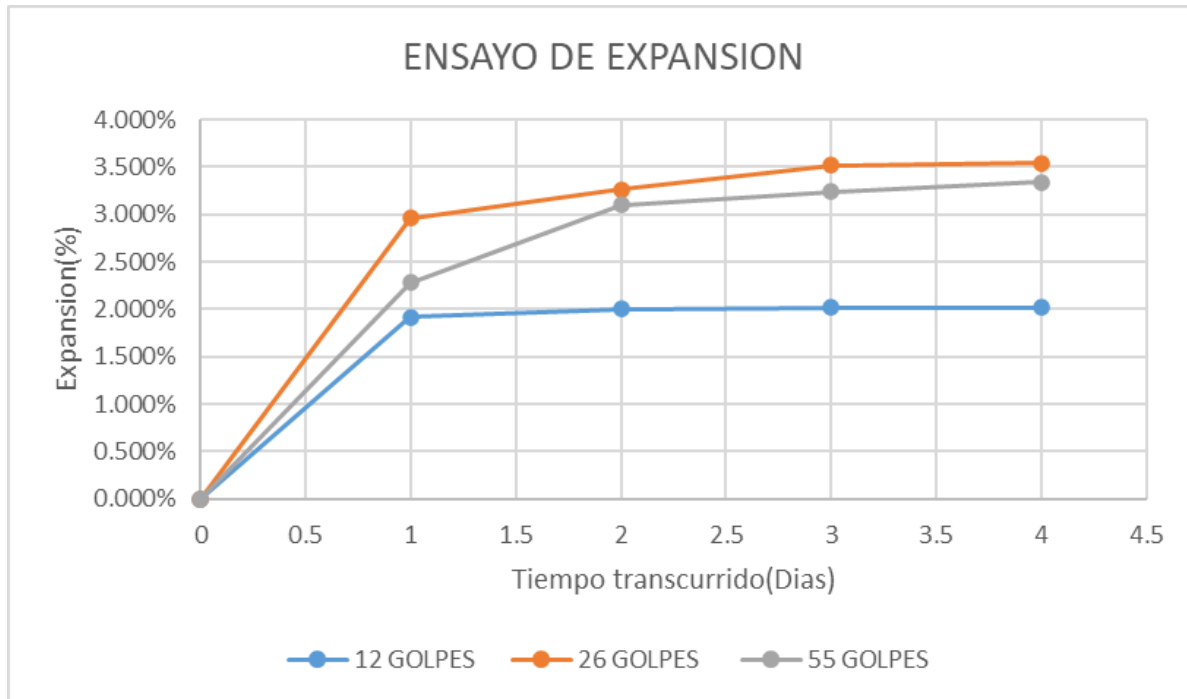
**Figura 176**

*Procesamiento de datos para la determinación del CBR- Ensayo de expansión (Con 5% de ceniza + malla)*

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"														
"FORMATO"														
"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"														
"(MTC E-132/ NTP 339.129)"														
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"													
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Sanchez Viguria													
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140			<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	16/03/2023		<b>Asesor de tesis y responsable:</b>					
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775			<b>Profundidad:</b>	1.50 m	<b>Descripcion:</b>	CBR de Suelo Natural + Malla +5% de Ceniza		Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez					
ENSAYO DE EXPANSION														
NUMERO DE GOLPES			12 GOLPES				26 GOLPES				55 GOLPES			
MOLDE No			I				II				III			
TIEMPO			DIAL (0.001")	DEFORMACION		EXPANSIÓN %	DIAL (0.001")	DEFORMACION		EXPANSIÓN %	DIAL (0.001")	DEFORMACION		EXPANSIÓN %
Fecha	Dias	Hora		Pulg	mm			Pulg	mm			Pulg	mm	
16/03/2023	0	3.15	100	0.1	2.540	0.000%	0	0	0.000	0.000%	0	0	0.000	0.000%
17/03/2023	1	3.05	196	0.196	4.978	1.920%	148	0.148	3.759	2.960%	114	0.114	2.896	2.280%
18/03/2023	2	3.17	200	0.2	5.080	2.000%	163	0.163	4.140	3.260%	155	0.155	3.937	3.100%
19/03/2023	3	3.13	201	0.201	5.105	2.020%	176	0.176	4.470	3.520%	162	0.162	4.115	3.240%
20/03/2023	4	3.04	201	0.201	5.105	2.020%	177	0.177	4.496	3.540%	167	0.167	4.242	3.340%

**Figura 177**

*Gráfico de Expansión versus tiempo transcurrido para un Suelo con inclusión de malla y adición de 5% de ceniza*



Nota: En base a los datos obtenidos del ensayo de Expansión; del Gráfico se puede ver que la muestra que alcanzó un mayor porcentaje de expansión al cuarto día, fue la del molde II de 26 golpes de energía de compactación, con un valor de 3.54%, mientras que la muestra del molde I de 12 golpes de energía de compactación, fue la que obtuvo un menor valor de porcentaje de expansión, con un 2.02%.



**Figura 178**

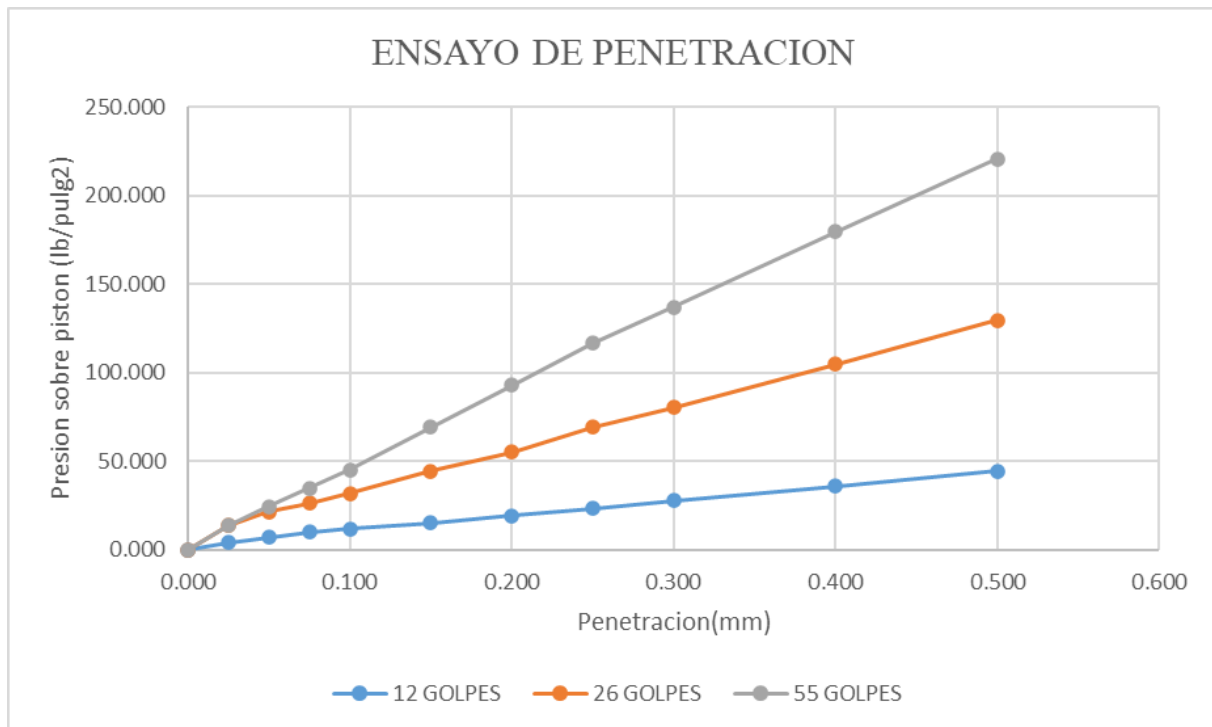
*Procesamiento de datos para la determinación del CBR- Ensayo de penetración (Con 5% de ceniza + malla)*

<i>"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"</i>														
<i>"FORMATO"</i>														
<b>"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"</b>														
<i>"(MTC E-132/ NTP 339.129)"</i>														
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"													
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Sanchez Viguria													
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140			<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	16/03/2023		<b>Asesor de tesis y responsable:</b>					
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775			<b>Profundidad:</b>	1.50 m	<b>Descripcion:</b>	CBR de Suelo Natural + Malla +5% de Ceniza		Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez					
<b>CARGA UNITARIA PATRON (lb/pulg2)</b>	<b>ENSAYO DE PENETRACION (ETAPA DE APLICACIÓN DE PRESION)</b>													
	<b>Piston (pulg2)</b>	3.043	12 GOLPES				26 GOLPES				55 GOLPES			
			I			II			III					
	<b>PENETRACION</b>	<b>LECTURA DE FUERZA SOBRE EL</b>	<b>FUERZA</b>	<b>ESFUERZO</b>	<b>CBR</b>	<b>LECTURA DE FUERZA SOBRE EL</b>	<b>FUERZA</b>	<b>ESFUERZO</b>	<b>CBR</b>	<b>LECTURA DE FUERZA SOBRE EL</b>	<b>FUERZA</b>	<b>ESFUERZO</b>	<b>CBR</b>	
	mm	pulg	Libras(lb)	lb/pulg2	%	Libras(lb)	lb/pulg2	%	Libras(lb)	lb/pulg2	%			
0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
0.64	0.025	0.055	12.365	4.063	0.186	41.815	13.739	0.185	41.590	13.666				
1.27	0.050	0.094	21.132	6.944	0.289	64.970	21.348	0.328	73.738	24.229				
1.91	0.075	0.133	29.900	9.824	0.357	80.257	26.371	0.468	105.211	34.570				
1000	2.54	0.100	0.160	35.970	11.819	1.182%	0.430	96.668	31.763	3.176%	0.609	136.909	44.985	4.499%
	3.81	0.150	0.204	45.861	15.069		0.603	135.560	44.542		0.937	210.647	69.214	
1500	5.08	0.200	0.258	58.001	19.058	1.271%	0.748	168.158	55.253	3.684%	1.258	282.811	92.925	6.195%
	6.35	0.250	0.317	71.265	23.416		0.938	210.872	69.288		1.580	355.200	116.711	
	7.62	0.300	0.373	83.854	27.553		1.087	244.368	80.294		1.858	417.697	137.246	
	10.16	0.400	0.486	109.258	35.900		1.417	318.556	104.670		2.431	546.513	179.572	
	12.70	0.500	0.602	135.336	44.468		1.755	394.542	129.638		2.988	671.732	220.716	



**Figura 179**

*Gráfico de Penetración versus presión sobre pistón, para un Suelo natural con inclusión de malla y adición de 5% de ceniza*



Nota: En base a los datos obtenidos del ensayo de Penetración; del Gráfico se puede ver que la muestra que alcanzó un mayor esfuerzo sobre el pistón, fue la del molde III de 55 golpes de energía de compactación, con un valor de 220.716 lb/pulg<sup>2</sup>; mientras que a las penetraciones de 0.1 y 0.2 pulgadas, la muestra alcanzó los valores de esfuerzo de 44.985 lb/pulg<sup>2</sup> y 92.925 lb/pulg<sup>2</sup> respectivamente.





**Figura 180**

*Procesamiento de datos para la determinación del CBR para subrasante (Con 5% de ceniza + malla)*

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"						
"FORMATO"						
"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"						
"(MTC E-132/ NTP 339.129)"						
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"					
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Sanchez Viguria					
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	16/03/2023	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m	<b>Descripcion:</b>	CBR de Suelo Natural + Malla +5% de Ceniza	<b>Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez</b>
<b>CALCULO DE CBR PARA SUBRASANTE</b>						
<b>Nro de Golpes</b>	<b>12</b>		<b>26</b>		<b>55</b>	
<b>Identificación</b>	<b>Molde I</b>		<b>Molde II</b>		<b>Molde III</b>	
<b>Penetración (pulg)</b>	<b>0.1</b>	<b>0.2</b>	<b>0.1</b>	<b>0.2</b>	<b>0.1</b>	<b>0.2</b>
<b>Presión (lb/pulg<sup>2</sup>)</b>	11.819	19.058	31.763	55.253	44.985	92.925
<b>CBR(%)</b>	1.182%	1.271%	3.176%	3.684%	4.499%	6.195%
<b>Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	1.649	1.649	1.792	1.792	1.909	1.909

Densidad maxima seca(g/cm <sup>3</sup> )	1.909
95% de la DMS(g/cm <sup>3</sup> )	1.814

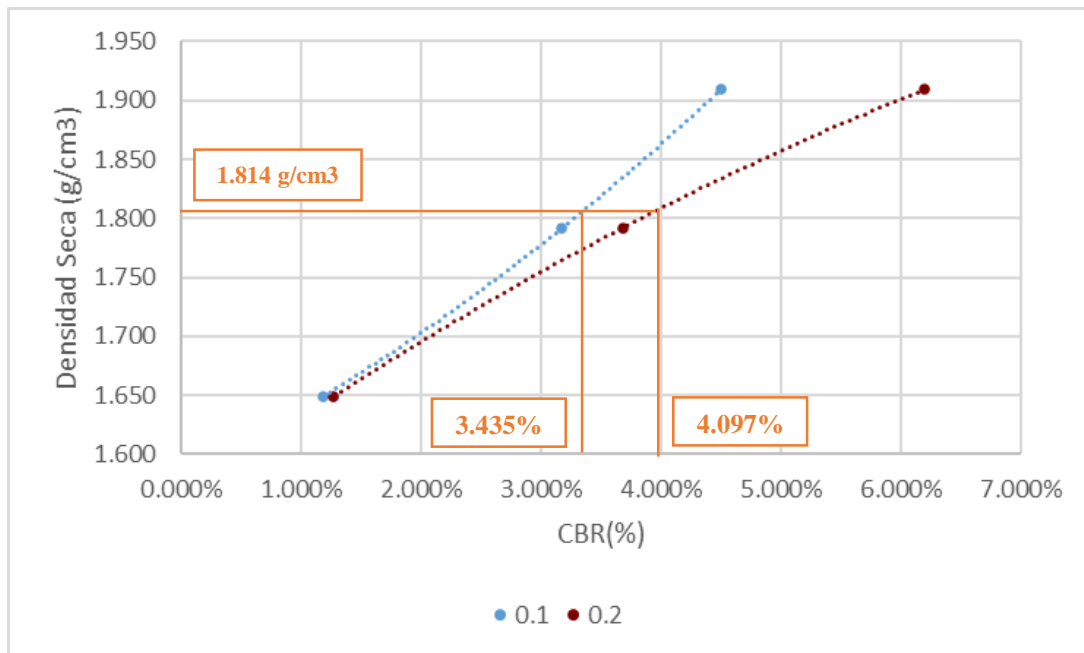
  

	<b>0.1"</b>	<b>0.2"</b>
CBR al 100% de la DMS	4.499%	6.195%
CBR al 95% de la DMS	3.435%	4.097%



**Figura 181**

*Gráfico de CBR versus densidad seca, para un Suelo natural con inclusión de malla y adición del 5% de ceniza*



Nota: En base a los datos obtenidos para el cálculo de CBR para subrasante; del Gráfico se puede ver que al 95% de la densidad máxima seca ( $1.814 \text{ g/cm}^3$ ) se tienen los siguientes valores de CBR, tanto para las penetraciones de 0.1 y 0.2 pulgadas, estos son: 3.435% y 4.097% respectivamente.



**Figura 182**

*Procesamiento de datos para la determinación del CBR- Densidad máxima seca (Con 10% de ceniza + malla)*

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"										
"FORMATO"										
"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"										
"(MTC E-132/ NTP 339.129)"										
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAXIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"									
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Sanchez Víguria									
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	30/03/2023	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>				
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-850775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m				Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez			
<b>Descripcion:</b>	Suelo Natural + Ceniza 10% + Malla	<b>Peso de ceniza:</b>	500	<b>g</b>						
<b>Nro de capas:</b>	5 capas	<b>Peso total:</b>	5500	<b>g</b>						
<b>Peso de suelo suelto:</b>	5000	<b>g</b>	<b>CHO añadido:</b>	9.90%	<b>(545 ml)</b>					
CALCULO DE LA DENSIDAD MAXIMA SECA										
DATOS										
Numero de Molde	I			II			III			
<b>Numero de golpes</b>	<b>12</b>			<b>26</b>			<b>56</b>			
Diametro (cm)	15.24			15.24			15.24			
Altura de Molde (cm)	17.7			17.7			17.8			
Altura de Disco Espaciador (cm)	6.1			6.1			6.1			
<b>Vol. de Mu. Hum. Compactada(cm3)</b>	2116.077			2116.077			2134.319			
Peso Molde + Base (g)	7555			7760			6935			
P.del Molde+B+Muestra con CHO (g)	11710			12130			11615			
<b>Peso Muestra Humeda (gr)</b>	4155			4370			4680			
<b>Densidad Humeda (gr/cm3)</b>	1.964			2.065			2.193			
Recipiente Metalico N°	<b>T-01</b>	<b>T-02</b>	<b>T-03</b>	<b>T-04</b>	<b>T-05</b>	<b>T-06</b>	<b>T-07</b>	<b>T-08</b>	<b>T-09</b>	
Peso Muestra Humeda+Tara(g)	120.6	116.6	116.3	107.2	102.2	129.4	128.7	132.7	138.2	
Peso Muestra Seca + Tara (g)	107.8	104.7	104.6	97.1	93	116	117.2	120.2	125.3	
<b>Peso del Agua (g)</b>	12.8	11.9	11.7	10.1	9.2	13.4	11.5	12.5	12.9	
Peso R. Metalico (g)	36.9	37.3	37.7	37.4	37.2	37.2	37.6	37.3	37.7	
<b>Peso Muestra Seca (gr)</b>	70.9	67.4	66.9	59.7	55.8	78.8	79.6	82.9	87.6	
<b>Cont. de Humedad (%) Final</b>	18.054	17.656	17.489	16.918	16.487	17.005	14.447	15.078	14.726	
<b>Cont. de Humedad promedio (%) Final</b>	17.733			16.803			14.751			
<b>Densidad Seca (g/cm3)</b>	<b>1.668</b>			<b>1.768</b>			<b>1.911</b>			
<b>RESULTADOS</b>	Densidad Maxima seca(DMS)			1.911	g/cm3					



**Figura 183**

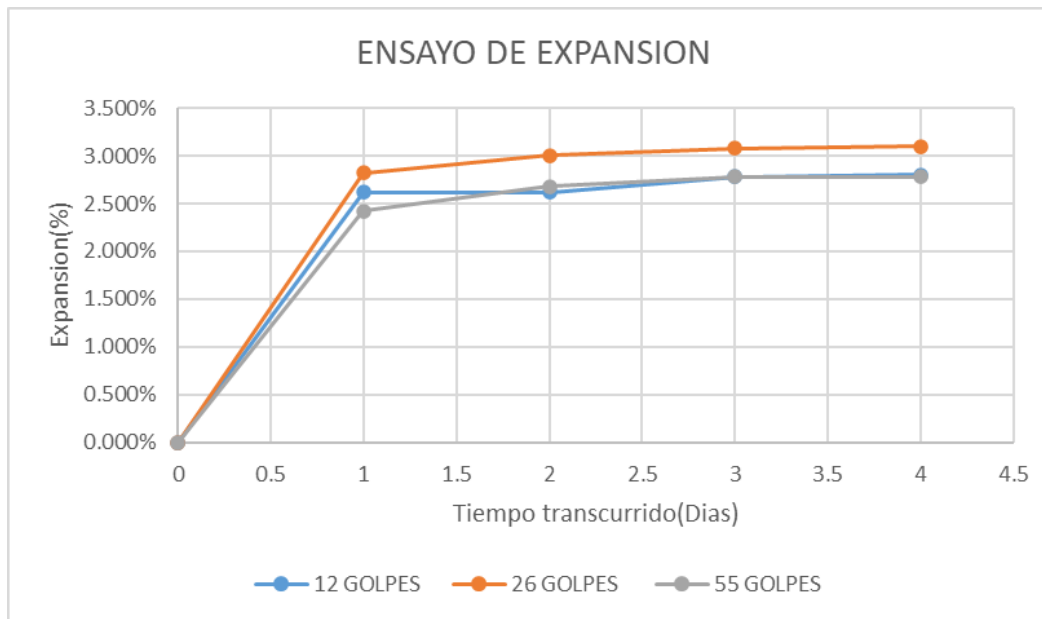
*Procesamiento de datos para la determinación del CBR- Ensayo de expansión (Con 10% de ceniza + malla)*

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"														
"FORMATO"														
"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"														
"(MTC E-132/ NTP 339.129)"														
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"													
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Sanchez Viguria													
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140			<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	30/03/2023			<b>Asesor de tesis y responsable:</b>				
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775			<b>Profundidad:</b>	1.50 m	<b>Descripcion:</b>	CBR de Suelo Natural + Malla +10% de Ceniza			Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez				
ENSAYO DE EXPANSION														
NUMERO DE GOLPES			12 GOLPES				26 GOLPES				55 GOLPES			
MOLDE No			I				II				III			
TIEMPO			DIAL (0.001")	DEFORMACION		EXPANSIÓN %	DIAL (0.001")	DEFORMACION		EXPANSIÓN %	DIAL (0.001")	DEFORMACION		EXPANSIÓN %
Fecha	Dias	Hora		Pulg	mm			Pulg	mm			Pulg	mm	
30/03/2023	0	2.05	35	0.035	0.889	0.000%	52	0.052	1.321	0.000%	12	0.012	0.305	0.000%
31/4/2023	1	2.25	166	0.166	4.216	2.620%	193	0.193	4.902	2.820%	133	0.133	3.378	2.420%
01/04/2023	2	2.18	166	0.166	4.216	2.620%	202	0.202	5.131	3.000%	146	0.146	3.708	2.680%
02/04/2023	3	2.27	174	0.174	4.420	2.780%	206	0.206	5.232	3.080%	151	0.151	3.835	2.780%
03/04/2023	4	2.21	175	0.175	4.445	2.800%	207	0.207	5.258	3.100%	151	0.151	3.835	2.780%



**Figura 184**

*Gráfico de Expansión versus tiempo transcurrido para un Suelo con inclusión de malla y adición de 10% de ceniza*



Nota: En base a los datos obtenidos del ensayo de Expansión; del Gráfico se puede ver que la muestra que alcanzo un mayor porcentaje de expansión al cuarto día, fue la del molde II de 26 golpes de energía de compactación, con un valor de 3.10%, mientras que la muestra del molde III de 55 golpes de energía de compactación, fue la que obtuvo un menor valor de porcentaje de expansión, con un 2.78%.



Figura 185

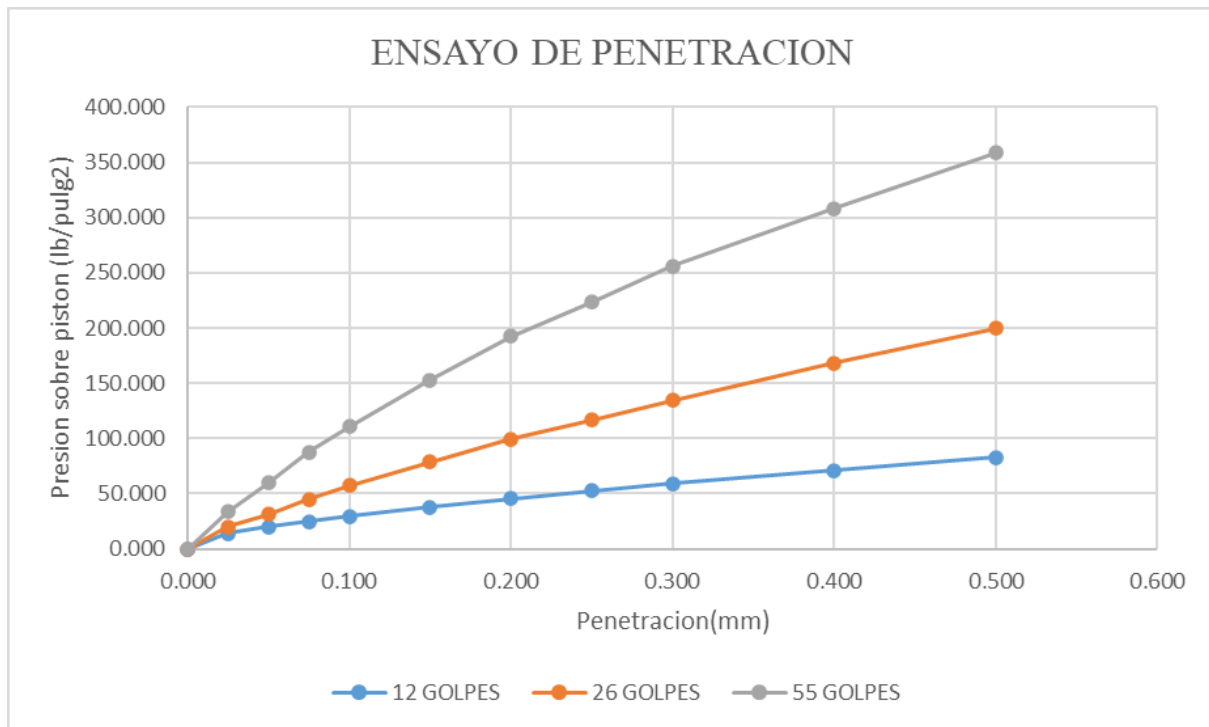
Procesamiento de datos para la determinación del CBR- Ensayo de penetración (Con 10 % de ceniza + malla)

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"														
"FORMATO"														
"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"														
"(MTC E-132/ NTP 339.129)"														
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"													
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Sanchez Viguria													
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	30/03/2023	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>								
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m	<b>Descripcion:</b>	CBR de Suelo Natural + Malla +10% de Ceniza	Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez								
CARGA UNITARIA PATRON (lb/pulg2)	ENSAYO DE PENETRACION (ETAPA DE APLICACIÓN DE PRESION)													
	Piston (pulg2)	3.043	12 GOLPES				26 GOLPES				55 GOLPES			
			I			II			III					
	LECTURA DE FUERZA SOBRE EL	FUERZA Libras(lb)	ESFUERZO lb/pulg2	CBR %	LECTURA DE FUERZA SOBRE EL	FUERZA Libras(lb)	ESFUERZO lb/pulg2	CBR %	LECTURA DE FUERZA SOBRE EL	FUERZA Libras(lb)	ESFUERZO lb/pulg2	CBR %		
mm	pulg													
	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
	0.64	0.025	0.194	43.613	14.330	0.267	60.024	19.723	0.456	102.513	33.684			
	1.27	0.050	0.273	61.373	20.166	0.427	95.994	31.541	0.812	182.546	59.980			
	1.91	0.075	0.337	75.761	24.893	0.604	135.785	44.616	1.182	265.725	87.312			
1000	2.54	0.100	0.395	88.800	29.178	2.918%	0.775	174.228	57.247	5.725%	1.500	337.215	110.801	11.080%
	3.81	0.150	0.514	115.552	37.968		1.063	238.973	78.521		2.073	466.031	153.128	
1500	5.08	0.200	0.616	138.483	45.502	3.033%	1.345	302.369	99.352	6.623%	2.609	586.529	192.721	12.848%
	6.35	0.250	0.713	160.290	52.668		1.582	355.649	116.859		3.024	679.825	223.376	
	7.62	0.300	0.797	179.174	58.872		1.823	409.829	134.661		3.468	779.641	256.173	
	10.16	0.400	0.962	216.267	71.061		2.279	512.342	168.344		4.172	937.907	308.176	
	12.70	0.500	1.122	252.237	82.879		2.705	608.111	199.812		4.858	1092.127	358.849	



**Figura 186**

*Gráfico de Penetración versus presión sobre pistón, para un Suelo natural con inclusión de malla y adición de 10% de ceniza*



Nota: En base a los datos obtenidos del ensayo de Penetración; del Gráfico se puede ver que la muestra que alcanzó un mayor esfuerzo sobre el pistón, fue la del molde III de 55 golpes de energía de compactación, con un valor de 358.849 lb/pulg<sup>2</sup>; mientras que a las penetraciones de 0.1 y 0.2 pulgadas, la muestra alcanzó los valores de esfuerzo de 110.801 lb/pulg<sup>2</sup> y 192.721 lb/pulg<sup>2</sup> respectivamente.



**Figura 187**

*Procesamiento de datos para la determinación del CBR para subrasante (Con 10 % de ceniza + malla)*

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"						
"FORMATO"						
"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"						
"(MTC E-132/ NTP 339.129)"						
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"					
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Sanchez Viguria					
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	30/03/2023	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m	<b>Descripcion:</b>	CBR de Suelo Natural + Malla +10% de Ceniza	<b>Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez</b>
<b>CALCULO DE CBR PARA SUBRASANTE</b>						
<b>Nro de Golpes</b>	<b>12</b>		<b>26</b>		<b>55</b>	
<b>Identificación</b>	<b>Molde I</b>		<b>Molde II</b>		<b>Molde III</b>	
<b>Penetración (pulg)</b>	<b>0.1</b>	<b>0.2</b>	<b>0.1</b>	<b>0.2</b>	<b>0.1</b>	<b>0.2</b>
<b>Presión (lb/pulg<sup>2</sup>)</b>	29.178	45.502	57.247	99.352	110.801	192.721
<b>CBR(%)</b>	2.918%	3.033%	5.725%	6.623%	11.080%	12.848%
<b>Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	1.668	1.668	1.768	1.768	1.911	1.911

Densidad maxima seca(g/cm3)	1.911
95% de la DMS(g/cm3)	1.815

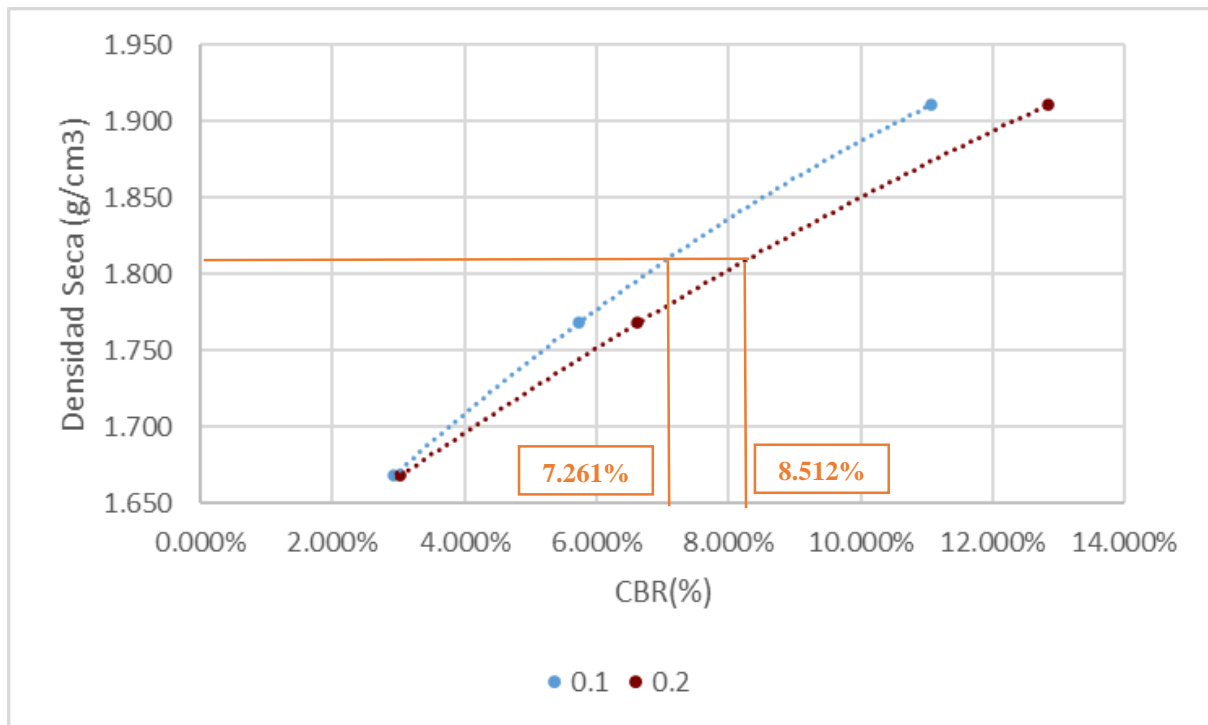
	<b>0.1"</b>	<b>0.2"</b>
CBR al 100% de la DMS	11.080%	12.848%
CBR al 95% de la DMS	7.261%	8.512%





**Figura 188**

*Gráfico de CBR versus densidad seca, para un Suelo natural con inclusión de malla y adición del 10% de ceniza*



Nota: En base a los datos obtenidos para el cálculo de CBR para subrasante; del Gráfico se puede ver que al 95% de la densidad máxima seca ( $1.815 \text{ g/cm}^3$ ) se tienen los siguientes valores de CBR, tanto para las penetraciones de 0.1 y 0.2 pulgadas, estos son: 7.261% y 8.512% respectivamente.



**Figura 189**

*Procesamiento de datos para la determinación del CBR- Densidad máxima seca (Con 15% de ceniza + malla)*

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"										
"FORMATO"										
"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"										
"(MTC E-132/ NTP 339.129)"										
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAXIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"									
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huillca Bach. Hans Sanchez Viguria									
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	Nº 02	<b>Fecha:</b>	30/03/2023	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>				
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m				Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez			
<b>Descripcion:</b>	Suelo Natural + Ceniza 15% + Malla		<b>Peso de ceniza:</b>	675	<b>g</b>					
<b>Nro de capas:</b>	5 capas		<b>Peso total:</b>	5175	<b>g</b>					
<b>Peso de suelo suelto:</b>	4500	<b>g</b>		<b>CHO añadido:</b>	8.70%	<b>(450 ml)</b>				
CALCULO DE LA DENSIDAD MAXIMA SECA										
DATOS										
<b>Numero de Molde</b>	<b>IV</b>			<b>V</b>			<b>VI</b>			
<b>Numero de golpes</b>	<b>12</b>			<b>26</b>			<b>56</b>			
<b>Diametro (cm)</b>	15.24			15.24			15.24			
<b>Altura de Molde (cm)</b>	17.8			17.8			17.7			
<b>Altura de Disco Espaciador (cm)</b>	6.1			6.1			6.1			
<b>Vol. de Mu. Hum. Compactada(cm3)</b>	2134.319			2134.319			2116.077			
<b>Peso Molde + Base (g)</b>	7510			6935			7995			
<b>P.del Molde+B+Muestra con CHO (g)</b>	11500			11220			12575			
<b>Peso Muestra Humeda (gr)</b>	3990			4285			4580			
<b>Densidad Humeda (gr/cm3)</b>	1.869			2.008			2.164			
<b>Recipiente Metalico N°</b>	<b>T-01</b>	<b>T-02</b>	<b>T-03</b>	<b>T-04</b>	<b>T-05</b>	<b>T-06</b>	<b>T-07</b>	<b>T-08</b>	<b>T-09</b>	
<b>Peso Muestra Humeda+Tara(g)</b>	145.6	153.4	159.9	150.9	136.3	55.6	145	146.9	65.2	
<b>Peso Muestra Seca + Tara (g)</b>	129	135.1	138.9	133.3	121.2	49.2	131.4	133.4	58.7	
<b>Peso del Agua (g)</b>	16.6	18.3	21	17.6	15.1	6.4	13.6	13.5	6.5	
<b>Peso R. Metalico (g)</b>	37	37.6	36.9	36.8	37.7	15.9	50.7	50	15.8	
<b>Peso Muestra Seca (gr)</b>	92	97.5	102	96.5	83.5	33.3	80.7	83.4	42.9	
<b>Cont. de Humedad (%) Final</b>	18.043	18.769	20.588	18.238	18.084	19.219	16.853	16.187	15.152	
<b>Cont. de Humedad promedio (%) Final</b>	19.134			18.514			16.064			
<b>Densidad Seca (g/cm3)</b>	<b>1.569</b>			<b>1.694</b>			<b>1.865</b>			
<b>RESULTADOS</b>	Densidad Maxima seca(DMS)		1.865 g/cm3							



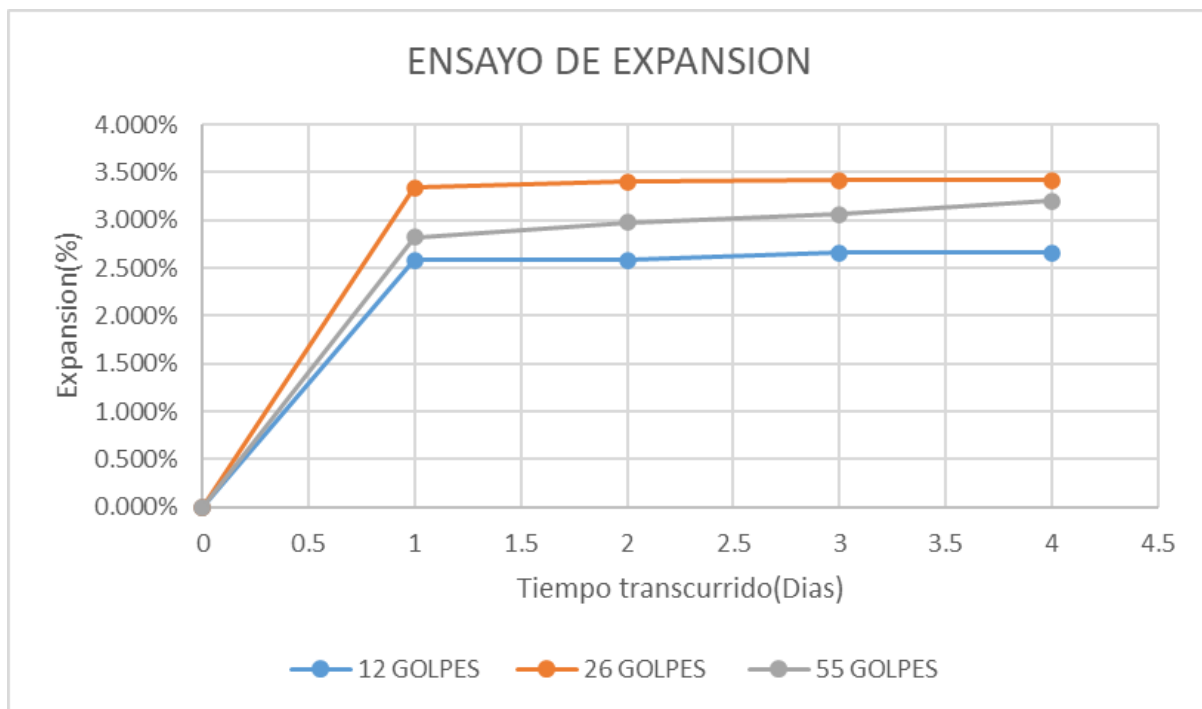
**Figura 190**

*Procesamiento de datos para la determinación del CBR- Ensayo de expansión (Con 15% de ceniza + malla)*

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"														
"FORMATO"														
"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"														
"(MTC E-132/ NTP 339.129)"														
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"													
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Sanchez Viguria													
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	30/03/2023	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>								
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m	<b>Descripcion:</b>	CBR de Suelo Natural + Malla +15% de Ceniza	Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez								
ENSAYO DE EXPANSION														
NUMERO DE GOLPES			12 GOLPES				26 GOLPES				55 GOLPES			
MOLDE No			I				II				III			
TIEMPO			DIAL (0.001")	DEFORMACION		EXPANSIÓN %	DIAL (0.001")	DEFORMACION		EXPANSIÓN %	DIAL (0.001")	DEFORMACION		EXPANSIÓN %
Fecha	Dias	Hora		Pulg	mm			Pulg	mm			Pulg	mm	
30/03/2023	0	2.05	13	0.013	0.330	0.000%	64	0.064	1.626	0.000%	0	0	0.000	0.000%
31/4/2023	1	2.25	142	0.142	3.607	2.580%	231	0.231	5.867	3.340%	141	0.141	3.581	2.820%
01/04/2023	2	2.18	142	0.142	3.607	2.580%	234	0.234	5.944	3.400%	149	0.149	3.785	2.980%
02/04/2023	3	2.27	146	0.146	3.708	2.660%	235	0.235	5.969	3.420%	153	0.153	3.886	3.060%
03/04/2023	4	2.21	146	0.146	3.708	2.660%	235	0.235	5.969	3.420%	160	0.16	4.064	3.200%

**Figura 191**

*Gráfico de Expansión versus tiempo transcurrido para un Suelo con inclusión de malla y adición de 15% de ceniza*



Nota: En base a los datos obtenidos del ensayo de Expansión; del Gráfico se puede ver que la muestra que alcanzo un mayor porcentaje de expansión al cuarto día, fue la del molde II de 26 golpes de energía de compactación, con un valor de 3.42%, mientras que la muestra del molde I de 12 golpes de energía de compactación, fue la que obtuvo un menor valor de porcentaje de expansión, con un 2.66%.



**Figura 192**

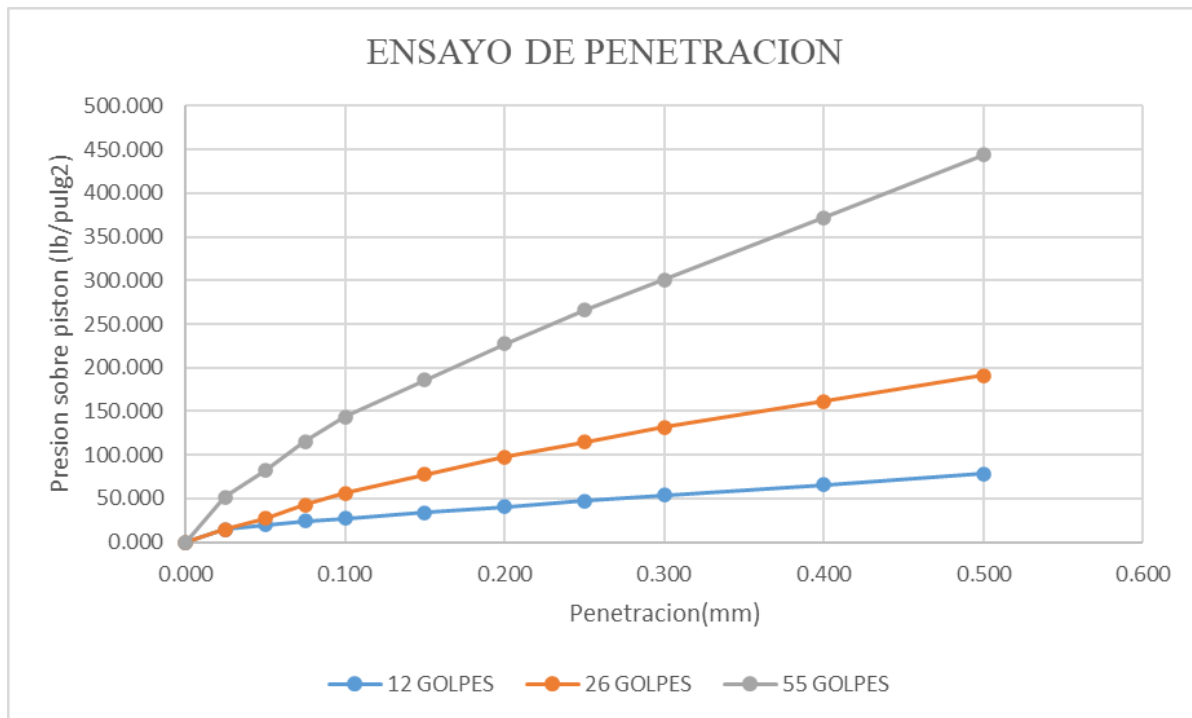
*Procesamiento de datos para la determinación del CBR- Ensayo de penetración (Con 15 % de ceniza + malla)*

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"														
"FORMATO"														
"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"														
"(MTC E-132/ NTP 339.129)"														
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"													
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Sanchez Viguria													
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	30/03/2023	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>								
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m	<b>Descripcion:</b>	CBR de Suelo Natural + Malla +15% de Ceniza	Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez								
CARGA UNITARIA PATRON (lb/pulg2)	ENSAYO DE PENETRACION (ETAPA DE APLICACIÓN DE PRESION)													
	Piston (pulg2)	3.043	12 GOLPES				26 GOLPES				55 GOLPES			
			I				II				III			
	LECTURA DE FUERZA SOBRE EL	FUERZA Libras(lb)	ESFUERZO lb/pulg2	CBR %	LECTURA DE FUERZA SOBRE EL	FUERZA Libras(lb)	ESFUERZO lb/pulg2	CBR %	LECTURA DE FUERZA SOBRE EL	FUERZA Libras(lb)	ESFUERZO lb/pulg2	CBR %		
mm	pulg													
	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
	0.64	0.025	0.195	43.838	14.404	0.201	45.187	14.847	0.701	157.592	51.781			
	1.27	0.050	0.266	59.799	19.649	0.369	82.955	27.257	1.113	250.214	82.215			
	1.91	0.075	0.324	72.838	23.933	0.580	130.390	42.843	1.558	350.254	115.086			
1000	2.54	0.100	0.366	82.280	27.036	2.704%	0.762	171.305	56.287	5.629%	1.948	437.930	143.894	14.389%
	3.81	0.150	0.460	103.413	33.979		1.048	235.601	77.413		2.521	566.746	186.220	
1500	5.08	0.200	0.553	124.320	40.849	2.723%	1.324	297.648	97.801	6.520%	3.077	691.740	227.291	15.153%
	6.35	0.250	0.636	142.979	46.980		1.548	348.006	114.347		3.596	808.417	265.628	
	7.62	0.300	0.726	163.212	53.628		1.783	400.836	131.706		4.075	916.101	301.011	
	10.16	0.400	0.888	199.631	65.594		2.190	492.334	161.770		5.038	1132.593	372.145	
	12.70	0.500	1.057	237.624	78.078		2.585	581.134	190.948		6.010	1351.108	443.944	



**Figura 193**

*Gráfico de Penetración versus presión sobre pistón, para un Suelo natural con inclusión de malla y adición de 15% de ceniza*



Nota: En base a los datos obtenidos del ensayo de Penetración; del Gráfico se puede ver que la muestra que alcanzó un mayor esfuerzo sobre el pistón, fue la del molde III de 55 golpes de energía de compactación, con un valor de 443.944 lb/pulg<sup>2</sup>; mientras que a las penetraciones de 0.1 y 0.2 pulgadas, la muestra alcanzó los valores de esfuerzo de 143.894 lb/pulg<sup>2</sup> y 227.291 lb/pulg<sup>2</sup> respectivamente.



**Figura 194**

*Procesamiento de datos para la determinación del CBR para subrasante (Con 15 % de ceniza + malla)*

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"						
"FORMATO"						
"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"						
"(MTC E-132/ NTP 339.129)"						
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"					
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Sanchez Viguria					
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	30/03/2023	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m	<b>Descripcion:</b>	CBR de Suelo Natural + Malla +15% de Ceniza	<b>Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez</b>
<b>CALCULO DE CBR PARA SUBRASANTE</b>						
<b>Nro de Golpes</b>	<b>12</b>		<b>26</b>		<b>55</b>	
<b>Identificación</b>	<b>Molde I</b>		<b>Molde II</b>		<b>Molde III</b>	
<b>Penetración (pulg)</b>	<b>0.1</b>	<b>0.2</b>	<b>0.1</b>	<b>0.2</b>	<b>0.1</b>	<b>0.2</b>
<b>Presión (lb/pulg<sup>2</sup>)</b>	27.036	40.849	56.287	97.801	143.894	227.291
<b>CBR(%)</b>	2.704%	2.723%	5.629%	6.520%	14.389%	15.153%
<b>Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	1.569	1.569	1.654	1.654	1.865	1.865

Densidad maxima seca(g/cm <sup>3</sup> )	1.865
95% de la DMS(g/cm <sup>3</sup> )	1.772

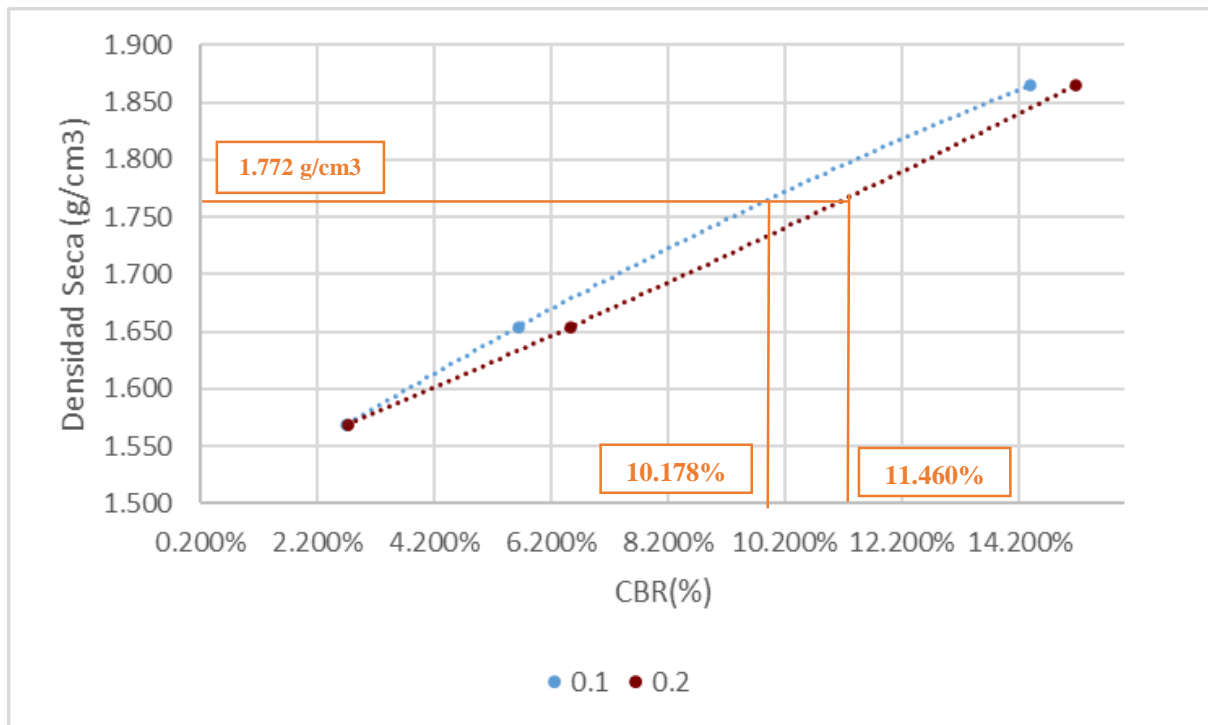
  

	<b>0.1"</b>	<b>0.2"</b>
CBR al 100% de la DMS	14.389%	15.153%
CBR al 95% de la DMS	10.178%	11.460%



**Figura 195**

*Gráfico de CBR versus densidad seca, para un Suelo natural con inclusión de malla y adición del 15% de ceniza*



Nota: En base a los datos obtenidos para el cálculo de CBR para subrasante; del gráfico se puede ver que al 95% de la densidad máxima seca ( $1.772 \text{ g/cm}^3$ ) se tienen los siguientes valores de CBR, tanto para las penetraciones de 0.1 y 0.2 pulgadas, estos son: 10.178% y 11.460% respectivamente.





**Figura 196**

*Procesamiento de datos para la determinación del CBR- Densidad máxima seca (Con 20% de ceniza + malla)*

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"										
"FORMATO"										
"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"										
"(MTC E-132/ NTP 339.129)"										
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAIXIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"									
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Sanchez Viguria									
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	30/03/2023	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>				
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L.Cordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m				Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez			
<b>Descripcion:</b>	Suelo Natural + Ceniza 20% + Malla			<b>Peso de ceniza:</b>	900	<b>g</b>				
<b>Nro de capas:</b>	5 capas			<b>Peso total:</b>	5400	<b>g</b>				
<b>Peso de suelo suelto:</b>	4500 g			<b>CHO añadido:</b>	9.70%	<b>(524 ml)</b>				
CALCULO DE LA DENSIDAD MAXIMA SECA										
DATOS										
<b>Numero de Molde</b>	<b>VII</b>			<b>VIII</b>			<b>IX</b>			
<b>Numero de golpes</b>	<b>12</b>			<b>26</b>			<b>56</b>			
<b>Diametro (cm)</b>	15.24			15.24			15.24			
<b>Altura de Molde (cm)</b>	17.9			17.8			17.8			
<b>Altura de Disco Espaciador (cm)</b>	6.1			6.1			6.1			
<b>Vol. de Mu. Hum. Compactada(cm3)</b>	2152.561			2134.319			2134.319			
<b>Peso Molde + Base (g)</b>	7520			8010			7935			
<b>P.del Molde+B+Muestra con CHO (g)</b>	11310			12315			12475			
<b>Peso Muestra Humeda (gr)</b>	3790			4305			4540			
<b>Densidad Humeda (gr/cm3)</b>	1.761			2.017			2.127			
<b>Recipiente Metalico N°</b>	<b>T-01</b>	<b>T-02</b>	<b>T-03</b>	<b>T-04</b>	<b>T-05</b>	<b>T-06</b>	<b>T-07</b>	<b>T-08</b>	<b>T-09</b>	
<b>Peso Muestra Humeda+Tara(g)</b>	121.7	125.5	128.6	137.6	130.8	129.7	103.1	109	112.5	
<b>Peso Muestra Seca + Tara (g)</b>	109	112	114.3	123.6	118.4	117.2	94.9	99.3	102	
<b>Peso del Agua (g)</b>	12.7	13.5	14.3	14	12.4	12.5	8.2	9.7	10.5	
<b>Peso R. Metalico (g)</b>	50.6	50	50.3	36.4	49.4	50.1	49.8	49.9	48.5	
<b>Peso Muestra Seca (gr)</b>	58.4	62	64	87.2	69	67.1	45.1	49.4	53.5	
<b>Cont. de Humedad (%) Final</b>	21.747	21.774	22.344	16.055	17.971	18.629	18.182	19.636	19.626	
<b>Cont. de Humedad promedio (%) Fir</b>	21.955			17.552			19.148			
<b>Densidad Seca (g/cm3)</b>	<b>1.444</b>			<b>1.716</b>			<b>1.785</b>			
<b>RESULTADOS</b>	Densidad Maxima seca (DMS)			1.785			g/cm3			



**Figura 197**

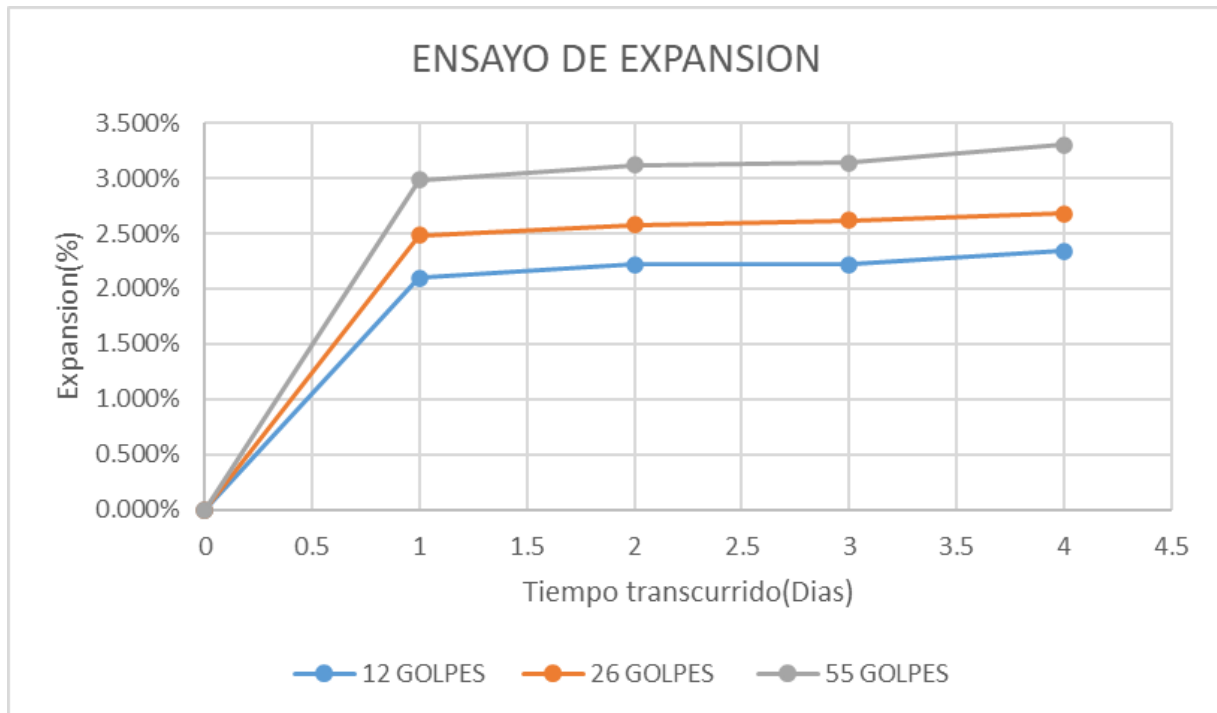
*Procesamiento de datos para la determinación del CBR- Ensayo de expansión (Con 20% de ceniza + malla)*

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"														
"FORMATO"														
"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"														
"(MTC E-132/ NTP 339.129)"														
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"													
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Sanchez Viguria													
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140			<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	30/03/2023		<b>Asesor de tesis y responsable:</b>					
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775			<b>Profundidad:</b>	1.50 m	<b>Descripcion:</b>	CBR de Suelo Natural + Malla +20% de Ceniza		Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez					
ENSAYO DE EXPANSION														
NUMERO DE GOLPES			12 GOLPES				26 GOLPES				55 GOLPES			
MOLDE No			I				II				III			
TIEMPO			DIAL (0.001")	DEFORMACION		EXPANSIÓN %	DIAL (0.001")	DEFORMACION		EXPANSIÓN %	DIAL (0.001")	DEFORMACION		EXPANSIÓN %
Fecha	Dias	Hora		Pulg	mm			Pulg	mm			Pulg	mm	
30/03/2023	0	2.05	222	0.222	5.639	0.000%	49	0.049	1.245	0.000%	38	0.038	0.965	0.000%
31/4/2023	1	2.25	327	0.327	8.306	2.100%	173	0.173	4.394	2.480%	187	0.187	4.750	2.980%
01/04/2023	2	2.18	333	0.333	8.458	2.220%	178	0.178	4.521	2.580%	194	0.194	4.928	3.120%
02/04/2023	3	2.27	333	0.333	8.458	2.220%	180	0.18	4.572	2.620%	195	0.195	4.953	3.140%
03/04/2023	4	2.21	339	0.339	8.611	2.340%	183	0.183	4.648	2.680%	203	0.203	5.156	3.300%



**Figura 198**

*Gráfico de Expansión versus tiempo transcurrido para un Suelo con inclusión de malla y adición de 20% de ceniza*



Nota: En base a los datos obtenidos del ensayo de Expansión; del Gráfico se puede ver que la muestra que alcanzó un mayor porcentaje de expansión al cuarto día, fue la del molde III de 55 golpes de energía de compactación, con un valor de 3.30%, mientras que la muestra del molde I de 12 golpes de energía de compactación, fue la que obtuvo un menor valor de porcentaje de expansión, con un 2.34%.



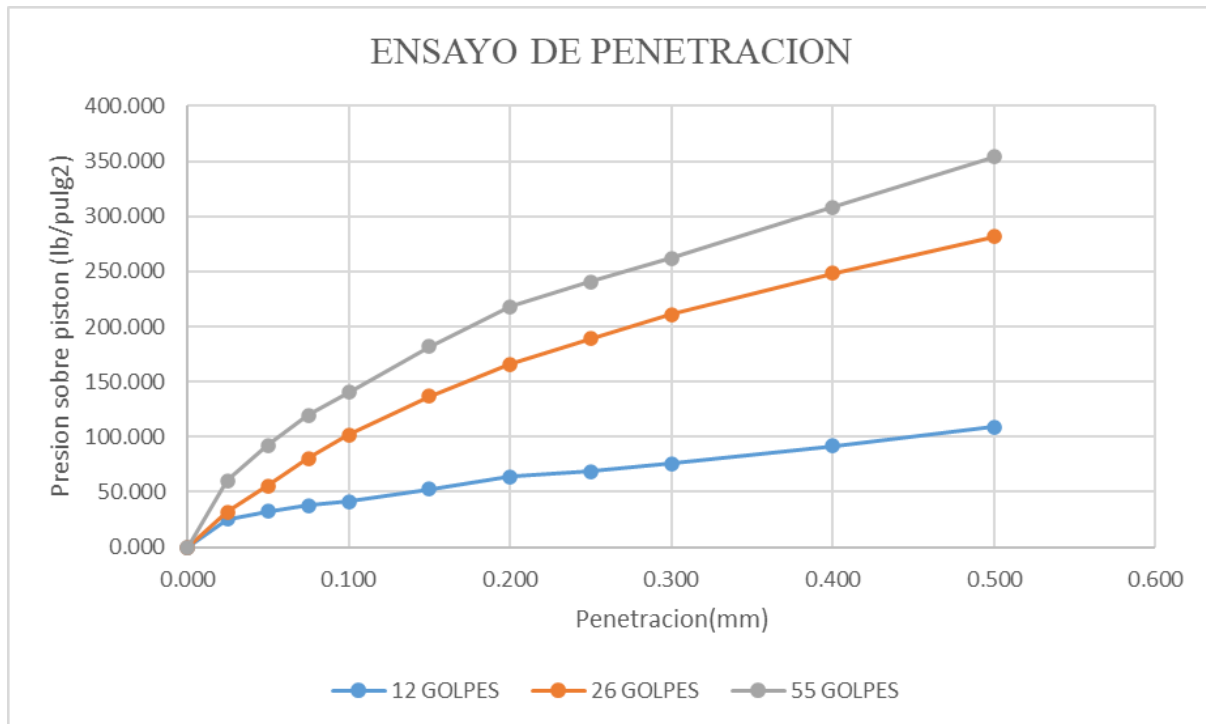
**Figura 199**

*Procesamiento de datos para la determinación del CBR- Ensayo de penetración (Con 20 % de ceniza + malla)*

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"														
"FORMATO"														
"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"														
"(MTC E-132/ NTP 339.129)"														
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"													
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Sanchez Viguria													
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140			<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	30/03/2023			<b>Asesor de tesis y responsable:</b>				
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775			<b>Profundidad:</b>	1.50 m	<b>Descripcion:</b>	CBR de Suelo Natural + Malla +20% de Ceniza			Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez				
<b>CARGA UNITARIA PATRON (lb/pulg2)</b>	<b>ENSAYO DE PENETRACION (ETAPA DE APLICACIÓN DE PRESION)</b>													
	<b>Piston (pulg2)</b>	3.043	12 GOLPES				26 GOLPES				55 GOLPES			
			I				II				III			
	<b>PENETRACION</b>	<b>LECTURA DE FUERZA SOBRE EL</b>	<b>FUERZA</b>	<b>ESFUERZO</b>	<b>CBR</b>	<b>LECTURA DE FUERZA SOBRE EL</b>	<b>FUERZA</b>	<b>ESFUERZO</b>	<b>CBR</b>	<b>LECTURA DE FUERZA SOBRE EL</b>	<b>FUERZA</b>	<b>ESFUERZO</b>	<b>CBR</b>	
	mm	pulg	Libras(lb)	lb/pulg2	%	Libras(lb)	lb/pulg2	%	Libras(lb)	lb/pulg2	%			
0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
0.64	0.025	0.339	76.211	25.041	0.431	96.893	31.837	0.816	183.445	60.276				
1.27	0.050	0.442	99.366	32.649	0.752	169.057	55.548	1.252	281.462	92.482				
1.91	0.075	0.513	115.328	37.894	1.087	244.368	80.294	1.616	363.293	119.370				
1000	2.54	0.100	0.561	126.118	41.440	4.144%	1.376	309.339	101.642	10.164%	1.899	426.914	140.275	14.027%
	3.81	0.150	0.714	160.514	52.741		1.851	416.123	136.729		2.460	553.033	181.714	
1500	5.08	0.200	0.863	194.011	63.748	4.250%	2.249	505.598	166.128	11.075%	2.952	663.639	218.057	14.537%
	6.35	0.250	0.926	208.174	68.401		2.559	575.289	189.027		3.260	732.881	240.808	
	7.62	0.300	1.025	230.430	75.714		2.860	642.957	211.261		3.549	797.851	262.156	
	10.16	0.400	1.245	279.888	91.965		3.364	756.261	248.491		4.171	937.683	308.102	
	12.70	0.500	1.474	331.370	108.881		3.811	856.751	281.509		4.790	1076.840	353.826	

**Figura 200**

*Gráfico de Penetración versus presión sobre pistón, para un Suelo natural con inclusión de malla y adición de 20% de ceniza*



Nota: En base a los datos obtenidos del ensayo de Penetración; del Gráfico se puede ver que la muestra que alcanzó un mayor esfuerzo sobre el pistón fue la del molde III de 55 golpes de energía de compactación, con un valor de 353.826 lb/pulg<sup>2</sup>; mientras que a las penetraciones de 0.1 y 0.2 pulgadas, la muestra alcanzó los valores de esfuerzo de 140.275 lb/pulg<sup>2</sup> y 218.057 lb/pulg<sup>2</sup> respectivamente.



**Figura 201**

*Procesamiento de datos para la determinación del CBR para subrasante (Con 20 % de ceniza + malla)*

"LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO"						
"FORMATO"						
"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"						
"(MTC E-132/ NTP 339.129)"						
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"					
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Sanchez Viguria					
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	30/03/2023	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m	<b>Descripcion:</b>	CBR de Suelo Natural + Malla +20% de Ceniza	Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez
<b>CALCULO DE CBR PARA SUBRASANTE</b>						
<b>Nro de Golpes</b>	<b>12</b>		<b>26</b>		<b>55</b>	
<b>Identificación</b>	<b>Molde I</b>		<b>Molde II</b>		<b>Molde III</b>	
<b>Penetración (pulg)</b>	<b>0.1</b>	<b>0.2</b>	<b>0.1</b>	<b>0.2</b>	<b>0.1</b>	<b>0.2</b>
<b>Presión (lb/pulg<sup>2</sup>)</b>	41.440	63.748	101.642	166.128	140.275	218.057
<b>CBR(%)</b>	4.144%	4.250%	10.164%	11.075%	14.027%	14.537%
<b>Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	1.444	1.444	1.676	1.676	1.785	1.785

Densidad maxima seca(g/cm <sup>3</sup> )	1.785
95% de la DMS(g/cm <sup>3</sup> )	1.696

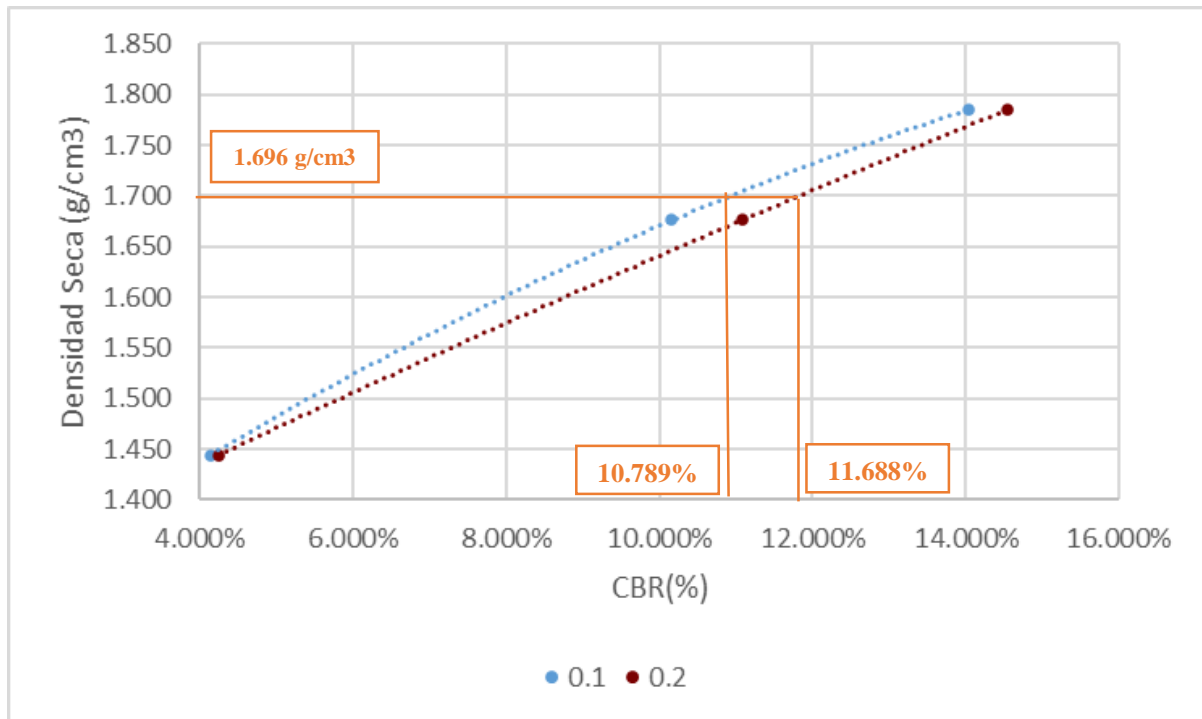
  

	<b>0.1"</b>	<b>0.2"</b>
CBR al 100% de la DMS	14.027%	14.537%
CBR al 95% de la DMS	10.789%	11.688%



Figura 202

Gráfico de CBR versus densidad seca, para un Suelo natural con inclusión de malla y adición del 20% de ceniza



Nota: En base a los datos obtenidos para el cálculo de CBR para subrasante; del Gráfico se puede ver que al 95% de la densidad máxima seca ( $1.696 \text{ g/cm}^3$ ) se tienen los siguientes valores de CBR, tanto para las penetraciones de 0.1 y 0.2 pulgadas, estos son: 10.789% y 11.688% respectivamente.



**Figura 203**

*Procesamiento de datos para la determinación del CBR- Densidad máxima seca (Con 5% de ceniza)*

"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"										
"(MTC E-132/ NTP 339.129)"										
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAJIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"									
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Sanchez Viguria									
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	26/01/2024	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>				
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m				Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez			
<b>Descripción:</b>	Suelo Natural + Ceniza 5%			<b>Peso de ceniza:</b>	235	g				
<b>Nro de capas:</b>	5 capas			<b>Peso total:</b>	4935	g				
<b>Peso de suelo suelto:</b>	4700 g			<b>CHO añadido:</b>	9.30%	(459 ml)				
CALCULO DE LA DENSIDAD MAXIMA SECA										
DATOS										
Numero de Molde	VII			VIII			IX			
Numero de golpes	12			26			56			
Diametro (cm)	15.24			15.24			15.24			
Altura de Molde (cm)	17.8			17.7			17.8			
Altura de Disco Espaciador (cm)	6.1			6.1			6.1			
<b>Vol. de Mu. Hum. Compactada(cm3)</b>	2134.319			2116.077			2134.319			
Peso Molde + Base (g)	8190			8010			7540			
P.del Molde+B+Muestra con CHO (g)	12385			12560			12340			
<b>Peso Muestra Humeda (gr)</b>	4195			4550			4800			
<b>Densidad Humeda (gr/cm3)</b>	1.965			2.150			2.249			
Recipiente Metalico N°	<b>T-01</b>	<b>T-02</b>	<b>T-03</b>	<b>T-04</b>	<b>T-05</b>	<b>T-06</b>	<b>T-07</b>	<b>T-08</b>	<b>T-09</b>	
Peso Muestra Humeda+Tara(g)	87.8	107.8	91.1	111.4	101	122	97.5	131.6	48	
Peso Muestra Seca + Tara (g)	79.8	96	82.6	99.5	91.1	108.4	88.3	117	43.3	
<b>Peso del Agua (g)</b>	8	11.8	8.5	11.9	9.9	13.6	9.2	14.6	4.7	
Peso R. Metalico (g)	37.7	37.1	37	37.2	37.6	37.7	36.9	37.4	15.9	
<b>Peso Muestra Seca (gr)</b>	42.1	58.9	45.6	62.3	53.5	70.7	51.4	79.6	27.4	
<b>Cont. de Humedad (%) Final</b>	19.002	20.034	18.640	19.101	18.505	19.236	17.899	18.342	17.153	
<b>Cont. de Humedad promedio (%) Final</b>	19.226			18.947			17.798			
<b>Densidad Seca (g/cm3)</b>	1.649			1.808			1.909			
<b>RESULTADOS</b>	Densidad Maxima seca(DMS)			1.909	g/cm3					





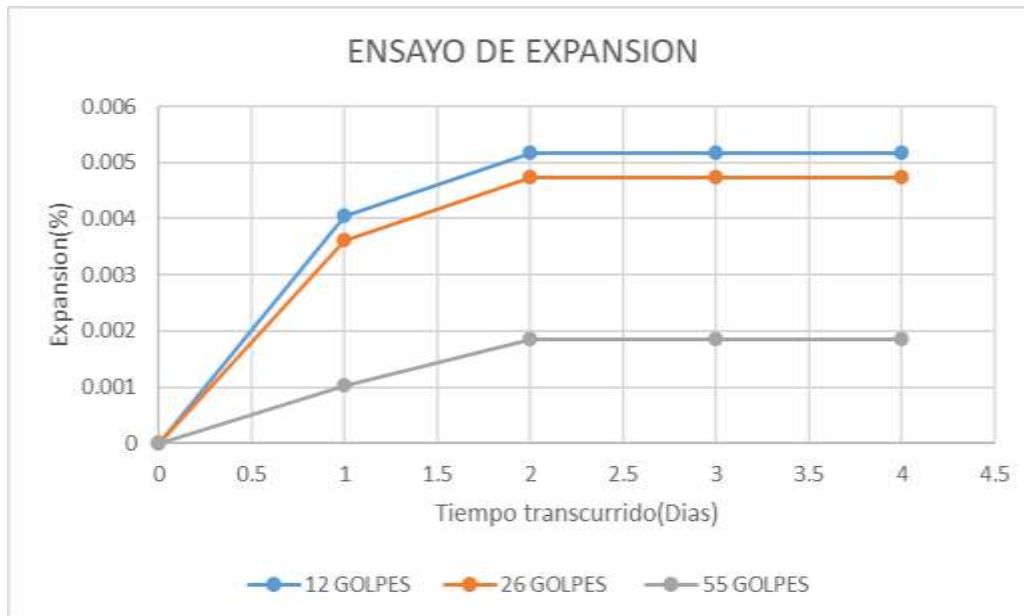
**Figura 204**

*Procesamiento de datos para la determinación del CBR- Ensayo de expansión (Con 5% de ceniza)*

<b>"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"</b>												
<b>"(MTC E-132/ NTP 339.129)"</b>												
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"											
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Sanchez Viguria											
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	26/01/2024	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>						
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m	<b>Descripcion:</b>	CBR de Suelo Natural + 5% de Ceniza	Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez						
<b>ENSAYO DE EXPANSION</b>												
<b>NUMERO DE GOLPES</b>	12 GOLPES				26 GOLPES				55 GOLPES			
<b>MOLDE No</b>	I				II				III			
<b>TIEMPO</b>	<b>DIAL</b>	<b>DEFORMACION</b>		<b>EXPANSIÓN</b>	<b>DIAL</b>	<b>DEFORMACION</b>		<b>EXPANSIÓN</b>	<b>DIAL</b>	<b>DEFORMACION</b>		<b>EXPANSIÓN</b>
<b>Días</b>		<b>mm</b>	<b>mm</b>	<b>%</b>		<b>mm</b>	<b>mm</b>	<b>%</b>		<b>mm</b>	<b>mm</b>	<b>%</b>
0	0	0	0.000	0.000%	0	0	0.000	0.000%	0	0	0.000	0.000%
1	47	0.470	0.470	0.405%	42	0.420	0.420	0.362%	12	0.120	0.120	0.103%
2	60	0.600	0.600	0.517%	55	0.550	0.550	0.474%	21.5	0.215	0.215	0.185%
3	60	0.600	0.600	0.517%	55	0.550	0.550	0.474%	21.5	0.215	0.215	0.185%
4	60	0.600	0.600	0.517%	55	0.550	0.550	0.474%	21.5	0.215	0.215	0.185%

**Figura 205**

*Gráfico de Expansión versus tiempo transcurrido para un Suelo con adición de 5% de ceniza*



Nota: En base a los datos obtenidos del ensayo de Expansión; del Gráfico se puede ver que la muestra que alcanzó un mayor porcentaje de expansión al cuarto día fue la del molde I de 12 golpes de energía de compactación, con un valor de 0.517%, mientras que la muestra del molde III de 55 golpes de energía de compactación, fue la que obtuvo un menor valor de porcentaje de expansión, con un 0.185%.



**Figura 206**

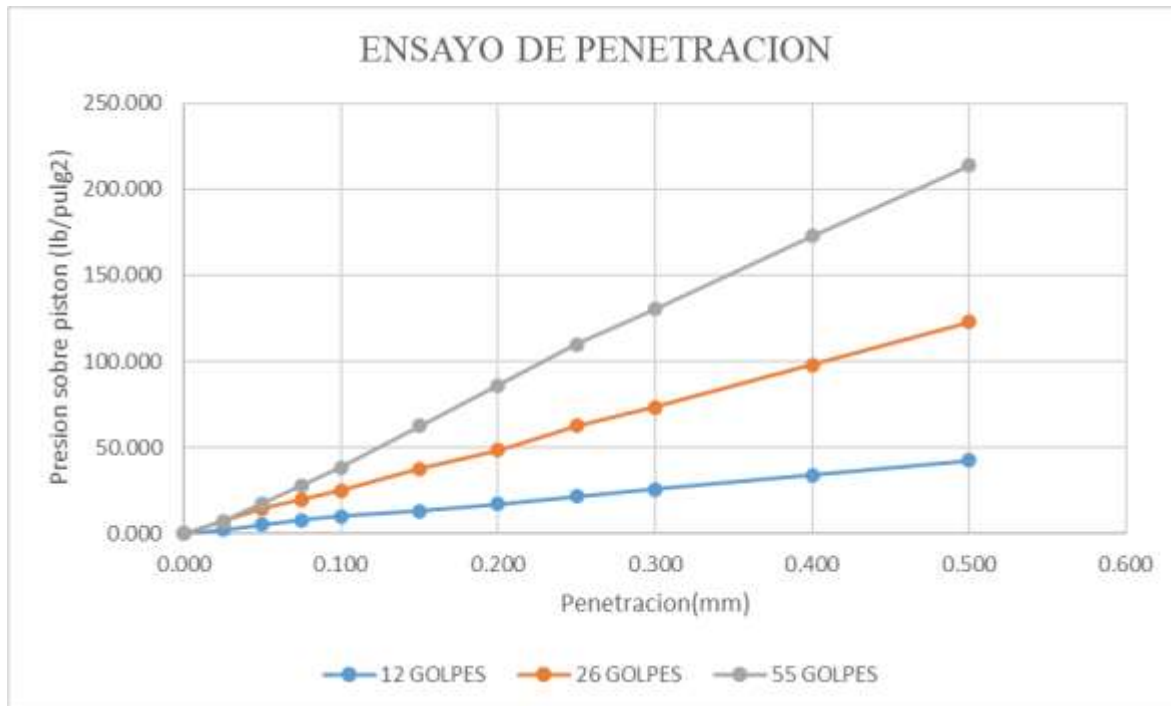
*Procesamiento de datos para la determinación del CBR- Ensayo de penetración (Con 5 % de ceniza)*

<b>"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"</b>															
<b>"(MTC E-132/ NTP 339.129)"</b>															
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"														
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Sanchez Viguria														
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	26/01/2024	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>									
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m	<b>Descripcion:</b>	CBR de Suelo Natural + 5% de Ceniza	Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez									
<b>CARGA UNITARIA PATRON (lb/pulg2)</b>	<b>ENSAYO DE PENETRACION (ETAPA DE APLICACIÓN DE PRESION)</b>														
	<b>Piston (pulg2)</b>	3.043	12 GOLPES				26 GOLPES				55 GOLPES				
			I				II				III				
	<b>PENETRACION</b>	<b>LECTURA DE FUERZA SOBRE EL</b>	<b>FUERZA Libras(lb)</b>	<b>ESFUERZO lb/pulg2</b>	<b>CBR %</b>	<b>LECTURA DE FUERZA SOBRE EL</b>	<b>FUERZA Libras(lb)</b>	<b>ESFUERZO lb/pulg2</b>	<b>CBR %</b>	<b>LECTURA DE FUERZA SOBRE EL</b>	<b>FUERZA Libras(lb)</b>	<b>ESFUERZO lb/pulg2</b>	<b>CBR %</b>		
	<b>mm</b>														
0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
0.64	0.025	0.028	6.182	2.031	0.093	20.907	6.870	0.093	20.795	6.833					
1.27	0.050	0.067	14.950	4.912	0.196	44.063	14.478	0.236	52.943	17.396					
1.91	0.075	0.106	23.717	7.793	0.264	59.350	19.501	0.376	84.416	27.737					
1000	2.54	0.100	0.133	29.787	9.787	0.979%	0.337	75.761	24.893	2.489%	0.517	116.114	38.153	3.815%	
	3.81	0.150	0.177	39.679	13.038		0.510	114.653	37.672		0.845	189.852	62.381		
1500	5.08	0.200	0.231	51.819	17.026	1.135%	0.655	147.251	48.383	3.226%	1.166	262.016	86.093	5.740%	
	6.35	0.250	0.290	65.082	21.385		0.845	189.964	62.418		1.488	334.405	109.878		
	7.62	0.300	0.346	77.672	25.521		0.994	223.461	73.424		1.766	396.902	130.413		
	10.16	0.400	0.459	103.075	33.868		1.324	297.648	97.801		2.339	525.718	172.739		
	12.70	0.500	0.575	129.153	42.437		1.662	373.634	122.768		2.896	650.937	213.884		



Figura 207

Gráfico de Penetración versus presión sobre pistón, para un Suelo natural con adición de 5% de ceniza



Nota: En base a los datos obtenidos del ensayo de Penetración; del Gráfico se puede ver que la muestra que alcanzó un mayor esfuerzo sobre el pistón fue la del molde III de 55 golpes de energía de compactación, con un valor de 213.884 lb/pulg<sup>2</sup>; mientras que a las penetraciones de 0.1 y 0.2 pulgadas, la muestra alcanzó los valores de esfuerzo de 38.153 lb/pulg<sup>2</sup> y 86.093 lb/pulg<sup>2</sup> respectivamente.



**Figura 208**

*Procesamiento de datos para la determinación del CBR para subrasante (Con 5 % de ceniza)*

<b>"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"</b>						
(MTC E-132/ NTP 339.129)						
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"					
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Sanchez Viguria					
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	26/01/2024	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m	<b>Descripcion:</b>	CBR de Suelo Natural + 5% de Ceniza	<b>Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez</b>
<b>CALCULO DE CBR PARA SUBRASANTE</b>						
<b>Nro de Golpes</b>	<b>12</b>		<b>26</b>		<b>55</b>	
<b>Identificación</b>	<b>Molde I</b>		<b>Molde II</b>		<b>Molde III</b>	
<b>Penetración (pulg)</b>	<b>0.1</b>	<b>0.2</b>	<b>0.1</b>	<b>0.2</b>	<b>0.1</b>	<b>0.2</b>
<b>Presión (lb/pulg<sup>2</sup>)</b>	9.787	17.026	24.893	48.383	38.153	86.093
<b>CBR(%)</b>	0.979%	1.135%	2.489%	3.226%	3.815%	5.740%
<b>Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	1.649	1.649	1.792	1.792	1.909	1.909

Densidad maxima seca(g/cm <sup>3</sup> )	1.909
95% de la DMS(g/cm <sup>3</sup> )	1.814

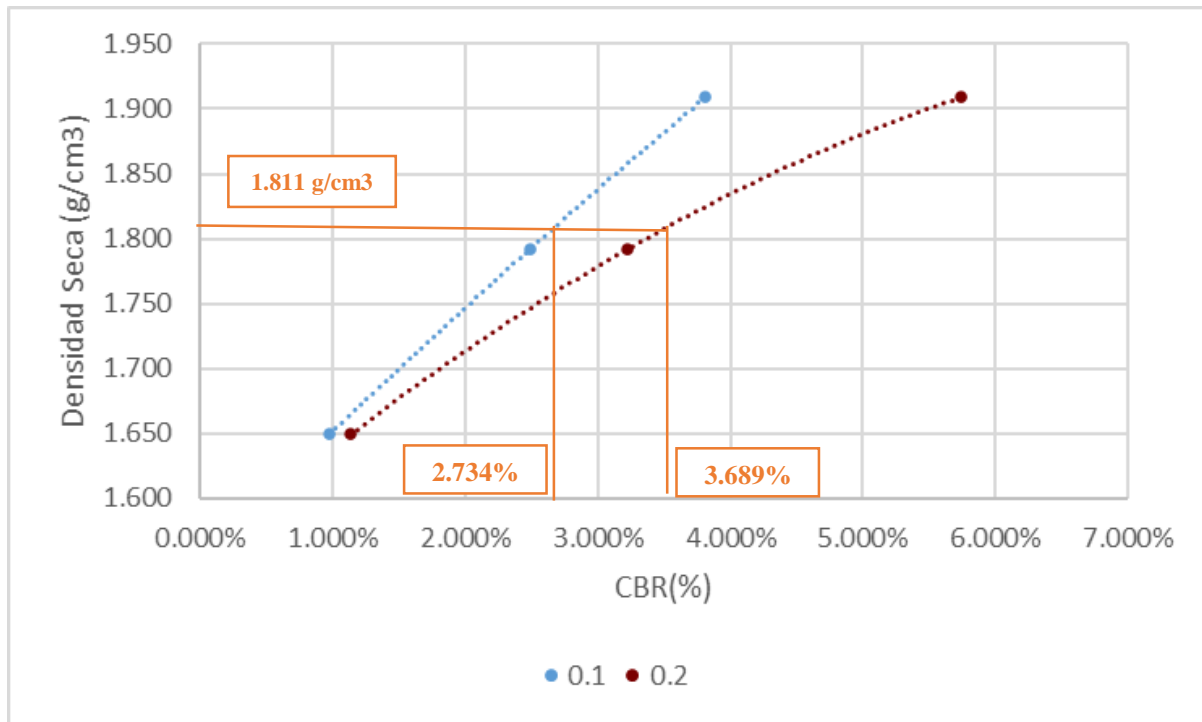
  

	<b>0.1"</b>	<b>0.2"</b>
CBR al 100% de la DMS	3.815%	5.740%
CBR al 95% de la DMS	2.734%	3.689%



Figura 209

Gráfico de CBR versus densidad seca, para un Suelo natural con adición del 5% de ceniza



Nota: En base a los datos obtenidos para el cálculo de CBR para subrasante; del Gráfico se puede ver que al 95% de la densidad máxima seca ( $1.811 \text{ g/cm}^3$ ) se tienen los siguientes valores de CBR, tanto para las penetraciones de 0.1 y 0.2 pulgadas, estos son: 2.734% y 3.689% respectivamente.



**Figura 210**

*Procesamiento de datos para la determinación del CBR- Densidad máxima seca (Con 10% de ceniza)*

"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"										
"(MTC E-132/ NTP 339.129)"										
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAXIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"									
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huillca Bach. Hans Sanchez Viguria									
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	26/01/2024	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>				
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L. Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-850775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m				Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez			
<b>Descripcion:</b>	Suelo Natural + Ceniza 10%			<b>Peso de ceniza:</b>	500	<b>g</b>				
<b>Nro de capas:</b>	5 capas			<b>Peso total:</b>	5500	<b>g</b>				
<b>Peso de suelo suelto:</b>	5000 <b>g</b>			<b>CHO añadido:</b>	9.90%	<b>(545 ml)</b>				
CALCULO DE LA DENSIDAD MAXIMA SECA										
DATOS										
Numero de Molde	I			II			III			
<b>Numero de golpes</b>	<b>12</b>			<b>26</b>			<b>56</b>			
Diametro (cm)	15.24			15.24			15.24			
Altura de Molde (cm)	17.7			17.7			17.8			
Altura de Disco Espaciador (cm)	6.1			6.1			6.1			
<b>Vol. de Mu. Hum. Compactada(cm3)</b>	2116.077			2116.077			2134.319			
Peso Molde + Base (g)	7555			7760			6935			
P.del Molde+B+Muestra con CHO (g)	11710			12130			11615			
<b>Peso Muestra Humeda (gr)</b>	4155			4370			4680			
<b>Densidad Humeda (gr/cm3)</b>	1.964			2.065			2.193			
Recipiente Metalico N°	<b>T-01</b>	<b>T-02</b>	<b>T-03</b>	<b>T-04</b>	<b>T-05</b>	<b>T-06</b>	<b>T-07</b>	<b>T-08</b>	<b>T-09</b>	
Peso Muestra Humeda+Tara(g)	120.6	116.6	116.3	107.2	102.2	129.4	128.7	132.7	138.2	
Peso Muestra Seca + Tara (g)	107.8	104.7	104.6	97.1	93	116	117.2	120.2	125.3	
<b>Peso del Agua (g)</b>	12.8	11.9	11.7	10.1	9.2	13.4	11.5	12.5	12.9	
Peso R. Metalico (g)	36.9	37.3	37.7	37.4	37.2	37.2	37.6	37.3	37.7	
<b>Peso Muestra Seca (gr)</b>	70.9	67.4	66.9	59.7	55.8	78.8	79.6	82.9	87.6	
<b>Cont. de Humedad (%) Final</b>	18.054	17.656	17.489	16.918	16.487	17.005	14.447	15.078	14.726	
<b>Cont. de Humedad promedio (%) Final</b>	17.733			16.803			14.751			
<b>Densidad Seca (g/cm3)</b>	<b>1.668</b>			<b>1.768</b>			<b>1.911</b>			
<b>RESULTADOS</b>	Densidad Maxima seca(DMS)			1.911			g/cm3			



**Figura 211**

*Procesamiento de datos para la determinación del CBR- Ensayo de expansión (Con 10% de ceniza)*

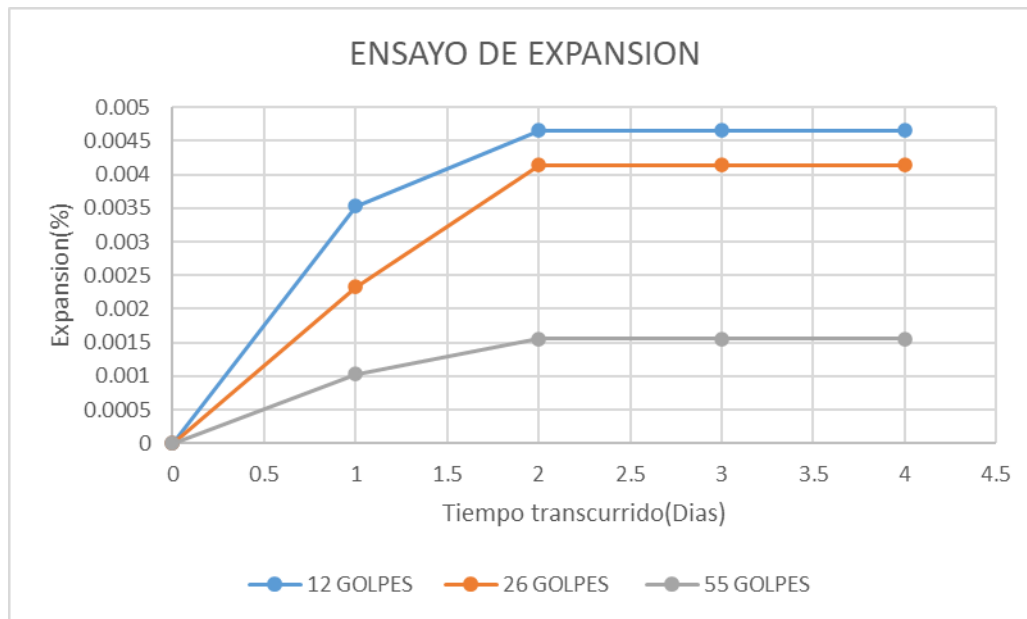
<b>"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"</b>												
<b>"(MTC E-132/ NTP 339.129)"</b>												
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"											
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Sanchez Viguria											
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	26/01/2024	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>						
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m	<b>Descripcion:</b>	CBR de Suelo Natural + 10% de Ceniza	Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez						
<b>ENSAYO DE EXPANSION</b>												
<b>NUMERO DE GOLPES</b>	12 GOLPES				26 GOLPES				55 GOLPES			
<b>MOLDE No</b>	I				II				III			
<b>TIEMPO</b>	<b>DIAL</b>	<b>DEFORMACION</b>		<b>EXPANSIÓN</b>	<b>DIAL</b>	<b>DEFORMACION</b>		<b>EXPANSIÓN</b>	<b>DIAL</b>	<b>DEFORMACION</b>		<b>EXPANSIÓN</b>
<b>Días</b>		<b>mm</b>	<b>mm</b>	<b>%</b>		<b>mm</b>	<b>mm</b>	<b>%</b>		<b>mm</b>	<b>mm</b>	<b>%</b>
0	0	0	0.000	0.000%	0	0	0.000	0.000%	0	0	0.000	0.000%
1	41	0.410	0.410	0.353%	27	0.270	0.270	0.233%	12	0.120	0.120	0.103%
2	54	0.540	0.540	0.466%	48	0.480	0.480	0.414%	18	0.180	0.180	0.155%
3	54	0.540	0.540	0.466%	48	0.480	0.480	0.414%	18	0.180	0.180	0.155%
4	54	0.540	0.540	0.466%	48	0.480	0.480	0.414%	18	0.180	0.180	0.155%





**Figura 212**

*Gráfico de Expansión versus tiempo transcurrido para un Suelo con adición de 10% de ceniza*



Nota: En base a los datos obtenidos del ensayo de Expansión; del Gráfico se puede ver que la muestra que alcanzó un mayor porcentaje de expansión al cuarto día fue la del molde I de 12 golpes de energía de compactación, con un valor de 0.466%, mientras que la muestra del molde III de 55 golpes de energía de compactación, fue la que obtuvo un menor valor de porcentaje de expansión, con un 0.155%.



**Figura 213**

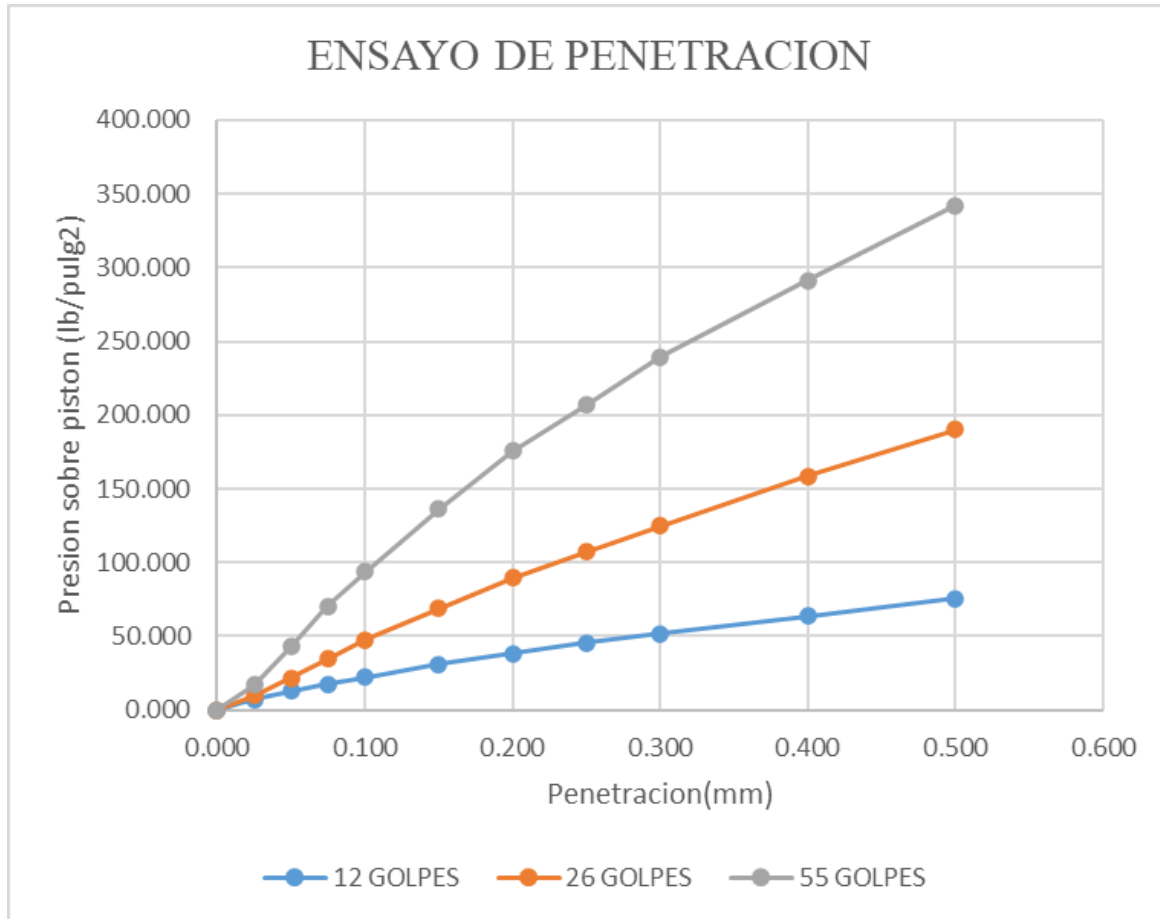
*Procesamiento de datos para la determinación del CBR- Ensayo de penetración (Con 10 % de ceniza)*

<b>"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"</b>														
<b>"(MTC E-132/ NTP 339.129)"</b>														
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"													
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Sanchez Viguria													
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	26/01/2024	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>								
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m	<b>Descripcion:</b>	CBR de Suelo Natural + 10% de Ceniza	Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez								
<b>CARGA UNITARIA PATRON (lb/pulg2)</b>	<b>ENSAYO DE PENETRACION (ETAPA DE APLICACIÓN DE PRESION)</b>													
	<b>Piston (pulg2)</b>	3.043	12 GOLPES				26 GOLPES				55 GOLPES			
			I				II				III			
	<b>PENETRACION</b>	<b>LECTURA DE FUERZA SOBRE EL</b>	<b>FUERZA Libras(lb)</b>	<b>ESFUERZO lb/pulg2</b>	<b>CBR %</b>	<b>LECTURA DE FUERZA SOBRE EL</b>	<b>FUERZA Libras(lb)</b>	<b>ESFUERZO lb/pulg2</b>	<b>CBR %</b>	<b>LECTURA DE FUERZA SOBRE EL</b>	<b>FUERZA Libras(lb)</b>	<b>ESFUERZO lb/pulg2</b>	<b>CBR %</b>	
	<b>mm</b>													<b>pulg</b>
0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
0.64	0.025	0.097	21.807	7.165	0.134	30.012	9.861	0.228	51.257	16.842				
1.27	0.050	0.176	39.567	13.001	0.294	65.982	21.680	0.584	131.289	43.139				
1.91	0.075	0.240	53.954	17.728	0.471	105.773	34.755	0.954	214.469	70.470				
1000	2.54	0.100	0.298	66.993	22.013	2.201%	0.642	144.216	47.386	4.739%	1.272	285.958	93.960	9.396%
	3.81	0.150	0.417	93.746	30.803		0.930	208.961	68.660		1.845	414.774	136.286	
1500	5.08	0.200	0.519	116.676	38.337	2.556%	1.212	272.357	89.491	5.966%	2.381	535.273	175.879	11.725%
	6.35	0.250	0.616	138.483	45.502		1.449	325.637	106.997		2.796	628.569	206.534	
	7.62	0.300	0.700	157.367	51.707		1.690	379.816	124.799		3.240	728.384	239.331	
	10.16	0.400	0.865	194.461	63.895		2.146	482.330	158.483		3.944	886.651	291.334	
	12.70	0.500	1.025	230.430	75.714		2.572	578.099	189.951		4.630	1040.870	342.007	



**Figura 214:**

*Gráfico de Penetración versus presión sobre pistón, para un Suelo natural con adición de 10% de ceniza*



Nota: En base a los datos obtenidos del ensayo de Penetración; del Gráfico se puede ver que la muestra que alcanzó un mayor esfuerzo sobre el pistón fue la del molde III de 55 golpes de energía de compactación, con un valor de 342.007 lb/pulg<sup>2</sup>; mientras que a las penetraciones de 0.1 y 0.2 pulgadas, la muestra alcanzó los valores de esfuerzo de 93.96 lb/pulg<sup>2</sup> y 175.879 lb/pulg<sup>2</sup> respectivamente.



**Figura 215**

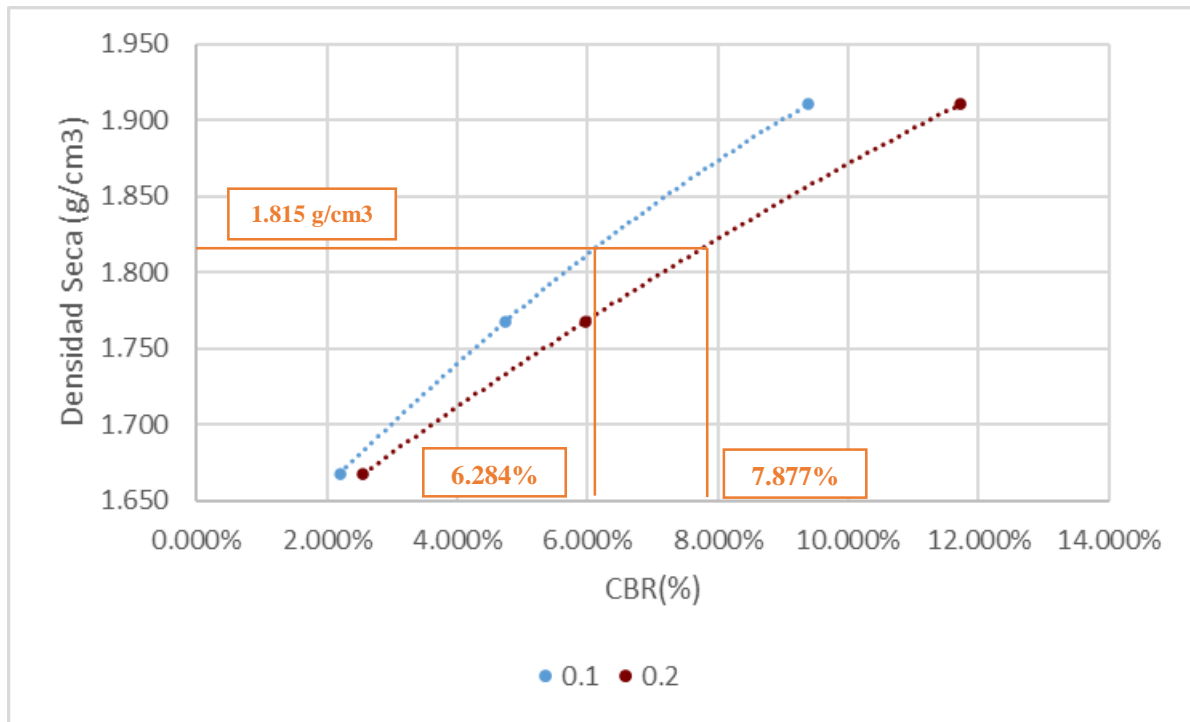
*Procesamiento de datos para la determinación del CBR para subrasante (Con 10 % de ceniza)*

<b>"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"</b>															
(MTC E-132/ NTP 339.129)"															
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"														
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Sanchez Viguria														
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	26/01/2024	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>									
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m	<b>Descripcion:</b>	CBR de Suelo Natural + 10% de Ceniza	<b>Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez</b>									
<b>CALCULO DE CBR PARA SUBRASANTE</b>															
<b>Nro de Golpes</b>	<b>12</b>		<b>26</b>		<b>55</b>										
<b>Identificación</b>	<b>Molde I</b>		<b>Molde II</b>		<b>Molde III</b>										
<b>Penetración (pulg)</b>	<b>0.1</b>	<b>0.2</b>	<b>0.1</b>	<b>0.2</b>	<b>0.1</b>	<b>0.2</b>									
<b>Presión (lb/pulg<sup>2</sup>)</b>	22.013	38.337	47.386	89.491	93.960	175.879									
<b>CBR(%)</b>	2.201%	2.556%	4.739%	5.966%	9.396%	11.725%									
<b>Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	1.668	1.668	1.768	1.768	1.911	1.911									
<table border="1"> <tr> <td>Densidad maxima seca(g/cm<sup>3</sup>)</td> <td>1.911</td> </tr> <tr> <td>95% de la DMS(g/cm<sup>3</sup>)</td> <td>1.815</td> </tr> </table>							Densidad maxima seca(g/cm <sup>3</sup> )	1.911	95% de la DMS(g/cm <sup>3</sup> )	1.815					
Densidad maxima seca(g/cm <sup>3</sup> )	1.911														
95% de la DMS(g/cm <sup>3</sup> )	1.815														
<table border="1"> <tr> <td></td> <td><b>0.1"</b></td> <td><b>0.2"</b></td> </tr> <tr> <td>CBR al 100% de la DMS</td> <td>9.396%</td> <td>11.725%</td> </tr> <tr> <td>CBR al 95% de la DMS</td> <td>6.284%</td> <td>7.877%</td> </tr> </table>								<b>0.1"</b>	<b>0.2"</b>	CBR al 100% de la DMS	9.396%	11.725%	CBR al 95% de la DMS	6.284%	7.877%
	<b>0.1"</b>	<b>0.2"</b>													
CBR al 100% de la DMS	9.396%	11.725%													
CBR al 95% de la DMS	6.284%	7.877%													



Figura 216

Gráfico de CBR versus densidad seca, para un Suelo natural con adición del 10 % de ceniza



Nota: En base a los datos obtenidos para el cálculo de CBR para subrasante; del Gráfico se puede ver que al 95% de la densidad máxima seca ( $1.815 \text{ g/cm}^3$ ) se tienen los siguientes valores de CBR, tanto para las penetraciones de 0.1 y 0.2 pulgadas, estos son: 6.284% y 7.877% respectivamente.



**Figura 217**

*Procesamiento de datos para la determinación del CBR- Densidad máxima seca (Con 15% de ceniza)*

"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"									
(MTC E-132/ NTP 339.129)"									
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAXIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"								
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Sanchez Viguria								
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	Nº 02	<b>Fecha:</b>	26/01/2024	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>			
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L.Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m			Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez			
<b>Descripcion:</b>	Suelo Natural + Ceniza 15%			<b>Peso de ceniza:</b>	675	<b>g</b>			
<b>Nro de capas:</b>	5 capas			<b>Peso total:</b>	5175	<b>g</b>			
<b>Peso de suelo suelto:</b>	4500 <b>g</b>			<b>CHO añadido:</b>	8.70%	<b>(450 ml)</b>			
CALCULO DE LA DENSIDAD MAXIMA SECA									
DATOS									
Numero de Molde	IV			V			VI		
<b>Numero de golpes</b>	<b>12</b>			<b>26</b>			<b>56</b>		
Diametro (cm)	15.24			15.24			15.24		
Altura de Molde (cm)	17.8			17.8			17.7		
Altura de Disco Espaciador (cm)	6.1			6.1			6.1		
<b>Vol. de Mu. Hum. Compactada(cm3)</b>	2134.319			2134.319			2116.077		
Peso Molde + Base (g)	7510			6935			7995		
P.del Molde+B+Muestra con CHO (g)	11500			11220			12575		
<b>Peso Muestra Humeda (gr)</b>	3990			4285			4580		
<b>Densidad Humeda (gr/cm3)</b>	1.869			2.008			2.164		
Recipiente Metalico Nª	<b>T-01</b>	<b>T-02</b>	<b>T-03</b>	<b>T-04</b>	<b>T-05</b>	<b>T-06</b>	<b>T-07</b>	<b>T-08</b>	<b>T-09</b>
Peso Muestra Humeda+Tara(g)	145.6	153.4	159.9	150.9	136.3	55.6	145	146.9	65.2
Peso Muestra Seca + Tara (g)	129	135.1	138.9	133.3	121.2	49.2	131.4	133.4	58.7
<b>Peso del Agua (g)</b>	16.6	18.3	21	17.6	15.1	6.4	13.6	13.5	6.5
Peso R. Metalico (g)	37	37.6	36.9	36.8	37.7	15.9	50.7	50	15.8
<b>Peso Muestra Seca (gr)</b>	92	97.5	102	96.5	83.5	33.3	80.7	83.4	42.9
<b>Cont. de Humedad (%) Final</b>	18.043	18.769	20.588	18.238	18.084	19.219	16.853	16.187	15.152
<b>Cont. de Humedad promedio (%) Fin</b>	19.134			18.514			16.064		
<b>Densidad Seca (g/cm3)</b>	<b>1.569</b>			<b>1.694</b>			<b>1.865</b>		
<b>RESULTADOS</b>	Densidad Maxima seca(DMS)			1.865			g/cm3		



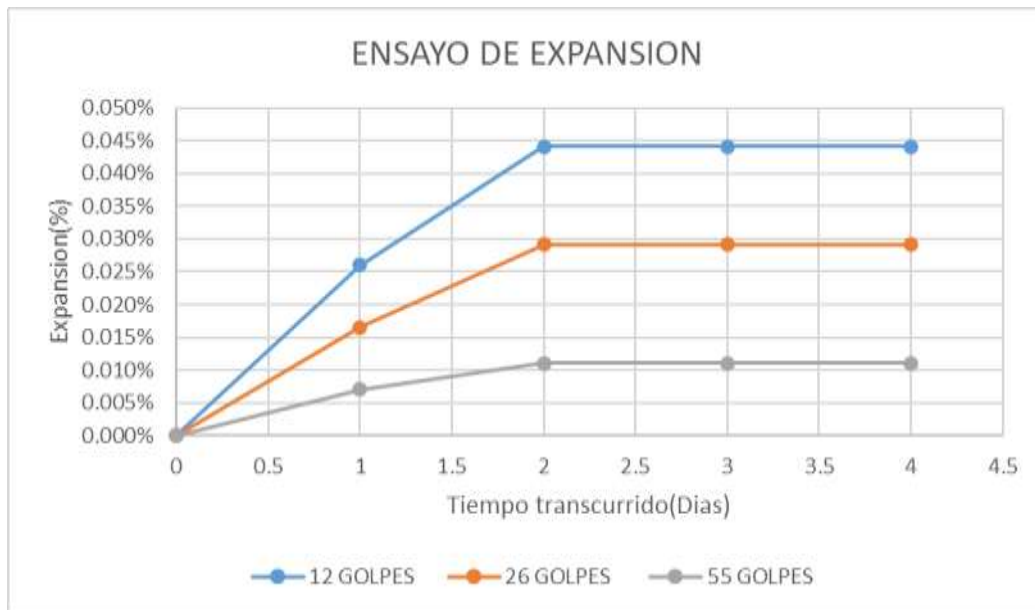
**Figura 218**

*Procesamiento de datos para la determinación del CBR- Ensayo de expansión (Con 15% de ceniza)*

"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"														
"(MTC E-132/ NTP 339.129)"														
Proyecto:		"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAXIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"												
Solicitantes:		Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Sanchez Viguria												
Ubicación:		Via vecinal 1140	Calicata:		N° 02	Fecha:		26/01/2024		Asesor de tesis y responsable:				
Ubicación:		Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	Profundidad:		1.50 m	Descripcion:		CBR de Suelo Natural +15% de Ceniza		Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez				
ENSAYO DE EXPANSION														
NUMERO DE GOLPES			12 GOLPES				26 GOLPES				55 GOLPES			
MOLDE No			I				II				III			
TIEMPO			DIAL	DEFORMACION		EXPANSIÓN	DIAL	DEFORMACION		EXPANSIÓN	DIAL	DEFORMACION		EXPANSIÓN
Fecha	Dias	Hora		mm	mm	%		mm	mm	%		mm	mm	%
22/02/2024	0	12.15	0	0	0.000	0.000%	0	0	0.000	0.000%	0	0	0.000	0.000%
23/02/2024	1	12.08	33	0.033	0.033	0.026%	21	0.021	0.021	0.017%	9	0.009	0.009	0.007%
24/02/2024	2	12.21	56	0.056	0.056	0.044%	37	0.037	0.037	0.029%	14	0.014	0.014	0.011%
25/02/2024	3	12.18	56	0.056	0.056	0.044%	37	0.037	0.037	0.029%	14	0.014	0.014	0.011%
26/02/2024	4	12.07	56	0.056	0.056	0.044%	37	0.037	0.037	0.029%	14	0.014	0.014	0.011%

**Figura 219**

*Gráfico de Expansión versus tiempo transcurrido para un Suelo con adición de 15% de ceniza*



Nota: En base a los datos obtenidos del ensayo de Expansión; del Gráfico se puede ver que la muestra que alcanzo un mayor porcentaje de expansión al cuarto día fue la del molde I de 12 golpes de energía de compactación, con un valor de 0.44%, mientras que la muestra del molde III de 55 golpes de energía de compactación, fue la que obtuvo un menor valor de porcentaje de expansión, con un 0.11%.





**Figura 220**

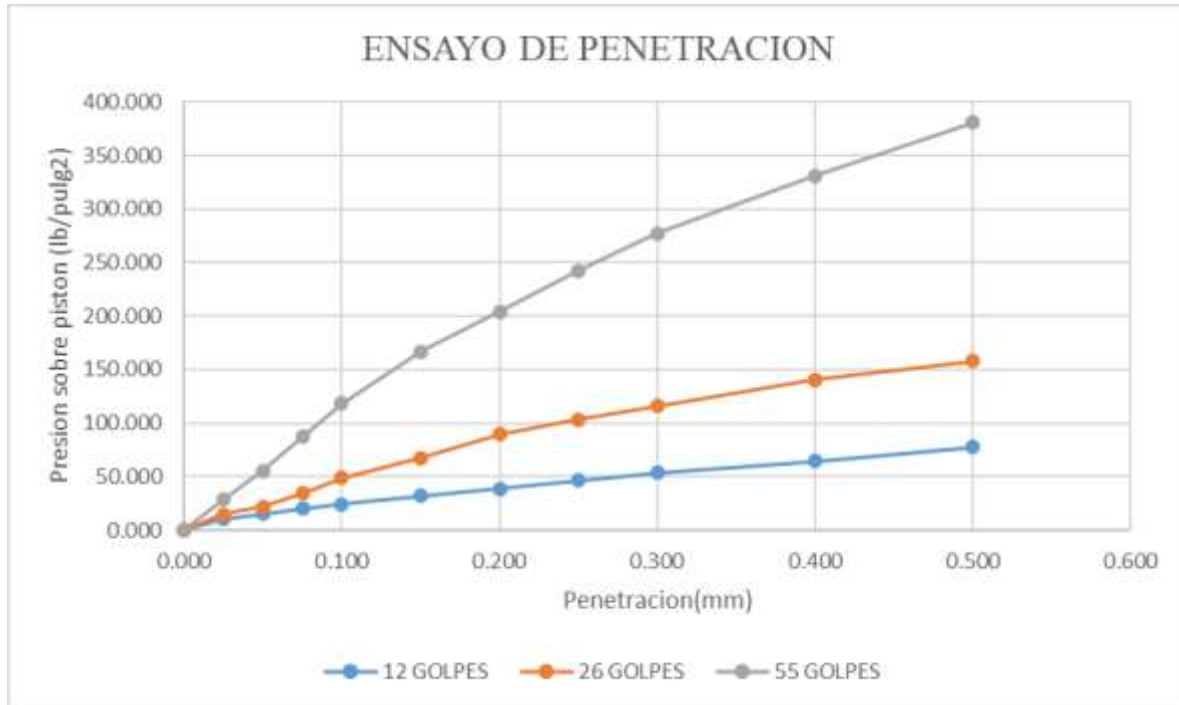
*Procesamiento de datos para la determinación del CBR- Ensayo de penetración (Con 15 % de ceniza)*

"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"														
"(MTC E-132/ NTP 339.129)"														
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"													
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huillca Bach. Hans Sanchez Viguria													
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	26/01/2024	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>								
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m	<b>Descripcion:</b>	CBR de Suelo Natural +15% de Ceniza	Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez								
CARGA UNITARIA PATRON (lb/pulg2)	ENSAYO DE PENETRACION (ETAPA DE APLICACIÓN DE PRESION)													
	Piston (pulg2)	3.043	12 GOLPES				26 GOLPES				55 GOLPES			
			I				II				III			
	PENETRACION		LECTURA DE FUERZA SOBRE EL PISTON (kN)	FUERZA	ESFUERZO	CBR	LECTURA DE FUERZA SOBRE EL PISTON (kN)	FUERZA	ESFUERZO	CBR	LECTURA DE FUERZA SOBRE EL PISTON (kN)	FUERZA	ESFUERZO	CBR
mm	pulg	Libras(lb)		lb/pulg2	%	Libras(lb)		lb/pulg2	%	Libras(lb)		lb/pulg2	%	
	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000	0.000	0.000		
	0.64	0.025	0.145	32.597	10.711		0.195	43.838	14.404		0.381	85.653	28.144	
	1.27	0.050	0.206	46.311	15.217		0.299	67.218	22.086		0.746	167.708	55.105	
	1.91	0.075	0.274	61.598	20.240		0.467	104.986	34.496		1.179	265.051	87.090	
1000	2.54	0.100	0.326	73.288	24.081	2.408%	0.659	148.150	48.679	4.868%	1.599	359.471	118.114	11.811%
	3.81	0.150	0.435	97.792	32.132		0.912	205.027	67.367		2.256	507.171	166.645	
1500	5.08	0.200	0.526	118.250	38.854	2.590%	1.214	272.919	89.675	5.978%	2.761	620.700	203.948	13.597%
	6.35	0.250	0.629	141.405	46.463		1.397	314.060	103.193		3.284	738.276	242.581	
	7.62	0.300	0.726	163.212	53.628		1.573	353.626	116.194		3.755	844.162	277.373	
	10.16	0.400	0.869	195.360	64.191		1.899	426.914	140.275		4.483	1007.823	331.148	
	12.70	0.500	1.046	235.151	77.266		2.135	479.969	157.707		5.156	1159.120	380.861	



**Figura 221**

*Gráfico de Penetración versus presión sobre pistón, para un Suelo natural con adición de 15% de ceniza*



Nota: En base a los datos obtenidos del ensayo de Penetración; del Gráfico se puede ver que la muestra que alcanzó un mayor esfuerzo sobre el pistón fue la del molde III de 55 golpes de energía de compactación, con un valor de 380.861 lb/pulg<sup>2</sup>; mientras que a las penetraciones de 0.1 y 0.2 pulgadas, la muestra alcanzó los valores de esfuerzo de 118.114 lb/pulg<sup>2</sup> y 203.948 lb/pulg<sup>2</sup> respectivamente.



**Figura 222**

*Procesamiento de datos para la determinación del CBR para subrasante (Con 15 % de ceniza)*

<b>"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"</b>						
"(MTC E-132/ NTP 339.129)"						
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAXIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"					
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huillca Bach. Hans Sanchez Viguria					
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	26/01/2024	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-850775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m	<b>Descripcion:</b>	CBR de Suelo Natural +15% de Ceniza	Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez
<b>CALCULO DE CBR PARA SUBRASANTE</b>						
<b>Nro de Golpes</b>	<b>12</b>		<b>26</b>		<b>55</b>	
<b>Identificación</b>	<b>Molde I</b>		<b>Molde II</b>		<b>Molde III</b>	
<b>Penetración (pulg)</b>	<b>0.1</b>	<b>0.2</b>	<b>0.1</b>	<b>0.2</b>	<b>0.1</b>	<b>0.2</b>
<b>Presión (lb/pulg<sup>2</sup>)</b>	24.081	38.854	48.679	89.675	118.114	203.948
<b>CBR(%)</b>	2.408%	2.590%	4.868%	5.978%	11.811%	13.597%
<b>Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	1.569	1.569	1.654	1.654	1.865	1.865

Densidad maxima seca(g/cm <sup>3</sup> )	1.865
95% de la DMS(g/cm <sup>3</sup> )	1.772

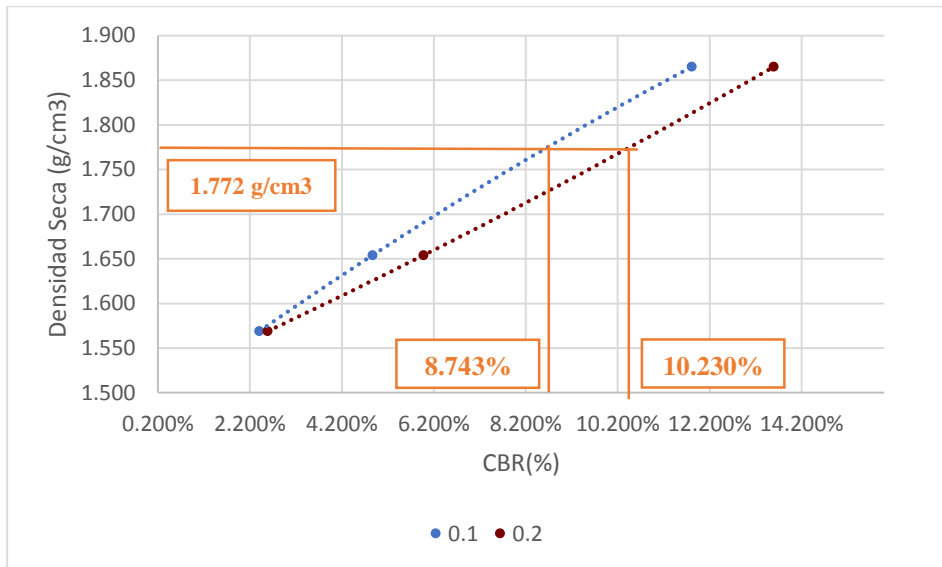
  

	<b>0.1"</b>	<b>0.2"</b>
CBR al 100% de la DMS	11.811%	13.597%
CBR al 95% de la DMS	8.743%	10.230%



Figura 223

Gráfico de CBR versus densidad seca, para un Suelo natural con adición del 15 % de ceniza



Nota: En base a los datos obtenidos para el cálculo de CBR para subrasante; del Gráfico se puede ver que al 95% de la densidad máxima seca ( $1.772 \text{ g/cm}^3$ ) se tienen los siguientes valores de CBR, tanto para las penetraciones de 0.1 y 0.2 pulgadas, estos son: 8.743% y 10.230% respectivamente.



**Figura 224**

*Procesamiento de datos para la determinación del CBR- Densidad máxima seca (Con 20% de ceniza)*

"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"									
"(MTC E-132/ NTP 339.129)"									
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"								
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Sanchez Viguria								
<b>Ubicación:</b>	Vía vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	26/01/2024	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>			
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-850775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m			Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez			
<b>Descripcion:</b>	Suelo Natural + Ceniza 20%			<b>Peso de ceniza:</b>	900	<b>g</b>			
<b>Nro de capas:</b>	5 capas			<b>Peso total:</b>	5400	<b>g</b>			
<b>Peso de suelo suelto:</b>	4500 <b>g</b>			<b>CHO añadido:</b>	9.70%	<b>(524 ml)</b>			
CALCULO DE LA DENSIDAD MAXIMA SECA									
DATOS									
Numero de Molde	VII			VIII			IX		
<b>Numero de golpes</b>	<b>12</b>			<b>26</b>			<b>56</b>		
Diametro (cm)	15.24			15.24			15.24		
Altura de Molde (cm)	17.9			17.8			17.8		
Altura de Disco Espaciador (cm)	6.1			6.1			6.1		
<b>Vol. de Mu. Hum. Compactada(cm3)</b>	2152.561			2134.319			2134.319		
Peso Molde + Base (g)	7520			8010			7935		
P.del Molde+B+Muestra con CHO (g)	11310			12315			12475		
<b>Peso Muestra Humeda (gr)</b>	3790			4305			4540		
<b>Densidad Humeda (gr/cm3)</b>	1.761			2.017			2.127		
Recipiente Metalico N°	<b>T-01</b>	<b>T-02</b>	<b>T-03</b>	<b>T-04</b>	<b>T-05</b>	<b>T-06</b>	<b>T-07</b>	<b>T-08</b>	<b>T-09</b>
Peso Muestra Humeda+Tara(g)	121.7	125.5	128.6	137.6	130.8	129.7	103.1	109	112.5
Peso Muestra Seca + Tara (g)	109	112	114.3	123.6	118.4	117.2	94.9	99.3	102
<b>Peso del Agua (g)</b>	12.7	13.5	14.3	14	12.4	12.5	8.2	9.7	10.5
Peso R. Metalico (g)	50.6	50	50.3	36.4	49.4	50.1	49.8	49.9	48.5
<b>Peso Muestra Seca (gr)</b>	58.4	62	64	87.2	69	67.1	45.1	49.4	53.5
<b>Cont. de Humedad (%) Final</b>	21.747	21.774	22.344	16.055	17.971	18.629	18.182	19.636	19.626
<b>Cont. de Humedad promedio (%) Fin</b>	21.955			17.552			19.148		
<b>Densidad Seca (g/cm3)</b>	<b>1.444</b>			<b>1.716</b>			<b>1.785</b>		
<b>RESULTADOS</b>	Densidad Maxima seca (DMS)			1.785			g/cm3		



**Figura 225**

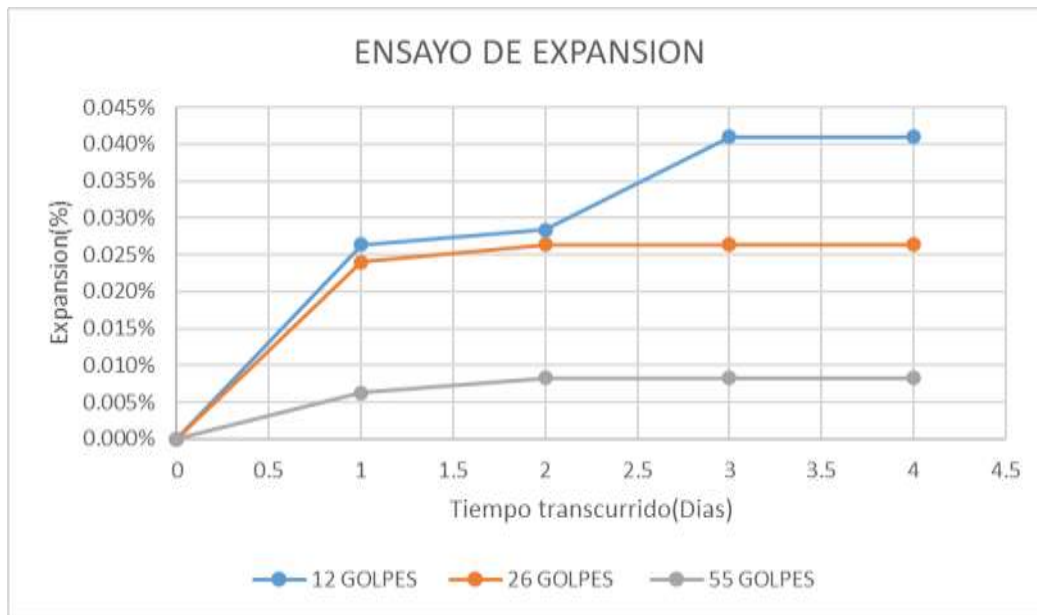
*Procesamiento de datos para la determinación del CBR- Ensayo de expansión (Con 20% de ceniza)*

<b>"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"</b>														
(MTC E-132/ NTP 339.129)														
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"													
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Sanchez Viguria													
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	26/01/2024	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>								
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m	<b>Descripcion:</b>	CBR de Suelo Natural +20% de Ceniza	Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez								
<b>ENSAYO DE EXPANSION</b>														
<b>NUMERO DE GOLPES</b>			12 GOLPES				26 GOLPES				55 GOLPES			
<b>MOLDE No</b>			I			II			III					
<b>TIEMPO</b>			<b>DIAL</b>	<b>DEFORMACION</b>		<b>EXPANSIÓN</b>	<b>DIAL</b>	<b>DEFORMACION</b>		<b>EXPANSIÓN</b>	<b>DIAL</b>	<b>DEFORMACION</b>		<b>EXPANSIÓN</b>
<b>Fecha</b>	<b>Dias</b>	<b>Hora</b>		<b>mm</b>	<b>mm</b>	<b>%</b>		<b>mm</b>	<b>mm</b>	<b>%</b>		<b>mm</b>	<b>mm</b>	<b>%</b>
22/02/2024	0	2.11	0	0	0.000	0.000%	0	0	0.000	0.000%	0	0	0.000	0.000%
23/02/2024	1	2.14	33.5	0.0335	0.034	0.026%	30.5	0.0305	0.031	0.024%	8	0.008	0.008	0.006%
24/02/2024	2	2.18	36	0.036	0.036	0.028%	33.5	0.0335	0.034	0.026%	10.5	0.0105	0.011	0.008%
25/02/2024	3	2.15	52	0.052	0.052	0.041%	33.5	0.0335	0.034	0.026%	10.5	0.0105	0.011	0.008%
26/02/2024	4	2.11	52	0.052	0.052	0.041%	33.5	0.0335	0.034	0.026%	10.5	0.0105	0.011	0.008%



**Figura 226**

*Gráfico de Expansión versus tiempo transcurrido para un Suelo con adición de 20% de ceniza*



Nota: En base a los datos obtenidos del ensayo de Expansión; del Gráfico se puede ver que la muestra que alcanzo un mayor porcentaje de expansión al cuarto día fue la del molde I de 12 golpes de energía de compactación, con un valor de 0.41%, mientras que la muestra del molde III de 55 golpes de energía de compactación, fue la que obtuvo un menor valor de porcentaje de expansión, con un 0.008%.



**Figura 227**

*Procesamiento de datos para la determinación del CBR- Ensayo de penetración (Con 20 % de ceniza)*

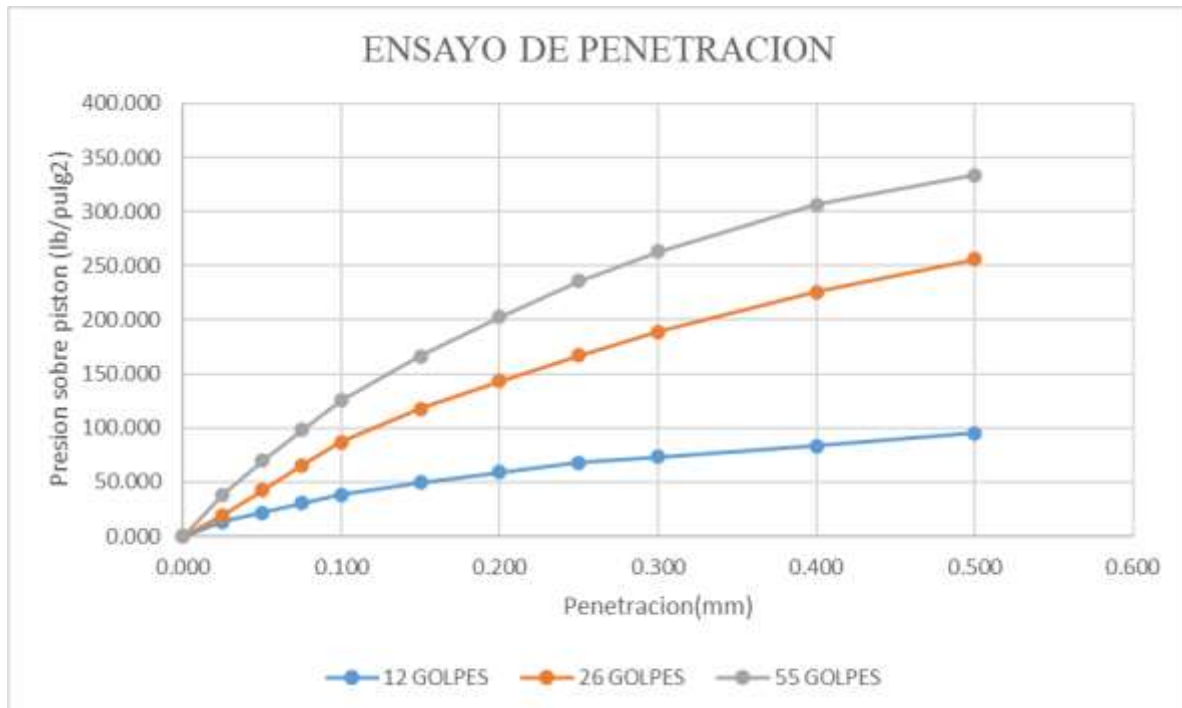
<b>"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"</b>																		
<b>"(MTC E-132/ NTP 339.129)"</b>																		
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"																	
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Sanchez Viguria																	
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140			<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	26/01/2024		<b>Asesor de tesis y responsable:</b>									
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordinadas UTM: ESTE-822559; NORTE-8507775			<b>Profundidad:</b>	1.50 m	<b>Descripcion:</b>	CBR de Suelo Natural +20% de Ceniza		Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez									
<b>CARGA UNITARIA PATRON (lb/pulg2)</b>	<b>ENSAYO DE PENETRACION (ETAPA DE APLICACIÓN DE PRESION)</b>																	
	<b>Piston (pulg2)</b>	3.043	12 GOLPES				26 GOLPES				55 GOLPES							
			PENETRACION		LECTURA DE FUERZA SOBRE EL PISTON (kN)		FUERZA		ESFUERZO		CBR		LECTURA DE FUERZA SOBRE EL PISTON (kN)		FUERZA		ESFUERZO	
	mm	pulg	Libras(lb)	lb/pulg2	Libras(lb)	lb/pulg2	%	Libras(lb)	lb/pulg2	%	Libras(lb)	lb/pulg2	%	Libras(lb)	lb/pulg2	%		
	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000	0.000		0.000	0.000		0.000	0.000			
	0.64	0.025	0.178	40.016	13.148			0.258	58.001	19.058				0.516	116.002	38.116		
	1.27	0.050	0.294	66.094	21.717			0.574	129.041	42.400				0.942	211.771	69.583		
	1.91	0.075	0.411	92.397	30.360			0.887	199.406	65.521				1.326	298.098	97.948		
	1000	2.54	0.100	0.519	116.676	38.337	3.834%	1.179	265.051	87.090	8.709%	1.698	381.727	125.427	12.543%			
		3.81	0.150	0.671	150.848	49.565		1.591	357.673	117.523		2.251	506.047	166.276				
	1500	5.08	0.200	0.796	178.949	58.799	3.920%	1.937	435.457	143.082	9.539%	2.742	616.429	202.545	13.503%			
		6.35	0.250	0.918	206.376	67.810		2.259	507.846	166.867		3.192	717.594	235.785				
		7.62	0.300	0.994	223.461	73.424		2.561	575.738	189.175		3.558	799.874	262.821				
		10.16	0.400	1.126	253.136	83.175		3.054	686.570	225.592		4.151	933.186	306.624				
		12.70	0.500	1.286	289.106	94.994		3.469	779.866	256.247		4.520	1016.141	333.882				





Figura 228

Gráfico de Penetración versus presión sobre pistón, para un Suelo natural con adición de 20% de ceniza



Nota: En base a los datos obtenidos del ensayo de Penetración; del Gráfico se puede ver que la muestra que alcanzó un mayor esfuerzo sobre el pistón fue la del molde III de 55 golpes de energía de compactación, con un valor de 333.882 lb/pulg<sup>2</sup>; mientras que a las penetraciones de 0.1 y 0.2 pulgadas, la muestra alcanzó los valores de esfuerzo de 125.427 lb/pulg<sup>2</sup> y 202.545 lb/pulg<sup>2</sup> respectivamente.



**Figura 229**

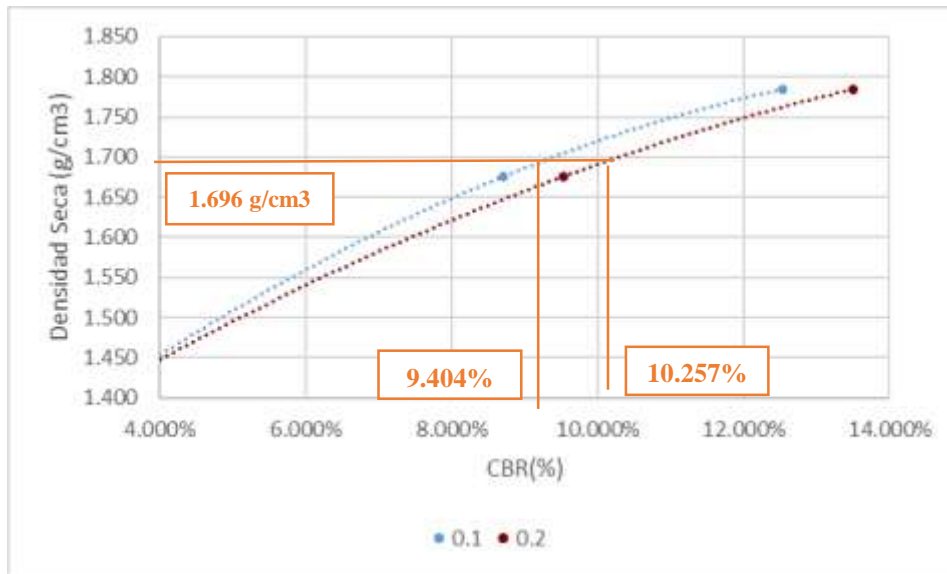
*Procesamiento de datos para la determinación del CBR para subrasante (Con 20 % de ceniza)*

"ENSAYO: CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (MTC E 132)"															
"(MTC E-132/ NTP 339.129)"															
<b>Proyecto:</b>	"APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAXIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022"														
<b>Solicitantes:</b>	Bach. Pool Samuel Monzon Huilca Bach. Hans Sanchez Viguria														
<b>Ubicación:</b>	Via vecinal 1140	<b>Calicata:</b>	N° 02	<b>Fecha:</b>	26/01/2024	<b>Asesor de tesis y responsable:</b>									
<b>Ubicación:</b>	Zona :18L Coordenadas UTM: ESTE-822559; NORTE-850775	<b>Profundidad:</b>	1.50 m	<b>Descripcion:</b>	CBR de Suelo Natural +20% de Ceniza	Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez									
<b>CALCULO DE CBR PARA SUBRASANTE</b>															
<b>Nro de Golpes</b>	<b>12</b>		<b>26</b>		<b>55</b>										
<b>Identificación</b>	<b>Molde I</b>		<b>Molde II</b>		<b>Molde III</b>										
<b>Penetración (pulg)</b>	<b>0.1</b>	<b>0.2</b>	<b>0.1</b>	<b>0.2</b>	<b>0.1</b>	<b>0.2</b>									
<b>Presión (lb/pulg<sup>2</sup>)</b>	38.337	58.799	87.090	143.082	125.427	202.545									
<b>CBR(%)</b>	3.834%	3.920%	8.709%	9.539%	12.543%	13.503%									
<b>Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	1.444	1.444	1.676	1.676	1.785	1.785									
<table border="1" style="margin-left: auto;"> <tr> <td>Densidad maxima seca(g/cm<sup>3</sup>)</td> <td>1.785</td> </tr> <tr> <td>95% de la DMS(g/cm<sup>3</sup>)</td> <td>1.696</td> </tr> </table>							Densidad maxima seca(g/cm <sup>3</sup> )	1.785	95% de la DMS(g/cm <sup>3</sup> )	1.696					
Densidad maxima seca(g/cm <sup>3</sup> )	1.785														
95% de la DMS(g/cm <sup>3</sup> )	1.696														
<table border="1" style="margin-left: auto;"> <tr> <td></td> <td><b>0.1"</b></td> <td><b>0.2"</b></td> </tr> <tr> <td>CBR al 100% de la DMS</td> <td>12.543%</td> <td>13.503%</td> </tr> <tr> <td>CBR al 95% de la DMS</td> <td>9.404%</td> <td>10.257%</td> </tr> </table>								<b>0.1"</b>	<b>0.2"</b>	CBR al 100% de la DMS	12.543%	13.503%	CBR al 95% de la DMS	9.404%	10.257%
	<b>0.1"</b>	<b>0.2"</b>													
CBR al 100% de la DMS	12.543%	13.503%													
CBR al 95% de la DMS	9.404%	10.257%													



**Figura 230**

*Gráfico de CBR versus densidad seca, para un Suelo natural con adición del 20 % de ceniza*



Nota: En base a los datos obtenidos para el cálculo de CBR para subrasante; del Gráfico se puede ver que al 95% de la densidad máxima seca ( $1.696 \text{ g/cm}^3$ ) se tienen los siguientes valores de CBR, tanto para las penetraciones de 0.1 y 0.2 pulgadas, estos son: 9.404% y 10.257% respectivamente.

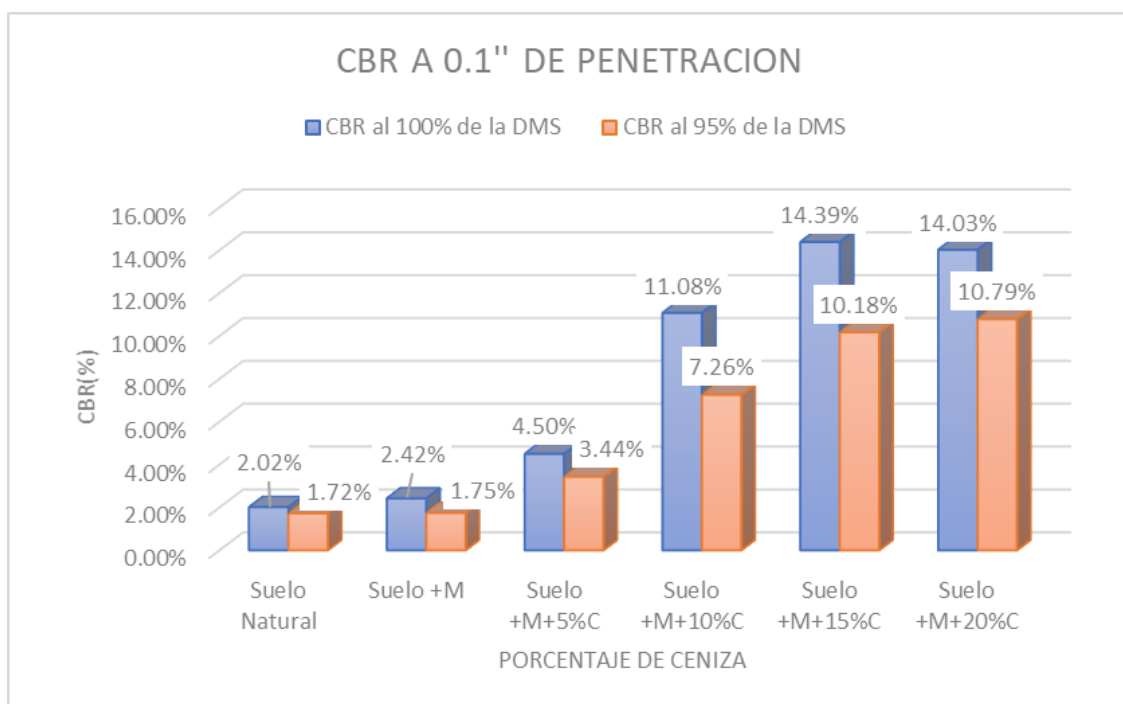


### 3.5.3.6.3. Análisis del Ensayo

De acuerdo a los resultados encontrados para el cálculo del CBR, según ASTM se consideran los valores calculados a 0.1 pulgadas de penetración, además se reportan los valores al 95% de la densidad máxima seca para suelo de subrasante por tanto en general se afirma que el CBR ha incrementado su valor respecto al suelo natural cuyo valor inicial es de 1.724% que es indicativo de suelo muy pobre, al colocar la malla de cables eléctricos se obtuvo un valor de 1.750%; mientras que al combinar la malla y adicionar ceniza de fondo el CBR fue mejorando proporcionalmente a las dosificaciones de porcentajes de ceniza añadidos, donde el valor máximo obtenido fue cuando se adicionó un 20% de ceniza de fondo alcanzando un CBR de 10.789% indicativo de un suelo regular para subrasante. Mientras que al 100% de la densidad máxima, el valor de CBR óptimo se obtuvo con una dosificación de 15% de ceniza de fondo.

**Figura 231**

*Gráfico de Porcentaje de ceniza versus CBR a 0.1" de penetración (Suelo, malla y ceniza)*



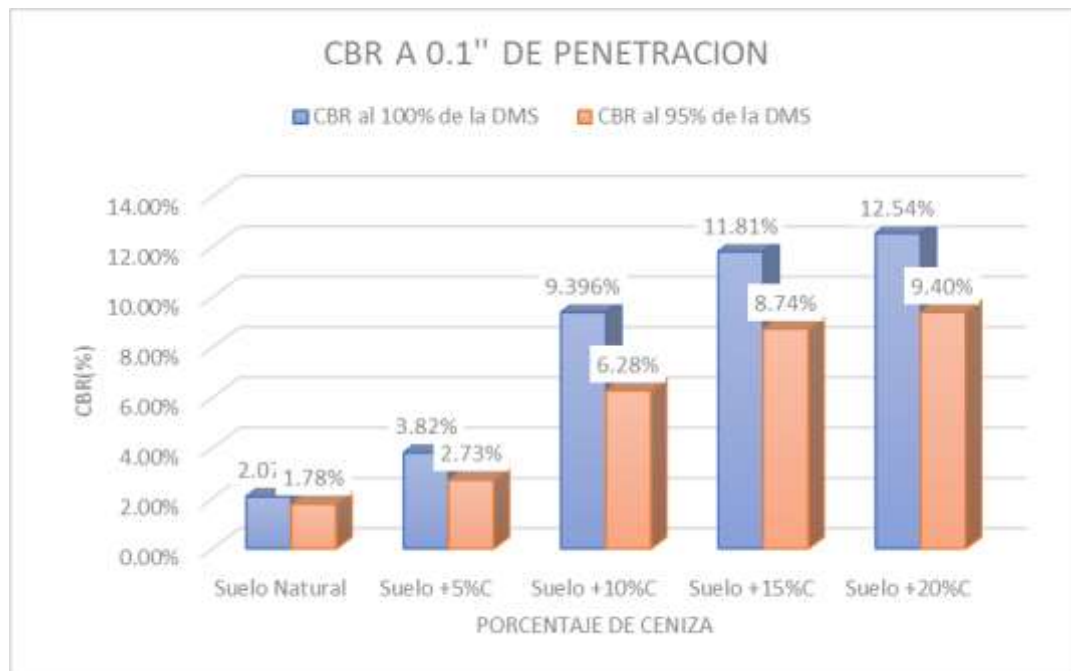
Nota: En la figura se puede apreciar la variación de dosificación porcentaje de ceniza a la vez de un incremento simultaneo del valor del CBR tanto al 95% como al 100% de la densidad máxima seca.



Mientras que, al adicionar solo ceniza de fondo (5%, 10%, 15% y 20%), el CBR fue mejorando proporcionalmente, pero en menor medida, donde el valor máximo obtenido fue cuando se adicionó un 20% de ceniza de fondo, alcanzando un CBR de 9.40% indicativo de un suelo regular para subrasante. Mientras que al 100% de la densidad máxima, el valor de CBR óptimo fue de 12.54%.

**Figura 232**

*Gráfico de Porcentaje de ceniza versus CBR a 0.1" de penetración (Suelo y ceniza)*



Nota: En la figura se puede apreciar la variación de dosificación porcentaje de ceniza a la vez de un incremento simultaneo del valor del CBR tanto al 95% como al 100% de la densidad máxima seca (Sin utilización de malla).



### 3.5.3.7. Costos estimados

Las siguientes tablas representan a las partidas de extendido y compactado de material estabilizado.

**Figura 233**

*Costos Unitarios Calculados para las partidas de extendido y compactado de material estabilizado con ceniza de fondo al 5% y geomalla biaxial de cables eléctricos*

Jornada:	8.00	h/d	Rendimiento:	600	m3/día
Descripción Recurso	Und.	cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano Obra</b>					<b>S/ 1.29</b>
Oficial	hh	1.00	0.0038	S/ 65.00	S/ 0.25
Peón	hh	5.00	0.0190	S/ 55.00	S/ 1.05
<b>Materiales</b>					<b>S/ 50.50</b>
Geomalla biaxial de Cables Eléctricos	m2		1.0000	S/ 48.00	S/ 48.00
Ceniza	m3		0.0500	S/ 50.00	S/ 2.50
<b>Equipos y Herramientas</b>					<b>S/ 2.77</b>
Camión Cisterna 4X2 (agua) 122HP.	hm	1.00	0.0038	S/ 145.00	S/ 0.55
Rodillo Liso Vibr. Autop. 101-135HP 10-12T.	hm	1.00	0.0038	S/ 195.00	S/ 0.74
Motoniveladora de 145-150HP.	hm	1.00	0.0038	S/ 255.00	S/ 0.97
Herramientas manuales	% MO	-	3.0000	S/ 0.17	S/ 0.51
<b>Costo Unitario</b>					<b>S/ 54.56</b>

Fuente: Basado en (Expediente de MEJORAMIENTO CAMINO VECINAL HUACCOTO, DISTRITO DE SAN JERÓNIMO - CUSCO - CUSCO. – 2012).

**Figura 234**

*Costos Unitarios Calculados para las partidas de extendido y compactado de material estabilizado con ceniza de fondo al 10% y geomalla biaxial de cables eléctricos*

Jornada:	8.00	h/d	Rendimiento:	600	m3/día
Descripción Recurso	Und.	cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano Obra</b>					<b>S/ 1.29</b>
Oficial	hh	1.00	0.0038	S/ 65.00	S/ 0.25
Peón	hh	5.00	0.0190	S/ 55.00	S/ 1.05
<b>Materiales</b>					<b>S/ 53.00</b>
Geomalla biaxial de Cables Eléctricos	m2		1.0000	S/ 48.00	S/ 48.00
Ceniza	m3		0.1000	S/ 50.00	S/ 5.00
<b>Equipos y Herramientas</b>					<b>S/ 2.77</b>
Camión Cisterna 4X2 (agua) 122HP.	hm	1.00	0.0038	S/ 145.00	S/ 0.55
Rodillo Liso Vibr. Autop. 101-135HP 10-12T.	hm	1.00	0.0038	S/ 195.00	S/ 0.74
Motoniveladora de 145-150HP.	hm	1.00	0.0038	S/ 255.00	S/ 0.97
Herramientas manuales	% MO	-	3.0000	S/ 0.17	S/ 0.51
<b>Costo Unitario</b>					<b>S/ 57.06</b>

Fuente: Basado en (Expediente de MEJORAMIENTO CAMINO VECINAL HUACCOTO, DISTRITO DE SAN JERÓNIMO - CUSCO - CUSCO. – 2012).



**Figura 235**

*Costos Unitarios Calculados para las partidas de extendido y compactado de material estabilizado con ceniza de fondo al 15% y geomalla biaxial de cables eléctricos*

Jornada:	8.00	h/d	Rendimiento:	600	m3/día
Descripción Recurso	Und.	cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano Obra</b>					<b>S/ 1.29</b>
Oficial	hh	1.00	0.0038	S/ 65.00	S/ 0.25
Peón	hh	5.00	0.0190	S/ 55.00	S/ 1.05
<b>Materiales</b>					<b>S/ 55.50</b>
Geomalla biaxial de Cables Eléctricos	m2		1.0000	S/ 48.00	S/ 48.00
Ceniza	m3		0.1500	S/ 50.00	S/ 7.50
<b>Equipos y Herramientas</b>					<b>S/ 2.77</b>
Camión Cisterna 4X2 (agua) 122HP.	hm	1.00	0.0038	S/ 145.00	S/ 0.55
Rodillo Liso Vibr. Autop. 101-135HP 10-12T.	hm	1.00	0.0038	S/ 195.00	S/ 0.74
Motoniveladora de 145-150HP.	hm	1.00	0.0038	S/ 255.00	S/ 0.97
Herramientas manuales	%MO	-	3.0000	S/ 0.17	S/ 0.51
<b>Costo Unitario</b>					<b>S/ 59.56</b>

Fuente: Basado en (Expediente de MEJORAMIENTO CAMINO VECINAL HUACCOTO, DISTRITO DE SAN JERÓNIMO - CUSCO - CUSCO. – 2012).

**Figura 236**

*Costos Unitarios Calculados para las partidas de extendido y compactado de material estabilizado con ceniza de fondo al 20% y geomalla biaxial de cables eléctricos*

Jornada:	8.00	h/d	Rendimiento:	600	m3/día
Descripción Recurso	Und.	cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano Obra</b>					<b>S/ 1.29</b>
Oficial	hh	1.00	0.0038	S/ 65.00	S/ 0.25
Peón	hh	5.00	0.0190	S/ 55.00	S/ 1.05
<b>Materiales</b>					<b>S/ 58.00</b>
Geomalla biaxial de Cables Eléctricos	m2		1.0000	S/ 48.00	S/ 48.00
Ceniza	m3		0.2000	S/ 50.00	S/ 10.00
<b>Equipos y Herramientas</b>					<b>S/ 2.77</b>
Camión Cisterna 4X2 (agua) 122HP.	hm	1.00	0.0038	S/ 145.00	S/ 0.55
Rodillo Liso Vibr. Autop. 101-135HP 10-12T.	hm	1.00	0.0038	S/ 195.00	S/ 0.74
Motoniveladora de 145-150HP.	hm	1.00	0.0038	S/ 255.00	S/ 0.97
Herramientas manuales	%MO	-	3.0000	S/ 0.17	S/ 0.51
<b>Costo Unitario</b>					<b>S/ 62.06</b>

Fuente: Basado en (Expediente de MEJORAMIENTO CAMINO VECINAL HUACCOTO, DISTRITO DE SAN JERÓNIMO - CUSCO - CUSCO. – 2012).

Los precios unitarios se actualizaron; para la ceniza de fondo de horno ladrillero y la geomalla elaborada de cables eléctricos se calculó la siguiente proporción con respecto al suelo arcilloso, con su respectivo costo.



**Figura 237**

*Costos estimados con respecto a la dosificación de ceniza de fondo de horno ladrillero y la geomalla de cables eléctricos*

<b>Costos estimados con respecto a la dosificación de ceniza de fondo de horno ladrillero y la geomalla de cables eléctricos</b>		
<b>Dosificación</b>	<b>Geomalla de cables eléctricos</b>	<b>Costo</b>
5.00%	con geomalla	S/ 54.56
10.00%	con geomalla	S/ 57.06
15.00%	con geomalla	S/ 59.56
20.00%	con geomalla	S/ 62.06

Considerando que para un molde de Proctor Modificado con método "A" tiene una capacidad de 0.028316 m<sup>3</sup> (Según la Norma MTC E-115), para los porcentajes de 5%, 10%, 15% y 20% de Ceniza de fondo de horno ladrillero, correspondientes a cada caso, para luego mediante una regla de tres calcular la cantidad de Ceniza de fondo para 1 m<sup>3</sup> de suelo arcilloso.

<b>Proctor Modificado Método "A"</b>	
Volumen	0.028316 m <sup>3</sup>

- Dosificación para 5% de Ceniza de fondo de horno ladrillero

<u>Vol. de Suelo</u>	<u>Vol. de Ceniza</u>
0.028316 m <sup>3</sup> —————	0.0014158 m <sup>3</sup>
1 m <sup>3</sup> —————	0.05 m <sup>3</sup>

- Dosificación para 10% de Ceniza de fondo de horno ladrillero

<u>Vol. de Suelo</u>	<u>Vol. de Ceniza</u>
0.028316 m <sup>3</sup> —————	0.0028316 m <sup>3</sup>
1 m <sup>3</sup> —————	0.10 m <sup>3</sup>

- Dosificación para 15% de Ceniza de fondo de horno ladrillero

<u>Vol. de Suelo</u>	<u>Vol. de Ceniza</u>
0.028316 m <sup>3</sup> —————	0.0042474 m <sup>3</sup>
1 m <sup>3</sup> —————	0.15 m <sup>3</sup>

- Dosificación para 20% de Ceniza de fondo de horno ladrillero

<u>Vol. de Suelo</u>	<u>Vol. de Ceniza</u>
0.028316 m <sup>3</sup> —————	0.0056632 m <sup>3</sup>
1 m <sup>3</sup> —————	0.20 m <sup>3</sup>





Sabiendo las cantidades de Ceniza de fondo de horno ladrillero, que serán utilizados según los porcentajes se concluye que:

- Para mejorar 1.00 m<sup>3</sup> de Suelo arcilloso se necesitará 0.05 m<sup>3</sup> de Ceniza de Fondo.
- Para mejorar 1.00 m<sup>3</sup> de Suelo arcilloso se necesitará 0.10 m<sup>3</sup> de Ceniza de Fondo.
- Para mejorar 1.00 m<sup>3</sup> de Suelo arcilloso se necesitará 0.15 m<sup>3</sup> de Ceniza de Fondo.
- Para mejorar 1.00 m<sup>3</sup> de Suelo arcilloso se necesitará 0.20 m<sup>3</sup> de Ceniza de Fondo.

Para la Geomalla de cables eléctricos se consideró el cálculo del precio para 0.15x0.15 m<sup>2</sup>:

### Figura 238

*Análisis de costo de Geomalla con dimensiones de 0.15x0.15 m<sup>2</sup>*

Para malla de 0.15x0.15 m	Costo S/.
Mano de Obra	1.00
Cables Eléctricos	0.00
Pegamento	0.05
Herramientas	0.03
<b>Costo por 0.15x0.15m<sup>2</sup></b>	<b>1.08</b>

Se realizó una regla de tres para obtener el precio por 1 m<sup>2</sup> de malla.

<u>Área</u>	<u>Costo</u>
0.0225 m <sup>2</sup> —————	S/. 1.08
1 m <sup>2</sup> —————	S/. 48.00

### Figura 239

*Análisis de costo de ceniza*

Para 12 kg de Ceniza	Costo S/.
Transporte	1.00
Ceniza	0.00
<b>Costo por 12 kg de Ceniza</b>	<b>1.00</b>

Se realizó una regla de tres para obtener el precio por 1 m<sup>3</sup> de ceniza.

<u>Área</u>	<u>Costo</u>
0.02 m <sup>3</sup> —————	S/. 1.00
1 m <sup>3</sup> —————	S/. 50.00

Conociendo el precio 1 m<sup>2</sup> de Geomalla de cables eléctricos que serán utilizados, el costo será de S/. 2.22 por metro cuadrado.



## CAPÍTULO IV: Resultados

### 4.1. Ensayo de clasificación de suelos

#### 4.1.1. Clasificación AASHTO

En la primera muestra, según la clasificación AASHTO, está se encuentra en el grupo de A-2-4, Grava y arena arcillosa o limo (Excelente a bueno)

En la segunda muestra, según la clasificación AASHTO, está se encuentra en el grupo de A-6, Suelos arcillosos (Pobre a malo).

En la tercera muestra, según la clasificación AASHTO, está se encuentra en el grupo de A-4, Suelos Limosos (Pobre a malo).

#### Figura 240

Clasificación de suelo de las calicatas 1, 2 y 3 según AASHTO

Clasificación	Materiales granulares (35% o menos pasa por el tamiz N° 200)						Materiales limoso arcilloso (más del 35% pasa el tamiz N° 200)				
	A-1		A-3	A-2-4				A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5 A-7-6
Grupo:	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Porcentaje que pasa:											
N° 10 (2mm)	50 máx	-	-	-				-			
N° 40 (0,425mm)	30 máx	50 máx	51 mín	-				-			
N° 200 (0,075mm)	15 máx	25 máx	10 máx	35 máx				36 mín			
Características de la fracción que pasa por el tamiz N° 40											
Límite líquido	-	-	-	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín (2)
Índice de plasticidad	6 máx		NP (1)	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín
Constituyentes principales	Fracmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Grava y arena arcillosa o limosa				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Características como subrasante	Excelente a bueno						Pobre a malo				

Clasificación AASHTO	Clasificación General	Tipo de material mas común	Clasificación de la Subrasante
Calicata 01	A - 2 - 4	Grava y arena arcillosa o limo	Excelente a bueno
Calicata 02	A - 6	Suelos arcillosos	Pobre a malo
Calicata 03	A - 4	Suelos Limosos	Pobre a malo

#### 4.1.2. Clasificación SUCS

En la primera muestra, según la clasificación SUCS, está se encuentra clasificada como una Grava Limosa (GM).

En la segunda muestra, según la clasificación SUCS, está se encuentra clasificada como una arcilla de baja plasticidad (CL).

En la tercera muestra, según la clasificación SUCS, está se encuentra clasificada como una arcilla de baja plasticidad (CL).



Figura 241

Clasificación de suelo de las calicatas 1, 2 y 3 según SUCS

Criterios para la asignación de símbolos de grupo y nombre de grupo con el uso de ensayos de laboratorio			Clasificación de suelos			
			Símbolo de grupo	Nombre del grupo		
Suelos de partículas gruesas más del 50% es retenido en la malla No. 200	Gravas Mas del 50% de la fracción gruesa es retenida en la malla No. 4	Gravas limpias Menos del 5% pasa la malla No. 200	$Cu \geq 4$ y $1 \leq Cc \leq 3$	GW	Grava bien graduada	
			$Cu < 4$ y $1 > Cc > 3$	GP	Grava mal graduada	
		Gravas con finos Mas del 12% pasa la malla No. 200	IP < 4 o debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	GM	Grava limosa	
			IP > 7 o arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	GC	Grava arcillosa	
		Gravas limpias y con finos Entre el 5 y 12% pasa malla No.200	Cumple los criterios para GW y GM	GW-GM	Grava bien graduada con limo	
			Cumple los criterios para GW y GC	GW-GC	Grava bien graduada con arcilla	
	Arenas El 50% o mas de la fracción gruesa pasa la malla No. 4	Arenas limpias Menos del 5% pasa la malla No. 200	$Cu \geq 6$ y $1 \leq Cc \leq 3$	SW	Arena bien graduada	
			$Cu < 6$ y $1 > Cc > 3$	SP	Arena mal graduada	
		Arenas con finos Mas del 12% pasa la malla No. 200	IP < 4 o debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	SM	Arena limosa	
			IP > 7 o arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	SC	Arena arcillosa	
		Arenas limpias y con finos Entre el 5 y 12% pasa malla No.200	Cumple los criterios para SW y SM	SW-SM	Arena bien graduada con limo	
			Cumple los criterios para SW y SC	SW-SC	Arena bien graduada con arcilla	
Suelos de partículas finas El 50% o mas pasa la malla No. 200	Limos y arcillas Limite Liquido menor que 50	Inorgánicos	IP > 7 y se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A"	CL	Arcilla de baja plasticidad	
			IP < 7 y se grafica en la carta de plasticidad debajo de la línea "A"	ML	Limo de baja plasticidad	
		Orgánicos	Limite liquido - secado al horno	< 0.75	OL	Arcilla orgánica
			limite liquido - no secado		LO	Limo orgánico
	Limos y arcillas Limite Liquido mayor que 50	Inorgánicos	IP > 7 y se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A"	CH	Arcilla de alta plasticidad	
			IP < 4 y se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A"	MH	Limo de alta plasticidad	
		Orgánicos	Limite liquido - secado al horno	< 0.75	OH	Arcilla orgánica
			limite liquido - no secado		LO	Limo orgánica
	Suelos altamente orgánicos	Principalmente materia orgánica de color oscuro		PT	Turba	



**Tabla 5**

*Clasificación de suelo de las calicatas 1, 2 y 3 según SUCS*

			<b>Símbolo de grupo</b>	<b>Nombre del grupo</b>
<b>Clasificación SUCS</b>		Calicata 01	GM	Grava limosa
		Calicata 02	CL	Arcilla de baja plasticidad
		Calicata 03	CL	Arcilla de baja plasticidad

#### 4.2. Ensayo de Límites de Atterberg

En las muestras de suelo se han presentado una visible disminución de su índice de plasticidad. El suelo de la calicata 02 sin estabilizar tenía un índice de plasticidad inicial de 12.39%, al ser estabilizado con ceniza de fondo de horno ladrillero al 20 % disminuyó a 4.71%.

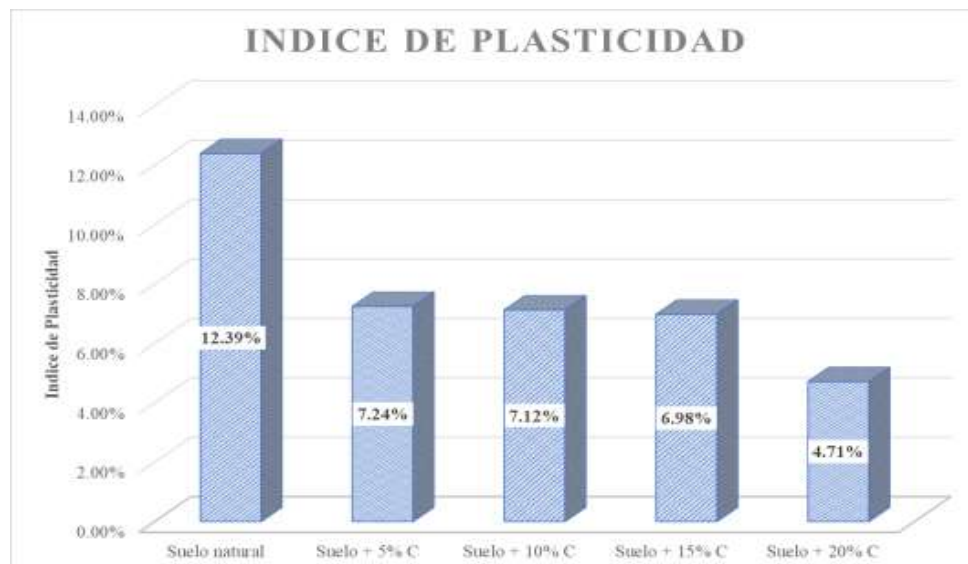
**Tabla 6**

*Resultado de índice de plasticidad calicata N°02 (suelo arcilloso)*

	<b>Suelo natural</b>	<b>Suelo + 5% C</b>	<b>Suelo + 10% C</b>	<b>Suelo + 15% C</b>	<b>Suelo + 20% C</b>
<b>Límite Líquido (LL) =</b>	28.66%	25.35%	28.79%	31.05%	31.99%
<b>Límite Plástico (LP) =</b>	16.27%	18.11%	21.66%	24.07%	27.28%
<b>Índice de Plasticidad (IP) =</b>	12.39%	7.24%	7.12%	6.98%	4.71%

**Figura 242**

*Resultados de I.P. Calicata 02 (suelo arcilloso)*



Nota: Como se muestra en la imagen se puede apreciar que, al momento de incrementar la cantidad de ceniza, el índice de plasticidad disminuye, porque a mayor adición de ceniza de fondo requiere una menor cantidad de agua para mantenerse en un estado plástico, además puede significar que el suelo requiere una menor cantidad de agua para pasar de un estado semisólido a líquido. Esto es conveniente para nuestro tipo de suelo porque el contenido de humedad disminuye y presenta menor deformación.



### 4.3. Ensayo de Proctor modificado (método A)

En las muestras ensayadas respecto al Contenido de Humedad Óptimo calculado podemos observar un incremento de este valor teniendo un valor inicial de 7.60% en un suelo natural hasta un valor máximo de 9.90% en un suelo adicionado con 10% de ceniza, a partir de este valor el Contenido de Humedad Óptimo disminuye hasta llegar a 9.70% al adicionar 20% de ceniza de fondo de ladrillera.

Los valores correspondientes de densidad máxima seca han ido disminuyendo, referencialmente se obtuvo que la densidad del suelo natural fue de 2.04 g/cm<sup>3</sup>, teniendo un valor mínimo de 1.94 g/cm<sup>3</sup> en el suelo adicionado con 20% de ceniza y alcanzando un valor máximo de 2.07 g/cm<sup>3</sup> en un suelo adicionado con 5% de ceniza de fondo.

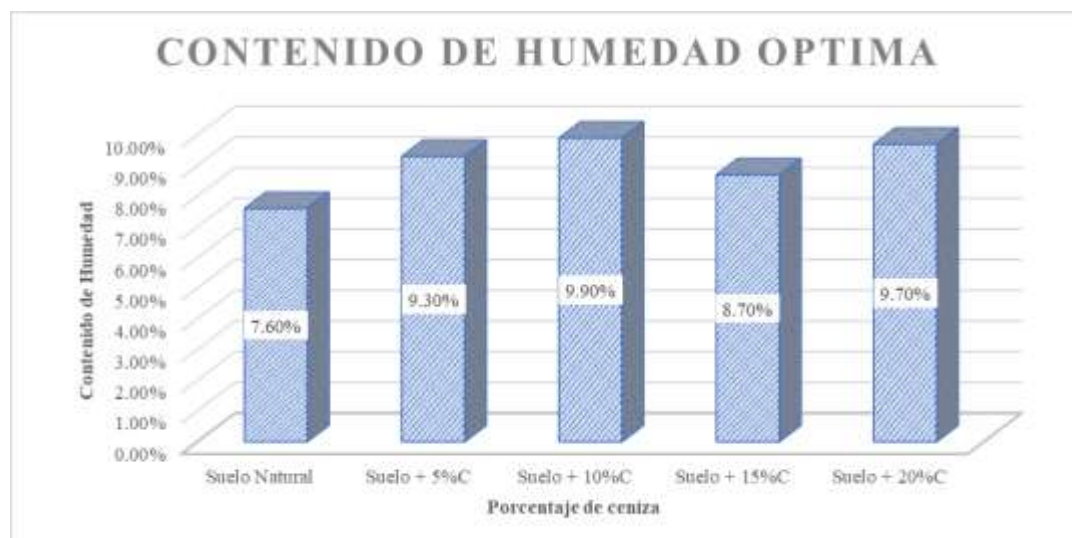
**Tabla 7**

*Resultados del Contenido de Humedad Óptima y Densidad Máxima Seca*

	Suelo Natural	Suelo + 5%C	Suelo + 10%C	Suelo + 15%C	Suelo + 20%C
Contenido de Humedad Óptima	7.60%	9.30%	9.90%	8.70%	9.70%
Densidad Maxima Seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.04	2.07	2.01	1.97	1.94

**Figura 243**

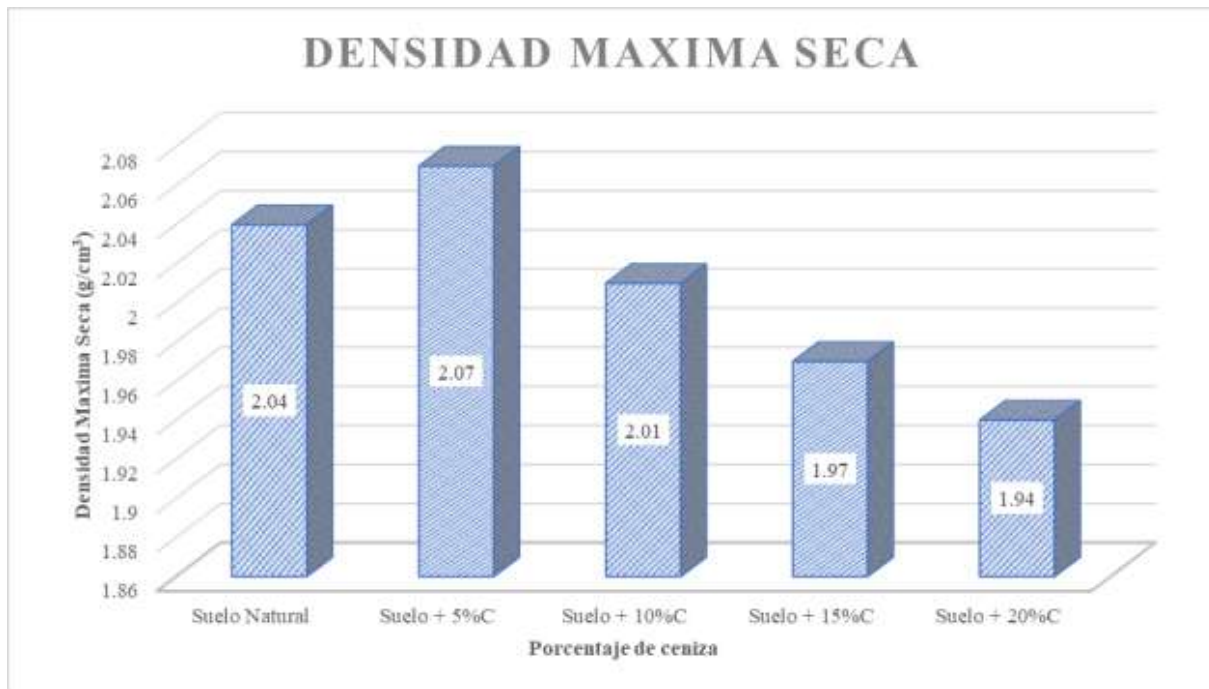
*Resultados Contenido de Humedad Óptimo*



Nota: La variación en el Contenido de Humedad Óptimo se debe al incremento del porcentaje de la ceniza de fondo en las muestras, ya que al tener mayor cantidad de espacios vacíos hace que requiera una mayor cantidad de agua para alcanzar su densidad máxima y por ende un mayor contenido de humedad óptimo.

**Figura 244**

*Resultados Densidad Máxima Seca*



Nota: Como se ve en el gráfico, la densidad máxima seca va disminuyendo con la adición de los diferentes porcentajes de ceniza, esto debido a que la ceniza al ser un material liviano y poroso hace que al combinarse con el suelo arcilloso tenga mayor cantidad de espacios vacíos por ende disminuya su densidad.

#### 4.4. Ensayo de CBR

Los resultados obtenidos del CBR nos indica un incremento de este valor respecto al suelo natural (valor inicial 1.724% indicativo de suelo muy pobre), al colocar la malla de cables eléctricos se obtuvo un valor de 1.750%; mientras que al combinar la malla y adicionar ceniza de fondo el CBR fue mejorando proporcionalmente a los porcentajes de ceniza añadidos, donde el valor máximo obtenido fue cuando se adicionó un 20% de ceniza de fondo alcanzando un CBR de 10.789% indicativo de un suelo regular para subrasante.

**Tabla 8**

*Resultados de Porcentaje de CBR para Subrasante*

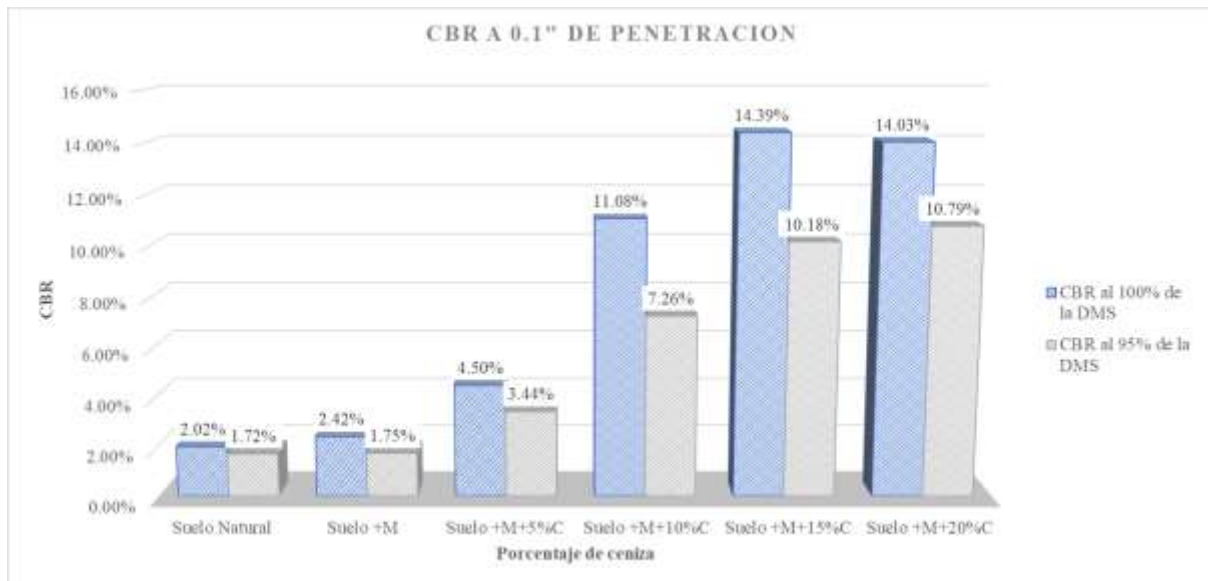
	Suelo Natural	Suelo +M	Suelo +M+5%C	Suelo +M+10%C	Suelo +M+15%C	Suelo +M+20%C
CBR al 100% de la DMS	2.017%	2.423%	4.499%	11.080%	14.389%	14.027%
CBR al 95% de la DMS	1.724%	1.750%	3.435%	7.261%	10.178%	10.789%





**Figura 245**

*Resultados de CBR al 0.1”*



Nota: Basado en el diagrama de barras se aprecia un incremento de la relación de soporte a medida que se aumentó el porcentaje de ceniza en las muestras de suelo arcilloso tanto al 95% de la Densidad Máxima Seca como al 100% de esta misma, a causa de la formación de material cementante y aglomerante que aumenta la resistencia del suelo combinado con la ceniza y la geomalla biaxial.

Mientras que, al adicionar solo ceniza de fondo, el CBR fue mejorando, pero en menor medida, donde el valor máximo obtenido fue cuando se adicionó un 20% de ceniza de fondo alcanzando un CBR de 9.40% indicativo de un suelo regular para subrasante.

**Tabla 9**

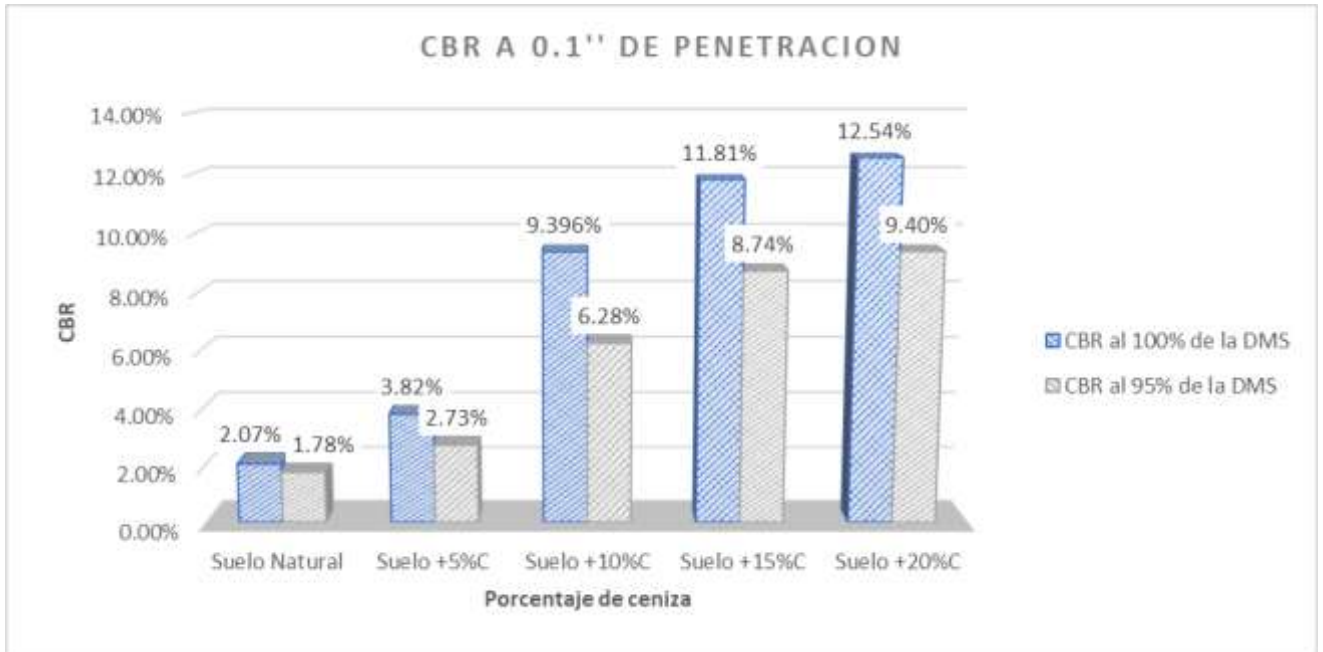
*Resultados de Porcentaje de CBR para Subrasante solo con ceniza*

	Suelo Natural	Suelo +5%C	Suelo +10%C	Suelo +15%C	Suelo +20%C
CBR al 100% de la DMS	2.017%	3.820%	9.396%	11.810%	12.540%
CBR al 95% de la DMS	1.724%	2.730%	6.280%	8.740%	9.400%



**Figura 246**

*Resultados de CBR al 0.1" solo con ceniza*



Nota: Basado en el diagrama de barras se aprecia un incremento de la relación de soporte a medida que se aumentó el porcentaje de ceniza en las muestras de suelo arcilloso tanto al 95% de la Densidad Máxima Seca como al 100% de esta misma, a causa de la formación de material cementante y aglomerante que aumenta la resistencia del suelo combinado con la ceniza y la geomalla biaxial.





## **CAPÍTULO V: Discusión**

### **5.1. Contraste de los resultados obtenidos respecto a los antecedentes o con referentes del marco teórico**

#### **¿A qué se deben los porcentajes de 5, 10, 15 y 20% de ceniza de fondo de horno ladrillero?**

Según Espino Marquez, (2021) en su trabajo de investigación “Adición de ceniza de madera de fondo en la estabilización de suelos arcillosos y su aplicación a subrasante” se vio que en porcentajes de 15%, 20% y 25% estos generaban un mejoramiento considerable en estabilización de suelos arcillosos alcanzando un valor óptimo al 20% de ceniza, por tanto, se decidió también emplear porcentajes similares en la investigación.

En nuestra investigación se alcanzó la mejor dosificación al 20% de ceniza de fondo, aunque los valores de CBR no llegaron a ser tan altos como los encontrados en el antecedente.

#### **¿Cómo se decidió la abertura de las celdas de la malla y a que profundidad se colocaron?**

Se tomó en consideración para la abertura de las celdas de la malla las fichas técnicas del mercado que ofrece la empresa “ACEGrid” fabricante de geomallas para la estabilización de suelos y taludes que indican que la abertura de las mallas se encuentra entre los 1.90 cm a 2.80 cm, para lo cual nosotros escogimos una abertura de 2.50 cm.

Según el antecedente de Marmanillo Mamani y Villegas Aguilar, 2020, en su investigación “Elaboración de polímeros sintéticos con botellas plásticas para la estabilización de subrasante en suelos arcillosos calle Fortaleza Los Olivos 2020” se reconoció que la profundidad influía en el incremento del valor de CBR ya que al colocar la malla superficialmente esta actuaba mejor frente a las cargas verticales, por ello esta malla genera una mayor resistencia al pistón de carga durante el ensayo de CBR.

### **5.2. Interpretación de los resultados encontrados en la investigación**

#### **¿Por qué se eligió estabilizar con ceniza de fondo de horno ladrillero en combinación de la malla de cables eléctricos?**

Se eligió esta combinación de materiales para mejorar el suelo con la utilización de la ceniza de fondo ya que al tener propiedades puzolánicas y entrar en contacto con el agua reacciona produciendo un conglomerado en el suelo; y a nivel mecánico con la malla de cables eléctricos ya que aumenta la resistencia frente a cargas verticales.



¿Cuáles son los principales componentes químicos de la ceniza de fondo de ladrillera, y cuales benefician más a la estabilización del suelo arcilloso?

Para saber que componentes químicos tiene la ceniza de fondo de ladrillera, se hizo un estudio previo, que nos dio los siguientes resultados.

### Figura 247

Composición química de la ceniza de fondo de ladrillera



**Nota:** En la imagen se ve la composición química presente en la ceniza de fondo de la ladrillera LATESAN ubicada en San Jerónimo

¿Por qué se usó la calicata 02 para realizar los ensayos?

Se utilizó el material de esta calicata debido a que esta presento una clasificación de un suelo arcilloso, mientras que las otras dos calicatas presentaban un tipo de suelo diferente y la investigación se basa en el estudio del mejoramiento de suelos arcillosos, además en la calicata 02 se encontraba en una zona de alto nivel freático.



**¿La combinación de la ceniza de fondo y la geomalla han cumplido con su propósito en el incremento del CBR? Si es así ¿Este incremento fue considerable?**

Si, según la **Figura 92** el CBR inicial del suelo fue de 1.72%, para subrasante y es considerado como muy pobre de acuerdo con el Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, (MTC, 2014); luego de incorporarle la malla llego a un CBR de 1.75% el cual también se considera como una subrasante muy pobre, finalmente al combinar la ceniza de fondo con la malla, el CBR de mayor valor fue de 10.78% el cual es indicativo de una subrasante regular, que se obtuvo con una adición de ceniza al 20% en combinación con la malla de cables eléctricos. Por tanto, podríamos considerar que este incremento de CBR fue considerable.

**¿Cuál es el porcentaje óptimo de ceniza a utilizar en el mejoramiento de suelos en la vía vecinal 1140?**

Al 95% de la densidad máxima seca (valores de CBR para subrasante) el porcentaje óptimo de ceniza seria de un 20% según la **Figura 92** con un valor de 10.789%; mientras que al 100% de la densidad máxima seca el porcentaje óptimo de ceniza fue de 15% según la **Figura 92** con un valor de 14.389%.

**¿Hubo alguna diferencia al utilizar la combinación de geomalla y ceniza de fondo respecto a la incorporación solo de ceniza?**

En base a los resultados obtenidos en el ensayo de CBR, se pudo notar un ligero incremento en el índice de CBR que oscila entre 1 y 2%, lo cual nos permite conocer un impacto positivo al utilizar la geomalla de cables eléctricos. Además, en ambos casos se mantiene la tendencia en la mejora de los suelos a medida que la dosificación de ceniza se incrementa, donde el valor de CBR máximo obtenido fue al 20% de adición de ceniza.

**¿Por qué se obtuvo un mayor valor de CBR al combinar la geomalla biaxial y la ceniza de fondo respecto a la combinación de suelo y ceniza?**

Porque la geomalla actúa en dos direcciones lo que desarrolla en el suelo una mejor redistribución de los esfuerzos verticales, lo que implica que la fuerza afecte a una mayor área y por ende aumente el margen de resistencia del suelo, además este comportamiento no existe al combinar solo el suelo con la ceniza, y esto se ve reflejado en los valores obtenidos en el ensayo de CBR.



### **5.3. Comentario de la demostración de la hipótesis**

#### **¿Por qué el incremento de la ceniza de fondo provoca el aumento de los valores en el límite líquido y límite plástico?**

La ceniza hace que el suelo requiera de un mayor contenido de agua, ya que este material al combinarse con el suelo causa que tenga una menor retención de agua, y para alcanzar los estados de transición tanto de Límite líquido como límite plástico, implica que respecto al límite plástico se requiere de una mayor adición de agua para alcanzar un estado de suelo plástico, en cuanto al límite líquido de igual manera se requiere más cantidad de agua para alcanzar un estado de suelo líquido.

#### **¿Qué implicación tiene la disminución del índice de plasticidad en el mejoramiento del suelo?**

Implica que el suelo a mayor adición de ceniza de fondo requiere una menor cantidad de agua para mantenerse en un estado plástico, además puede significar que el suelo requiere una menor cantidad de agua para pasar de un estado semisólido a líquido. Esto es conveniente para nuestro tipo de suelo porque el contenido de humedad disminuye y presenta menor deformación.

#### **¿A qué se deben las disminuciones en los valores de la densidad máxima seca en el ensayo de Proctor al adicionar ceniza de fondo?**

Se debe a la alta porosidad que tiene la ceniza de fondo y a una mayor cantidad de espacios vacíos que se generan al combinarlo con agua, lo cual implica un incremento en el volumen de la combinación del suelo y la ceniza.

#### **¿A qué se deben el aumento de los porcentajes de contenido de humedad óptimo en el ensayo de Proctor y la determinación en el CBR?**

Se debe al incremento de ceniza de fondo, ya que al tener mayor cantidad de espacios vacíos en la muestra hace que requiera una mayor cantidad de agua para alcanzar su densidad máxima y por ende un mayor contenido de humedad óptimo.

### **5.4. Aporte de la investigación**

#### **¿Cuál es el aporte tras el desarrollo de la investigación?**



Se encontró una nueva alternativa de estabilización reutilizando cables eléctricos desechados los cuales hasta el momento de la investigación no tienen algún antecedente de utilización al menos a nivel local, esto en combinación con la ceniza de fondo de ladrilleras la cual tampoco tiene un uso extendido en la estabilización de suelos.

**¿El suelo natural de la vía vecinal 1140 Cusco estabilizado solo con la malla de cables eléctricos tiene las propiedades mecánicas suficientes para ser usado a nivel de subrasante?**

No, debido a que su CBR es considerado como subrasante es muy pobre al ser menor al 6%, por lo tanto, solo utilizando la malla de cables eléctricos no es suficiente para estabilizar el suelo, para poder mejorar sus propiedades mecánicas se debería de colocar un poco más superficialmente o se debería de reducir la separación entre claves, para tener una malla más fina, pero si se trabaja en conjunto con la ceniza si se logra el cometido de estabilizar el suelo arcilloso.

**¿Se puede estabilizar el suelo natural a nivel de subrasante de la vía vecinal 1140 Cusco, solo con la adición de ceniza de fondo de horno ladrillero?**

Si, debido a que el valor de CBR a nivel de subrasante es considerado como regular, al estar entre el rango de 6% a 10%, por lo tanto, solo utilizando ceniza de fondo, es suficiente para estabilizar el suelo arcilloso y los efectos del medio ambiente en esta capa.



## CONCLUSIONES

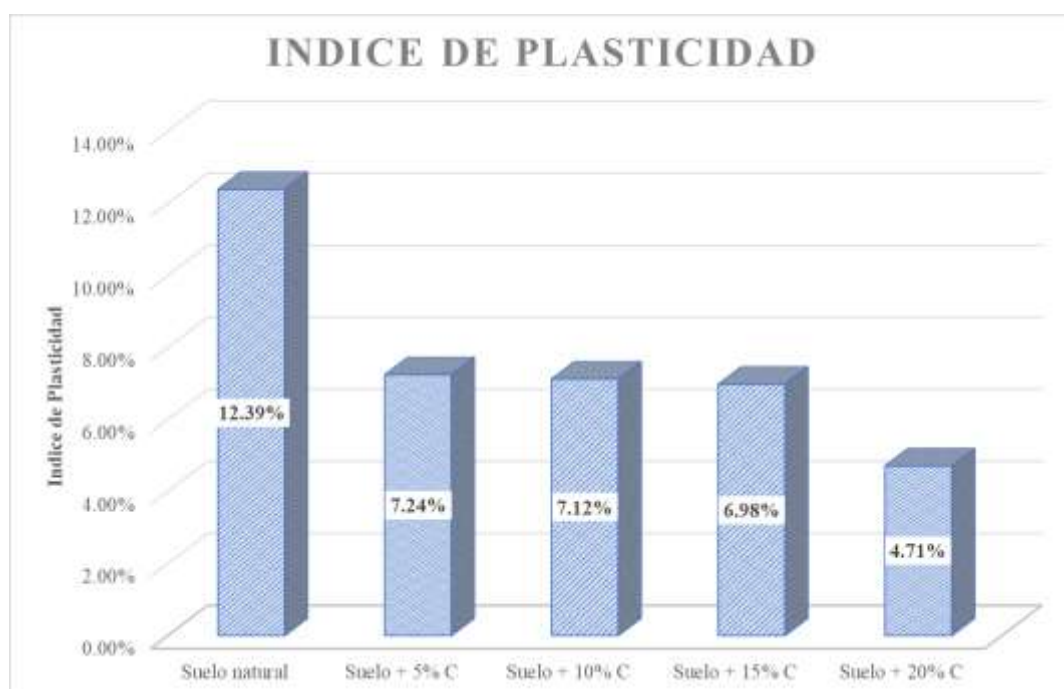
### Conclusión general

Se demostró la hipótesis general: “*La aplicación de geomalla biaxial de cables eléctricos adicionado con ceniza de fondo de horno ladrillero mejoró las propiedades de los suelos arcillosos en la subrasante de la vía vecinal 1140, Cusco*”, mediante la aplicación combinada de malla de recubrimiento de cables eléctricos y de ceniza de fondo de ladrillera en proporciones de 5%, 10%, 15% y 20% para el mejoramiento del suelo arcilloso en la vía vecinal 1140. Se concluye que las muestras de suelo han mejorado a nivel de estabilidad y algunas pueden ser usadas a nivel de subrasante, ya que cumplen con los requerimientos establecidos en la Norma Técnica Peruana CE.020 (Estabilización de suelos y taludes).

**Conclusión N°01:** Se demostró la Hipótesis específica N°01: “*El índice de plasticidad disminuyó con la adición de la ceniza de fondo de horno ladrillero al 5%, 10%, 15% y 20% en la subrasante de la vía vecinal 1140, Cusco*”, esto debido a la adición de ceniza de fondo de horno ladrillero, teniendo un índice de plasticidad en el suelo natural de 12.39%, el cual disminuyó a medida que se fue incrementando la proporción de ceniza en las muestras, a consecuencia de que las cenizas presentan una baja capacidad de retención del agua; como se sustenta en la siguiente figura.

### Figura 248

*Resumen del I.P. Calicata 02 (suelo arcilloso)*

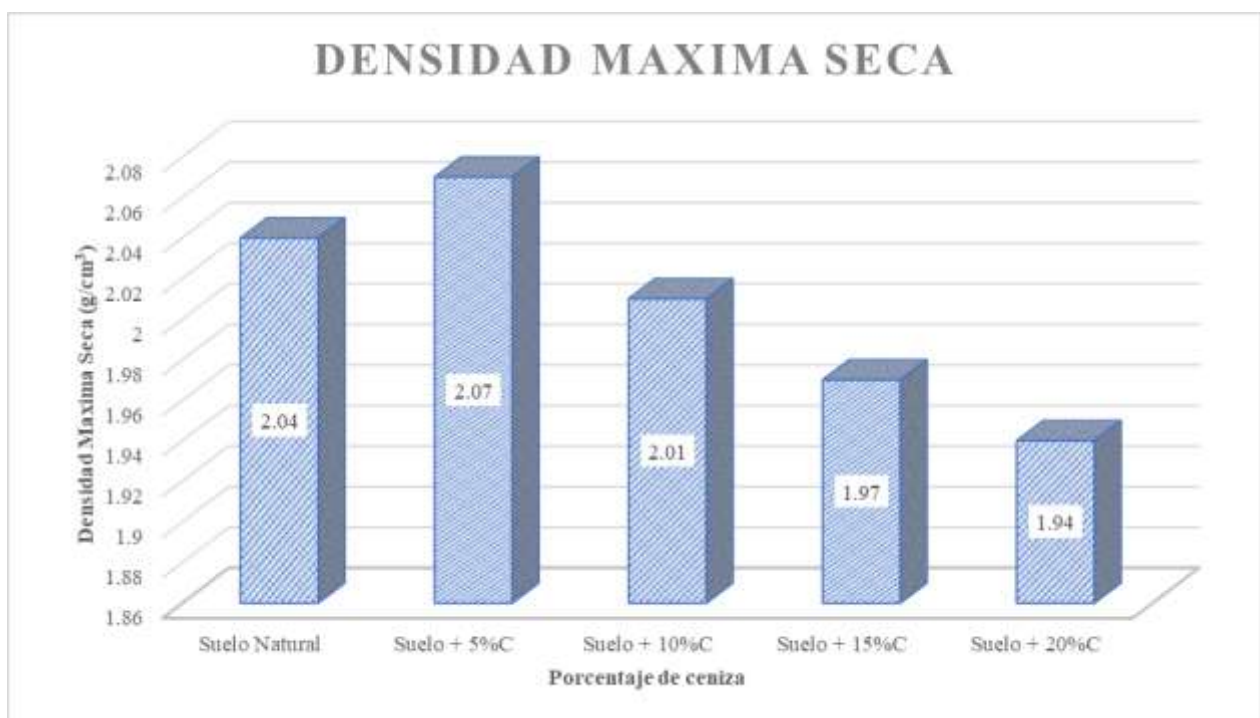




**Conclusión N°02:** Se demostró la Hipótesis específica N°02: “La densidad máxima seca disminuyó con la adición de ceniza de fondo de horno ladrillero al 5%, 10%, 15% y 20% en la subrasante de la vía vecinal 1140, Cusco”, esto debido a que la ceniza tiene menor densidad en sus partículas, por ello al combinarse crean espacios vacíos en el suelo al compactarlo, y permiten una mayor circulación de aire y agua que ocasiona la disminución de la densidad máxima seca; por este motivo al incrementar la ceniza de fondo los valores de densidad fueron disminuyendo, según los resultados mostrados en la siguiente figura.

**Figura 249**

*Resumen Densidad Máxima Seca*



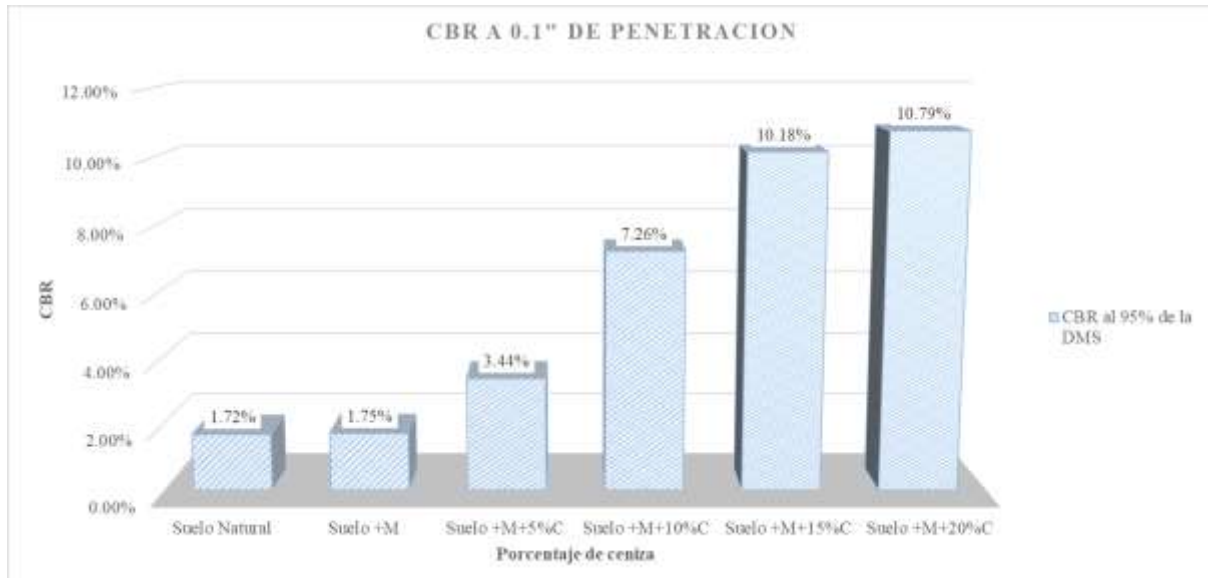
**Conclusión N°03:** Se demostró la Hipótesis específica N°03: “El CBR aumentó con la utilización de geomalla biaxial de cables eléctricos adicionado con ceniza de fondo de horno ladrillero al 5%, 10%, 15% y 20% en la subrasante de la vía vecinal 1140, Cusco”, debido a la adición de los materiales señalados, donde se vio que al incorporar la geomalla biaxial de cables eléctricos el aumento de CBR fue mínimo; mientras que, el valor de CBR aumento considerablemente con la combinación de la geomalla y el incremento proporcional de ceniza, a causa de la formación de un material cementante y aglomerante que aumenta la resistencia del suelo, tal como se muestra en la siguiente figura.





**Figura 250**

*Resumen de CBR para Subrasante*



**Conclusión N°04:** Se concluyo que la combinación de suelo, malla y ceniza es superior a la combinación de suelo con ceniza de fondo, donde se vio que el aumento de CBR fue mínimo (entre 1% y 2%); el valor de CBR aumento con la combinación de la geomalla y el incremento proporcional de ceniza, a causa de una mejor distribución de los esfuerzos verticales, tal como se muestra en las siguientes tablas.

**Tabla 10**

*Resumen de valores de CBR en las combinaciones de suelo, geomalla y ceniza*

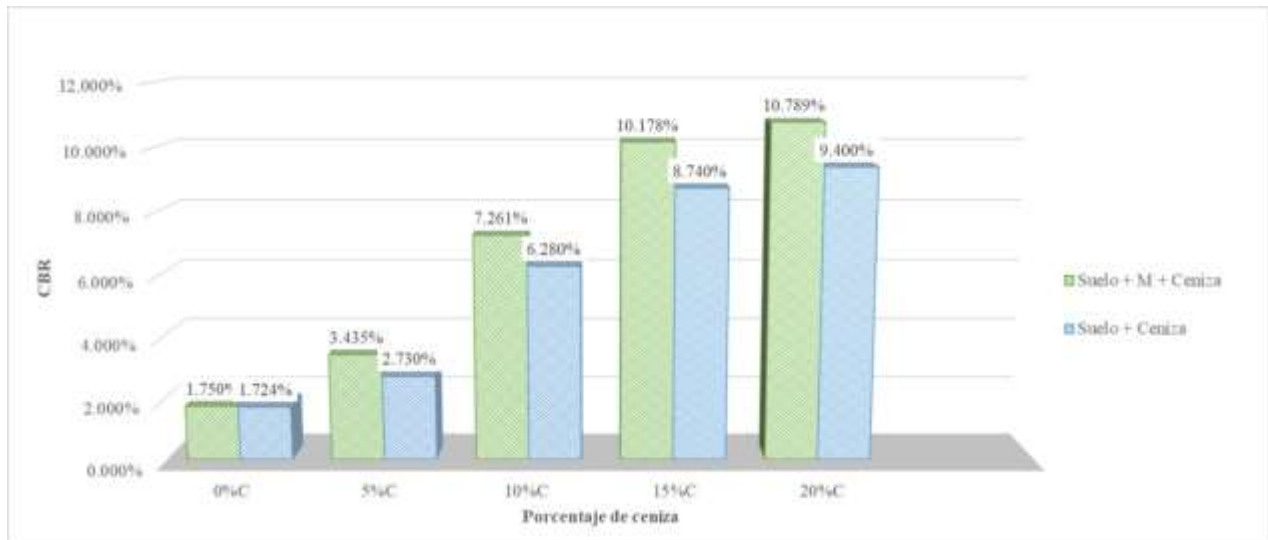
CBR al 95% de la DMS		
Dosificación de Ceniza	Suelo + M	Suelo
0%	1.750%	1.724%
5%	3.435%	2.730%
10%	7.261%	6.280%
15%	10.178%	8.740%
20%	10.789%	9.400%





**Figura 251**

*Resumen de valores de CBR en las combinaciones de suelo, geomalla y ceniza*





## SUGERENCIAS

**Sugerencia N°01:** Se recomienda limitar la proporción de ceniza de fondo utilizada en la mejora de suelos arcillosos a un rango del 5% al 20% del peso de la muestra de suelo. Esto se debe a que proporciones más altas pueden incrementar el volumen y afectar negativamente la retención de agua, lo que a su vez disminuye los valores de densidad máxima e índice de plasticidad.

**Sugerencia N°02:** Se sugiere emplear una proporción del 15% de ceniza de fondo respecto al peso de la muestra de suelo arcilloso en la vía vecinal 1140. Esta proporción ha demostrado una mejora significativa en el CBR (California Bearing Ratio) en comparación con otras cantidades de ceniza. Con un 15% de adición de ceniza, se observa un aumento notable en el CBR, pasando de un 2.02% en el suelo natural a un 14.39% en un suelo mejorado.

**Sugerencia N°03:** Para evaluar el efecto de la profundidad de colocación de la malla y la variación en las dimensiones de las aberturas de las celdas en el CBR, se recomienda realizar ensayos a diferentes profundidades (0.5 cm a 2.0 cm) y variar las dimensiones de las aberturas (1.0 cm a 2.5 cm). Lo que nos permitirá determinar si las modificaciones influyen en el incremento del valor de CBR. Además en base a nuestros resultados el incremento de este a 2.0 cm de profundidad fue mínimo, por tanto el uso de la geomalla no será efectivo en suelos plásticos.

**Sugerencia N°04:** Se aconseja complementar la investigación con ensayos adicionales, como el ensayo de compresión inconfiada y el ensayo de corte directo. Estos ensayos proporcionarán información complementaria sobre la resistencia al corte y los parámetros de resistencia del suelo cohesivo estudiado, lo que enriquecerá la investigación y brindará resultados más precisos.

**Sugerencia N°05:** Para investigaciones futuras, se sugiere considerar la expansión de suelos arcillosos como un área de interés. Esto permitirá comprender mejor el comportamiento de estos suelos, especialmente en las primeras 6 horas después de la saturación, lo que puede ser relevante para proyectos de ingeniería civil.

**Sugerencia N°06:** Se recomienda ampliar el alcance de la investigación para abarcar otros tipos de suelos además de los arcillosos. Dado que las carreteras pueden atravesar diferentes tipos de suelos, como limosos, arenosos, gravosos o con alto contenido de material orgánico, es



importante investigar tratamientos específicos para cada tipo de suelo a fin de ofrecer soluciones integrales en proyectos viales.

## GLOSARIO

- **Carta de plasticidad AASHTO:** Gráfico auxiliar para la discriminación de los diferentes grupos de suelos fino granulares en la clasificación de la AASHTO, a partir de la relación entre su límite líquido y su índice de plasticidad.
- **Calicata:** Exploración que se hace en cimentaciones de edificios, muros, caminos, etc., para determinar, identificar y clasificar los materiales constituyentes de los suelos de fundación, a través de estratigrafía y ensayos.
- **Capacidad de soporte:** Esfuerzo vertical al que puede ser sometida una masa de suelo, por efecto de la construcción de estructuras sobre ella, sin que presenten asentamientos que pongan en peligro la integridad o la funcionalidad de dichas estructuras.
- **Compactación del suelo:** Operación mecanizada para reducir el índice de huecos de un suelo y alcanzar con ello la densidad deseada.
- **Consistencia de un suelo:** Grado de adherencia entre las partículas del suelo y su resistencia a fuerzas que tienden a deformarlo o romperlo. Se describe por medio de términos como: blanda, media, firme, muy firme y dura.
- **Densidad Máxima Compactada Seca:** Corresponde a la mayor densidad que puede alcanzar un suelo al ser compactado a la humedad óptima.
- **Energía modificada:** Energía de compactación equivalente a la del ensayo de Proctor Modificado
- **Estabilización Mecánica del Suelo:** Mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas de un suelo mediante procedimientos mecánicos.
- **Estabilización Química del Suelo:** Mejoramiento de las propiedades físicas y/o mecánicas de un suelo mediante la incorporación de un compuesto químico.
- **Horno ladrillero:** Hornos artesanales usados para la fabricación de ladrillos de arcilla.
- **Humedad Óptima:** Porcentaje de humedad para el cual un suelo sometido a una energía de compactación determinada presenta su máxima densidad.
- **Límite de consistencia:** La consistencia del suelo es la fuerza con la que se mantienen unidos los materiales del suelo o la resistencia de los suelos a la deformación y ruptura. La consistencia del suelo se mide para muestras de suelo húmedo, húmedo y seco. Para suelos húmedos, se expresa como pegajosidad y plasticidad, como se define a



continuación. La consistencia del suelo se puede estimar en el campo usando pruebas simples o se puede medir con mayor precisión en el laboratorio.

- **Límite de contracción (SL):** Se define como el contenido de agua en el que el suelo cambia de un estado semisólido a sólido. Con este contenido de humedad, el volumen de la masa del suelo deja de cambiar con el secado adicional del material. El límite de contracción es menos usado que el límite líquido y el límite plástico de los suelos.
- **Material fino:** Es el material que logra pasar por el tamiz N°04.
- **Perfil de suelo:** Sección vertical de un suelo que muestra la naturaleza y secuencia de varias capas, como han sido desarrolladas por sedimentación o por meteorización, o por ambos procesos.
- **Plasticidad de los suelos:** La plasticidad es la propiedad de la arcilla causada por la mezcla justa de agua y tamaño de partícula, la plasticidad es lo que transforma la arcilla agrietada seca en un material viable. La plasticidad separa la arcilla de la suciedad.
- **Subrasante:** Plano superior del movimiento de tierras, que se ajusta a requerimientos específicos de geometría y que ha sido conformada para resistir los efectos del medio ambiente y las sollicitaciones que genera el tránsito. Sobre la subrasante se construye el pavimento.
- **Suelo estabilizado:** Son suelos inadecuados a los cuales se les debe de hacer una mejora adicionándole cal, cemento o algún aditivo químico.
- **Tamiz:** Malla metálica de diferentes aberturas empleada la segregación de áridos, arenas y gravas según su granulometría.



## REFERENCIAS

- AASHTO T-180. (1993). *Prueba de proctor modificada*. Washington D.C.: American Association of state Highway Transportation Officials.
- ABC GEOTECHNICAL CONSULTING. (11 de Agosto de 2023). *ABC GEOTECHNICAL CONSULTING*. Obtenido de <https://geotecniaymecanicasuelosabc.com/densidad/>
- Abiodun, Y. O., & Jimoh, A. A. (2018). *Microstructural characterisation, physical and chemical properties of rice husk ash as viable Pozzolan in building material: a case study of some Nigerian grown rice varieties*. Nigeria: Nigerian Journal of Technology.
- Aguilar Paravicino, H. O., & Bravo Gutiérrez, J. C. (2020). Evaluación de la ceniza de fondo para la estabilización de suelos arcillosos provenientes de la zona ladrillera del distrito de San Jerónimo - Cusco. *Para optar el Título Profesional*. Universidad Andina del Cusco, Cusco.
- Ariza Gómez, C. C., Rojas Novoa, C. A., & Romero Fuentes, Y. (2016). Evaluación de la capacidad de soporte (CBR) de un suelo expansivo con adición de ceniza volante. *Para optar el Título Profesional*. Universidad la Gran Colombia, Colombia.
- ASTM C-618-12a. (2014). *Especificación estándar para las cenizas volantes de carbón y puzolana natural cruda*. West Conshohocken: SERC.
- Bernal, C. A. (2010). *Metodología de la Investigación. Tercera edición*. Bogotá D.C., Colombia: Pearson Educación de Colombia Ltda.
- Bowles , J. E. (1981). *Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil*. Mexico: McGRAW-HILL BOOK Co., Mexico.
- Braja M., D. (2001). *Fundamentos de la Ingeniería Geotécnica*. Mexico: Thomson Learning.
- Braja M., D. (2012). Fundamentos de Ingeniería de cimentaciones. En *Estabilización con ceniza muy fina* (pág. 766). Mexico: Cengage Learning Editores S.A.
- Caballeros Torres, E. A. (2006). UTILIZACIÓN DE LA GEOMALLA COMO REFUERZO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE. *para optar el título profesional de ingeniería civil*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Obtenido de <https://docplayer.es/61090418-Utilizacion-de-la-geomalla-como-refuerzo-de-la-estructura-del-pavimento-flexible.html>



- Centro de estudios y experimentacion de obras publicas. (2014). *Cenizas procedentes de la Biomasa*. Valladolid, España: Asociacion Española de valorizacion de energetica de la Biomasa.
- CIR62. (19 de Julio de 2019). *CIR62 Expertos en aislamiento y suministro industrial*. Obtenido de [https://cir62.com/blog/34\\_plasticos-Industriales-PVC-flexible--ventajas-y-aplicaciones#](https://cir62.com/blog/34_plasticos-Industriales-PVC-flexible--ventajas-y-aplicaciones#)
- Crespo Villalaz, C. (2004). *Mecanica de Suelos y Cimentaciones* . Mexico: Limusa .
- Elaplas Elastómeros y Plásticos S.C.P. (s.f.). *elaplas, elastomeros y plasticos*. Obtenido de [https://www.elaplas.es/wp-content/uploads/pvc\\_flex.pdf](https://www.elaplas.es/wp-content/uploads/pvc_flex.pdf)
- Escobar, C. (2007). *Mecanida de Suelos*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Espino Marquez , Y. M. (2021). Adicion de ceniza de madera de fondo en la estabilizacion de suelos arcillosos y su aplicacion a subrasante. *para optar el titulo profesional*. Universidad Peruana los Andes, Huancayo.
- Gallego, H., Toro, E., & Rojas, R. (2020). Proceso de formación de puzolanas a partir de cenizas y sus aplicaciones. *SCIELO*, 119-125.
- Gonzales boada, J. (2005). *Clasificacion de suelos de acuerdo a SUCS y AASHTO*. Barcelona: Universidad De Granadas.
- González, G. A. (2014). Estabilización mecánica de suelos cohesivos a través de la utilización de cal - ceniza volante. *para optar el titulo profesional de ingenieria civil*. Universidad de San Carlos de Guatemala, GUATEMALA. Obtenido de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/id/eprint/1044>
- GRISALES, J. S. (2014). *PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LOS SUELOS*. Villavicencio: UNIMETA.
- Hernandez, J. C. (2008). *Características físicas y propiedades mecánicas de suelos y sus metodos de medicion*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Hernández Sampieri, R. (2014). *Metodología de la Investigación*. Mexico: McGRAW-HILL.
- Laboratorio de Analisis Quimico UNSAAC. (2023). *Informe de analisis quimico de ceniza de ladrillera*. Cusco: Departamento Academico de Quimica (UNSAAC).



- Lorca, P. (2014). EFECTO DE LA ADICIÓN DE HIDRÓXIDO CÁLCICO SOBRE MEZCLAS CON ALTA SUSTITUCIÓN DE CEMENTO POR CENIZA VOLANTE. *Tesis Doctoral*. Universidad Politècnica de València, Valencia. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10251/39340>
- Mamani Barriga, L. E., & Yataco Quispe, A. J. (2017). ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS APLICANDO CENIZA DE MADERA DE FONDO, PRODUCTO DE LADRILLERAS ARTESANALES EN EL DEPARTAMENTO DE AYACUCHO. *para optar el titulo de Ingeniero Civil*. Universidad San Martin de Porres, Lima.
- Marmanillo Mamani, D. G., & Villegas Aguilar, M. F. (2020). Elaboracion de polimeros sinteticos con botellas plasticas para la estabilizacion de subrasante en suelos arcillosos calle Fortaleza los Olivos 2020. *para optar el titulo profesional*. Universidad Cesar Vallejo, Lima.
- Montejo Fonseca, A. (2002). *Ingeniería de pavimentos para carreteras (23 Ed.)*. Bogota: Universidad Nacional de Colombia ediciones y publicaciones.
- MTC. (2014). *Manual de Carreteras, Suelos, Geologia, Geotecnia y Pavimentos*. Lima: Direccion general de caminos y ferrocarriles.
- MTC. (2016). *Manual de ensayo de materiales*. Lima: Direccion general de caminos y ferrocarriles.
- MTC. (2020). *Diagnostico de la situacion de las brechas de infraestructura o de acceso a servicios*. Lima: Programación Multianual de Inversiones.
- Novoa, L. F. (2017). Aplicación de la Geomalla Triaxial para mejorar la estabilización de suelos blandos en la avenida Trapiche Chillón, Carabayllo – 2017. *Tesis de Grado*. Universidad Cesar Vallejo, Lima - Peru. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/16639>
- Parra, M. (2018). Estabilizacion de un suelo con cal y ceniza volante. *Tesis de Grado*. Universidad Catolica de Colombia, Bogota. Obtenido de <https://hdl.handle.net/10983/22856>
- Proyecto Especial Regional Plan COPESCO. (2021). *EVALUACIÓN DE RIESGOS DEL “MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VIAL INTERURBANA,*



*TRAMO: SENCCA QUISPIHUARA-ALLPACHACA, VÍAS VECINALES CU: 1139, 1140, 1150, 1152, 1151, 1157, 1155, 1119 DISTRITOS DE CUSCO, POROY, CACHIMAYO Y CHINCHERO, DEP. CUSCO. Cusco: GOBIERNO REGIONAL CUSCO.*

Rico, A., & Del Castillo, H. (1974). *La ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres*. Mexico: Limusa S.A.

Rivera, J., Aguirre-Guerrero, A., Mejía de Gutiérrez, R., & Orobio, A. (2020). Estabilización química de suelos - Materiales convencionales y activados alcalinamente. *Informador Técnico*, 202-226.

Rodríguez, A., & Pérez, A. O. (2017). Métodos científicos de indagación y de construcción del conocimiento. *Revista EAN*, 179-200. Obtenido de <https://journal.universidadean.edu.co/index.php/Revista/article/view/1647>

Sánchez, C. M. (16 de Octubre de 2014). Cusco Fue la Región que más Creció en Perú. *Internacional Certeza: Economía, Turismo & Medio Ambiente*, pág. 1. Obtenido de <http://certezadirecto.blogspot.com/2014/10/cusco-fue-la-region-que-mas-crecio-en.html>

Santaella, L. E. (2001). *Caracterización, física, química y mineralógica de las cenizas*. Bogota: Universidad Militar Nueva Granada.

Santillan Gutierrez, D. (2010). Materiales geosintéticos: la estabilización. En D. Santillan Gutierrez, *Materiales geosintéticos: la estabilización* (pág. 3). TECONMA.

Soluciones Ambientales Integrales. (3 de Febrero de 2023). *GEOSAI*. Obtenido de <https://blog.geosai.com/es/aplicaciones-de-las-geomallas>

Tensar International Corporation. (2015). *Especificación de Producto – Geomalla TriAx® TX190L*. Atlanta.




Vargas, J., Moncayo, M., Cordova, J., Maza, C., Barzola, I., Velasco, G., . . . Lucio, S. (2017). La geomalla como elemento de refuerzo en pavimentos flexibles. *Ingeniería, Revista académica*, 9.





## APÉNDICES

### APÉNDICE 01: Análisis químico de ceniza de fondo

	<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO <b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> Av. de la Cultura 733 - Pabellón "C" Of. 106 1er. piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Perú</p> <p>UNIDAD DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICO DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA</p> <p><b>INFORME DE ANÁLISIS</b></p> <p>Nº0001-23-LAQ</p>										
<p>SOLICITANTE :</p>	<p>POOL SAMUEL MONZON HUILCA HANS SANCHEZ VIGURIA</p>										
<p>MUESTRA :</p>	<p>CENIZA VOLANTE DE MADERA( LADRILLERA)</p>										
<p>FECHA :</p>	<p>C/03/01/2023</p>										
<p>RESULTADO ANALISIS QUIMICO:</p>	<table border="1"><tr><td>SiO<sub>2</sub> %</td><td>28,90</td></tr><tr><td>CaO %</td><td>29,10</td></tr><tr><td>MgO %</td><td>15,24</td></tr><tr><td>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> %</td><td>4,56</td></tr><tr><td>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> %</td><td>10,90</td></tr></table>	SiO <sub>2</sub> %	28,90	CaO %	29,10	MgO %	15,24	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	4,56	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	10,90
SiO <sub>2</sub> %	28,90										
CaO %	29,10										
MgO %	15,24										
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	4,56										
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	10,90										
	<p>QUIMICA ANALITICA CUANTITATIVA, Arthur VOGEL</p> <p>Cusco, 11 de Enero 2023</p> <p>Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco Unidad de Prestación de Servicios Académicos</p> <p> Alejandro Herrera Arhúca RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO</p> <p></p>										



**APÉNDICE 02: Matriz de consistencia**

<b>APLICACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL DE CABLES ELÉCTRICOS CON CENIZA DE FONDO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA VÍA VECINAL 1140, CUSCO, 2022</b>							
<b>PROBLEMAS</b>	<b>OBJETIVO</b>	<b>HIPÓTESIS</b>	<b>VARIABLE</b>	<b>DIMENSIÓN</b>	<b>INDICADOR</b>	<b>INSTRUMENTOS</b>	<b>METODOLOGÍA</b>
<b>PROBLEMA GENERAL</b>	<b>OBJETIVO GENERAL</b>	<b>HIPÓTESIS GENERAL</b>	<b>INDEPENDIENTE</b>				
¿En qué medida influye la aplicación de la geomalla biaxial de cables eléctricos adicionado con ceniza de fondo de horno ladrillero, para el mejoramiento de las propiedades de los suelos arcillosos en la subrasante de la vía vecinal 1140, Cusco?	Determinar la influencia de la aplicación de geomalla biaxial de cables eléctricos adicionado con ceniza de fondo de horno ladrillero para el mejoramiento de las propiedades de los suelos arcillosos en la subrasante de la vía vecinal 1140, Cusco.	La aplicación de geomalla biaxial de cables eléctricos adicionado con ceniza de fondo de horno ladrillero mejoró las propiedades de los suelos arcillosos en la subrasante de la vía vecinal 1140, Cusco.	Geomalla biaxial	Presencia de geomalla	Celdas de 2.5 cm. Recubrimiento de cables eléctricos (reciclado de cables eléctricos).	Fichas de recolección de datos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nivel de Investigación: Descriptivo con alcance explicativo.</li> <li>Diseño de la Investigación: Experimental</li> <li>Enfoque de la Investigación: Cuantitativo</li> </ul>
			Ceniza de fondo	Dosificación al 5%, 10%, 15% y 20% de ceniza	Porcentaje en peso de ceniza de la masa total de suelo (g)		
<b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b>	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<b>HIPÓTESIS ESPECIFICAS</b>	<b>DEPENDIENTE</b>				
¿Cuál es el Índice de Plasticidad del suelo arcilloso adicionado con ceniza de fondo de horno ladrillero al 5%, 10%, 15% y 20% en la subrasante de la vía vecinal 1140, Cusco?	Determinar el índice de plasticidad del suelo arcilloso adicionado con ceniza de fondo de horno ladrillero al 5%, 10%, 15% y 20% en la subrasante de la vía vecinal 1140, Cusco.	El índice de plasticidad disminuyó con la adición de la ceniza de fondo de horno ladrillero al 5%, 10%, 15% y 20% en la subrasante de la vía vecinal 1140, Cusco	Propiedades del suelo arcilloso	Índice de plasticidad	Limite liquido (%)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fichas de recolección de datos.</li> <li>Reportes de laboratorio.</li> </ul>	
					Limite plástico (%)		
¿Cuál es la densidad máxima seca del suelo arcilloso adicionado con ceniza de fondo de horno ladrillero al 5%, 10%, 15% y 20% en la subrasante de la vía vecinal 1140, Cusco?	Determinar la densidad máxima seca del suelo arcilloso adicionado con ceniza de fondo de horno ladrillero al 5%, 10%, 15% y 20% en la subrasante de la vía vecinal 1140, Cusco.	La densidad máxima seca disminuyo con la adición de ceniza de fondo de horno ladrillero al 5%, 10%, 15% y 20% en la subrasante de la vía vecinal 1140, Cusco			Densidad máxima seca (g/cm3)		Masa (g)
					Volumen (cm3)		
¿Cuál es el CBR del suelo arcilloso mejorado con geomalla biaxial de cables eléctricos adicionado con ceniza de fondo de horno ladrillero al 5%, 10%, 15% y 20% en la subrasante de la vía vecinal 1140, Cusco?	Determinar el CBR del suelo arcilloso al adicionar la geomalla biaxial de cables eléctricos adicionados con ceniza de fondo de horno ladrillero al 5%, 10%, 15% y 20% en la subrasante de la vía vecinal 1140, Cusco.	El CBR aumentó con la utilización de geomalla biaxial de cables eléctricos adicionado con ceniza de fondo de horno ladrillero al 5%, 10%, 15% y 20% en la subrasante de la vía vecinal 1140, Cusco		CBR	Índice de CBR		



APÉNDICE 03: Croquis ubicación de las calicatas



Fuente: Google Earth





APÉNDICE 04: Ficha Técnica Geomalla Biaxial ACEGrid



**ACEGrid<sup>®</sup>**  
Biaxial Geogrid<sup>1</sup>





ACEGrid<sup>®</sup> GG-Series is woven by high-tenacity, multifilament polyester yarns and coated with durable polymer which provides the best resistance of UV and durability. ACEGrid<sup>®</sup> GG-Series provides a wide range of strength with high quality advantages - high tensile modulus and low creep behaviors etc. ACEGrid<sup>®</sup> GG-Series is suitable to stabilize the earth structures, such as MSE Wall or Steep Slope, Road, Bridge or Pavement Construction.

Product Properties										
Physical Properties	Test Method	Unit	GG20-II	GG40-II	GG60-II	GG80-II	GG100-II	GG150-II	GG200-II	GG300-II
Material										
High Tenacity Polyester Yarns Coated with Durable Polymer										
Aperture Size - MD ± 20%		mm	27	25	22	23	21	20	19	25
Aperture Size - CD ± 20%		mm	28	28	24	25	24	24	18	20
Yarn Properties										
Carboxyl End Group (CEG)	GRI-GG7	mmol/kg	30	30	30	30	30	30	30	30
Molecular Weight	GRI-GG8	Mn	25000	25000	25000	25000	25000	25000	25000	25000
Mechanical Index Properties										
Tensile Strength, T <sub>u</sub> - MD min	ASTM D6637	kN/m	20	40	60	80	100	150	200	300
Tensile Strength, T <sub>u</sub> - CD min	ASTM D6637	kN/m	20	40	60	80	100	150	200	300
Elongation - MD max	ASTM D6637	%	10	10	10	10	11	12	13	15
Elongation - CD max	ASTM D6637	%	10	10	10	10	11	13	14	16
Tensile Strength at 5% Strain- MD min	ASTM D6637	kN/m	10	20	30	40	40	60	80	90
Tensile Strength at 5% Strain- CD min	ASTM D6637	kN/m	10	16	24	30	36	46	56	70
Long Term Design Strength, T <sub>al</sub> <sup>2</sup>	FHWA NHI 10-024	kN/m	12	24	37	48	61	92	123	185
Dimensional Characteristics										
Width		m	1.5	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9
Length		m	50/100	50/100	50/100	50/100	50	50	50	50

<sup>1</sup> ACEGrid<sup>®</sup> biaxial geogrid is available in range from 20kN/m to 300kN/m, and the maximum width is up to 5m.  
<sup>2</sup> LTDS (Long Term Design Strength) of ACEGrid<sup>®</sup> is calculated based on FHWA NHI-00-043. The long term design strength is determined by compounding the reduction factors for creep, installation damage, and environmental effects.  
<sup>3</sup> The values given are indicative and correspond to MMTs obtained in ACE laboratory. The right is reserved to make changes without notice.  
 Disclaimer: This document is provided solely for general information, and shall not be construed as engineering advice, or part of the contract with any customer not referencing anything to the contrary in the contract. We hereby disclaim any liability in connection with any use of the information herein.



APÉNDICE 05: Certificado de Calibración CBR – I



**METROLAB Y CALIDAD S.A.C.**  
Laboratorio de Metrología - Servicio con Tecnología y Calidad

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**

**Nº 509-LF-2023**

Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 2

<p><b>Expediente</b> : 039-MYC-2023</p> <p><b>Solicitante</b> : UNIVERSIDAD ANDINA CUSCO</p> <p><b>Dirección</b> : Urb. Ingeniería, Mza. A Lote 5, Urb. Larapa Grande - San Jeronimo - Cusco</p> <p><b>Instrumento de Medicion</b> : Maquinas para Ensayos Uniaxiales Estaticos Maquinas de Ensayos de Tension/Compresion</p> <p><b>Equipo Calibrado</b> : PRENSA ELECTRICA CBR - DIGITAL</p> <p>  <b>Marca</b> : DURHAM GEO SLOPE INDICATOR</p> <p>  <b>Modelo</b> : S - 611</p> <p>  <b>Número de Serie</b> : 1449</p> <p>  <b>Rango de medición</b> : 0.1 kgf</p> <p>  <b>Identificación</b> : 150000002804</p> <p>  <b>Procedencia</b> : USA</p> <p><b>Indicador de Lectura</b> : PANTALLA DIGITAL</p> <p>  <b>Marca</b> : DART CONTROLS</p> <p>  <b>Modelo</b> : CROM</p> <p>  <b>Numero de Serie</b> : S/N</p> <p>  <b>Identificación</b> : 150000002804</p> <p>  <b>Alcance de Indicación</b> : 4535.9 kg / 10000 lb.</p> <p>  <b>Procedencia</b> : USA</p> <p>  <b>Resolución</b> : 0</p> <p><b>Trasductor de Fuerza</b> : CELDA DE CARGA</p> <p>  <b>Alcance de Indicación</b> : 4535.5 kg.</p> <p>  <b>Marca</b> : DURHAM GEO SLOPE INDICATOR</p> <p>  <b>Modelo</b> : FOHAK7</p> <p>  <b>Numero de Serie</b> : 21469402</p> <p><b>Lugar de calibración</b> : Laboratorio de Pavimentos y Asfaltos de la Universidad Andina</p> <p><b>Fecha de Calibración</b> : 2023-05-12</p>	<p>La incertidumbre reportada en el presente informe es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura <math>k=2</math>.</p> <p>La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la expresión de la incertidumbre en la medición".</p> <p>Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95%.</p> <p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales y/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 periodo de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración.</p> <p>Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio emisor.</p> <p>La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento de medición.</p>
---	--

Fecha de Emisión

Jefe de Laboratorio de Metrología

Sello

2023-05-14

METROLAB Y CALIDAD S.A.C.

*Miguel Angel Ruiz Sullca*  
JEFE LABORATORIO



METROLAB Y CALIDAD S.A.C. - LABORATORIO DE METROLOGIA

Dirección: PASAJE SANTIAGO MZA. E, LOTE N° 2, SANTIAGO CUSCO - PERU Teléfono: (084) 206172 Cel: 976 648 580

www.metrolabycalidad.com

metrolab@metrolabycalidad.com

ventas@metrolabycalidad.com

metrolabycalidad@hotmail.com



APÉNDICE 05: Certificado de Calibración CBR – II



**METROLAB Y CALIDAD S.A.C.**  
Laboratorio de Metrología - Servicio con Tecnología y Calidad

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**

**Nº 509-LF-2023**

Laboratorio de Fuerza

Página 2 de 2

**Método de Calibración**

La calibración se realizó por comparación directa utilizando como referencia la Norma Tec. ASTM E74-13a ASTM C39 y de acuerdo con el cliente se procedió a aplicar los valores de carga indicados en el cuadro.

**Patrones de Referencia**

Trazabilidad	Patron Utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de referencia ilac-MRA - UKAS Calibration	Celda de Carga - Impact Test Equipment	DM22036 - 07 November 2022
Patrones de referencia del SNM-INDECOPI - INACAL	Cronometro Patron de Resolucion 9H59 min 59.999s	METROIL - INACAL LT-1733-2022
Patrones de referencia del SNM-INDECOPI - INACAL	Termohigometro TESTO-PC-MT-002, Incertidumbre 2.8 % HR	METROIL - INACAL LT-0039-2022 EXP. 103370-2022

**Resultados de medición**

LECTURA DEL DIAL DIVISIONES	Lectura del patrón			Promedio	Calculo de errores		Incertidumbre	
	Primera	Segunda	Tercera		Exactitud	Repetibilidad		
Nº	0	kgf	kgf	kgf	kgf	q(%)	b(%)	U(%)
1	0	0.0	0.0	0.0	0.0			
2	500	202.4	209.6	197.3	203.1	0.01	6.0	3.6
3	1000	549.1	611.8	575.6	578.9	0.01	10.8	6.3
4	1500	1040.6	1008.0	956.0	1001.5	0.00	8.5	4.9
5	2000	1243.5	1271.1	1346.5	1287.1	0.01	8.0	4.8
6	2500	1791.1	1838.0	1685.1	1771.4	0.00	8.6	5.1
7	3000	2289.8	2227.6	2191.4	2236.2	0.00	4.4	2.6
8	3500	2799.6	2880.2	2878.1	2852.7	0.00	2.8	1.9
9	4000	3222.8	3239.1	3258.0	3240.0	0.00	1.1	0.7
10	4500	3829.5	3797.9	3852.5	3826.7	0.00	1.4	0.9
<b>Lectura máquina en cero</b>		0	0	0	----	0	0	Error máx. de cero(0)=0.00

Temperatura promedio durante los ensayos 22.5 °C Variación de temperatura en cada ensayo < 1 °C

**Evaluación de los resultados**

De los resultados obtenidos durante la calibración se ha obtenido la siguiente ecuación cuadrática:

$$Y = A * X^2 + B * X + C$$

Donde:

Y = Indicación del Equipo en kgf.

X = Lectura directa del equipo / valores del dial

Los coeficientes obtenidos son:

**A = 0.00007**

**B = 0.55910**

**C = -40.523**



**Observaciones**

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.
- La incertidumbre de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de medición por el factor de cobertura k=2 para una distribución normal de aproximadamente 95%.

Fin del documento

METROLAB Y CALIDAD SAC - LABORATORIO DE METROLOGIA

Dirección: PASAJE SANTIAGO MZA. E, LOTE N° 2, SANTIAGO CUSCO - PERU Teléfono: (084) 206172 Cel: 976 648 580  
www.metrolabycalidad.com • metrolab@metrolabycalidad.com • ventas@metrolabycalidad.com • metrolabycalidad@gmail.com





APÉNDICE 06: Certificado de Calibración CBR – III



**CERTIFICADO DE CALIBRACION**

**Nº LD-010-2023**

**Solicitante** : SANTA CRUZ PARI JOSE. (Labsuelos S.A.C.)  
**Dirección** : Mza. EE lote 18 Coop. De Vivienda Zarzuela Alta  
SANTIAGO - CUSCO

**Instrumento de Medición** : PRENSA CBR - MARSHALL  
**Marca** : PINZUAR  
**Modelo** : PS-9  
**Serie** : 140  
**Identificación** : NO INDICA  
**Procedencia** : COLOMBIA  
**Alcance** : 0 KN a 50 KN  
**Resolución** : 0.001 KN  
**Tipo de Indicación** : Analógico.  
**Lugar de Calibración** : Laboratorio de Labsuelos SAC  
Santiago – Cusco – Perú  
**Fecha de Calibración** : 23 Octubre 2023  
**Fecha de Emisión** : 23 Octubre 2023

**Método de Calibración Empleado**

Tomando como referencia los procedimientos de normas vigentes.

**Observaciones**

- Se colocó una etiqueta con la indicación de "CALIBRADO".
- (\*) Código Asignado por ARSOU GROUP S.A.C.
- El resultado de cada una de las mediciones en el presente documento es de un promedio de tres valores de un mismo punto.

Los resultados indicados en el presente documento son válidos en el momento de la calibración y se refieren exclusivamente al instrumento calibrado, no debe usarse como certificado de conformidad de producto. METROTEST EIRL no se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado de este instrumento y tampoco de interpretaciones incorrectas o indebidas del presente documento.

El usuario es responsable de la re calibración de sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso, conservación del mismo y de acuerdo con las disposiciones legales vigentes.  
El presente documento carece de valor sin firmas y sellos.

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

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recalibrar sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.

ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.

Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.



ARSOU GROUP S.A.C.  
Ing. Hugo Luis Anzulo Cornejo  
METROLOGÍA

ARSOU GROUP S.A.C.  
Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú.  
Tlf +51 901 1680/ Cel: +51 928 196 793/ Cel: +51 925 151 437  
ventas@arsougroup.com  
www.arsougroup.com