



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Evaluación de la subrasante utilizando cal y ceniza de cáscara de  
café en una trocha carrozable en Lamud, Amazonas, 2023

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

Ingeniero Civil

**AUTORES:**

Delgado Guevara, Yonel Esteban ([orcid.org/0000-0001-5835-7713](https://orcid.org/0000-0001-5835-7713))

Díaz Mendoza, Amilcar ([orcid.org/0000-0003-0897-8479](https://orcid.org/0000-0003-0897-8479))

**ASESOR:**

Mgtr. Benavente Leon, Christian ([orcid.org/0000-0003-2416-4301](https://orcid.org/0000-0003-2416-4301))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

**CHICLAYO – PERÚ**

**2023**

## DEDICATORIA

Al ser supremo que ha creado todo, quien nos ha brindado la fuerza necesaria para perseverar incluso en los momentos más difíciles; es por esto que con la máxima humildad que podemos expresar desde lo más profundo de nuestros corazones, dedicamos este trabajo en primer lugar a Dios.

De igual forma este trabajo de investigación está dedicado a nuestros padres y hermanos, cuyo continuo respaldo ha sido fundamental a lo largo de nuestra experiencia universitaria.

***Yonel Esteban y Amílcar***

## **AGRADECIMIENTO**

Queremos expresar un agradecimiento sin límites a nuestros padres, quienes nos han brindado un amor incondicional y un respaldo moral invaluable, su fe constante, incluso en los momentos más desafiantes, ha sido el fundamento de este logro, también extendemos nuestro reconocimiento a nuestros hermanos, quienes estuvieron presentes cuando más los necesitábamos, su dedicación y afecto han sido la guía de nuestro camino a lo largo de este recorrido académico.

Asimismo, expresamos nuestro agradecimiento a los docentes de esta renombrada institución, valorando tanto su enfoque humanitario como su perspectiva analítica en diversos aspectos de la vida cotidiana, su contribución ha sido fundamental en nuestra formación como individuos y como investigadores.

# DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

## Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, BENAVENTE LEON CHRISTHIAN, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, asesor de Tesis titulada: "EVALUACIÓN DE LA SUBRASANTE UTILIZANDO CAL Y CENIZA DE CÁSCARA DE CAFÉ EN UNA TROCHA CARROZABLE EN LAMUD, AMAZONAS - 2023", cuyos autores son DÍAZ MENDOZA AMILCAR, DELGADO GUEVARA YONEL ESTEBAN, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 18.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

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

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

CHICLAYO, 11 de Diciembre del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
CHRISTHIAN BENAVENTE LEON DNI: 72228127 ORCID: 0000-0003-2416-4301	Firmado electrónicamente por: CBLEON el 11-01- 2024 16:27:38

Código documento Trilce: TRI - 0693203



# DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DE LOS AUTORES



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

## Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, DELGADO GUEVARA YONEL ESTEBAN, DIAZ MENDOZA AMILCAR estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "EVALUACIÓN DE LA SUBRASANTE UTILIZANDO CAL Y CENIZA DE CÁSCARA DE CAFÉ EN UNA TROCHA CARROZABLE EN LAMUD, AMAZONAS - 2023", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

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

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

Nombres y Apellidos	Firma
DIAZ MENDOZA AMILCAR DNI: 40402651 ORCID: 0000-0003-0897-8479	Firmado electrónicamente por: DDIAZME10 el 11-12-2023 21:41:08
DELGADO GUEVARA YONEL ESTEBAN DNI: 46217633 ORCID: 0000-0001-5835-7713	Firmado electrónicamente por: YEDELGADOG el 11-12-2023 20:47:34

Código documento Trilce: INV - 1531702



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>DEDICATORIA</b> .....	ii
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	iii
<b>DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR</b> .....	iv
<b>DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DE LOS AUTORES</b> .....	v
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS</b> .....	vi
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	vii
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	ix
<b>RESUMEN</b> .....	xi
<b>ABSTRACT</b> .....	xii
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>II. MARCO TEÓRICO</b> .....	4
<b>III. METODOLOGÍA</b> .....	14
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	14
3.2. Variables y operacionalización .....	15
3.3. Población, muestra, muestreo y unidad de análisis .....	18
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	19
3.5. Procedimientos .....	19
3.6. Método de análisis de los datos .....	21
3.7. Aspectos éticos .....	21
<b>IV. RESULTADOS</b> .....	23
<b>V. DISCUSIÓN</b> .....	59
<b>VI. CONCLUSIONES</b> .....	64
<b>VII. RECOMENDACIONES</b> .....	66
<b>REFERENCIAS</b> .....	67
<b>ANEXOS</b> .....	73

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 01.</b> <i>Aplicabilidad de los métodos de estabilización.</i> .....	9
<b>Tabla 02.</b> <i>Propiedades de los principales desechos agrícolas.</i> .....	10
<b>Tabla 03.</b> <i>Tamices y el nivel de apertura en mm, según corresponde.</i> .....	11
<b>Tabla 04.</b> <i>Clasificación del suelo según el índice de plasticidad.</i> .....	12
<b>Tabla 05.</b> <i>Ensayo de proctor estándar y modificado</i> .....	12
<b>Tabla 06.</b> <i>Categorización de las subrasantes, según CBR.</i> .....	13
<b>Tabla 07.</b> <i>Matriz de Operacionalización de variable independiente.</i> .....	16
<b>Tabla 08.</b> <i>Matriz de Operacionalización de variable dependiente.</i> .....	17
<b>Tabla 09.</b> <i>Estructura de la muestra.</i> .....	18
<b>Tabla 10.</b> <i>Composición química de la CCC obtenida en laboratorio.</i> .....	23
<b>Tabla 11.</b> <i>Datos obtenidos del análisis granulométrico de la Calicata N° 01.</i> .....	24
<b>Tabla 12.</b> <i>Datos obtenidos del análisis granulométrico de la Calicata N° 02.</i> .....	25
<b>Tabla 13.</b> <i>Datos obtenidos del análisis granulométrico de la Calicata N° 03.</i> .....	27
<b>Tabla 14.</b> <i>Datos obtenidos del análisis granulométrico de la Calicata N° 04.</i> .....	28
<b>Tabla 15.</b> <i>Datos obtenidos del ensayo de Límites de Atterberg - Calicata N° 01.</i>	30
<b>Tabla 16.</b> <i>Datos obtenidos del ensayo de Límites de Atterberg - Calicata N° 02.</i>	30
<b>Tabla 17.</b> <i>Datos obtenidos del ensayo de Límites de Atterberg - Calicata N° 03.</i>	31
<b>Tabla 18.</b> <i>Datos obtenidos del ensayo de Límites de Atterberg - Calicata N° 04.</i>	31
<b>Tabla 19.</b> <i>Contenido de humedad - Calicata N° 01, 02, 03 y 04.</i> .....	32
<b>Tabla 20.</b> <i>Clasificación de suelos - Calicata N° 01, 02, 03 y 04.</i> .....	32
<b>Tabla 21.</b> <i>Proctor modificado - Calicata N° 01</i> .....	33
<b>Tabla 22.</b> <i>Proctor modificado - Calicata N° 02</i> .....	34
<b>Tabla 23.</b> <i>Proctor modificado - Calicata N° 03</i> .....	34

<b>Tabla 24.</b> <i>Proctor modificado - Calicata N° 04</i> .....	35
<b>Tabla 25.</b> <i>CBR - Calicata N° 01</i> .....	36
<b>Tabla 26.</b> <i>CBR - Calicata N° 02</i> .....	37
<b>Tabla 27.</b> <i>CBR - Calicata N° 03</i> .....	38
<b>Tabla 28.</b> <i>CBR - Calicata N° 04.</i> .....	39
<b>Tabla 29.</b> <i>Resumen CBR - Calicatas.</i> .....	40
<b>Tabla 30.</b> <i>Proctor modificado - Calicata N° 01 (Suelo + 5%Cal)</i> .....	41
<b>Tabla 31.</b> <i>Proctor modificado - Calicata N° 01 (Suelo + 10%Cal)</i> .....	42
<b>Tabla 32.</b> <i>Proctor modificado - Calicata N° 01 (Suelo + 15%Cal)</i> .....	43
<b>Tabla 33.</b> <i>CBR - Calicata N° 01 (Suelo + 5%Cal).</i> .....	44
<b>Tabla 34.</b> <i>CBR - Calicata N° 01 (Suelo + 10%Cal).</i> .....	45
<b>Tabla 35.</b> <i>CBR - Calicata N° 01 (Suelo + 15%Cal).</i> .....	46
<b>Tabla 36.</b> <i>Tabla resumen de la propiedad mecánica: CBR</i> .....	47
<b>Tabla 37.</b> <i>Proctor modificado - Calicata N° 01 (Suelo + 15%Cal+5%CCC)</i> .....	48
<b>Tabla 38.</b> <i>Proctor modificado - Calicata N° 01 (Suelo + 15%Cal+10%CCC)</i> .....	49
<b>Tabla 39.</b> <i>Proctor modificado - Calicata N° 01 (Suelo + 15%Cal+15%CCC)</i> .....	50
<b>Tabla 40.</b> <i>CBR - Calicata N° 01 (Suelo + 15%Cal+5%CCC).</i> .....	51
<b>Tabla 41.</b> <i>CBR - Calicata N° 01 (Suelo + 15%Cal+10%CCC).</i> .....	52
<b>Tabla 42.</b> <i>CBR - Calicata N° 01 (Suelo + 15%Cal+15%CCC).</i> .....	53
<b>Tabla 43.</b> <i>Tabla resumen de la propiedad mecánica: CBR (Cal+CCC).</i> .....	54
<b>Tabla 44.</b> <i>Análisis de precios unitarios 15%Cal + 5%CCC.</i> .....	55
<b>Tabla 45.</b> <i>Análisis de precios unitarios 15%Cal + 10%CCC.</i> .....	56
<b>Tabla 46.</b> <i>Análisis de precios unitarios 15%Cal + 15%CCC.</i> .....	56
<b>Tabla 47.</b> <i>Análisis de precios unitarios 9% Cemento.</i> .....	57

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 01.</i> Capas que componen una estructura vial. ....	8
<i>Figura 02.</i> Diseño de la investigación experimental, con grupo control.....	15
<i>Figura 03.</i> Representación del procedimiento a seguir para la evaluación de la subrasante utilizando cal y ceniza de cáscara de café en una trocha carrozable en Luya, Amazonas, 2023.....	20
<i>Figura 04.</i> Curva granulométrica - Calicata N° 01 .....	25
<i>Figura 05.</i> Curva granulométrica - Calicata N° 02.....	26
<i>Figura 06.</i> Curva granulométrica - Calicata N° 03.....	28
<i>Figura 07.</i> Curva granulométrica - Calicata N° 04.....	29
<i>Figura 08.</i> Densidad seca Vs Contenido de humedad - Calicata N° 01. ....	33
<i>Figura 09.</i> Densidad seca Vs Contenido de humedad - Calicata N° 02. ....	34
<i>Figura 10.</i> Densidad seca Vs Contenido de humedad - Calicata N° 03. ....	35
<i>Figura 11.</i> Densidad seca Vs Contenido de humedad - Calicata N° 04. ....	36
<i>Figura 12.</i> Densidad seca Vs CBR - Calicata N° 01.....	37
<i>Figura 13.</i> Densidad seca Vs CBR - Calicata N° 02.....	38
<i>Figura 14.</i> Densidad seca Vs CBR - Calicata N° 03.....	39
<i>Figura 15.</i> Densidad seca Vs CBR - Calicata N° 04.....	40
<i>Figura 16.</i> Densidad seca Vs Contenido de humedad - Calicata N° 01 (Suelo + 5%Cal). ....	41
<i>Figura 17.</i> Densidad seca vs Contenido de humedad - Calicata N° 01 (Suelo + 10%Cal) .....	42
<i>Figura 18.</i> Densidad seca vs Contenido de humedad - Calicata N° 01 (Suelo +	

15%Cal) .....	43
<i>Figura 19.</i> Densidad seca vs CBR - Calicata N° 01 (Suelo + 5%Cal). .....	44
<i>Figura 20.</i> Densidad seca vs CBR - Calicata N° 01 (Suelo + 10%Cal). .....	45
<i>Figura 21.</i> Densidad seca vs CBR - Calicata N° 01 (Suelo + 15%Cal). .....	46
<i>Figura 22.</i> Densidad seca Vs Contenido de humedad - Calicata N°01 (Suelo + 15%Cal+5%CCC). Fuente: Elaboración propia.....	48
<i>Figura 23.</i> Densidad seca Vs Contenido de humedad - Calicata N°01 (Suelo+15%Cal+10%CCC) .....	49
<i>Figura 24.</i> Densidad seca vs Contenido de humedad - Calicata N°1 (Suelo+15%Cal+15%CCC) .....	50
<i>Figura 25.</i> Densidad seca vs CBR - Calicata N° 01 (Suelo + 15%Cal+5%CCC). 51	
<i>Figura 26.</i> Densidad seca vs CBR - Calicata N° 01 (Suelo + 15%Cal+10%CCC). .....	52
<i>Figura 27.</i> Densidad seca vs CBR - Calicata N° 01 (Suelo + 15%Cal+15%CCC). .....	53

## RESUMEN

Este estudio propone estabilizar la subrasante de una trocha carrozable en Lamud, Amazonas, mediante la incorporación de cal y ceniza de cáscara de café (CCC). La investigación adoptó un enfoque experimental-cuantitativo con diseño cuasi experimental. Los resultados revelaron que según la clasificación SUCS, el suelo fue CL, y A-6 según AASHTO, las propiedades mecánicas del suelo con cal se determinaron que el porcentaje óptimo es 15%, con un aumento del CBR del 193%, la inclusión de cal y CCC resultó en una disminución de la MDS en 0.1%, 1%, y 10%, y un aumento del OCH en 33%, 32%, y 32% para adiciones de 15% de cal + 5%. 10%, 15% de CCC respectivamente, respecto al CBR, se observó un incremento de 186%, 195%, y 229% para una penetración de 0.1", y para la de 0.2" un aumento de 249%, 349%, y 413%, siendo el porcentaje óptimo 15%Cal + 15%CCC, en cuanto al costo unitario se determinó que la estabilización del suelo tiende a aumentar con la mayor presencia de cal y CCC. En conclusión, la técnica de estabilización de la subrasante con cal y CCC de una trocha carrozable en Lámud, resulta efectiva al mejorar la capacidad del suelo.

**Palabras clave:** Arcilla, cal, ceniza de cáscara de café, estabilización, subrasante.

## ABSTRACT

This study proposes stabilizing the subgrade of a road track in Lamud, Amazonas, by incorporating lime and coffee husk ash (CCC). The research adopted an experimental-quantitative approach with a quasi-experimental design. The results revealed that according to the SUCS classification, the soil was CL, and A-6 according to AASHTO, the mechanical properties of the soil with lime were determined that the optimal percentage is 15%, with an increase in CBR of 193%, the inclusion of lime and CCC resulted in a decrease in MDS by 0.1%, 1%, and 10%, and an increase in OCH by 33%, 32%, and 32% for additions of 15% lime + 5%, 10%, 15% of CCC respectively, with respect to CBR, an increase of 186%, 195%, and 229% was observed for a penetration of 0.1", and for 0.2" an increase of 249%, 349%, and 413%, with the optimal percentage being 15%Cal + 15%CCC, regarding the unit cost it was determined that soil stabilization tends to increase with the greater presence of lime and CCC. In conclusion, the subgrade stabilization technique with lime and CCC of a roadable track in Lámud is effective in improving the soil capacity.

**Keywords:** Clay, lime, coffee husk ash, stabilization, subgrade.

## **I. INTRODUCCIÓN**

Contar con proyectos viales de alta calidad reduce la brecha en el servicio de transporte vial, lo que satisface la necesidad de conectar a la población con los diferentes servicios públicos y actividades tanto dentro como fuera de las localidades, sin embargo, Sudamérica enfrenta un importante déficit de inversión e infraestructura vial, a pesar de la alta demanda de su población, en gran parte debido a que las autoridades del gobierno local, gobierno regional y gobierno nacional no tienen acción oportuna (Valverde Silva, 2022).

La infraestructura vial es muy importante para implementar el desarrollo económico en un país, ya que debe estar lista para satisfacer todas las necesidades actuales y permitir la distribución nacional e internacional de la producción hacia mercados altamente competitivos, esto garantizará el crecimiento económico sostenible (Carrasco-Osorio, 2009). Por su parte el Ministerio de Transporte, a través de Provias, es el órgano que regula la infraestructura vial en Perú y tiene como objetivo crear, mejorar y mantener la red vial a nivel nacional, sin embargo, debido a una organización y gestión deficientes, no logran supervisar y ejecutar proyectos de alta calidad (Valverde Silva, 2022).

Además el Plan Vial Provincial de la Municipalidad Provincial de Luya - Lamud establece que esta provincia tiene como objetivo proveer de infraestructura y servicios de transitabilidad que permitan la articulación del territorio, la zona cuenta con 15 tramos de vías vecinales con código de ruta definitivo y 127 caminos vecinales con códigos provisionales, de los cuales el 82% cuenta con una superficie de rodadura afirmada, el 7% no tiene afirmado y el 11% es trocha, sin embargo, según la evaluación del estado de transitabilidad, solo el 20% de las vías están en buenas condiciones, el 41% en condiciones regulares y el 39% en malas condiciones, lo que significa que el 80% de las vías no cumplen con las condiciones adecuadas de transitabilidad (Municipalidad Provincial de Luya, 2021).

En los últimos años, los aditivos sostenibles se han vuelto una gran alternativa para generar mejoras en la calidad del suelo en la construcción de proyectos viales, esto se debe a que el suelo arcilloso y de baja resistencia representa una problemática que puede generar asentamientos y otros problemas que afectan la durabilidad del

proyecto vial, por lo tanto, es esencial estabilizar las características desfavorables del suelo para afrontar las condiciones adversas a las que se enfrentan estos proyectos (Ghadir & Ranjbar, 2018). El uso de materiales de origen local es necesario para proyectos de construcción sostenibles y rentables, como edificios, carreteras y trenes, uno de los materiales de desecho en cuestión es el subproducto de la industria del café, aunque la cascarilla de café, por ejemplo, tiene diversos usos comerciales, a menudo se desecha en los vertederos circundantes debido a la falta de normas y especificaciones técnicas apropiadas para su uso en los países subdesarrollados, la mayoría de las cáscaras de café simplemente se tiran a vertederos o se queman, lo que provoca un desperdicio de recursos y la contaminación del medio ambiente (Munirwan R. P. et al., 2022).

Así también el procesamiento del café genera cantidades importantes de residuos agrícolas, que oscilan entre el 30% y el 50% del peso del café total producido, la inaplicabilidad de este residuo sólido puede resultar en problemas ambientales y de eliminación (Atahu et al., 2019). Por otro lado, la cal y el cemento son los aditivos más utilizados en el rubro de la construcción y edificación de carreteras hoy en día, para estabilizar los suelos arcillosos inestables, sin embargo, los estabilizadores cementosos convencionales como el cemento están siendo cuestionados no sólo por el impacto ambiental negativo que provoca durante su fabricación sino también por sus altos costos (Munirwan R. P. et al., 2022).

Cabe precisar que la cal se ha utilizado durante siglos para mejorar los suelos para la construcción, el efecto estabilizador depende de la reacción entre la cal y los minerales arcillosos que cambia la conductividad hidráulica con el tiempo debido a la formación de compuestos cementosos, por lo tanto, utilizar este insumo, es una gran ventaja para el ecosistema, la salubridad y las prácticas de construcción (Kayode & Osemwengie, 2023).

De esta manera este estudio se justifica debido a la necesidad de generar mejoras en la calidad de trochas carrozables en la provincia de Lámud, Amazonas, con el propósito de cerrar la brecha por infraestructura vial deficiente y las condiciones inadecuadas de las mismas, lo que genera problemas en la estabilidad de la subrasante, que afecta la durabilidad, rendimiento y transitabilidad en las carreteras, razón por la cual la investigación también promueve indirectamente el

desarrollo social y económico, proponiendo la utilización de aditivos sostenibles como la cal y CCC.

Es así que el mejoramiento de la estabilidad de la subrasante en trochas carrozables es crucial para garantizar la durabilidad y el rendimiento de las carreteras, en el caso puntual de Lamud, se han visto problemas en la estabilidad de la subrasante debido a la falta de cohesión y la presencia de materiales de baja calidad en el suelo. Por lo tanto, es necesario resolver la siguiente pregunta ¿Se puede alcanzar la estabilización de la subrasante utilizando cal y cenizas de cáscara de café en una trocha carrozable en Lamud, Amazonas 2023?

Nuestro objetivo general de investigación será: Evaluar la efectividad de la técnica de estabilizar la subrasante utilizando cal y cenizas de cáscara de café en una trocha carrozable en Lámud, Amazonas, 2023, con la finalidad de generar mejoras en su capacidad portante y la resistencia al desgaste de la subrasante. A su vez se tiene como objetivos específicos: Determinar la composición química de las cenizas de cáscara de café (CCC), Evaluar las características físicas del terreno natural mediante los ensayos de granulometría, clasificación de suelos, límites de Atterberg y su contenido de humedad, Evaluar las características mecánicas del terreno natural mediante los ensayos de CBR y Proctor modificado, Identificar las características mecánicas del terreno con inclusión de cal (Cal) en porcentajes de 5%, 10% y 15%, Identificar las características mecánicas del terreno con inclusión del óptimo contenido de cal (Cal) + ceniza de cáscara de café (CCC) en porcentajes de 5%, 10% y 15%, y por último, Determinar el análisis de precios unitarios para estabilizar las subrasantes al utilizar cal y ceniza de cáscara de café.

Teniendo claridad con la pregunta y objetivo de la investigación, la hipótesis general del presente estudio indica que mediante la incorporación de CCC y cal se logrará estabilizar los suelos de la subrasante de una trocha carrozable en Lámud, Amazonas 2023, en tanto con las hipótesis específicas indicamos que se tendrá la presencia de buenos componentes químicos esenciales para la estabilización del suelo, a su vez se tendrán buenas características físicas y mecánicas del terreno natural, además al adicionar cal y cenizas de cascara de café en el suelo mejorará las características mecánicas del natural y el análisis de precios unitarios mostrará una inclinación por el suelo con poco contenido de estos insumos.

## II. MARCO TEÓRICO

La revisión de estudios previos relevantes que se hayan realizado en el mismo tema o en temas relacionados se presentan a continuación, destacando los hallazgos y las recomendaciones más importantes.

(García, 2022) en su investigación “Estabilización de suelos en Colombia utilizando cal promoviendo recursos renovables en el mejoramiento de caminos”, tuvo como fin examinar cómo la aplicación de cal puede estabilizar los suelos y mejorar el estado de estas vías en áreas rurales de su país. Se empleó una metodología experimental, donde se utilizó cal en porcentajes de 0%, 2%, 4% y 6%.

Los resultados demostraron que la dosificación de distintas cantidades de cal reduce significativamente el IP, además el CBR incrementa con mayor presencia de cal, teniendo así para el suelo patrón valores de 9.38% y una humedad de compactación de 12%, así para el suelo con 2% de cal un valor de CBR de 19.47% y una humedad óptima de 13.40%, para el suelo con 4% un valor de CBR de 19.56% y una humedad óptima de compactación de 15.1%, y para el suelo con 6% de cal, un valor de CBR de 19.68% y una humedad óptima de compactación de 15.80%. De esta manera se concluye que la cal conlleva a una mejora en el CBR de la estructura del suelo, siendo el porcentaje ideal de adición el 6%, pues tiene un incremento de 109.8% en comparación con el suelo natural.

(Kayode & Osemwengie, 2023) en su artículo “Stabilization of Lateritic Soil with Rubber Wood” buscaron determinar las propiedades de ingeniería del suelo al estabilizarlo con cal. La metodología empleada fue experimental para ello se tuvieron adiciones de 0%, 0.5%, 1%, 1.5% y 2% de cal. Los resultados indicaron que se obtuvo un IP de 12.70%, 11.83%, 11.68%, 9.22% y 7.25%, además el ensayo del Proctor, determinó una MDS de 1.83 gr/cm<sup>3</sup>, 1.63 gr/cm<sup>3</sup>, 1.60 gr/cm<sup>3</sup>, 1.81 gr/cm<sup>3</sup> y 1.73 gr/cm<sup>3</sup> y un OCH de 15%, 21%, 26.60%, 19.50% y 17.90%, así también en ensayo de CBR dio valores de 2.47%, 3.34%, 7.95%, 8.60%, 10.19% y 15.75% para el suelo natural y los modificados con cal. De esta manera se concluye, que según el ensayo de CBR el porcentaje ideal para la estabilización de suelos es 2% de cal.

Así también (Vargas et al., 2020), en su trabajo “Mejoramiento de la capa de afirmado utilizando ceniza de cascara de café como agente estabilizador”, examinaron las características de un suelo consolidado al combinarlo con CCC con el objetivo de establecer un procedimiento de estabilización. Se siguió un programa experimental, en el que se adicionó CCC en porcentajes de 0%,4%,8%,14%. Los resultados demostraron en el ensayo de Proctor, se obtuvieron una D.S.M de 2.003 gr/cm<sup>3</sup>, 2.02 gr/cm<sup>3</sup>, 2.05 gr/cm<sup>3</sup> y 1.994 gr/cm<sup>3</sup>, además de una humedad de 9.6% 12.0% 11.0% 13.8%, en el ensayo de CBR se obtuvieron valores de 19%, 17%, 23% y 27% para el suelo natural y con las combinaciones. Se concluyó que el rendimiento más favorable se sitúa en un intervalo comprendido entre el 8% y el 14%, ya que fueron los porcentajes que exhibieron un comportamiento superior y no evidenciaron variaciones sustanciales.

(Munirwan R. et al., 2023) en su estudio “The application of coffee husk ash to improve compaction characteristics of clay soil”, tuvieron como finalidad validar la efectividad de la CCC como agente estabilizador sobre las características de compactación de suelos arcillosos. Se siguió un programa experimental, en el que se trabajó con porcentajes de CCC de 0%, 5%, 10%, 15%, 20% y 25%. De esta manera los resultados indicaron que con un porcentaje de CCC del 25%, se obtienen la MDS más alta, teniendo un valor de 1250 kg/m<sup>3</sup>, a su vez la muestra natural obtuvo un valor de 1220 kg/m<sup>3</sup>, y el OCH más bajo teniendo un valor de 30%, el cual disminuyó 6% en base a la muestra patrón. En resumen, los parámetros de compactación del suelo mejoraron como resultado de la estabilización de la CCC, siendo el porcentaje ideal el 25% de cal.

(Chávez & Odar, 2019) en su estudio “Estabilización de suelos con presencia de arcillas aplicando cal a nivel de la capa subrasante”, tuvieron como fin evaluar, Se siguió un programa experimental dónde se adicionó al suelo cantidades de 0%, 7% y 10% de cal. Los resultados demostraron que, para el ensayo de Proctor, se obtuvieron una D.M.S de 1.802gr/cm<sup>3</sup>, 1.852gr/cm<sup>3</sup> y 1.893gr/cm<sup>3</sup>, además de una humedad de 14.8% 15.3% y 15.9% respectivamente, en el ensayo de CBR se obtuvieron valores de 6%, 31.80%, 43.30% para el suelo natural y con las combinaciones. Concluyendo así que tanto antes como después de la estabilización con un 10% de cal en peso, resulta en un aumento significativo en

el CBR de 37.30%, siendo éste el porcentaje ideal.

Así también (Sánchez, 2022), en su investigación “Estabilización de la capa subrasante para pavimentos rígidos utilizando cal”, tuvieron como objeto evaluar el efecto de agregar cal a la subrasante en pavimentos de concreto. Se empleó un programa experimental, dónde se sacaron muestras de suelo de 03 calicatas, donde se adición 0%, 5%, 10% y 15%. Los resultados demostraron que, para el ensayo de Proctor, se obtuvieron una densidad seca de 1.74gr/cm<sup>3</sup>, 1.90gr/cm<sup>3</sup>, 1.92gr/cm<sup>3</sup> y 1.94gr/cm<sup>3</sup> respectivamente, además de una humedad de 11.47%, 10.34%, 12.57% y 14.58% respectivamente, en el ensayo de CBR se obtuvieron valores de 17.40%, 26.70%, 42.70% y 53.80%, para el suelo natural y con las combinaciones. De esta manera se concluyó que agregar cal al suelo natural produce una mejora en la calidad del suelo, además, se observa que con la simple inclusión del 15% de cal, se logra la clasificación de subrasante como muy buena.

(Escobar & Reyes, 2022) en su tesis “Mejoramiento de un pavimento flexible a nivel de subrasante utilizando ceniza de café y cáscara de huevo con fines de estabilización”, desarrolló como finalidad evaluar el impacto de la CC y la cáscara de huevo en un pavimento flexible. La metodología utilizada fu experimental, para ello se excavaron 5 calicatas, en donde se adicionó al suelo 0%, 3%, 4% y 5% de cal. Los resultados indicaron que, para el ensayo de Proctor, se obtuvieron una D.M.S 1.463gr/cm<sup>3</sup>, 1.801gr/cm<sup>3</sup>, 1.662gr/cm<sup>3</sup> y 1.711gr/cm, además de una humedad de 2.47%, 3.87%, 3.67% y 2.58% respectivamente, en el ensayo de CBR se obtuvieron valores de 6.20%, 25.58%, 41.26% y 50.00% para el suelo natural y con las combinaciones. De esta manera se concluyó que el porcentaje óptimo es 5% de cal, pues con esta adición el suelo tiene un incremento en el valor de CBR de 43.80%.

Por su parte, (Angulo & Zavaleta, 2021) en su estudio “Mejoramiento de la capa de rodadura de un terreno arcilloso utilizando cal”, tuvieron como propósito evaluar cómo la estabilización mediante el uso de cal mejorando en este sus propiedades físico-mecánicas en la capa de rodadura. Se empleó una metodología experimental, en la que se evaluaron dos calicatas con adición de cal en dosificaciones del 2%, 4% y 6%. Los resultados indican que la muestra patrón obtuvo un valor de CBR de 4.3%, y con las adiciones de cal 21.78%, 40.31% y

88.91% respectivamente. Se concluye que el porcentaje ideal para lograr la estabilización de suelos arcillosos es el 6%.

(Quispe & Tarifa, 2022) en su estudio "Uso de la cal y ceniza de castaña como estabilizantes en suelos con presencia de arcillas", determinaron la influencia de estos materiales en la subrasante de dicha avenida. Se siguió un programa experimental, en el que se adicionó 0%, 10%, 15% y 20% de cal. Los resultados demostraron que, para el ensayo de Proctor, se obtuvieron una D.S.M de 2.017gr/cm<sup>3</sup>, 2.024gr/cm<sup>3</sup>, 2.001gr/cm<sup>3</sup> y 2.010gr/cm<sup>3</sup>, además de una humedad de 11.18%, 11.03%, 11.06% y 11.60% respectivamente, en el ensayo de CBR se obtuvieron valores de 6.67%, 19.65%, 22.10% y 23.20%, para el suelo natural y con las combinaciones. En resumen, se puede afirmar que tanto antes como después de llevar a cabo la estabilización con un 20% de cal en peso, se evidencia un incremento sustancial en el valor de CBR, alcanzando un incremento del 16.53%.

Como propiedades de la subrasante tenemos a la capa de la subrasante es la superficie final que tiene la carretera tras los movimientos de tierra y es la base sobre la que se inserta la estructura del pavimento; es importante que los suelos debajo del pavimento tengan una buena resistencia y drenaje, y que se aborden los cambios en la resistencia o el volumen debidos a la humedad y compactación para garantizar una construcción sólida y una larga durabilidad (Rivera Pomahuacre & Curi Avalos, 2021).

La calidad de la subrasante es crucial para minimizar los gastos de mantenimiento, ya que una subrasante de alta calidad reduce la probabilidad de fallas en el futuro, para que una subrasante sea adecuada, debe ser uniforme, mantener una humedad constante, drenar adecuadamente el agua de la lluvia y tener la resistencia mecánica suficiente para soportar el peso de los vehículos; esto se basa en las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante, como el CBR, y es esencial para garantizar un rendimiento óptimo del pavimento, se debe analizar una muestra para determinar el tipo de suelo predominante en la zona y esto se obtiene a través del análisis de granulometría, el cual permitirá clasificar el tipo de suelo mediante SUCS, así mismo se debe realizar el apisonamiento mediante martillado con ensayo Proctor estándar para determinar su OCH y DMS, para

finalmente conocer su CBR y así se pueda medir su capacidad portante del suelo a intervenir (Honores, 2019),.



Figura 01. Capas que componen una estructura vial.

Fuente: Sección transversal de la estructura vial. Tomado de Ramón, 2008

El CBR de una subrasante según el MTC (2008) debe ser superior al 6% a una profundidad máxima de 0.60 m y, si es menor, se debe estabilizar. Cabe precisar que los suelos óptimos para las subrasantes deben tener una granulometría continua, bajos niveles de finos y carecer de piedras grandes, además, deben ser fáciles de compactar, resistentes a cargas y capaces de soportar cambios abruptos de humedad en zonas elevadas por encima de 2500 m.s.n.m. (Quispe Moreno, 2021). Algunos de los suelos que son considerando como no aptos para el cumplimiento de la función como subrasante, siendo estos aquellos que tienen alta plasticidad, alta cantidad de materia orgánica, suelos arcillosos, de composición heterogénea o aquellos que tienen facilidad de erosionarse (Honores 2019).

La estabilización de la subrasante sugiere la mejora de sus propiedades y mediante la implementación de procedimientos químicos y/o mecánicos con el objetivo de incrementar su resistencia para soportar la carga vehicular y hacerla más resistente ante las condiciones climáticas adversas (Centeno Quispe, 2022). A continuación, se presenta una tabla que ofrece diferentes métodos químicos para estabilizar los suelos.

**Tabla 01. Aplicabilidad de los métodos de estabilización.**

Suelo	Arcillas finas	Arcillas gruesas	Limos finos	Limos gruesos	Arenas finas	Arenas gruesas
Tamaño de las partículas(mm)	<0.0006	0.0006 - 0.002	0.002- 0.01	0.01- 0.06	0.06- 0.4	0.4-2.0
Estabilidad volumétrica	Muy pobre	Regular	Regular	Buena	Muy buena	Muy buena
Tipo de estabilización	Cal	Cemento	Asfalto	Mecánica		

Rango de máxima eficiencia.

Efectiva, pero el control de calidad puede ser difícil

Fuente: Métodos de estabilización. Tomado de IDU, 2005.

La cal es un material primigenio y ampliamente utilizado por el ser humano, este material se obtiene a partir de rocas carbonatadas (principalmente calizas y dolomitas); en el ámbito de la ingeniería se ha empleado para contribuir con la mejora de las propiedades del suelo de baja capacidad y estabilizar suelos húmedo, así como para optimizar las propiedades y características de los suelos arcillosos y limosos para mejorar su capacidad portante (Quispe Cáceres & Tarifa Yucra , 2022).

Así también es uno de los materiales aditivos más eficaces como estabilizador en suelos finos, ya que reduce la plasticidad del suelo y aumenta su trabajabilidad, cuando el suelo se mezcla con cal se producen diversas reacciones químicas, estas son: intercambio catiónico, floculación, reacciones puzolánicas y carbonatación (Mamadou & Yeşim, 2020).

La cáscara es la pulpa, la piel seca del fruto del café, la cual se recolecta en el beneficio húmedo, después que se despulpa el fruto maduro y luego se pone a secar (Academia Baristas Pro, 2023). En tanto, las cenizas de cáscara de café se pueden encontrar en los hornos de ladrilleras agroindustriales y artesanales que, después de la combustión, son utilizadas para estabilizar suelos pobres debido a sus propiedades puzolánicas y su alto contenido de sílice y alcalosis, lo que las convierte en un material cementante; y gracias a su contenido de sílice estas

cenizas pueden mejorar la estabilización de subrasante, por lo que son adecuadas para ser utilizadas en nuevas tecnologías que buscan mejorar la capacidad portante del suelo (Alvarez Larreatigue & Fuentes Salas, 2022).

La ceniza de cáscara de café es rica en sílice amorfa, lo que le otorga propiedades puzolánicas, además, su aspecto es similar al de la arena o un polvo fino; en cuanto a su composición química, contiene óxido de silicio en un rango del 35% al 60%, óxido de hierro entre el 4% y el 20%, alúmina entre el 10% y el 30% y óxido de calcio entre el 1% y el 35% (Sandoval Melendres & Huaman Melendres, 2021; Vasquez Delgado, 2023). Por otro lado, desde un análisis de las propiedades de las CCC, tenemos:

**Tabla 02.** *Propiedades de los principales desechos agrícolas.*

<b>Residuos</b>	<b>Hum</b>	<b>V</b>	<b>Cen</b>	<b>CF</b>	<b>C</b>	<b>H</b>	<b>O</b>	<b>N</b>
Aserrín	09.1	81.8	00.2	18.0	48.3	06.1	45.3	0.2
Cáscara de arroz	11.4	65.9	17.0	17.1	35.5	05.2	42.1	0.2
Cáscara de café	13.1	73.2	03.7	23.1	47.5	06.4	43.7	-

Fuente: Hum: Humedad; V: Volátiles; Cen: Ceniza; CF: Carbono Fijo; C: Carbono; H: Hidrógeno; O: Oxígeno; N: Nitrógeno. Tomado de: Chayan Mayanga & Ramos Gástelo (2022, p. 18).

Con respecto a los ensayos de laboratorio se presentan algunos de los ensayos de laboratorio como análisis granulométrico que trata de un procedimiento que se realiza con el fin de determinar la repartición del suelo de acuerdo a su tamaño, para llevar a cabo este ensayo, es necesario medir la cantidad de muestra que transcurre a través de cada uno de los tamices utilizados en el laboratorio, se requieren herramientas como una balanza con una precisión de 0.01g, un horno para el secado de las muestras, recipientes para contener las muestras, cepillos, brochas y un juego de tamices de distintos tamaños (Alvarez Larreatigue & Fuentes Salas, 2022).

**Tabla 03.** *Tamices y el nivel de apertura en mm, según corresponde.*

<b>Tamiz</b>	<b>Abertura en mm</b>
3"	75.000
2"	50.800
1 ½"	38.100
1"	25.400
¾"	19.000
3/8"	9.500
N.º 4	4.760
N.º 10	2.000
N.º 20	0.840
N.º 40	0.425
N.º 60	0.260
N.º 140	0.106
N.º 200	0.075

Fuente: Tomado de Alvarez Larreatigue & Fuentes Salas (2022, p. 19)

El contenido de humedad se refiere a la cantidad de agua que está en la muestra después de la extracción de la calicata y secado en un horno a temperatura constante, es importante determinar esta propiedad ya que afecta la resistencia mecánica y los cambios de volumen del suelo, de este ensayo se obtienen resultados en porcentaje, siendo el 0% el suelo seco y el 100% el valor establecido, esta prueba es común en laboratorios y permite enlazar datos de diferentes pruebas de suelo y analizar propiedades mecánicas, es esencial un contenido húmedo adecuado para lograr la estabilización del suelo, ya que un suelo insuficientemente hidratado afecta la adhesión de los aglomerantes y la resistencia final, en tanto en suelos con presencia de arcilla y orgánicos, una hidratación insuficiente puede retrasarse y afectar la resistencia (Quispe Cáceres & Tarifa Yucra, 2022).

El propósito de este ensayo (límites de Atterberg) es identificar y definir los tres estados del suelo: líquido, plástico y sólido, los cuales están directamente vinculados a su plasticidad esta prueba implica determinar el porcentaje de humedad en el que el suelo transita de un comportamiento líquido a uno plástico,

y luego de plástico a sólido, de esta manera, es posible obtener el índice de plasticidad del suelo (Ricra Huamán, 2022).

**Tabla 04.** *Clasificación del suelo según el índice de plasticidad*

<b>Índice de plasticidad</b>	<b>Plasticidad</b>	<b>Característica</b>
IP > 20	Alta	Suelo muy arcilloso
7 < IP ≤ 20	Media	Suelo arcilloso
IP < 7	Baja	Suelo poco arcilloso
IP = 0	No plástico	Suelo exento de arcilla

Fuente: Obtenido de Ricra Huamán (2022, p. 54)

El límite líquido se refiere al punto en el que los suelos cambian de un estado líquido a uno plástico y luego se caracteriza por tener una resistencia al corte de 25 gr/cm<sup>2</sup>, por otro lado, el límite plástico es aquel porcentaje, en relación al peso seco de la muestra, en el que un suelo cohesivo cambia de un estado semisólido a uno plástico (Ricra Huamán, 2022).

Este ensayo de proctor modificado fue desarrollado por el ingeniero R.R. Proctor en 1933, con el objetivo de analizar el grado de compactación de los suelos, las mismas fueron modificadas y dieron lugar al ensayo tal como se le conoce hoy en día; se usa para lograr mejoras en las propiedades del suelo, construcción de carreteras, etc., cabe resaltar que tanto la prueba original como la modificada son las más comunes para examinar la compactación del suelo y se rigen por la norma ASTM D-1557 (Ricra Huamán, 2022).

**Tabla 05.** *Ensayo de proctor estándar y modificado*

<b>Tipo de prueba</b>	<b>Proctor Estándar</b>		<b>Proctor modificado</b>
Peso martillo	5.5 lbf		10 lbf
Altura caída	12"		18"
Cantidad de capas	3		5
Métodos de prueba	Método A	Método B	Método C
Material empleado	< # 4	< 3/8"	< 3/4"

Diámetro del molde	4"	4"	6"
Cantidad de golpes	25	25	56

Fuente: Obtenido de Quispe Cáceres & Tarifa Yucra (2022, p. 44)

Se traduce al español como “relación de soporte California” se usa para determinar la resistencia de la subrasante de un suelo y se lleva a cabo incorporando un componente cementante en una muestra compactada de suelo nativo; su objetivo es evaluar la capacidad portante del suelo para soportar cargas móviles, y si el valor del CBR es inferior al 6%, se considera que el suelo requiere estabilización, estas pruebas son esenciales en la construcción de estructuras que requieren una alta capacidad de soporte de carga (Alvarez Larreatigue & Fuentes Salas, 2022).

**Tabla 06.** *Categorización de las subrasantes, según CBR.*

<b>Categoría de subrasante</b>	<b>CBR</b>
S <sub>0</sub> : Subrasante inadecuada	CBR < 3%
S <sub>1</sub> : Subrasante insuficiente	3% ≤ CBR < 6%
S <sub>2</sub> : Subrasante regular	6% ≤ CBR < 10%
S <sub>3</sub> : Subrasante buena	10% ≤ CBR < 20%
S <sub>4</sub> : Subrasante muy buena	20% ≤ CBR < 30%
S <sub>5</sub> : Subrasante excelente	CBR ≥ 30%

Fuente: Tomado de Ricra Huamán (2022, p. 55)

### **III. METODOLOGÍA**

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

##### **3.1.1. Tipo de investigación**

La investigación en cuestión es de tipo aplicada, lo que implica que su objetivo es resolver un problema específico en la práctica, a través de la obtención de información y la implementación de soluciones concretas, cabe precisar que se orienta hacia la obtención de conocimientos novedosos con el propósito de desarrollar soluciones prácticas para problemas específicos (Klaus, 2020). Es así que en este estudio se pretende tener una aplicación práctica al evaluar la subrasante utilizando cal y ceniza de cáscara de café en una trocha carrozable en Lamud, Amazonas, 2023.

Además, tiene un enfoque cuantitativo, lo cual significa que está basada en datos numéricos y estadísticas para analizar y responder a la pregunta de investigación (Barnham, 2015), se tiene este enfoque pues se utilizarán datos numéricos para la obtención de los resultados.

##### **3.1.2. Diseño de investigación**

Se fundamenta en un diseño de investigación experimental con un enfoque de tipo cuasiexperimental, el cual implica la inclusión de un grupo de control, frente a ello (Ramos, 2021) detalla que, en el diseño experimental, la variable independiente se destaca por formar los grupos de intervención en el estudio, tradicionalmente, esta variable actúa como causa que influye en la variable dependiente específica (p.2).

De esta manera se presenta el diseño de la presente investigación, considerando las dos variables estudiadas.

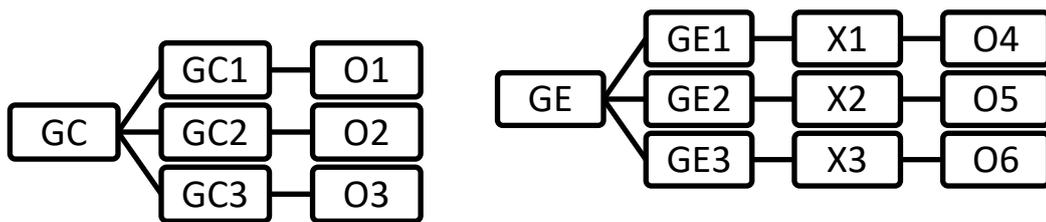


Figura 02. Diseño de la investigación experimental, con grupo control

Fuente: Elaboración propia

GC: Grupo control (suelo natural); GE: Grupo experimental (con adición de CCCC); O1 a O3: Observación de suelo natural; X1: Tratamiento con incorporación del 5% de CCCC; X2: Tratamiento con incorporación del 10% de CCCC; X3: Tratamiento con incorporación del 15% de CCCC; O4: Observación del suelo tratado con 5% de CCCC; O5: Observación de suelo tratado con 10% de CCCC; O6: Observación de suelo tratado con 15% de CCCC.

### 3.2. Variables y operacionalización

Para efectos de esta investigación, se considera:

#### Variable independiente:

- Cal
- Cenizas de cáscara de café.

#### Variable dependiente:

Estabilidad de la subrasante.

#### Operacionalización:

**Tabla 07. Matriz de Operacionalización de variable independiente.**

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento de medición
V11: Cal	La cal, es un material primigenio y ampliamente utilizado por el ser humano, este material se obtiene a partir de rocas carbonatadas, principalmente calizas y dolomitas (Quispe Cáceres & Tarifa Yucra, 2022).	Con este insumo se procederá a estabilizar la capa subrasante y de esta manera mejorar la capacidad portante del suelo.	Dosificación	0%	Fichas de análisis y observación
				5%C	
				10%C	
				15%C	
V12: Cenizas de cáscara de café (CCC)	Las cenizas de cáscara de café, se pueden encontrar en los hornos de ladrilleras agroindustriales y artesanales que, después de la combustión, son utilizadas para estabilizar suelos pobres debido a sus propiedades puzolánicas y su alto contenido de sílice y alcalosis (Álvarez Larreatigue & Fuentes Salas, 2022).	Con este insumo se procederá a estabilizar la capa subrasante y de esta manera mejorar la capacidad portante del suelo.	Dosificación	0%	Fichas de análisis y observación
				15%C + 5%CCC	
				15%C + 10%CCC	
				15%C + 15%CCC	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 08.** Matriz de Operacionalización de variable dependiente.

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento de medición
V.D: Estabilización de la subrasante	Estabilizar la subrasante mediante la implementación de procedimientos químicos y/o mecánicos con el objetivo de incrementar su resistencia para soportar la carga vehicular y hacerla más resistente ante las condiciones climáticas adversas (Centeno Quispe, 2022).	La estabilización de la subrasante se medirá a través de ensayos de laboratorio y de esta manera evaluar sus propiedades físico – mecánicas.	Propiedades físico mecánicas	Límite líquido (%)	Fichas de análisis y observación
				Límite plástico (%)	
				Índice de plasticidad (%)	
				Clasificación del suelo (SUCS y AASHTO)	
				Óptimo contenido de humedad (%)	
				CBR (-)	
Proctor modificado (%)					

Fuente: Elaboración propia

### 3.3. Población, muestra, muestreo y unidad de análisis

#### 3.3.1. Población

La **población**, es un grupo de personas, que tienen características en común, esta se toma en base a sus características (Ramos, 2021).

Para la siguiente investigación la población está determinada por 12Km de la Subrasante en Lámud en la provincia de Luya, departamento de Amazonas.

**Criterios de inclusión:** Se considera en este caso a la delimitación de la zona de estudio, teniendo en cuenta que la subrasante a evaluar sea en la ciudad de Lámud en la provincia de Luya, departamento de Amazonas.

**Criterios de exclusión:** Se considera en este caso a la delimitación que no pertenezca a la zona de estudio, teniendo en cuenta que la subrasante a evaluar no puede ser otra, más la que está en la ciudad de Lámud en la provincia de Luya, departamento de Amazonas.

#### 3.3.2. Muestra

Es la representación de la parte de la población, y se basa en la cantidad y características del investigador (Ramos, 2021).

Para la presente investigación las muestras que se tomarán son en las calles de la ciudad de Lamud, conformada por 12.00km, en donde se va extraer 4 calicatas de 1.50m de profundidad cada 3000 metros.

**Tabla 09.** *Estructura de la muestra.*

N° de Calicatas	Suelo Natural	Suelo natural+5% de CCCC	Suelo natural+10% de CCCC	Suelo natural+15% de CCCC
C-01	3	3	3	3
C-02	3	3	3	3
C-03	3	3	3	3
C-04	3	3	3	3

Fuente: Elaboración propia

Se detalla la cantidad de muestras a realizar para el presente estudio.

En esta investigación se van a elaborar 12 muestras por cada calicata, y un total de 48 muestras de todas las calicatas a evaluar.

### **3.3.3. Muestreo**

**El muestreo** es la representación de la población que permite obtener los resultados requeridos, en esta investigación es no probabilístico por conveniencia, no basado en fórmulas estadísticas de probabilidad, sino por decisión del investigador.

### **3.3.4. Unidad de análisis**

**La unidad de análisis** en esta investigación está conformada por 12.00km de vía.

## **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

La técnica que se va a utilizar en esta investigación es la observación directa principalmente, acompañada del análisis documental y del análisis de los ensayos de laboratorio, cuyos resultados serán debidamente interpretados en el informe final, y también se empleará el optativamente un cuestionario. Los instrumentos que se usarán son la guía de observación (principalmente) o ficha de resultados, según corresponda y optativamente una encuesta.

Se garantizará, que el laboratorio que se emplee para los ensayos, contará con la adecuada certificación del órgano competente en cuanto a calibración de equipos y sea debidamente reconocido.

## **3.5. Procedimientos**

Coherentemente con los acápites precedentes, se tendrá en cuenta el siguiente procedimiento:

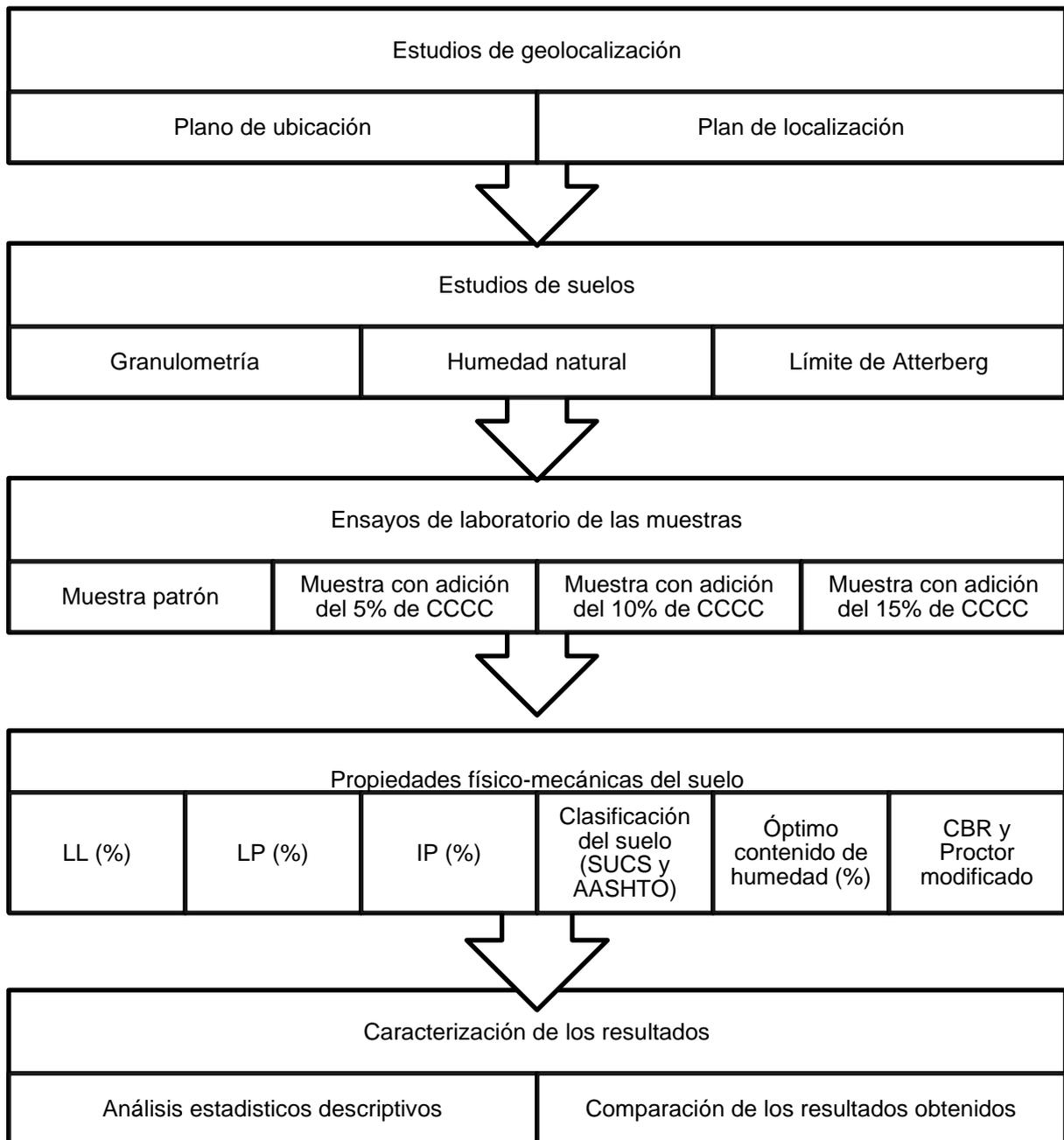


Figura 03. Representación del procedimiento a seguir para la evaluación de la subrasante utilizando cal y ceniza de cáscara de café en una trocha carrozable en Luya, Amazonas, 2023

Fuente: Elaboración propia

Procedimiento a seguir para la elaboración de este estudio.

### **3.6. Método de análisis de los datos**

Después de recopilar los datos del análisis de investigaciones anteriores mediante fichas documentales, se procederá a procesar la información de acuerdo con cada objetivo establecido, el propósito era identificar el tipo de suelo que fue objeto de estudio en esos trabajos anteriores, analizar el impacto de la cal y cenizas de cáscara de café en el suelo y comprender cómo mejoró sus propiedades, también nos enfocamos en determinar la proporción más frecuentemente utilizada en las investigaciones examinadas. Es importante destacar que esta información conduce a la generación de nuevos conocimientos científicos relacionado con la estabilización con C y CCC en subrasantes para aplicaciones de pavimentación.

Una vez realizado este proceso, se pasará a realizar los ensayos experimentales, es así que, para analizar los datos, se gestionará el uso de laboratorio con equipamiento adecuado y certificado/calibrado, y cuando corresponda se emplearán softwares especializados para el tratamiento de la información.

### **3.7. Aspectos éticos**

Por tratarse de una investigación involucra la utilización de materiales químicos en el suelo, se tendrá en cuenta los siguientes aspectos éticos.

Asegurar que la utilización de la cal y ceniza de cáscara de café no represente un riesgo para el medio ambiente o para la salud; para ello es importante verificar que los materiales que se utilizarán cumplan con los requisitos establecidos por las normas ambientales y de salud correspondientes.

Asegurar que la investigación se realice de acuerdo a los principios éticos, respetando la privacidad y confidencialidad de la información recopilada y garantizando el consentimiento informado de los participantes involucrados en la investigación.

También, esta investigación contribuirá a la disminución, en la medida de los resultados, de efectos nocivos del ecosistema vinculados a la

construcción de redes viales.

Esta investigación se realiza de manera libre e independiente, sin ningún interés económico, político, religioso o de otro tipo, además el(los) autor(es) se encuentran en la plena libertad de elegir retirarse del estudio cuando lo requieran.

Por último, se garantiza que, en aras de la justicia, los ensayos se realizarán respetando los principios de justicia sin afectar a la población involucrada o a quienes manipulen las muestras.

#### IV. RESULTADOS

**Objetivo específico 1: Determinar la composición química de las cenizas de cáscara de café (CCC).**

##### 4.1. Composición química de la CCC.

Para poder determinar la composición química del insumo a utilizar, se realizó el ensayo de metales, en el que se identificó los siguientes elementos:

**Tabla 10.** *Composición química de la CCC obtenida en laboratorio.*

<b>CENI ZA DE CÁSC ARA DE CAFÉ</b>	Macroelementos	Ca		6952.550
		Mg	ppm	3725.000
		K		47681.000
	Microelementos	B		5.600
		Fe		0.190
		Mn	ppm	0.440
		Cu		0.070
		Zn		0.000
		Mo		1.370
	Metales	Al		0.060
		Sb		10.300
		As		9.800
		Ba		59.960
		Be		0.080
		Cd		0.000
		Co		0.000
		Cr		5.970
		Sr		278.810
		Li	ppm	14.830
		Hg		0.000
		Ni		0.300
		Ag		0.000
		Pb		2.360
Se			0.000	
Si			1.690	
Na			704.680	
Tl		0.000		
V		105.290		

Fuente: Elaboración propia

Esta tabla muestra la composición química de la CCC, en la que se identifica la

presencia de macroelementos, microelementos y metales, siendo el elemento más representativo el potasio (K), pues tiene un valor de 47681.000ppm.

**Objetivo específico 2: Determinar las características físicas del terreno natural mediante los ensayos de granulometría, clasificación de suelos, límites de Atterberg y contenido de humedad.**

#### 4.2. Propiedades físicas del terreno natural

##### 4.2.1. Granulometría

Para este ensayo se utilizó la norma N.T.P. 399.128: Método de ensayo para el análisis granulométrico, en donde se realizaron la excavación de 4 calicatas, de esta manera los resultados se presentan a continuación.

##### a. CALICATA N° 01:

**Tabla 11.** Datos obtenidos del análisis granulométrico de la Calicata N° 01.

<b>Análisis Granulométrico por tamizado</b>			
<b>N° Tamiz</b>	<b>Abertura(mm)</b>	<b>% Acumulados</b>	<b>% Retenido que pasa</b>
3"	75.000	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	100.0
3/4"	19.000	0.0	100.0
1/2"	12.500	0.0	100.0
3/8"	9.500	2.3	97.7
1/4"	6.300	2.3	97.7
N° 4	4.750	6.0	94.0
N° 10	2.000	12.3	87.7
N° 20	0.850	18.2	81.8
N° 40	0.425	22.5	77.5
N° 60	0.250	25.6	74.4
N° 140	0.106	31.3	68.7
N° 200	0.075	33.8	66.2
<b>Distribución granulométrica</b>			
% de Grava	G.G. %	0	6
	G.F. %	6	
	A.G. %	6.3	
% de Arena	A.M. %	10.2	27.8
	A.F. %	11.3	

% Arcillas y Limos	66.2	66.2
Total		100

Fuente: Elaboración propia

Se detalla el análisis y distribución granulométrica de la Calicata N° 01.

De esta tabla se puede observar el análisis granulométrico por tamizado del suelo natural extraído de la calicata N° 01, para ello la distribución granulométrica indica que el porcentaje de grava presente en este suelo es de 6%, además de 27.8% de arenas y 66.2% de arcillas y limos.

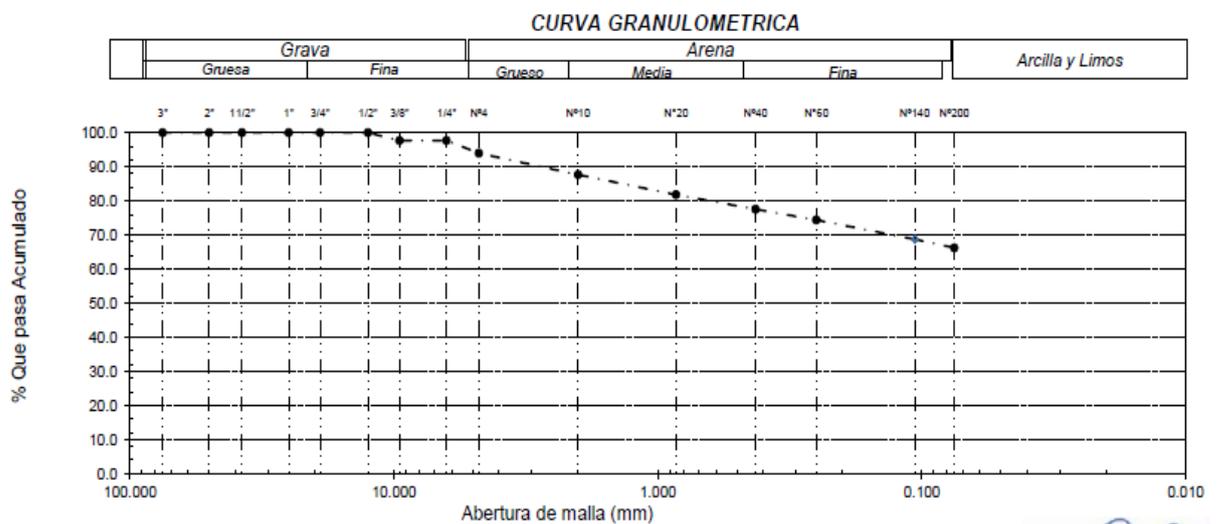


Figura 04. Curva granulométrica - Calicata N° 01

Fuente: Elaboración propia

Gráfica de la curva granulométrica - Calicata N° 01.

**b. CALICATA N° 02:**

**Tabla 12.** Datos obtenidos del análisis granulométrico de la Calicata N° 02.

Análisis Granulométrico por tamizado			
N° Tamiz	Abertura(mm)	% Acumulados	% Retenido que pasa
3"	75.000	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	100.0

3/4"	19.000	0.0	100.0
1/2"	12.500	0.0	100.0
3/8"	9.500	2.3	97.7
1/4"	6.300	2.3	97.7
N° 4	4.750	6.0	94.0
N° 10	2.000	12.0	88.0
N° 20	0.850	17.9	82.1
N° 40	0.425	22.2	77.8
N° 60	0.250	25.3	74.7
N° 140	0.106	30.9	69.1
N° 200	0.075	33.4	66.6
<b>Distribución granulométrica</b>			
% de Grava	G.G. %	0	6.0
	G.F. %	6	
	A.G. %	6	
% de Arena	A.M. %	10.2	27.4
	A.F. %	11.2	
	% Arcilla y Limo	66.6	
Total			100

Fuente: Elaboración propia

Se detalla el análisis y distribución granulométrica de la Calicata N° 02.

De esta tabla se puede observar el análisis granulométrico por tamizado del suelo natural extraído de la calicata N° 02, para ello la distribución granulométrica indica que el porcentaje de grava presente en este suelo es de 6%, además de 27.4% de arenas y 66.6% de arcillas y limos.



Figura 05. Curva granulométrica - Calicata N° 02

Fuente: Elaboración propia

Gráfica de la curva granulométrica - Calicata N° 02.

**c. CALICATA N° 03**

**Tabla 13.** Datos obtenidos del análisis granulométrico de la Calicata N° 03.

<b>Análisis Granulométrico por tamizado</b>			
<b>N° Tamiz</b>	<b>Abertura(mm)</b>	<b>% Acumulados</b>	<b>% Retenido que pasa</b>
3"	75.000	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	100.0
1 ½"	37.500	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	100.0
¾"	19.000	0.0	100.0
½"	12.500	0.0	100.0
3/8"	9.500	2.5	98.0
¼"	6.300	2.5	97.5
N° 4	4.750	5.6	94.0
N° 10	2.000	10.9	89.1
N° 20	0.850	16.5	83.5
N° 40	0.425	20.4	79.6
N° 60	0.250	23.2	76.8
N° 140	0.106	28.3	71.7
N° 200	0.075	30.7	69.3
<b>Distribución granulométrica</b>			
% de Grava	G.G. %	0.0	5.6
	G.F. %	5.6	
	A.G. %	5.3	
% de Arena	A.M. %	9.5	25.1
	A.F. %	10.3	
% Arcillas y Limos		69.3	69.3
Total			100

Fuente: Elaboración propia

Se detalla el análisis y distribución granulométrica de la Calicata N° 03.

De esta tabla se puede observar el análisis granulométrico por tamizado del suelo natural extraído de la calicata N° 03, para ello la distribución granulométrica indica que el porcentaje de grava presente en este suelo es de 5.6%, además de 25.1% de arenas y 69.3% de arcillas y limos.

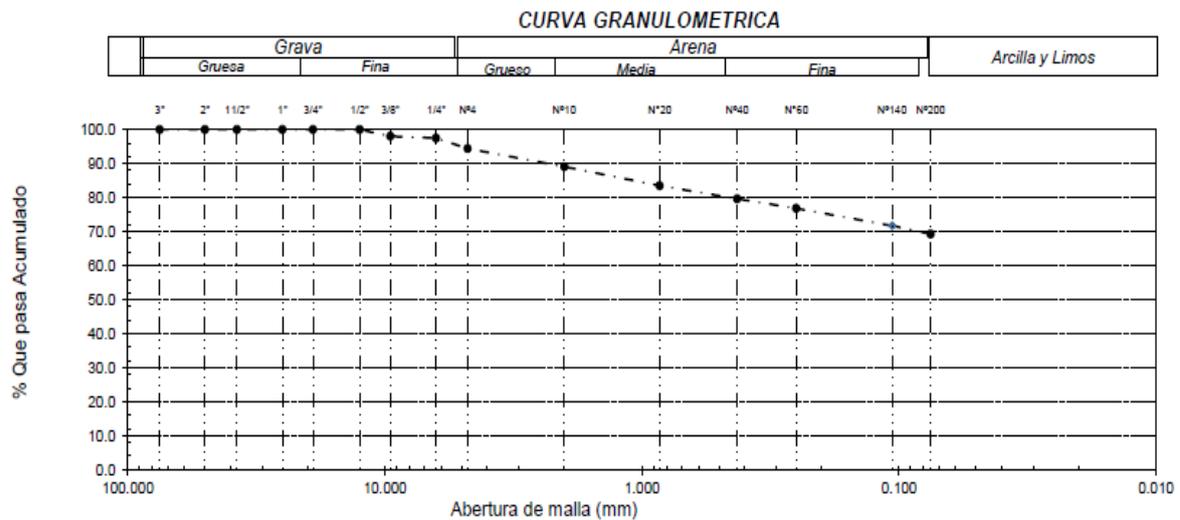


Figura 06. Curva granulométrica - Calicata N° 03

Fuente: Elaboración propia

Gráfica de la curva granulométrica - Calicata N° 03.

#### d. CALICATA N° 04

Tabla 14. Datos obtenidos del análisis granulométrico de la Calicata N° 04.

Análisis Granulométrico por tamizado			
N° Tamiz	Abertura(mm)	% Acumulados	% Retenido que pasa
3"	75.000	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	100.0
3/4"	19.000	0.0	100.0
1/2"	12.500	0.0	100.0
3/8"	9.500	1.8	98.2
1/4"	6.300	2.3	97.7
N° 4	4.750	5.6	94.4
N° 10	2.000	10.9	89.1
N° 20	0.850	16.6	83.4
N° 40	0.425	20.4	79.6
N° 60	0.250	23.4	76.6
N° 140	0.106	28.4	71.6
N° 200	0.075	30.6	69.4
Distribución granulométrica			
% de Grava	G.G. %	0.0	5.6

	G.F. %	5.6	
	A.G. %	5.3	
% de Arena	A.M. %	9.5	25
	A.F. %	10.2	
	% Arcillas y Limos	69.4	69.4
	Total		100

Fuente: Elaboración propia

Se detalla el análisis y distribución granulométrica de la Calicata N° 04.

De esta tabla se puede observar el análisis granulométrico por tamizado del suelo natural extraído de la calicata N° 03, para ello la distribución granulométrica indica que el porcentaje de grava presente en este suelo es de 5.6%, además de 25.0% de arenas y 69.4% de arcillas y limos.

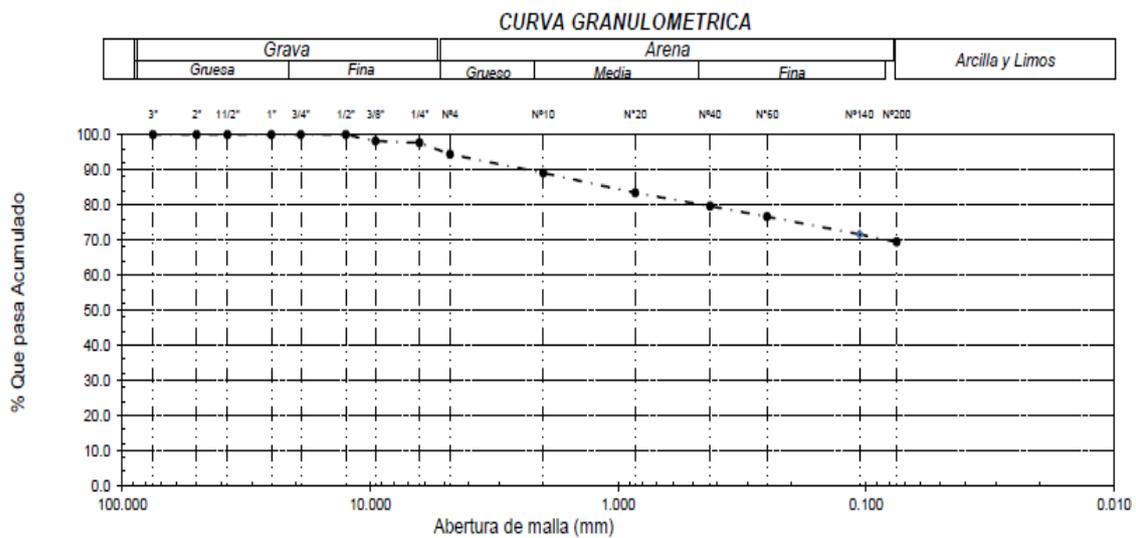


Figura 07. Curva granulométrica - Calicata N° 04

Fuente: Elaboración propia

Gráfica de la curva granulométrica - Calicata N° 04.

#### 4.2.2. Límites Atterberg

Para este ensayo se utilizó la NTP.339.129: Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo, para ello se realizaron la excavación de 4 calicatas, de esta manera los resultados se presentan a continuación.

### a. CALICATA N° 01

**Tabla 15.** Datos obtenidos del ensayo de Límites de Atterberg - Calicata N° 01.

Límites de Atterberg		
(LL)	30.32	(%)
(LP)	16.63	(%)
(IP)	13.69	(%)

Fuente: Elaboración propia

Límites de Atterberg - Calicata N° 01.

De acuerdo a los valores mostrados en la figura, se tiene que el suelo de la calicata N° 01, tiene un LL de 30.32%, un LP de 16.63% y un IP de 13.69%, podemos decir que el suelo tiene una plasticidad media, caracterizándose como un suelo arcilloso, puesto que se tiene un  $IP \leq 15$  y un  $IP > 7$ .

### b. CALICATA N° 02

**Tabla 16.** Datos obtenidos del ensayo de Límites de Atterberg - Calicata N° 02.

Límites de Atterberg		
(LL)	29.77	(%)
(LP)	20.58	(%)
(IP)	9.19	(%)

Fuente: Elaboración propia

Límites de Atterberg - Calicata N° 02.

De acuerdo a los valores mostrados en la figura, se tiene que el suelo de la calicata N° 02, tiene un LL de 29.77%, LP de 20.58% y un IP de 9.19%, frente a ello podemos decir que el suelo tiene una plasticidad media, caracterizándose como un suelo arcilloso, puesto que se tiene un  $IP \leq 15$  y un  $IP > 7$ .

### c. CALICATA N° 03

**Tabla 17.** *Datos obtenidos del ensayo de Límites de Atterberg - Calicata N° 03.*

<b>Límites de Atterberg</b>		
(LL)	27.04	(%)
(LP)	11.23	(%)
(IP)	15.82	(%)

Fuente: Elaboración propia

Límites de Atterberg - Calicata N° 03.

De acuerdo a los valores mostrados en la figura, se tiene que el suelo de la calicata N° 03, tiene un LL de 27.04%, un LP de 11.23% y un IP de 15.82%, frente a ello podemos decir que el suelo tiene una plasticidad media, caracterizándose como un suelo arcilloso, puesto que se tiene un  $IP \leq 15$  y un  $IP > 7$ .

#### **d. CALICATA N° 04**

**Tabla 18.** *Datos obtenidos del ensayo de Límites de Atterberg - Calicata N° 04.*

<b>Límites de Atterberg</b>		
(LL)	32.69	(%)
(LP)	16.84	(%)
(IP)	15.85	(%)

Fuente: Elaboración propia

Límites de Atterberg - Calicata N° 04.

De acuerdo a los valores mostrados en la figura, se tiene que el suelo de la calicata N° 04, tiene un LL de 32.69%, un LP de 16.84% y un IP de 15.85%, frente a ello podemos decir que el suelo tiene una plasticidad media, caracterizándose como un suelo arcilloso, puesto que se tiene un  $IP \leq 15$  y un  $IP > 7$ .

#### **4.2.3. Contenido de humedad**

Para este ensayo se utilizó la NTP.339.127: Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de los suelos, para ello se realizaron la excavación de 4

calicatas, de esta manera los resultados se presentan a continuación.

**Tabla 19.** *Contenido de humedad - Calicata N° 01, 02, 03 y 04.*

Contenido de Humedad (%)	
C01	13.08 %
C02	20.60 %
C03	17.36 %
C04	14.65 %

Fuente: Elaboración propia

Contenido de humedad del terreno natural.

De acuerdo a los valores mostrados en la tabla 9, se tiene que el suelo de la calicata N° 01, tiene una humedad de 13.08%, y para las calicatas N° 02, 03 y 04, un contenido de humedad de 20.60%, 17.36% y 14.65% respectivamente.

#### 4.2.4. Clasificación de suelos

Se procedió a identificar la clasificación de suelos, de las calicatas realizadas, teniendo como resultado lo siguiente:

**Tabla 20.** *Clasificación de suelos - Calicata N° 01, 02, 03 y 04.*

Calicatas	Clasificación SUCS		Clasificación AASHTO	
C01	CL	Arcilla arenosa de baja plasticidad	A-6 (8)	Malo
C02	CL	Arcilla arenosa de baja plasticidad	A- 4 (7)	Regular - malo
C03	CL	Arcilla arenosa de baja plasticidad	A-6 (9)	Malo
C04	CL	Arcilla arenosa de baja plasticidad	A-6 (9)	Malo

Fuente: Elaboración propia

#### Clasificación de suelos SUCS y AASHTO

De esta manera las cuatro calicatas se encuentran identificadas en el estrato clasificado en el Sistema "SUCS", como un suelo, "CL", Arcilla arenosa de baja plasticidad, además identificado en el sistema AASTHO, como suelos regular – malo y malos.

**Objetivo específico 3: Determinar las características mecánicas del terreno natural mediante los ensayos de CBR y Proctor modificado.**

### 4.3. Propiedades mecánicas del terreno natural

#### 4.3.1. Proctor modificado

Para la realización de este ensayo, se consideró la NTP 339.127, además de la NTP 339.141, teniendo como resultado lo siguiente:

**Tabla 21. Proctor modificado - Calicata N° 01**

Calicata	Valores
M.D.S (g/cm <sup>3</sup> )	1.88
O.C.H (%)	13.25

Fuente: Elaboración propia

M.D.S y O.C.H – Calicata N° 01

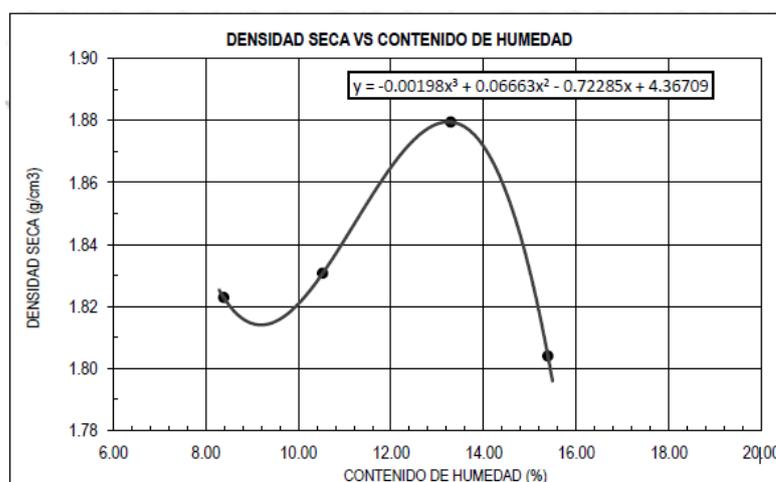


Figura 08. Densidad seca Vs Contenido de humedad - Calicata N° 01.

Fuente: Elaboración propia

Relación entre la D.S y el C.H - Calicata N° 01.

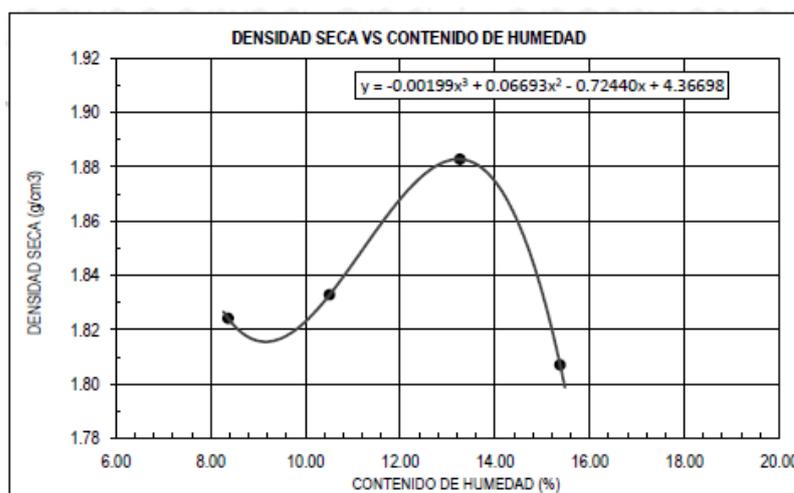
De la tabla y figura mostradas, se detalla que para la Calicata N° 01 se tiene una máxima densidad seca de 1.88 g/cm<sup>3</sup> y un óptimo contenido de humedad de 13.25%.

**Tabla 22. Proctor modificado - Calicata N° 02**

Calicata	Valores
M.D.S (g/cm <sup>3</sup> )	1.89
O.C.H (%)	13.30

Fuente: Elaboración propia

M.D.S y O.C.H – Calicata N° 02



*Figura 09. Densidad seca Vs Contenido de humedad - Calicata N° 02.*

Fuente: Elaboración propia

Relación entre la D.S y el C.H - Calicata N° 02.

De la tabla y figura mostradas, se detalla que para la Calicata N° 02 se tiene una máxima densidad seca de 1.89 g/cm<sup>3</sup> y un óptimo contenido de humedad de 13.30%.

**Tabla 23. Proctor modificado - Calicata N° 03**

Calicata	Valores
M.D.S (g/cm <sup>3</sup> )	1.88
O.C.H (%)	13.23

Fuente: Elaboración propia

M.D.S y O.C.H – Calicata N° 03

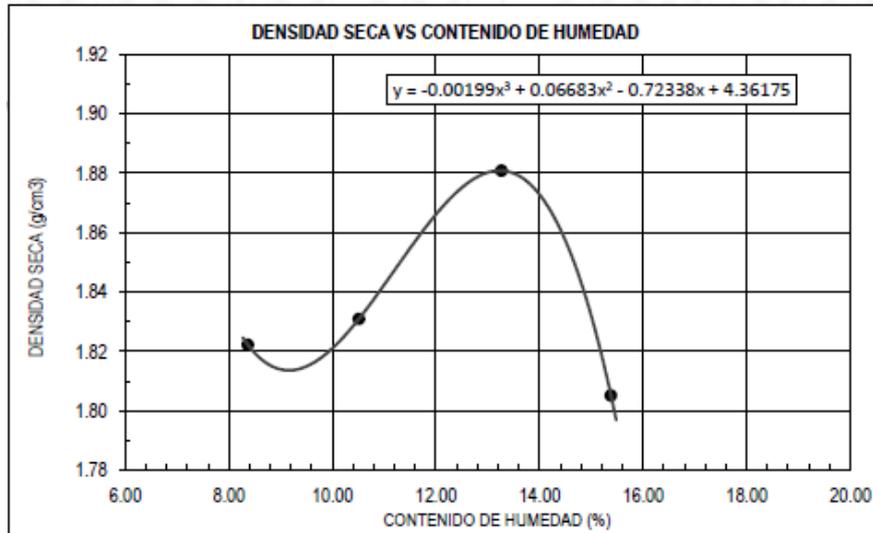


Figura 10. Densidad seca Vs Contenido de humedad - Calicata N° 03.

Fuente: Elaboración propia

Relación entre la D.S y el C.H - Calicata N° 03.

De la tabla y figura mostradas, se detalla que para la Calicata N° 03 se tiene una máxima densidad seca de 1.88 g/cm<sup>3</sup> y un óptimo contenido de humedad de 13.23%.

**Tabla 24.** Proctor modificado - Calicata N° 04

Calicata	Valores
M.D.S (g/cm <sup>3</sup> )	1.87
O.C.H (%)	13.12

Fuente: Elaboración propia

M.D.S y O.C.H – Calicata N° 04

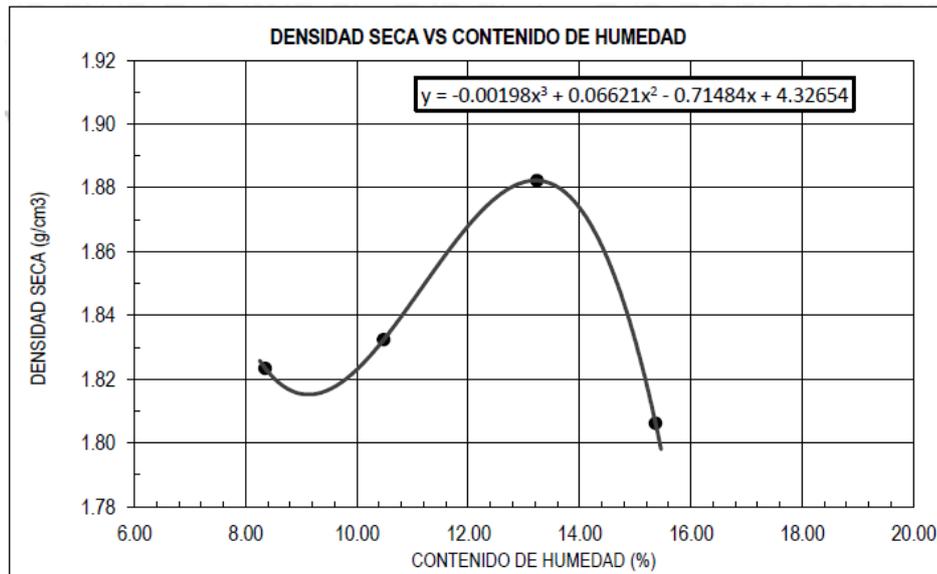


Figura 11. Densidad seca Vs Contenido de humedad - Calicata N° 04.

Fuente: Elaboración propia

Relación entre la D.S y el C.H - Calicata N° 04.

De la tabla y figura mostradas, se detalla que para la Calicata N° 04 se tiene una M.D.S de 1.87 g/cm<sup>3</sup> y un O.C.H de 13.12%.

#### 4.3.2. Relación de Soporte California - CBR

Se consideró la NTP 339.145 para la realización de este ensayo, teniendo como resultado lo siguiente:

**Tabla 25. CBR - Calicata N° 01**

Calicata N° 01	Valores
Humedad óptima (%)	13.25
M.D.S (g/cm <sup>3</sup> )	1.88
95% MDS (g/cm <sup>3</sup> )	1.79
CBR (100%: 0.1")	1.88
CBR (95%) de MDS (%)	1.22
CBR (100%: 0.2")	2.13
CBR (95% de MDS (%)	1.31

Fuente: Elaboración propia

Valores obtenidos del CBR – Calicata N° 01

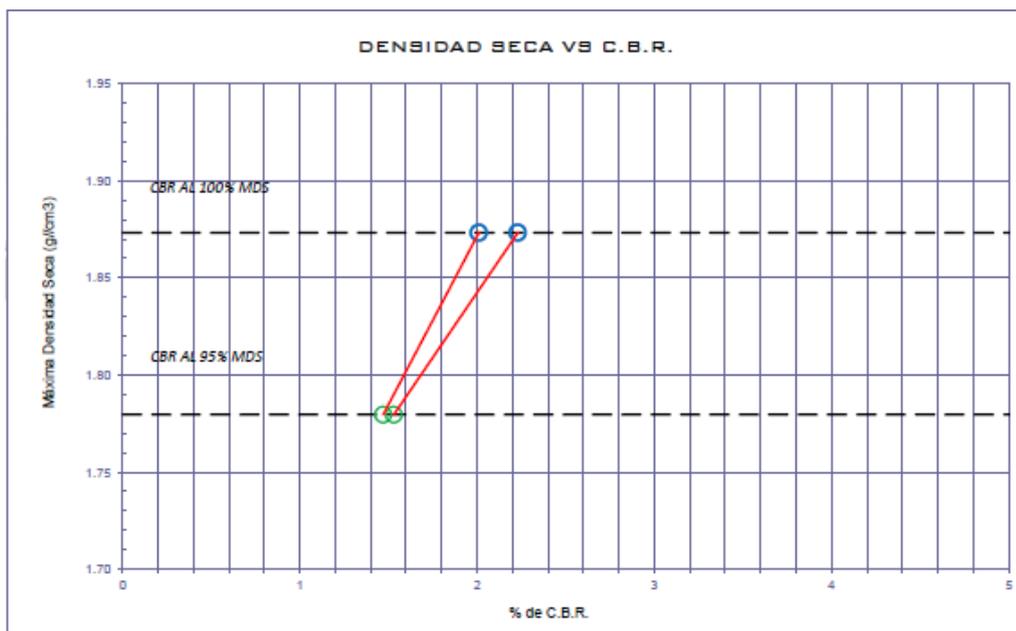


Figura 12. Densidad seca Vs CBR - Calicata N° 01.

Fuente: Elaboración propia

Relación entre la M.D.S y el % de CBR - Calicata N° 01.

De la tabla y figura mostradas, se detalla que para la Calicata N° 01 se tiene un O.C.H de 13.25% y una M.D.S de 1.88g/cm<sup>3</sup>.

**Tabla 26. CBR - Calicata N° 02**

Calicata N° 02	Valores
Humedad óptima (%)	13.90
Máxima densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.89
95% MDS (g/cm <sup>3</sup> )	1.80
CBR al 100%: 0.1"	2.06
CBR al 95% de MDS (%)	1.42
CBR al 100%: 0.2"	2.33
CBR al 95% de MDS (%)	1.51

Fuente: Elaboración propia

Valores obtenidos del CBR – Calicata N° 02

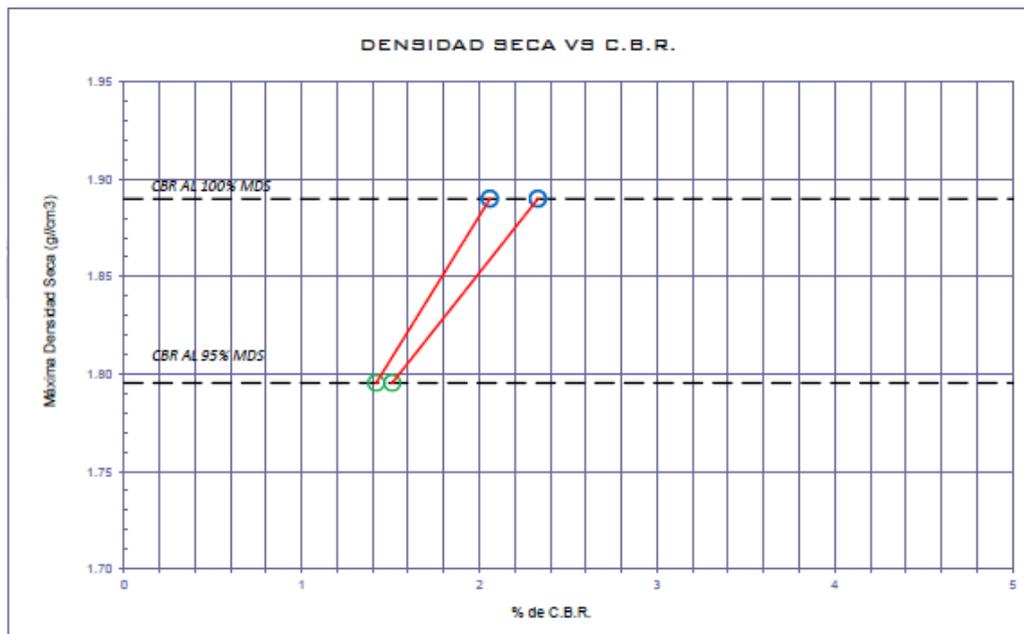


Figura 13. Densidad seca Vs CBR - Calicata N° 02.

Fuente: Elaboración propia

Relación entre la M.D.S y el % de CBR - Calicata N° 02.

De la tabla y figura mostradas, se detalla que para la Calicata N° 02 se tiene un O.C.H de 13.90% y una M.D.S de 1.89g/cm<sup>3</sup>.

**Tabla 27. CBR - Calicata N° 03**

Calicata N° 03	Valores
Humedad óptima (%)	13.23
Máxima densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.88
95% MDS (g/cm <sup>3</sup> )	1.79
CBR al 100%: 0.1"	1.95
CBR al 95% de MDS (%)	1.31
CBR al 100%: 0.2"	2.20
CBR al 95% de MDS (%)	1.41

Fuente: Elaboración propia

Valores obtenidos del CBR – Calicata N° 03.

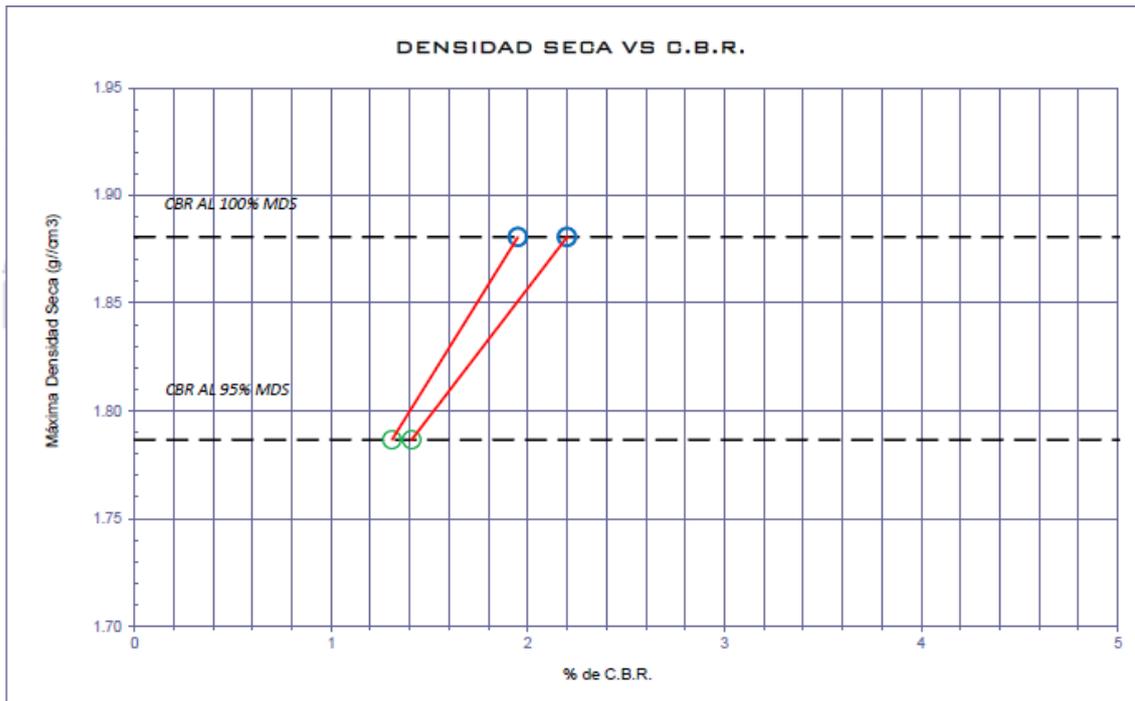


Figura 14. Densidad seca Vs CBR - Calicata N° 03.

Fuente: Elaboración propia

Relación entre la M.D.S y el % de CBR - Calicata N° 03.

De la tabla y figura mostradas, se detalla que para la Calicata N° 03 se tiene un O.C.H de 13.23% y una M.D.S de 1.88 g/cm<sup>3</sup>.

**Tabla 28. CBR - Calicata N° 04.**

Calicata N° 04	Valores
Humedad óptima (%)	13.12
Máxima densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.87
95% MDS (g/cm <sup>3</sup> )	1.78
CBR al 100%: 0.1"	2.01
CBR al 95% de MDS (%)	1.47
CBR al 100%: 0.2"	2.23
CBR al 95% de MDS (%)	1.53

Fuente: Elaboración propia

Valores obtenidos del CBR – Calicata N° 04.

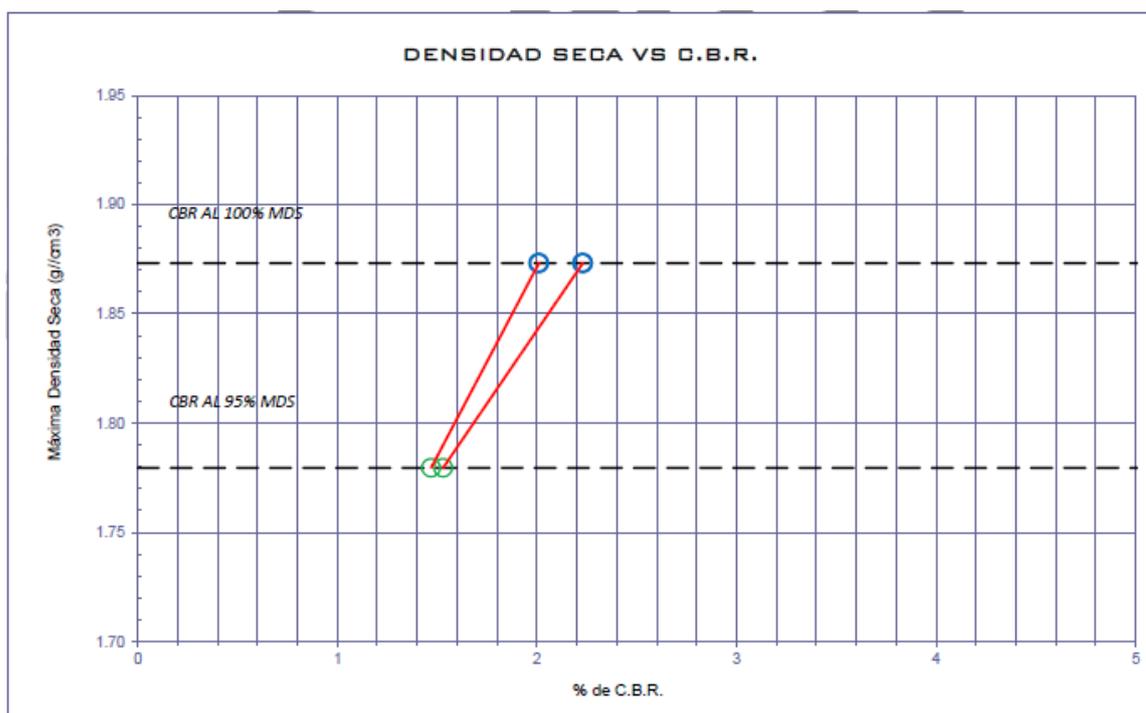


Figura 15. Densidad seca Vs CBR - Calicata N° 04.

Fuente: Elaboración propia

Relación entre la M.D.S y el % de CBR - Calicata N° 04.

De la tabla y figura mostradas, se detalla que para la Calicata N° 04 tiene un O.C.H de 13.12% y una M.D.S de 1.87 g/cm<sup>3</sup>.

**Tabla 29. Resumen CBR - Calicatas.**

Calicata	Penetración (0.1")		Penetración (0.2")	
	100%	95%	100%	95%
C-01	1.88%	1.22%	2.13%	1.31%
C-02	2.06%	1.42%	2.33%	1.51%
C-03	1.95%	1.31%	2.20%	1.41%
C-04	2.01%	1.47%	2.23%	1.53%

Fuente: Elaboración propia

Valores obtenidos del CBR.

De la tabla mostrada podemos observar que la calicata que tiene un CBR más bajo es la C-01, por ende, se trabajará con esta calicata, para lograr la estabilización de la misma, es así que se evaluará las propiedades mecánicas con y sin adición de C y CCC.

**Objetivo específico 4: Determinar las características mecánicas del terreno con inclusión de cal (C) en porcentajes de 5%, 10% y 15%.**

#### 4.4. Propiedades mecánicas del suelo con cal.

##### 4.4.1. Proctor modificado

Para la realización de este ensayo, se consideró la NTP 339.127, además de la NTP 339.141, teniendo como resultados lo siguiente:

##### 4.4.1.1. CALICATA N° 01

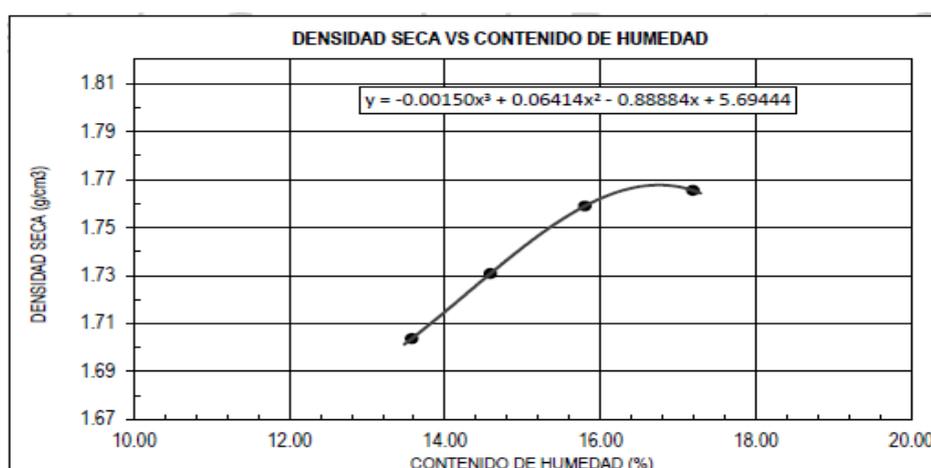
###### a. Suelo + 5%C.

**Tabla 30. Proctor modificado - Calicata N° 01 (Suelo + 5%Cal)**

Calicata	Valores
M.D.S (g/cm <sup>3</sup> )	1.75
O.C.H (%)	16.63

Fuente: Elaboración propia

M.D.S y O.C.H.



*Figura 16. Densidad seca Vs Contenido de humedad - Calicata N° 01 (Suelo + 5%Cal).*

Fuente: Elaboración propia

Relación entre la D.S y el C.H - Calicata N° 01 (Suelo + 5%Cal).

De la tabla y figura mostradas, se detalla que para la Calicata N° 01 (Suelo + 5%Cal) se tiene una M.D.S de 1.75 g/cm<sup>3</sup> y una O.C.H de 16.63%.

**b. Suelo + 10%C.**

**Tabla 31. Proctor modificado - Calicata N° 01 (Suelo + 10%Cal)**

Calicata	Valores
M.D.S (g/cm <sup>3</sup> )	1.69
O.C.H (%)	16.81

Fuente: Elaboración propia

M.D.S y O.C.H

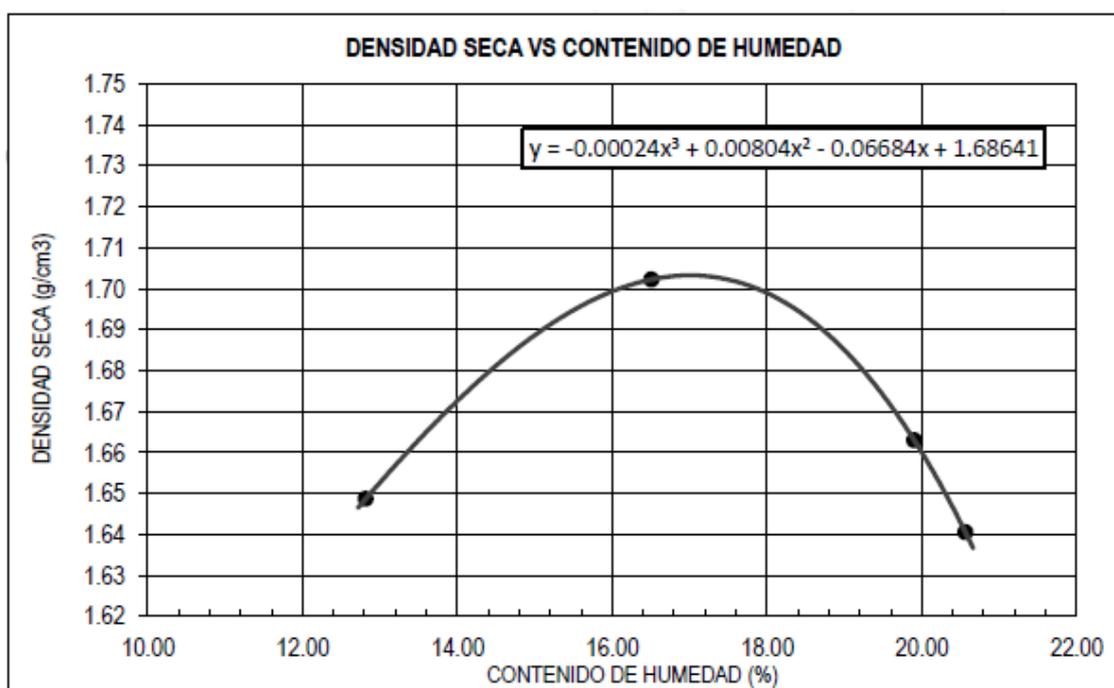


Figura 17. Densidad seca vs Contenido de humedad - Calicata N° 01 (Suelo + 10%Cal)

Fuente: Elaboración propia

Relación entre la D.S y el C.H - Calicata N° 01 (Suelo + 10%Cal).

De la tabla y figura mostradas, se detalla que para la Calicata N° 01 (Suelo + 10%Cal) se tiene una M.D.S de 1.69 g/cm<sup>3</sup> y una O.C.H de 16.81%.

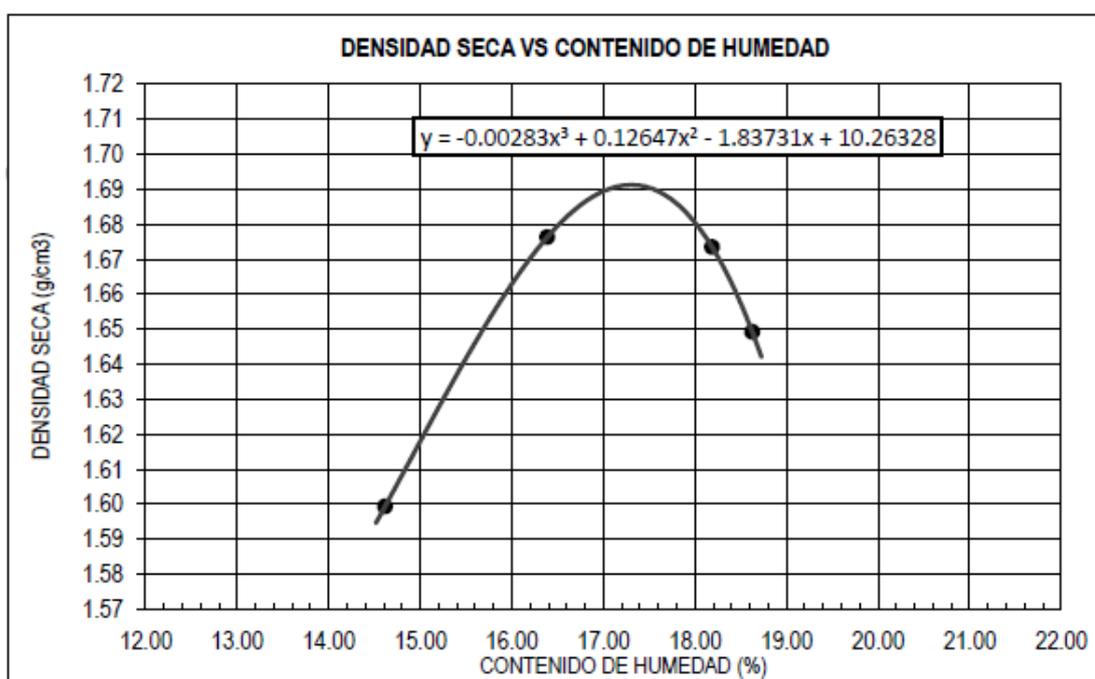
**c. Suelo + 15%Cal.**

**Tabla 32. Proctor modificado - Calicata N° 01 (Suelo + 15%Cal)**

Calicata	Valores
M.D.S (g/cm <sup>3</sup> )	1.68
O.C.H (%)	17.24

Fuente: Elaboración propia

M.D.S y O.C.H



*Figura 18. Densidad seca vs Contenido de humedad - Calicata N° 01 (Suelo + 15%Cal)*

Fuente: Elaboración propia

Relación entre la D.S y el C.H - Calicata N° 01 (Suelo + 15%Cal).

De la tabla y figura mostradas, se detalla que para la Calicata N° 01 (Suelo + 15%Cal) se tiene una M.D.S de 1.68 g/cm<sup>3</sup> y un O.C.H de 17.24%.

**4.4.2. Relación de Soporte California - CBR**

Para la realización de este ensayo, se consideró la NTP 339.145, teniendo como resultado lo siguiente:

#### 4.4.2.1. CALICATA N° 01

##### a. Suelo + 5%Cal.

Tabla 33. CBR - Calicata N° 01 (Suelo + 5%Cal).

Calicata N° 01	Valores
Humedad óptima (%)	16.63
Máxima densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.75
95% MDS (g/cm <sup>3</sup> )	1.67
CBR al 100%: 0.1"	3.18
CBR al 95% de MDS (%)	2.80
CBR al 100%: 0.2"	3.19
CBR al 95% de MDS (%)	2.96

Fuente: Elaboración propia

Valores obtenidos del CBR – Calicata N° 01 (Suelo + 5%Cal).

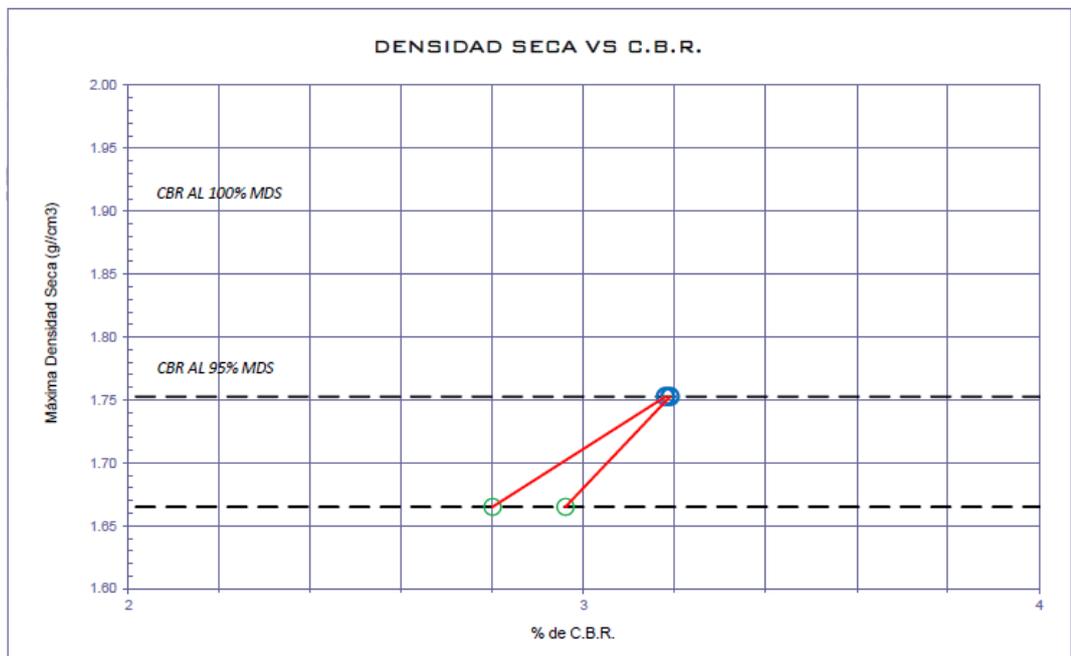


Figura 19. Densidad seca vs CBR - Calicata N° 01 (Suelo + 5%Cal).

Fuente: Elaboración propia

Relación entre la M.D.S y el % de CBR - Calicata N° 01 (Suelo + 5%Cal).

De la tabla y figura mostradas, se detalla que para la Calicata N° 01 (Suelo + 5%Cal) se tiene un O.C.H de 16.63% y una M.D.S de 1.75g/cm<sup>3</sup>.

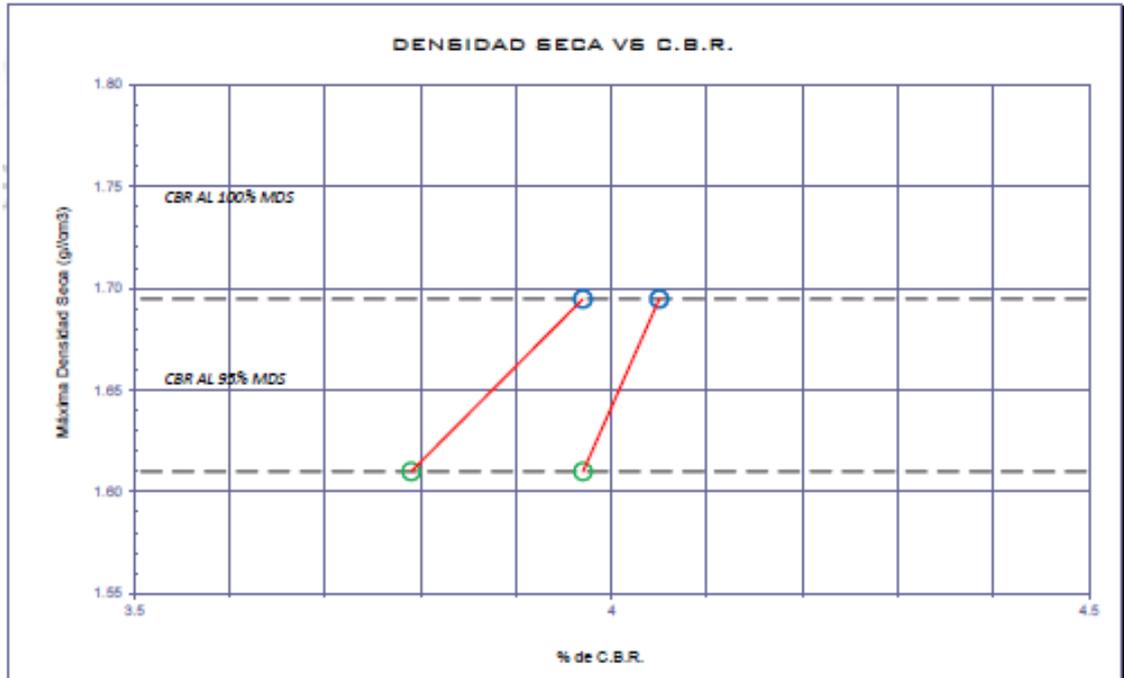
**b. Suelo + 10%Cal.**

**Tabla 34. CBR - Calicata N° 01 (Suelo + 10%Cal).**

Calicata N° 01	Valores
Humedad óptima (%)	16.81
Máxima densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.69
95% MDS (g/cm <sup>3</sup> )	1.61
CBR al 100%: 0.1"	3.97
CBR al 95% de MDS (%)	3.79
CBR al 100%: 0.2"	4.05
CBR al 95% de MDS (%)	3.97

Fuente: Elaboración propia

Valores obtenidos del CBR – Calicata N° 01 (Suelo + 10%Cal).



*Figura 20. Densidad seca vs CBR - Calicata N° 01 (Suelo + 10%Cal).*

Fuente: Elaboración propia

Relación entre la M.D.S y el % de CBR - Calicata N° 01 (Suelo + 10%Cal).

De la tabla y figura mostradas, se detalla que para la Calicata N° 01 (Suelo + 10%Cal). se tiene un O.C.H de 16.81% y una M.D.S seca de 1.69g/cm<sup>3</sup>.

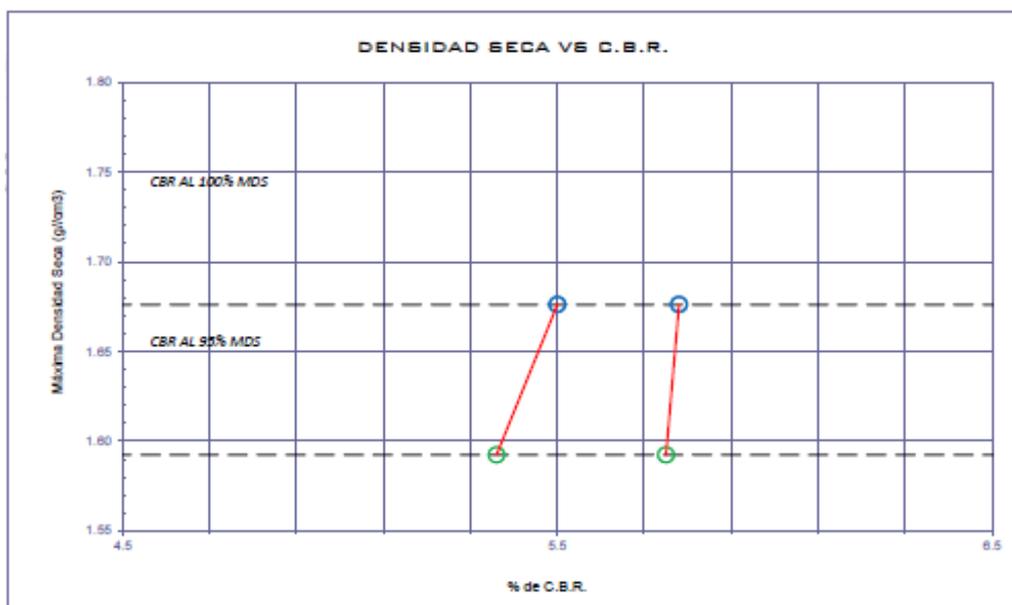
**c. Suelo + 15%Cal.**

**Tabla 35. CBR - Calicata N° 01 (Suelo + 15%Cal).**

Calicata N° 01	Valores
Humedad óptima (%)	17.24
Máxima densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.68
95% MDS (g/cm <sup>3</sup> )	1.59
CBR al 100%: 0.1"	5.50
CBR al 95% de MDS (%)	5.36
CBR al 100%: 0.2"	5.78
CBR al 95% de MDS (%)	5.75

Fuente: Elaboración propia

Valores obtenidos del CBR – Calicata N° 01 (Suelo + 15%Cal).



*Figura 21. Densidad seca vs CBR - Calicata N° 01 (Suelo + 15%Cal).*

Fuente: Elaboración propia

Relación entre la M.D.S y el % de CBR - Calicata N° 01 (Suelo + 15%Cal).

De la tabla y figura mostradas, se detalla que para la Calicata N° 01 (Suelo + 15%Cal). se tiene un O.C.H de 17.24% y una M.D.S de 1.68g/cm<sup>3</sup>.

**Tabla 36.** *Tabla resumen de la propiedad mecánica: CBR.*

Calicata	Adición	Penetración (0.1")		Penetración (0.2")	
		100%	95%	100%	95%
C-1	0%	1.88%	1.22%	2.13%	1.31%
	5%C	3.18%	2.80%	3.19%	2.96%
	10%C	3.97%	3.79%	4.05%	3.97%
	15%C	5.50%	5.36%	5.78%	5.75%

Fuente: Elaboración propia

Se detalla una tabla resumen del CBR del suelo patrón y con adiciones de CCCC.

En la tabla mostrada se han utilizado valores de CBR obtenidos en los resultados del laboratorio de muestras extraídas de las calicatas C-1,

Del ensayo de CBR, de C-1 más adiciones de cal al 5%,10% y 15% obtenemos como resultado que la adición más favorable es la C-1+15% de cal.

**Objetivo específico 5: Determinar las características mecánicas del terreno con inclusión del óptimo contenido de cal + cenizas de cáscara de café (CCC) en porcentajes de 5%, 10% y 15%.**

#### **4.5. Propiedades mecánicas del suelo con cal + ceniza de cáscara de café (CCC).**

##### **4.5.1. Proctor modificado**

Se consideró la NTP 339.127, además de la NTP 339.141, para la realización de este ensayo, teniendo como resultados lo siguiente:

##### **4.5.1.1. CALICATA N° 01**

###### **a. Suelo + 15%Cal+5%CCC.**

**Tabla 37. Proctor modificado - Calicata N° 01 (Suelo + 15%Cal+5%CCC)**

Calicata	Valores
M.D.S (g/cm <sup>3</sup> )	1.88
O.C.H (%)	17.63

Fuente: Elaboración propia

M.D.S y O.C.H

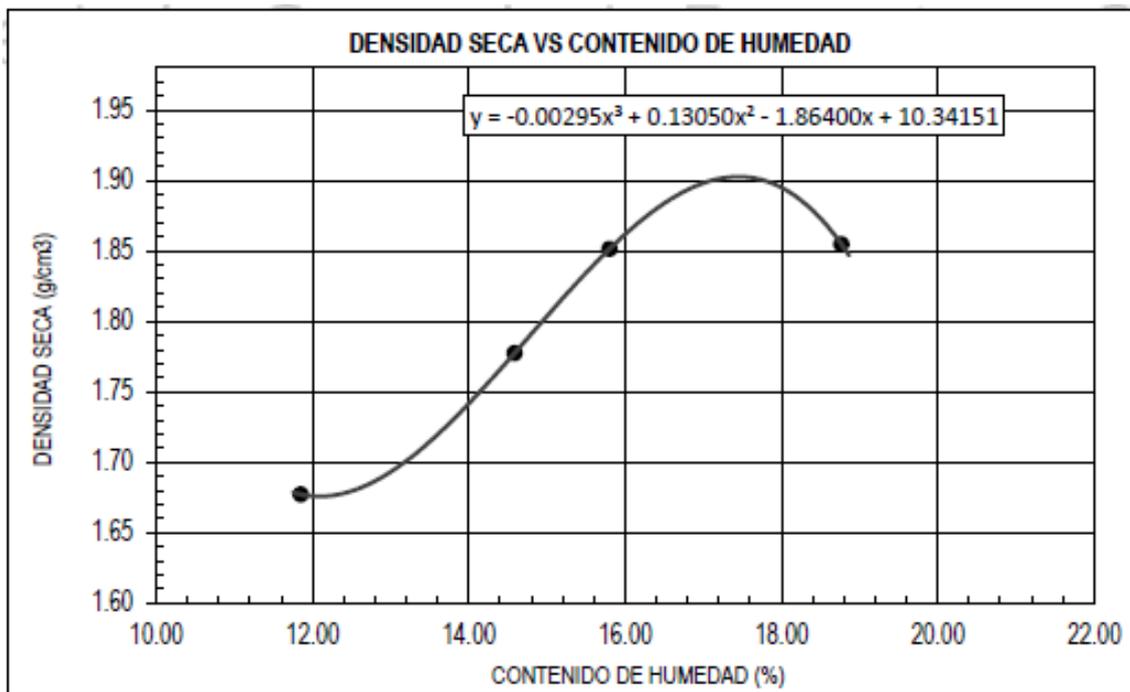


Figura 22. Densidad seca Vs Contenido de humedad - Calicata N°01 (Suelo + 15%Cal+5%CCC).

Fuente: Elaboración propia

*Nota.* Relación entre la D.S y el C.H - Calicata N° 01 (Suelo + 15%Cal+5%CCC).

De la tabla y figura mostradas, se detalla que para la Calicata N° 01 (Suelo + 15%Cal+5%CCC) se tiene una M.D.S de 1.88 g/cm<sup>3</sup> y una O.C.H de 17.36%.

**b. Suelo + 15%Cal + 10%CCC.**

**Tabla 38. Proctor modificado - Calicata N° 01 (Suelo + 15%Cal+10%CCC)**

Calicata	Valores
M.D.S (g/cm <sup>3</sup> )	1.90
O.C.H (%)	17.47

Fuente: Elaboración propia

M.D.S y O.C.H

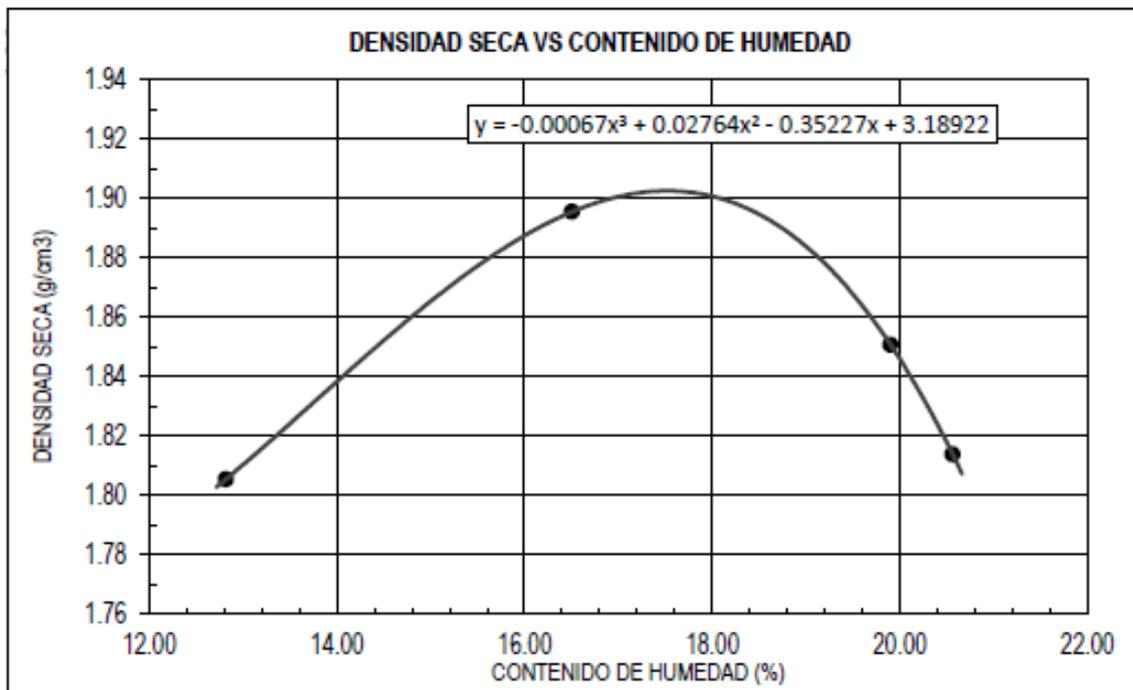


Figura 23. Densidad seca Vs Contenido de humedad - Calicata N°01 (Suelo+15%Cal+10%CCC)

Fuente: Elaboración propia

Relación entre la D.S y el C.H - Calicata N° 01 (Suelo + 15%Cal+10%CCC).

De la tabla y figura mostradas, se detalla que para la Calicata N° 01 (Suelo + 15%Cal+10%CCC) se tiene una M.D.S 1.90 g/cm<sup>3</sup> y una O.C.H de 17.47%.

**c. Suelo + 15%Cal+15%CCC.**

**Tabla 39. Proctor modificado - Calicata N° 01 (Suelo + 15%Cal+15%CCC)**

Calicata	Valores
M.D.S (g/cm <sup>3</sup> )	1.70
O.C.H (%)	17.49

Fuente: Elaboración propia

M.D.S y O.C.H

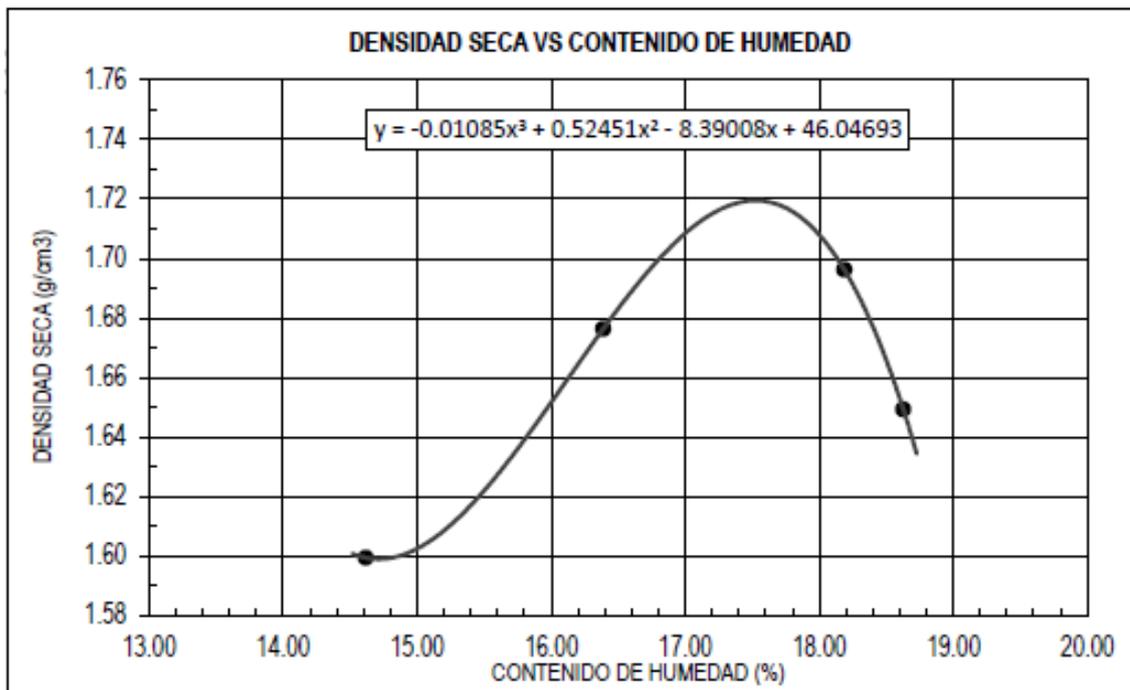


Figura 24. Densidad seca vs Contenido de humedad - Calicata N°1 (Suelo+15%Cal+15%CCC)

Fuente: Elaboración propia

Relación entre la D.S y el C.H - Calicata N° 01 (Suelo + 15%Cal+15%CCC).

De la tabla y figura mostradas, se detalla que para la Calicata N° 01 (Suelo + 15%Cal+15%CCC) se tiene una M.D.S de 1.70 g/cm<sup>3</sup> y una O.C.H del 17.49%.

#### 4.5.2. Relación de Soporte California - CBR

Se consideró la NTP 339.145, teniendo como resultado lo siguiente:

##### 4.5.2.1. CALICATA N° 01

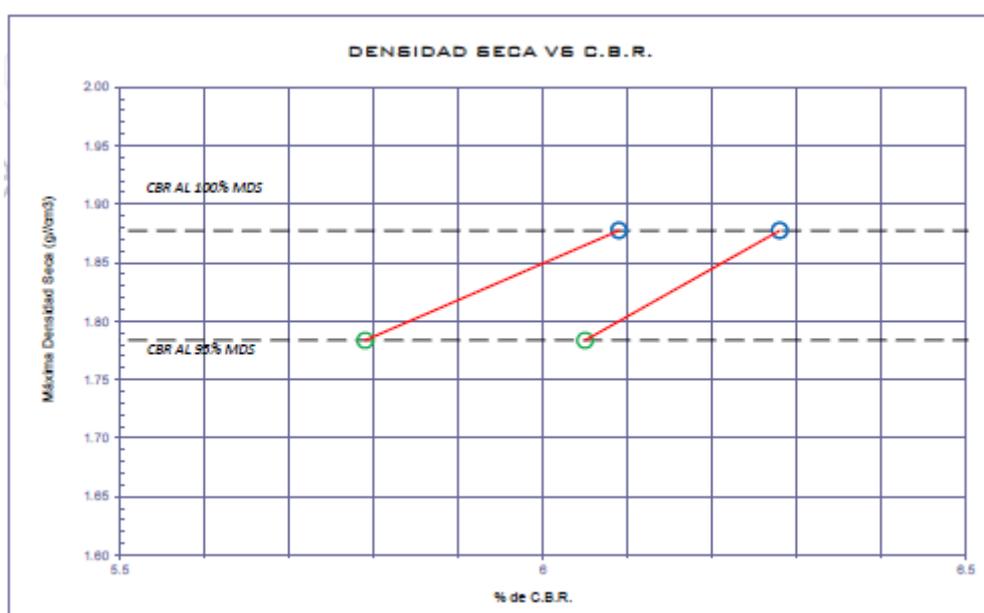
###### a. Suelo + 15%Cal+5%CCC.

**Tabla 40.** CBR - Calicata N° 01 (Suelo + 15%Cal+5%CCC).

Calicata N° 01	Valores
Humedad óptima (%)	17.36
Máxima densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.88
95% MDS (g/cm <sup>3</sup> )	1.78
CBR al 100%: 0.1"	6.09
CBR al 95% de MDS (%)	5.79
CBR al 100%: 0.2"	6.28
CBR al 95% de MDS (%)	6.05

Fuente: Elaboración propia

Valores obtenidos del CBR – Calicata N° 01 (Suelo + 15%Cal+5%CCC).



*Figura 25.* Densidad seca vs CBR - Calicata N° 01 (Suelo + 15%Cal+5%CCC).

Fuente: Elaboración propia

Relación entre la M.D.S y el % de CBR Calicata N°1 (Suelo + 15%Cal+5%CCC).

De la tabla y figura mostradas, se detalla que para la Calicata N° 01 (Suelo + 5%Cal+5%CCC) se tiene una O.C.H del 17.36% y una M.D.S de 1.88g/cm<sup>3</sup>.

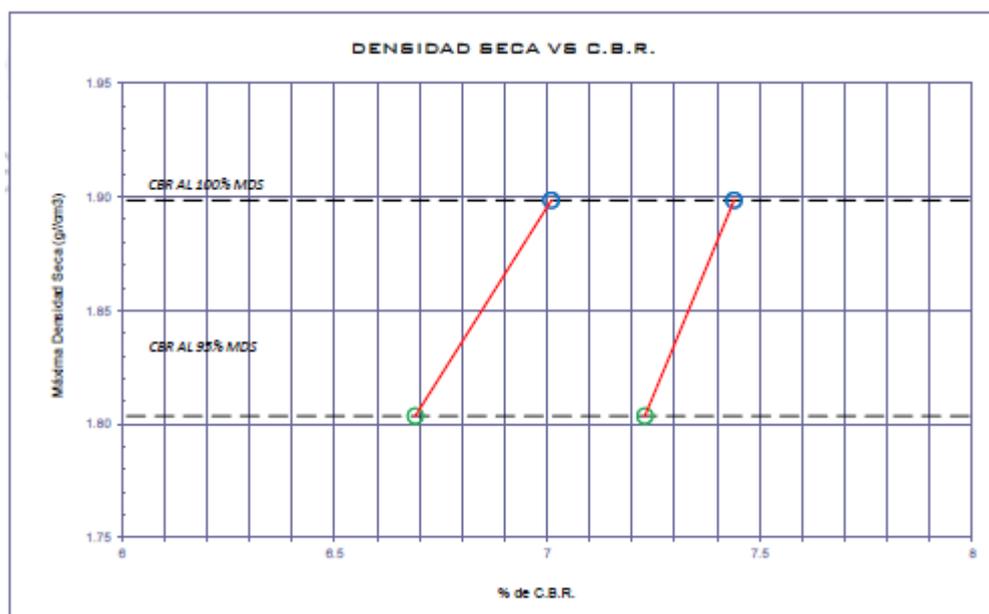
**b. Suelo + 15%C+10%CCC.**

**Tabla 41. CBR - Calicata N° 01 (Suelo + 15%Cal+10%CCC).**

Calicata N° 01	Valores
Humedad óptima (%)	17.47
Máxima densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.90
95% MDS (g/cm <sup>3</sup> )	1.80
CBR al 100%: 0.1"	7.01
CBR al 95% de MDS (%)	6.69
CBR al 100%: 0.2"	7.44
CBR al 95% de MDS (%)	7.23

Fuente: Elaboración propia

Valores obtenidos del CBR – Calicata N° 01 (Suelo + 15%Cal+10%CCC).



*Figura 26. Densidad seca vs CBR - Calicata N° 01 (Suelo + 15%Cal+10%CCC).*

Fuente: Elaboración propia

Relación entre la M.D.S y el % de CBR – Calicata N°1 (Suelo+ 15%Cal+10%CCC).

De la tabla y figura mostradas, se detalla que para la Calicata N° 01 (Suelo + 15%Cal+10%CCC), se tiene un O.C.H de 17.47% y una M.D.S de 1.90g/cm<sup>3</sup>.

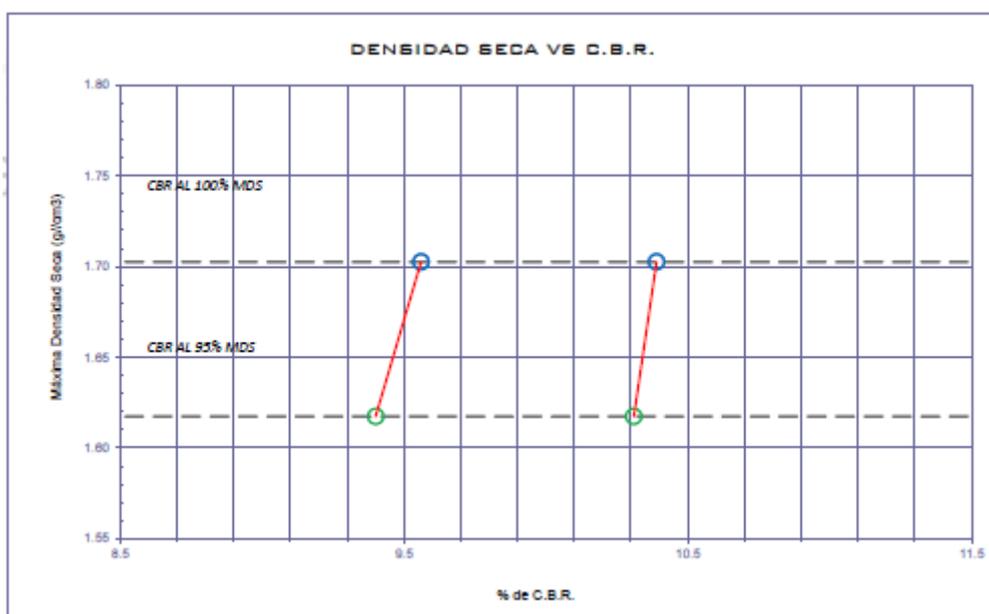
**c. Suelo + 15%C+15%CCC.**

**Tabla 42. CBR - Calicata N° 01 (Suelo + 15%Cal+15%CCC).**

Calicata N° 01	Valores
Humedad óptima (%)	17.49
Máxima densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.70
95% MDS (g/cm <sup>3</sup> )	1.62
CBR al 100%: 0.1"	9.56
CBR al 95% de MDS (%)	9.40
CBR al 100%: 0.2"	10.29
CBR al 95% de MDS (%)	10.31

Fuente: Elaboración propia

Valores obtenidos del CBR – Calicata N° 01 (Suelo + 15%Cal+15%CCC).



*Figura 27. Densidad seca vs CBR - Calicata N° 01 (Suelo + 15%Cal+15%CCC).*

Fuente: Elaboración propia

Relación entre la M.D.S y el % de CBR - Calicata N° 01 (Suelo + 15%Cal+15%CCC).

De la tabla y figura mostradas, se detalla que para la Calicata N° 01 (Suelo + 15%Cal+15%CCC) se tiene un O.C.H de 17.49% y una M.D.S de 1.70g/cm<sup>3</sup>.

**Tabla 43.** *Tabla resumen de la propiedad mecánica: CBR (Cal+CCC).*

Calicata	Adición	Penetración (0.1")		Penetración (0.2")	
		100%	95%	100%	95%
C-1	0%	1.88%	1.22%	2.13%	1.31%
	15%C + 5%CCC	6.09%	5.79%	6.28%	6.05%
	15%C + 10%CCC	7.01%	6.69%	7.44%	7.23%
	15%C + 15%CCC	9.56%	9.40%	10.39%	10.31%

Fuente: Elaboración propia

Se detalla una tabla resumen del CBR del suelo patrón y con adiciones de Cal+CCC.

En la tabla mostrada se han utilizado valores de CBR obtenidos en los resultados de laboratorio, de muestras extraídas de las calicatas C-1. Del ensayo de CBR, de C-1 más adiciones de cal al 5%,10% y 15% obtenemos como resultado que la adición más favorable es la C-1+15%Cal+15%CCC.

Al realizar la comparación entre el suelo natural y los modificados con cal y cenizas de cáscara de café (CCC), se puede observar de manera general, que conforme aumenta la adición de C+CCC, el CBR también tiende a incrementar tanto para la penetración de carga de 0.1", como para la de 0.2", es así el suelo natural presenta una categoría S<sub>0</sub>: Subrasante Inadecuada, pues los valores obtenidos son menores al 3%. Por otro lado, los valores más altos de CBR se obtienen con 15%Cal+15%CCC, con una penetración de (0.1") se clasifica como una categoría de subrasante S<sub>2</sub>: Subrasante Regular, pues está dentro del rango: CBR ≥ 6% a CBR <10% y con una penetración de (0.2") como una categoría de subrasante S<sub>3</sub>: Subrasante Buena, pues está dentro del rango: CBR ≥ 10% A CBR<20%.

Del ensayo de CBR, de C-1 más adiciones de cal 15% + ceniza de cascara de café al 5%+10%+15% obtenemos como resultado que la adición más favorable es la C-01+15% de cal+15% de cenizas de cascara de café.

**OE6: Determinar el análisis de precios unitarios para la estabilización de la subrasante al utilizar cal y ceniza de cáscara de café.**

Para poder determinar este objetivo, se realizó un análisis de precios unitarios, en el que se precisó el valor de la estabilización de suelos por m<sup>2</sup>, al incluir cal y CCC.

**Tabla 44. Análisis de precios unitarios 15%Cal + 5%CCC.**

<b>EQUIPOS</b>					
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>TARIFA</b>	<b>COSTO HORA</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>COSTO</b>
Motoniveladora	1	25	25	0.002	0.050
Rodillo	1	25	25	0.002	0.050
Tanquero	1	15	15	0.002	0.030
<b>Sub Total</b>					<b>0.130</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>JORNAL/HORA</b>	<b>COSTO HORA</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>COSTO</b>
Chofer	1	4.79	4.79	0.002	0.010
Operador	2	3.66	3.66	0.002	0.007
Ayudante de maquinaria	2	6.60	6.60	0.002	0.013
<b>Sub Total</b>					<b>0.030</b>
<b>MATERIALES</b>					
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>COSTO</b>	
Cal - 15%	qq	1.3200	7.9500	10.494	
Ceniza de cáscara de café - 5%	qq	0.4400	2.0000	0.880	
Agua	m3	0.0016	1.0000	0.002	
<b>Sub Total</b>					<b>11.376</b>
<b>TOTAL (m<sup>2</sup>)</b>					<b>11.536</b>

Fuente: Elaboración propia

De esta manera según la tabla presentada se detalla que para la muestra 15%Cal + 5% CCC se tiene un costo de 11.536 por m<sup>2</sup>.

**Tabla 45. Análisis de precios unitarios 15%Cal + 10%CCC.**

<b>EQUIPOS</b>					
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDA D</b>	<b>TARIFA</b>	<b>COSTO HORA</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>COST O</b>
Motoniveladora	1	25	25	0.002	0.050
Rodillo	1	25	25	0.002	0.050
Tanquero	1	15	15	0.002	0.030
<b>Sub Total</b>					<b>0.130</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDA D</b>	<b>JORNAL/HO RA</b>	<b>COSTO HORA</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>COST O</b>
Chofer	1	4.79	4.79	0.002	0.010
Operador	2	3.66	3.66	0.002	0.007
Ayudante de maquinaria	2	6.60	6.60	0.002	0.013
<b>Sub Total</b>					<b>0.030</b>
<b>MATERIALES</b>					
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>COST O</b>	
Cal - 15%	qq	1.3200	7.9500	10.49 4	
Ceniza de cáscara de café - 10%	qq	0.8800	2.0000	1.760	
Agua	m3	0.0016	1.0000	0.002	
<b>Sub Total</b>					<b>12.25 6</b>
<b>TOTAL (m<sup>2</sup>)</b>					<b>12.41 6</b>

Fuente: Elaboración propia

De esta manera según la tabla presentada se detalla que para la muestra 15%Cal + 10% CCC se tiene un costo de 12.416 por m<sup>2</sup>.

**Tabla 46. Análisis de precios unitarios 15%Cal + 15%CCC.**

<b>EQUIPOS</b>					
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDA D</b>	<b>TARIFA</b>	<b>COSTO HORA</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>COSTO</b>
Motoniveladora	1	25	25	0.002	0.050
Rodillo	1	25	25	0.002	0.050
Tanquero	1	15	15	0.002	0.030
<b>Sub Total</b>					<b>0.130</b>

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HORA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Chofer	1	4.79	4.79	0.002	0.010
Operador	2	3.66	3.66	0.002	0.007
Ayudante de maquinaria	2	6.60	6.60	0.002	0.013
Sub Total					<b>0.030</b>
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO	
Cal - 15%	qq	1.3200	7.9500	10.494	
Ceniza de cáscara de café - 15%	qq	1.3200	2.0000	2.640	
Agua	m3	0.0016	1.0000	0.002	
Sub Total					<b>13.136</b>
<b>TOTAL (m<sup>2</sup>)</b>					<b>13.296</b>

Fuente: Elaboración propia

De esta manera según la tabla presentada se detalla que para la muestra 15%Cal + 15% CCC se tiene un costo de 13.296 por m<sup>2</sup>.

La comparación de los costos de estabilización del suelo con diferentes dosificaciones, determinaron que, para este proceso, el costo unitario por metro cuadrado tiende a incrementar con la mayor presencia de Cal y CCC, es así que se puede mencionar que es notable la diferencia de costos entre un diseño y otro, pero cabe precisar que con mayores porcentajes de estos insumos los aportes o beneficios son notables en cuestión mecánica.

Por otro lado, al realizar una comparación con los resultados de otros investigadores, tal es el caso de (Palacios, 2019) se muestra que existe una variación en el caso del precio por m<sup>2</sup>, al estabilizar el suelo con 9% de cemento.

**Tabla 47. Análisis de precios unitarios 9% Cemento.**

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Motoniveladora	1	25	25	0.002	0.050
Rodillo	1	25	25	0.002	0.050

Tanquero	1	15	15	0.002	0.030
<b>Sub Total</b>					<b>0.130</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>JORNAL/ HORA</b>	<b>COSTO HORA</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>COSTO</b>
Chofer	1	4.79	4.79	0.002	0.010
Operador	2	3.66	3.66	0.002	0.007
Ayudante de maquinaria	2	6.60	6.60	0.002	0.013
<b>Sub Total</b>					<b>0.030</b>
<b>MATERIALES</b>					
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>COSTO</b>	
Cemento Portland 9%	bol	0.4180	25.0000	10.450	
Agua	m3	0.0016	1.0000	0.002	
<b>Sub Total</b>					<b>10.452</b>
<b>TOTAL (m<sup>2</sup>)</b>					<b>10.612</b>

Fuente: Elaboración propia

De esta manera según la tabla presentada se detalla que para estabilizar el suelo con 9% de cemento se tiene un costo de S/. 10.612 por m<sup>2</sup>, teniendo una diferencia de S/.2.684 en comparación con la estabilización del óptimo contenido de cal y CCC.

## V. DISCUSIÓN

### **OE1: Determinar la composición química de las cenizas de cáscara de café (CCC).**

De acuerdo a los resultados obtenidos, se evidenció la presencia de macroelementos, siendo el elemento químico más representativo el potasio (K) pues obtuvo un valor de 47681.00ppm, a su vez microelementos, teniendo mayor predominancia el boro (B) con un valor de 5.60ppm y en el caso de metales el sodio (Na) ocupó mayor presencia con un valor de 704.680ppm. Estos resultados concuerdan con (Munirwan R. P. et al., 2022), pues en su estudio realizaron un ensayo para determinar la composición química de la CCC, dónde determinaron que hubo mayor presencia de óxido de potasio, al igual que en este estudio, así también se muestra una conformidad con (Atahu et al., 2019), pues determinaron que las principales composiciones minerales de la CCC es el sulfato potásico, teniendo un mayor valor de composición de este elemento.

### **OE2: Determinar las características físicas del terreno natural mediante los ensayos de granulometría, clasificación del suelo, límites de Atterberg y contenido de humedad.**

Con respecto a este objetivo, se puso en marcha la excavación de 4 calicatas, a las que se evaluaron sus propiedades, de esta manera en base a su granulometría la calicata N° 01, indicó que el porcentaje de grava presente en este suelo fue de 6%, además de 27.8% de arenas y 66.2% de arcillas y limos. Estos resultados muestran un acuerdo con (Shaziya & Mousa, 2023), debido a que trabajaron con suelos que tenían una granulometría similar. Así también (Ahmed et al., 2019) detallaron que el análisis de tamiz y las pruebas se realizan para determinar las curvas de distribución del tamaño de grano, es así que de acuerdo a la curva de distribución del tamaño de grano del suelo con el que trabajaron mostró que el suelo tenía un 88% de partículas de arcilla, siendo un suelo muy similar al estudiado en esta investigación.

En referencia a los límites de Atterberg, la calicata 1 presentó un LL, LP e IP de 30.32%, 16.63% y 13.69% respectivamente, estos resultados muestran un acuerdo con (Kayode & Osemwengie, 2023) pues trabajaron con un suelo que

contenía un LL de 34.72%, un LP de 22.02% y un IP de 12.70%, así también (Mamadou & Yeşim , 2020) trabajaron con un suelo parecido, pues se obtuvo un LL, LP e IP de 51.80%, 29.10% y 23.70% respectivamente, es así que según los resultados de estas pruebas, el suelo extraído del campo se clasificó como arcilla de alta plasticidad. Cabe precisar que según (Soghra & Ehsan, 2021) los límites de Atterberg como indicadores de la plasticidad del suelo se encuentran entre los conceptos más simples, útiles y ampliamente utilizados en mecánica de suelos, es así que el suelo no tratado tenía un LL relativamente alto (35%), que se debía principalmente al contenido de arcilla (23%) y a una estructura del suelo dispersa, lo que conduce a una mayor capacidad de retención de agua. En base al contenido de humedad la calicata 1 obtuvo un valor de 13.08%, dichos resultados son similares a los obtenidos por (Kayode & Osemwengie, 2023), pues ellos trabajaron con un suelo patrón que contenía un contenido de humedad de 13.11%

**OE3: Determinar las características mecánicas del terreno natural mediante los ensayos de CBR y Proctor modificado.**

Las propiedades mecánicas detallaron que, en base al ensayo de Proctor modificado, la calicata N° 01 tuvo una máxima densidad seca (MDS) de 1.88 g/cm<sup>3</sup> y un óptimo contenido de humedad (OCH) de 13.25%. Los resultados obtenidos muestran un acuerdo con (Kayode & Osemwengie, 2023), debido a que el suelo con el que trabajaron obtuvo una MDS de 2.49 g/cm<sup>3</sup> y un OCH de 15.00%, siendo valores muy cercanos a los obtenidos en este estudio. Así también con lo obtenido por (Shaziya & Mousa, 2023), pues el suelo 1 con el que trabajó presentó una MDS de 1.20 g/cm<sup>3</sup> y un OCH de 11.95%, a su vez el suelo 2, una MDS de 1.91 g/cm<sup>3</sup> y un OCH de 13.00%, siendo el suelo 2 el que tenía una mayor aproximación a lo obtenido en este estudio. Por otra parte, en al CBR, la calicata N° 01 con una penetración (0.1") al 100% y 95% obtuvo 1.88% y 1.22%, y con una penetración (0.2") al 100% y 95% de 2.13% y 1.31% respectivamente. De esta manera existe un acuerdo con respecto a los valores obtenidos por (Kayode & Osemwengie, 2023), pues su muestra natural de suelo obtuvo un CBR de 1.84%, siendo un valor cercano a lo obtenido en este estudio.

**OE4: Determinar las características mecánicas del terreno con inclusión de cal en porcentajes de 5%, 10% y 15%.**

Para poder desarrollar este objetivo, se trabajó con la calicata más desfavorable, la cual fue la calicata N° 01, es así que se le adicionó cal en porcentajes de 5%, 10% y 15%, determinándose que la muestra óptima que es el 15% en referencia al Proctor modificado, obtuvo una disminución de MDS de 11% y un incremento del OCH de 30%. Estos resultados muestran un acuerdo con (Kayode & Osemwengie, 2023) debido a que demostraron que el suelo más cal obtuvo un mayor incremento en el OCH, pero una disminución de la MDS, el aumento del OCH se debió a que la adición de cal disminuyó la cantidad de fracción libre de limo y arcilla, y la disminución de la MDS se atribuyó al intercambio catiónico de la cal que induce la floculación y aglomeración de las partículas de arcilla. Así también (Hailu et al., 2023) demostrando que la cal influye significativamente en la MDS y OCH, es así que la MDS se redujo con el aumento del contenido de cal, y el OCH aumenta con la presencia de este insumo, estando de acuerdo con lo establecido en esta investigación.

En relación al soporte California – CBR, la calicata N° 01+15% cal, tuvo un incremento de valores de CBR de 193%, para una penetración de 0.1”, además para una penetración de 0.2” se incrementó un 171%, esto indica que cuando existe más presencia de cal el suelo tiene un mayor CBR. De esta manera se muestra un acuerdo con (Kayode & Osemwengie, 2023), pues detallaron que el incremento en los valores de CBR se puede atribuir a la formación gradual de compuestos cementosos entre el contenido de cal y el suelo producido a partir de la hidratación de la cal. A su vez se muestran resultados consistentes con (Ahmed et al., 2019), debido a que descubrieron que, al aumentar los contenidos de cal, esto conduce al aumento de la resistencia de la mezcla del suelo. Así también (Hailu et al., 2023), determinó que el CBR aumenta extendiendo el período de curado a 28 días, es así que las pruebas CBR indicaron que la resistencia del suelo de subrasante mejora al aumentar el porcentaje de cal y permitir que se cure por más tiempo.

**OE5: Determinar las características mecánicas del terreno con inclusión del óptimo contenido de cal (C) + ceniza de cáscara de café (CCC) en porcentajes de 5%, 10% y 15%.**

Para poder desarrollar este objetivo, se trabajó con la calicata más desfavorable, la cual fue la calicata N° 01, es así que se le adicionó cal en porcentaje de 15% pues este fue el óptimo y se le adicionó 15% de CCC, determinándose que, en referencia al Proctor modificado, se obtuvo una disminución de MDS, de 10% y un incremento del OCH de 32%. Considerando ello, se muestra un acuerdo con (Munirwan R. et al., 2023), pues evaluaron las propiedades mecánicas del suelo con CCC, demostrando que generalmente, la MDS de las muestras de arcilla tratadas con CCC fue siempre mayor que su peso unitario seco inicial, cabe precisar que la mejora en el valor de la MDS de la arcilla puede ser atribuible a la floculación y aglomeración de partículas de arcilla, de manera similar (Munirwan R. P. et al., 2022) detallaron que el aumento de la MDS de la arcilla es atribuible a la gradación mejorada de la arcilla como resultado de la adición de CCC, es así que la adición de este insumo repercutió en la disminución de la solubilidad del suelo en agua.

En relación al soporte California – CBR, la calicata N° 01, tuvo un incremento de valores de CBR de 186%, 195% y 229%, para una penetración de 0.1” y para 15%C+5%CCC, 15%C+10%CCC y 15%C+15%CCC, además para una penetración de 0.2” se incrementó un 249%, 349% y 413% respectivamente, esto indica que cuando existe más presencia de C y CCC el suelo tiene un mayor CBR, siendo la muestra 15%C+15%CCC, la más ideal. De esta manera se muestra un acuerdo con (Atahu et al., 2019) debido a que los resultados de las pruebas, demostraron que la estabilización del suelo con CCC mejora el valor CBR, que es un indicador de mejora de la capacidad de carga, es así que la adición de CCC mostró una mejora significativa, el valor de CBR aumentó alrededor de un 20.5%, con una concentración de CCC del 20%, la mejora se puede atribuir a la reacción entre el suelo y la CCC, formando un material cementoso, la formación de este material cementoso une las partículas, cubriendo el grano del suelo y llenando los poros entre agregados.

**OE6: Determinar el análisis de precios unitarios para la estabilización de la subrasante al utilizar cal y ceniza de cascara de café.**

Una vez identificado que el porcentaje óptimo para la estabilización del suelo es 15%C+15%CCC, se procedió a realizar el análisis de precios unitarios, además de las dos combinaciones restantes, es así que para la muestra 15%C + 5%CCC se obtuvo un costo de S/.11.536 por m<sup>2</sup>, además de S/. 12.416 y S/.13.296 para la muestra 15%C+10%CCC y 15%C+15%CCC respectivamente. Estos costos muestran un acuerdo con

## VI. CONCLUSIONES

1. Se determinó que la técnica de estabilización de la subrasante utilizando cal y CCC en trochas carrozables en Lámud, Amazonas, 2023, fue efectiva, debido a que su presencia en el suelo permitió aumentar la capacidad del suelo, evaluado mediante el ensayo de CBR, demostrando que para la calicata más desfavorable cómo lo fue la Calicata 1, permitió mejorar el suelo, pasando de una subrasante inadecuada a una subrasante regular
2. De la composición química de la ceniza de cáscara de café (CCC), se determinó que este insumo tuvo la presencia de macroelementos, microelementos y metales, siendo el de mayor predominancia en macroelementos el potasio (K) con 47681.00 ppm, en microelementos el Boro (B) con 6.500 ppm y en metales el Sodio (Na) con 704.680 ppm.
3. Se evaluó las características físico del terreno natural mediante los ensayos de granulometría, demostrando que la calita N° 01 tenía mayor presencia de arcillas y limos, a su vez es tipo CL: Arcilla arenosa de baja plasticidad y según AASHTO de tipo A-6, en referencia a los límites de Atterberg este permitió determinar que el suelo era arcilloso, pues esta calicata tenía un  $IP \leq 15$  y un  $IP > 7$ , además de un contenido de humedad de 13.08%.
4. Las características mecánicas del terreno natural evaluadas mediante el ensayo de Proctor, permitió determinar que la calicata N° 01, obtuvo una MDS de  $1.88\text{g/cm}^3$ , además un OCH de 13.25%, y según el ensayo de CBR se demostró que esta calicata tenía una subrasante inadecuada, pues el CBR obtenido fue menor al 3%.
5. Las características mecánicas del terreno con inclusión de cal determinaron que, en base al ensayo de Proctor modificado, la inclusión de 15% cal ocasionó una disminución de la MDS de 11% e incrementaron el OCH en 30%, a su vez en relación al CBR, se obtuvo un incremento de 193%, para una penetración de 0.1" y 171% para una penetración de 0.2".

6. Las características mecánicas del terreno con inclusión de 15%cal y 15%CCC determinaron que, en base al ensayo de Proctor modificado, las inclusiones de estos insumos ocasionaron una disminución de la MDS en 10% e incrementaron el OCH en 32%, a su vez en relación al CBR, se obtuvo un incremento de 229%, para una penetración de 0.1" y 413% para una penetración de 0.2".
  
7. Se determinó que el costo unitario de la estabilización del suelo, por metro cuadrado tiende a incrementar con la mayor presencia de cal y CCC, es así que se puede mencionar que es notable la diferencia de costos entre un diseño y otro, pero cabe precisar que con mayores porcentajes de estos insumos los aportes o beneficios son notables en cuestión mecánica.

## **VII. RECOMENDACIONES**

1. Se sugiere determinar las características químicas de la ceniza de café que han sido calcinadas a diferentes temperaturas y de esta manera identificar los elementos presentes, y por ende para elegir la más conveniente.
2. Se sugiere evaluar las características mecánicas del terreno natural de las diferentes calicatas y en consecuencia identificar la calicata que tiene un CBR más bajo, para estabilizarla con los insumos necesarios.
3. Se sugiere la combinación de cal y CCC para alcanzar la mejora óptima en el sustrato del suelo, ya que la inclusión de estos componentes demostró resultados positivos.
4. Además, se recomienda que, para la realización del tramo objeto de estudio, se emplee cal en un 15% y CCC en un 15%, siendo esta la adición más apropiada, ya que con dicho porcentaje se logra mejorar diversas propiedades del suelo analizado.
5. Se sugiere emplear las mezclas de cal y CCC en diversos tipos de suelos para su posterior verificación, pues este estudio reveló que, al utilizar ambas sustancias de manera combinada en un suelo arcilloso, específicamente en una arcilla arenosa de baja plasticidad (CL), obtuvo un impacto positivo en las características del suelo.
6. Se sugiere a los futuros colegas y personal técnico considerar la evaluación de porcentajes menores de adición de cal y CCC, y por ende evaluar el análisis de precios unitarios, con la finalidad de lograr reducir los costos por m<sup>2</sup>, pero verificando que se mantenga los valores de las propiedades mecánicas.
7. A las autoridades se recomienda tomar en cuenta estas combinaciones de cal y CCC, a fin de lograr la estabilización del tramo analizado, y no perjudicar u ocasionar más deterioros o por ende la creación de nuevas fallas.

## REFERENCIAS

Academia Baristas Pro. (2023). Cáscara de Cafés Especiales. <https://www.academiabaristapro.com/cascaradecafe#:~:text=La cáscara es la pulpa,helada%2C acompañada de mucho ingredientes.>

Ahmed, A., Hassan, A., & Lotf, H. (2019). Stabilization of Expansive Sub-grade Soil Using Hydrated Lime and Dolomitic-Limestone By-Product (DLP). *Geotech Geol Eng.* [https://doi.org/10.1007/s10706-019-01115-5\(0123456789](https://doi.org/10.1007/s10706-019-01115-5(0123456789)

Álvarez Larreatigue, C. M., & Fuentes Salas, L. J. (2022). Ceniza de cáscara de café para mejora de la resistencia en subrasante con suelos arcillosos, Jaén. [Universidad César Vallejo]. In Universidad César Vallejo. [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47102/Gutierrez\\_RS-SD](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47102/Gutierrez_RS-SD)

Angulo, M., & Zavaleta, C. (2021). ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS COMO CAPA DE RODADURA EN LA PROLONGACIÓN NAVARRO CAUPER, DISTRITO SAN JUAN – MAYNAS – IQUITOS, 2019. Universidad Científica del Perú, 1-166. <http://repositorio.ucp.edu.pe/bitstream/handle/UCP/1220/ANGULO%20ROLDAN%20MARISELVA%20Y%20ZVALETA%20PAPA%20CINTIA%20NICOL%20-%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Atahu, M. K., Saathoff, F., & Gebissa, A. (2019). Strength and compressibility behaviors of expansive soil treated with coffee husk ash. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 11, 337-348. <https://doi.org/10.1016/j.jrmge.2018.11.004>

Barnham, C. (2015). Quantitative and qualitative research. *International Journal of Market Research*, 57(6), 837-854. <https://doi.org/10.2501/IJMR-2015-070>

Carrasco-Osorio, A. E. (2009). Infraestructura Vial Nacional Asociada a la Competitividad. In *Infraestructura Vial Nacional Asociada a La Competitividad*. <https://hdl.handle.net/11042/1990>

Carrasco Lozano, B. L. (2021). Estabilización de la Subrasante Adicionando Ceniza de Cáscara de Arroz en Diseño del Pavimento Rígido en Pampas de Hospital, 2022. In Universidad Cesar Vallejo. Universidad César Vallejo.

Centeno Quispe, R. J. (2022). Influencia de los residuos de pavimento rígido en las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante, vía Caracoto - Suches, Puno 2022 [Universidad César Vallejo]. In Universidad César Vallejo. [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47102/Gutierrez\\_RS-SD](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47102/Gutierrez_RS-SD)

Chávez, D., & Odar, G. (2019). Propuesta de estabilización con cal para subrasantes con presencia de suelos arcillosos en bofedales y su influencia en el pavimento rígido bajo la metodología de diseño AASHTO 93 aplicado al tramo 1 de la carretera Oyón - Ambo. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 1-120. [https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/625903/Ch%C3%A1vez\\_ad](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/625903/Ch%C3%A1vez_ad)

Chayan Mayanga, S. P., & Ramos Gástelo, E. (2022). Block de concreto adicionando ceniza de cáscara de café para mejorar la resistencia de la albañilería armada, Jaén. [Universidad César Vallejo]. In Universidad César Vallejo. [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47102/Gutierrez\\_RS-SD](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47102/Gutierrez_RS-SD)

Coronel bances, Y. A., & Guerra Flores, N. J. (2022). Estabilidad de suelos adicionando cenizas de cáscara de arroz en camino rural La Lima de Huarango - San Ignacio [Universidad César Vallejo]. In Universidad César Vallejo. [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47102/Gutierrez\\_RS-SD](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47102/Gutierrez_RS-SD)

Escobar, G., & Reyes, D. (2022). Influencia de la ceniza de café y cáscara de huevo para la estabilización de subrasante de un pavimento flexible del tramo Santa Elena – El Carmelo, Virú, 2022. Universidad Privada del Norte, 1-292. <https://hdl.handle.net/11537/31294>

García, A. (2022). Estabilización de suelos con cal como una alternativa viable para la construcción y rehabilitación de caminos rurales en Colombia. Universidad Nacional Abierta y a Distancia, 1-136. <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/50824/Algarciare>

Ghadir, P., & Ranjbar, N. (2018). Clayey soil stabilization using geopolymer and Portland cement. *Construction and Building Materials*, 188, 361–371. <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0950061818318798?token=F2080C545D390E9D30EE063CFC3A8247D401D4D040BCCCE569614F1E77D04CD382A41C0A5A3FDCA1D438937FE8E0B945&originRegion=us-east>

Hailu, R., Muralitharan, J., & Yonas, O. (2023). Subgrade soil stabilization using the Quicklime: a case study from Modjo- Hawassa highway, Central Ethiopia. *International Journal of GeoEngineering*, 14(17). <https://doi.org/10.1186/s40703-023-00197-8>

Jibaja Ocaña, G. G. (2021). Influencia del aditivo perma-zyme y cenizas del bagazo de caña de azúcar en las propiedades de la subrasante, Av. Bonavista- Carabayllo 2021. Universidad César Vallejo, 1–118. [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47102/Gutierrez\\_RS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47102/Gutierrez_RS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Kayode, O. N., & Osemwengie, F. (2023). Stabilization of Lateritic Soil with Rubber Wood Ash and Lime for Road Construction. *J. Appl. Sci. Environ. Manage.*, 27(7), 1551-1556. <https://doi.org/10.4314/jasem.v27i7.31>

Klaus, R. (2020). Chapter 10 - Basic research, applied research, and the real world. *The COVID-19 Pandemic*, 133-139. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-99149-0.00010-9>

Mamadou, L., & Yeşim, S. (2020). İnşaat yıkıntı atığı ve kireçle kil zeminin stabilizasyonu üzerine deneysel bir çalışma. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 26(6), 1030-1034. <https://doi.org/10.5505/pajes.2019.51436>

Municipalidad Provincial de Luya - Lamud. (2021). Plan vial provincial participativo de la provincial de Luya- región Amazonas. [https://www.proviasdes.gob.pe/Portal\\_PVDDes/planes/amazonas/pvpp/PVPP\\_Luya\\_2021\\_2025.pdf](https://www.proviasdes.gob.pe/Portal_PVDDes/planes/amazonas/pvpp/PVPP_Luya_2021_2025.pdf)

Munirwan, R. P., Mohd , R. T., Aizat , M. T., & Munirwansyah , M. (2022). Shear Strength Improvement of Clay Soil Stabilized by Coffee Husk Ash. *Applied Sciences*, 12(5542). <https://doi.org/10.3390/app12115542>

Munirwan, R., Mohd, T., Taha, M. R., Abd, R., & Munirwansyah, M. (2023). The application of coffee husk ash to improve compaction characteristics of clay soil. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1140. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1140/1/012001>

Paul, H., & Cyrus, S. (2016). Stabilization of weak subgrade soil using demolished concrete aggregate. *Indian Geotech Conference IGC*, 2(December), 93–105. [https://www.igschennai.in/IGC2016\\_IIT\\_Madras/igc2016proceedings/papers/THE ME3/IGC\\_2016\\_paper\\_521.pdf](https://www.igschennai.in/IGC2016_IIT_Madras/igc2016proceedings/papers/THE ME3/IGC_2016_paper_521.pdf)

Quispe, J., & Tarifa, W. (2022). Estabilización de suelos arcillosos con cal y cenizas de cáscara de castaña para la subrasante en la Av. Circunvalación, Tambopata 2022. Universidad César Vallejo, 1-222. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/86568>

Quispe Moreno, F. T. (2021). Evaluación del óxido de calcio para estabilizar las propiedades físicas y mecánicas del suelo de subrasante del Jirón Carlos Sowersby, distrito de Cathuamayo, Junín-Junín. In Universidad Peruana Los Andes. Universidad Peruana Los Andes.

Ramos, C. (2021). DISEÑOS DE INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL. *CienciAmérica*, 10(1). <https://doi.org/10.33210/ca.v10i1.356>

Restrepo, A. L. G. (2022). Estabilización de suelos con cal como una alternativa viable para la construcción y rehabilitación de caminos rurales en Colombia. *Repositorio Unad*, C, 128. <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/50824/Algarciare.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ricra Huamán, C. S. (2022). Adición de ceniza de caña de azúcar en la estabilización de suelos tropicales en el centro poblado Naranjal, Selva Central - 2021 [Universidad Continental]. [https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/11453/2/IV\\_FIN\\_105\\_TE\\_Ricra\\_Huaman\\_2022.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/11453/2/IV_FIN_105_TE_Ricra_Huaman_2022.pdf)

Rivera Pomahuacre, A. J., & Curi Avalos, E. I. (2021). Adición de biorresiduos animales para mejorar las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante Huamanga - Qorihuillca, Ayacucho 2022. In Universidad Cesar Vallejo. Universidad César Vallejo.

Sánchez, M. (2022). Adición de cal para estabilización de subrasante en el diseño de pavimentos rígidos en un distrito del norte del Perú. Universidad Cesar Vallejo, 1-126. <https://hdl.handle.net/11537/33614>

Sandoval Melendres, G., & Huaman Melendres, M. A. (2021). Efecto de la adición de ceniza de cáscara de café en la resistencia a la compresión de ladrillo de concreto – Jaén 2021 [Universidad César Vallejo]. In Universidad César Vallejo. [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47102/Gutierrez\\_RS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47102/Gutierrez_RS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Shaziya, B., & Mousa, A. (2023). Internal Erosion Stabilization of Cohesionless Soil Using Lime. *Water*, 15(1992). <https://doi.org/10.3390/w15111992>

Soghra, K., & Ehsan, A. (2021). Lime stabilization to improve clay-textured forest soil road subgrades. *International Journal of Forest Engineering*. <https://doi.org/10.1080/14942119.2021.1876476>

Valdivia Salomon, F. A., & Quijano Chavez, D. M. M. (2021). Estabilización de subrasante adicionando ceniza de carbón y tusa de maíz en trocha carrozable Lomaspata - Coracora, distrito Coracora, Ayacucho - 2021 [Universidad César Vallejo]. In Universidad César Vallejo. [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47102/Gutierrez\\_RS-SD](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47102/Gutierrez_RS-SD)

Valverde Silva, J. V. (2022). Gestión en infraestructura vial y evaluación de la calidad del servicio en la ampliación norte del metropolitano, 2021 [Universidad César Vallejo]. In Universidad César Vallejo. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/76522>

Vargas, Y., Gutierrez, Y., & Rojas, J. (2020). Estabilización de afirmado con ceniza proveniente de desechos de cascarilla de café para aplicar en suelos de construcción de vías. Universidad Cooperativa de Colombia, 1-72. <https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/e811ce6e-5fcb-41f6-9f8b-84231d7821dc/content>

Vasquez Delgado, C. A. (2023). Ecoladrillo artesanal con inclusión de ceniza de cáscara de café para albañilería con fines estructurales, ciudad de Bagua Grande, Amazonas [Universidad César Vallejo]. In Universidad César Vallejo. [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47102/Gutierrez\\_RS-SD](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47102/Gutierrez_RS-SD)

## ANEXOS

### Anexo 1. Matriz de Consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS		
<p><b>Problema general:</b></p> <p>¿Se puede alcanzar la estabilización de la subrasante utilizando cal y ceniza de cáscara de café en una trocha carrozable en Lamud, Amazonas 2023?</p>	<p><b>Objetivo General:</b></p> <p>Evaluar la efectividad de la técnica de estabilización de la subrasante utilizando cal y ceniza de cáscara de café en una trocha carrozable en Lamud, Amazonas, 2023.</p>	<p><b>Hipótesis General:</b></p> <p>Mediante la incorporación de ceniza de cáscara de café y cal se logrará estabilizar los suelos de la subrasante de una trocha carrozable en Lamud, Amazonas 2023.</p>	<b>I N D E P E N D I E N T E</b>	Cal y ceniza de cáscar a de café (CCCC).	Dosificación.	Ficha de recolección de datos de la balanza digital de medición.		
					0,00% 5%C 10%C 15%C	15%C+5%CCC 15%C+10%CCC 15%C+15%CCC		
<p><b>Problemas Específicos:</b></p> <p>¿Cuál es la composición química de la CCC?</p>	<p><b>Objetivos Específicos:</b></p> <p><b>Objetivo específico 1:</b></p> <p>Determinar la composición química de la ceniza de cáscara de café (CCC)</p>	<p><b>Hipótesis Específicas:</b></p> <p>1. Se tendrá la presencia de buenos componentes químicos esenciales para la estabilización del suelo.</p>			D E P E N C I E N T E	Evaluación de la subrasante.	Propiedades físicas.	Granulometría.  ASTM D 422 - N.T.P. 399.128: Método de ensayo para el análisis granulométrico.
<p>¿Cuál es el estado físico del suelo en su estado natural para su evaluación como subrasante para una trocha carrozable en Lamud, Amazonas 2023?</p>	<p><b>Objetivo Específico 2:</b></p> <p>Evaluar las características físicas del terreno natural mediante los ensayos de granulometría, clasificación del suelo, límites de Atterberg y contenido de humedad.</p>	<p>2. Se tendrán buenas características físicas del terreno natural, al realizar los ensayos de granulometría, clasificación del suelo, límites de Atterberg y contenido de humedad.</p>					Límites de Atterberg.	ASTM D 4318 - NTP.339.129: Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo.
<p>¿Cuál es el estado mecánico del suelo en su estado natural para su evaluación como subrasante para una trocha carrozable en Lamud, Amazonas 2023?</p>	<p><b>Objetivo Específico 3:</b></p> <p>Evaluar las características mecánicas del terreno natural mediante los ensayos de CBR y Proctor modificado</p>	<p>3. Se tendrán buenas características mecánicas del terreno natural, al realizar los ensayos de CBR y Proctor modificado.</p>					Contenido de humedad.	ASTM D 2216 - NTP.339.127: Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.
<p>¿Cómo repercute la adición de cal en las</p>	<p><b>Objetivo específico 4:</b></p> <p>Identificar las características</p>	<p>4. La adición de cal en el suelo mejorará las</p>			Clasificación de suelos.	ASTM D3282-93 o AASHTO (Asociación Estadounidense de		

propiedades mecánicas del suelo natural para su evaluación como subrasante para una trocha carrozable en Lamud, Amazonas 2023?	mecánicas del terreno con inclusión de cal (C) en porcentajes de 5%, 10% y 15%.	características mecánicas del suelo natural.		Oficiales de Transporte y Carreteras Estatales).
¿Cómo repercute la adición de C+CCC en las propiedades mecánicas del suelo natural para su evaluación como subrasante para una trocha carrozable en Lamud, Amazonas 2023?	<b>Objetivo específico 5:</b> Determinar las características mecánicas del terreno con inclusión del óptimo contenido de cal (C) + ceniza de cáscara de café (CCC) en porcentajes de 5%, 10% y 15%.	5.La adición de cal y ceniza de cáscara de café en el suelo mejorará las características mecánicas del suelo natural.		ASTM D2487 - Sistema de clasificación de suelos unidos - SUCS
¿En cuánto varía el análisis de precios unitarios al accionar C y CCC para la estabilización del suelo?	<b>Objetivo específico 6:</b> Determinar el análisis de precios unitarios para la estabilización de la subrasante al utilizar cal y ceniza de cáscara de café.	6.El análisis de precios unitarios mostrará una inclinación por el suelo con poco contenido de estos insumos	Propiedades de mecánicas.	ASTM D 1557  NTP 339.127: Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.  NTP 339.141.: Método de ensayo para la compactación del suelo en el laboratorio utilizando energía modificado.
			Relación de Soporte California – CBR.	NTP 339.145. Métodos de ensayo de CBR, Relación de Soporte de California de suelos compactados en laboratorio.

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 2. Matriz de Operacionalización de Variables

VARIABLE DE LA INVESTIGACIÓN	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA	METODOLOGÍA
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE:</b> Cal (C).	La cal (C) es un material primigenio y ampliamente utilizado por el ser humano, este material se obtiene a partir de rocas carbonatadas (principalmente calizas y dolomitas) Quispe Cáceres & Tarifa Yucra (2022).	Con este insumo se procederá a realizar el proceso de estabilización de la subrasante y de esta manera mejorar la capacidad portante del suelo.	Dosificación.	0.00%	Razón	<b>Tipo de investigación:</b> Aplicada.
				5% C		<b>Enfoque de investigación:</b> Cuantitativo.
				10% C		<b>Diseño de investigación:</b> Experimental.
				15% C		<b>Nivel de investigación:</b> Cuasi-Experimental.
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE:</b> Ceniza de cáscara de arroz (CCC).	La ceniza de cáscara de café (CCC) se pueden encontrar en los hornos de ladrilleras agroindustriales y artesanales que, después de la combustión, son utilizadas para estabilizar suelos pobres debido a sus propiedades puzolánicas y su alto contenido de sílice y alcalosis (Álvarez Larreatigue & Fuentes Salas, 2022)	Con este insumo se procederá a realizar el proceso de estabilización de la subrasante y de esta manera mejorar la capacidad portante del suelo.	Dosificación.	15%C + 5% CCC	Razón	<b>Población:</b> 12Km de la Subrasante en Lámud en la provincia de Luya, departamento de Amazonas.
				15%C + 10% CCC		<b>Muestra:</b> Calles de la ciudad de Lamud, conformada por 12.00km, en donde se va extraer 4 calicatas de 1.50m de profundidad cada 3000 metros.
				15%C + 15% CCC		<b>Muestreo:</b> No probabilístico.
<b>VARIABLE DEPENDIENTE:</b> Estabilización de la subrasante.	La estabilización de la subrasante sugiere la mejora de sus propiedades mecánicas y físicas y mediante la implementación de procedimientos químicos y/o mecánicos con el objetivo de incrementar su resistencia para soportar la carga vehicular y hacerla más resistente ante las	La estabilización de la subrasante se medirá a través de ensayos de laboratorio y de esta manera evaluar sus propiedades físico – mecánicas.	Propiedades Físicas.	Granulometría. Límites de Atterberg. Contenido de humedad.	Razón	<b>Técnica:</b> Observación directa. <b>Instrumento de recolección de datos:</b> a) Fichas de recolección de datos. b) Equipos y herramientas de laboratorio. c) Software de análisis de datos (Ms Excel y SPSS).

---

condiciones climáticas adversas  
(Centeno Quispe, 2022).

Clasificación de  
suelos.

---

Propiedades  
Mecánicas.

Proctor Modificado.

---

Relación de Soporte  
California – CBR.

---

Fuente: Elaboración propia

### Anexo 3. Matriz Evaluación por juicio de expertos, formato UCV.

**TITULO DE LA INVESTIGACIÓN:**

Evaluación de la subrasante utilizando cal y ceniza de cáscara de café en una trocha carrozable en Lamud, Amazonas, 2023.

**TÉCNICA: JUICIO DE EXPERTO:**

1. La opinión que usted brinde es personal y sincera.
2. Marque con un aspa "X" dentro del Cuadro de Valoración, solo una vez por cada criterio, el que usted considere su opinión sobre el cuestionario.

1: Muy Malo

2: Malo

3: Regular

4: Bueno

5: Muy Bueno

Nº	CRITERIOS	VALORES				
		1	2	3	4	5
1	<b>Claridad:</b> Esta formulado con el lenguaje apropiado y comprensible					X
2	<b>Objetividad:</b> Permite medir hechos observables					X
3	<b>Actualidad:</b> Adecuado al avance de la ciencia y la tecnología					X
4	<b>Organización:</b> Presentación ordenada					X
5	<b>Suficiencia:</b> Comprende los aspectos en cantidad y claridad					X
6	<b>Pertinencia:</b> Permite conseguir datos de acuerdo a objetivos					X
7	<b>Consistencia:</b> Permite conseguir datos basados en modelos teóricos					X
8	<b>Coherencia:</b> Hay coherencia entre las variables, indicadores e ítems					X
9	<b>Metodología:</b> La estrategia responde al propósito de la investigación					X
10	<b>Aplicación:</b> Los datos permiten un tratamiento estadístico pertinente					X

Muchas gracias por su respuesta.

Octubre 2023



Firma del Juez Experto

**TITULO DE LA INVESTIGACIÓN:**

**Evaluación de la subrasante utilizando cal y ceniza de cáscara de café en una trocha carrozable en Lamud, Amazonas, 2023.**

**TÉCNICA: JUICIO DE EXPERTO:**

1. La opinión que usted brinde es personal y sincera.
2. Marque con un aspa "X" dentro del Cuadro de Valoración, solo una vez por cada criterio, el que usted considere su opinión sobre el cuestionario.

1: Muy Malo

2: Malo

3: Regular

4: Bueno

5: Muy Bueno

Nº	CRITERIOS	VALORES				
		1	2	3	4	5
1	<b>Claridad:</b> Esta formulado con el lenguaje apropiado y comprensible				X	
2	<b>Objetividad:</b> Permite medir hechos observables				X	
3	<b>Actualidad:</b> Adecuado al avance de la ciencia y la tecnología			X		
4	<b>Organización:</b> Presentación ordenada				X	
5	<b>Suficiencia:</b> Comprende los aspectos en cantidad y claridad					X
6	<b>Pertinencia:</b> Permite conseguir datos de acuerdo a objetivos					X
7	<b>Consistencia:</b> Permite conseguir datos basados en modelos teóricos				X	
8	<b>Coherencia:</b> Hay coherencia entre las variables, indicadores e ítems					X
9	<b>Metodología:</b> La estrategia responde al propósito de la investigación				X	
10	<b>Aplicación:</b> Los datos permiten un tratamiento estadístico pertinente			X		

Muchas gracias por su respuesta.

Octubre 2023

  
ING. JHON PERCY SALAZAR ARCE  
CP N° 13158

.....  
**Firma del Juez Experto**

**TITULO DE LA INVESTIGACIÓN:**

**Evaluación de la subrasante utilizando cal y ceniza de cáscara de café en una trocha carrozable en Lamud, Amazonas, 2023.**

**TÉCNICA: JUICIO DE EXPERTO:**

1. La opinión que usted brinde es personal y sincera.
2. Marque con un aspa "X" dentro del Cuadro de Valoración, solo una vez por cada criterio, el que usted considere su opinión sobre el cuestionario.

1: Muy Malo

2: Malo

3: Regular

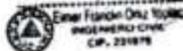
4: Bueno

5: Muy Bueno

Nº	CRITERIOS	VALORES				
		1	2	3	4	5
1	<b>Claridad:</b> Esta formulado con el lenguaje apropiado y comprensible					X
2	<b>Objetividad:</b> Permite medir hechos observables					X
3	<b>Actualidad:</b> Adecuado al avance de la ciencia y la tecnología			X		
4	<b>Organización:</b> Presentación ordenada				X	
5	<b>Suficiencia:</b> Comprende los aspectos en cantidad y claridad					X
6	<b>Pertinencia:</b> Permite conseguir datos de acuerdo a objetivos				X	
7	<b>Consistencia:</b> Permite conseguir datos basados en modelos teóricos				X	
8	<b>Coherencia:</b> Hay coherencia entre las variables, indicadores e ítems				X	
9	<b>Metodología:</b> La estrategia responde al propósito de la investigación					X
10	<b>Aplicación:</b> Los datos permiten un tratamiento estadístico pertinente					X

Muchas gracias por su respuesta.

Octubre 2023

.....  
Firma del Juez Experto

**TITULO DE LA INVESTIGACIÓN:**

Evaluación de la subrasante utilizando cal y ceniza de cáscara de café en una trocha carrozable en Lamud, Amazonas, 2023

**TÉCNICA: JUICIO DE EXPERTO:**

1. La opinión que Usted brinde es personal y sincera.
2. Marque con un aspa "X" dentro del Cuadro de Valoración, solo una vez por cada criterio, el que Usted considere su opinión sobre el cuestionario.  
1: Muy Malo  
2: Malo  
3: Regular  
4: Bueno  
5: Muy Bueno

N°	CRITERIOS	VALORES				
		1	2	3	4	5
1	<b>Claridad:</b> Esta formulado con el lenguaje apropiado y comprensible					X
2	<b>Objetividad:</b> Permite medir hechos observables					X
3	<b>Actualidad:</b> Adecuado al avance de la ciencia y la tecnología					X
4	<b>Organización:</b> Presentación ordenada					X
5	<b>Suficiencia:</b> Comprende los aspectos en cantidad y claridad					X
6	<b>Pertinencia:</b> Permite conseguir datos de acuerdo a objetivos					X
7	<b>Consistencia:</b> Permite conseguir datos basados en modelos teóricos					X
8	<b>Coherencia:</b> Hay coherencia entre las variables, indicadores e ítems					X
9	<b>Metodología:</b> La estrategia responde al propósito de la investigación					X
10	<b>Aplicación:</b> Los datos permiten un tratamiento estadístico pertinente					X

Muchas gracias por su respuesta



ELMER MANUEL FERNANDEZ RUIZ  
CIP: 113431  
INGENIERO CIVIL

Firma del Juez Experto

Octubre 2023

### RESULTADO DE LA VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO (JUICIO DE EXPERTOS)

#### TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN:

Evaluación de la subrasante utilizando cal y ceniza de cáscara de café en una trocha carrozable en Lamud, Amazonas, 2023.

INVESTIGADOR: Delgado Guevara, Yonel Esteban

Díaz Mendoza, Amílcar

El presente instrumento fue puesto a consideración de cuatro expertos, todos ellos profesionales temáticos con amplia experiencia, según se detalla a continuación:

N°	JUECES EXPERTOS
1	Mg. Samuel Carrasco Menor
2	Jhon Peri Salazar Arce
3	Elmer Franklin Ortiz Yoplac
4	Elmer Manuel Fernandez Ruiz

CRITERIOS	JUECES				TOTAL
	J1	J2	J3	J4	
Claridad	5	4	5	5	
Objetividad	5	4	5	5	
Actualidad	5	3	3	5	
Organización	5	4	4	5	
Suficiencia	5	5	5	5	
Pertinencia	5	5	4	5	
Consistencia	5	4	4	5	
Coherencia	5	5	4	5	
Metodología	5	4	5	5	
Aplicación	5	3	5	5	
Total de opinión	50	41	44	50	185

Total Máximo = (N° de criterios) x (N° de jueces) x (Puntaje máximo de Respuestas)

Calculo del coeficiente de validez:

$$\text{validez} = \frac{\text{total de opinión}}{\text{total Máximo}}$$

0,53 a menos	Validez Nula
0,54 a 0,59	Validez Baja
0,60 a 0,65	Válida
0,66 a 0,71	Muy Válida
0,72 a 0,99	Excelente Validez
1,00	Validez Perfecta

Conclusión:

El coeficiente de validez es 0.925, lo que lo califica como Excelente Validez, lo que significa que se puede aplicar a los instrumentos.

## Anexo 4. Resultado de similitud del programa Turnitin.

Evaluación de la subrasante utilizando cal y ceniza de cáscara de café en una trocha carrozable en Lamud, Amazonas, 2023

### INFORME DE ORIGINALIDAD



### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>5%</b>
<b>2</b>	<b>Submitted to Universidad Cesar Vallejo</b> Trabajo del estudiante	<b>4%</b>
<b>3</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>3%</b>
<b>4</b>	<b>repositorio.usanpedro.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>tesis.usat.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>repositorio.uta.edu.ec</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>7</b>	<b>repositorio.uss.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>8</b>	<b>Submitted to Universidad Privada del Norte</b> Trabajo del estudiante	<b>&lt;1%</b>
<b>9</b>	<b>www.slideshare.net</b> Fuente de Internet	

## Anexo 5. Panel Fotográfico

*Cuarteo para contenido de humedad de las calicatas.*



*Proceso de ensayo de tamizado.*



*Ensayo de Proctor modificado + adición.*



*Ensayo de Proctor modificado + adición.*



*Ensayo CBR de las muestras.*



*Contenido de humedad de las muestras*



*Proceso del ensayo con la herramienta de la casa copa grande.*



*Proceso del ensayo limite plástico. haciendo largos hilos hasta notar fractura o rajadura en la muestra.*



*Muestra para el ensayo de composición química.*



## Anexo 6. Resultados de laboratorio

### 6.1. Ensayo químico de la CCC

	 UNIVERSIDAD NACIONAL EDUARDO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS <b>INFORME DE ENSAYO N° 545</b>	Código: CCFG-036	Versión: 01
		Página: 1 / ...	

**1. DATOS :**  
 Solicitante : EVALUACIÓN DE LA SUBRASANTE UTILIZANDO CAL Y CENIZA DE CÁSCARA DE CAFÉ EN UNA TROCHA CARROZABLE EN LAMUD, LUYA  
 Departamento : AMAZONAS  
 Provincia : LUYA  
 Distrito : LUYA

Caserío : NC ESPECIFICA  
 Muestra : CENIZA DE CÁSCARA DE CAFÉ (CCC)  
 Cod. Muestra : 848  
 Fecha : 30/1/2023

**2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS SOLICITADO, METALES**

Lab	Número de Muestra	Macroelementos			Microelementos						Metales																		
		Ca	Mg	K	B	Fe	Mn	Cu	Zn	Mo	Al	Sb	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Sr	Li	Hg	Ni	Ag	Pb	Se	Si	Na	Ti	V
		ppm			ppm						ppm																		
349	CENIZA DE CÁSCARA DE CAFÉ (CCC)	8652.550	3725.000	47981.000	5.600	0.190	0.440	0.070	0.000	1.370	0.060	10.300	9.900	59.980	0.080	0.000	0.000	5.970	278.810	14.630	0.000	0.300	0.000	2.390	0.000	1.690	704.690	0.000	105.290

*Nota: Cabe resaltar que la muestra tomada en campo no fue recolectada por el personal de LABSAG.  
 Los resultados presentados son válidos únicamente para la muestra ensayada, queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita de LABSAG.  
 Los resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como verificado del sistema de calidad de la entidad que lo solicita.*

  
 MÓNICA BARRÍOS  
 RESPONSABLE DE LABSAG

  
 Taty Eder Rodríguez Vela  
 RESPONSABLE DEL ÁREA DE SUELOS LABSAG

Recibí conforme:  
 Nombre:  
 Dni:  
 Fecha y Hora:

\_\_\_\_\_  
 Firma de Conformidad

Calle Higuera Dora N° 242-256-276 - Calle Universitaria N° 204 - Chachapoya - Amazonas - Perú  
 labirag@labirag.ara.gub.pe / labirag@labirag-ara.ara.gub.pe

## 6.2. Ensayos para la Calicata N° 01

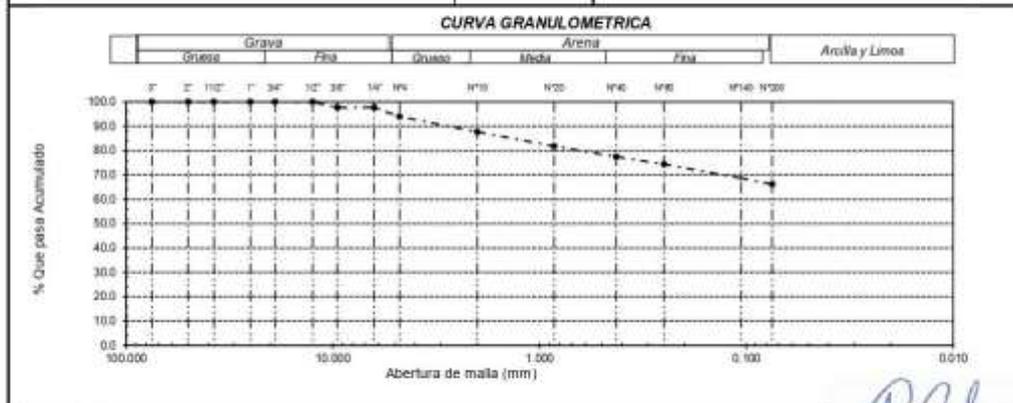


**PROYECTO** : "Evaluación de la subrasante utilizando cal y ceniza de cáscara de café en una trocha carrozable en lamud, Amazonas, 2023"  
**SOLICITANTE** : Díaz Mendoza, Amílcar Delgado Gozvara, Yonel Esteban  
**UBICACIÓN** : Lamud, Amazonas, 2023  
**FECHA** : 05/10/2023  
**ENSAYO** : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico - N.T.P. 399.128  
 SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo NTP.339.129  
 SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo - N.T.P. 339.127

### CERTIFICADO DE ENSAYOS

Calicata: C-01 Muestra: E - 01 Profundidad: 0.10 - 1.50m

Análisis Granulométrico por tamizado				Ensayo de Límite de Atterberg	
N° Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados	% Retenido Que pasa		
3"	75.000	0.0	100.0	Límite líquido (LL)	30.32 (%)
2"	50.000	0.0	100.0	Límite plástico (LP)	16.63 (%)
1 1/2"	37.500	0.0	100.0	Índice Plástico (IP)	13.69 (%)
1"	25.000	0.0	100.0		
3/4"	19.000	0.0	100.0		
1/2"	12.500	0.0	100.0		
3/8"	9.500	2.3	97.7		
1/4"	6.300	2.3	97.7		
N° 4	4.750	6.0	94.0		
N° 10	2.000	12.3	87.7		
N° 20	0.850	18.2	81.8		
N° 40	0.425	22.5	77.5		
N° 60	0.250	25.6	74.4		
N° 140	0.106	31.5	68.5		
N° 200	0.075	33.8	66.2		
Distribución granulométrica				CURVA DE FLUIDEZ	
% Grava	G.G. %	0.0			Clasificación (S.U.C.S.) : CL Descripción del suelo :
	G.F. %	6.0	6.0		
% Arena	A.G. %	6.3			
	A.M. %	10.2	27.8	Clasificación (AASHTO) : A-6 (B) Descripción :	
	A.F. %	11.3		Arcilla arenosa de baja plasticidad Descripción :	
% Arcilla y Limo		66.2	66.2	Clasificación (AASHTO) : A-6 (B) Descripción :	
Total		100.0	100.0	MALO	
Contenido de Humedad (%)			13.08		



Observación:  
 - Muestreo realizado, por el Solicitante.

AMILCAR DIAZ MENDOZA ALONSO  
 INGENIERA CIVIL  
 REG. CIP. 202424



Engineering and Construction S.A.C.  
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE  
SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES

**Proyecto** : "Evaluación de la subrasante utilizando cal y ceniza de cáscara de café en una trocha carrozable en lamud, Amazonas, 2023"

**Solicitante** : Díaz Mendoza, Amílcar Delgado Guevara, Yonel Esteban

**Lugar** : Lamud, Amazonas, 2023

**Fecha de excavación** : 02/10/2023 **Calicata** : C-1

**Fecha de muestreo** : 02/10/2023 **Nivel freático** : No se encontro

**CERTIFICADOS DE PERFIL ESTRATIGRÁFICO**  
**EXPLORACION: C-01**

<b>CALICATA:</b>	C-01	<b>UBICACIÓN:</b>	Lamud, Amazonas
------------------	------	-------------------	-----------------

PROFUNDIDAD	ESTRATO	IDENTIFICACION	SUCS	HUMEDAD	LL	LP	IP	Descripción visual (IN-SITU)
0.1								Terreno Natural
0.2								
0.3								
0.4								
0.5								
0.6								
0.7								
0.8	1.40m	E-01	CL	13.08%	30.32%	16.63%	13.69%	Profundidad de 0.10 - 1.50m. Estrato clasificado en el Sistema "SUCS", como un suelo, "CL", Arcilla arenosa de baja plasticidad, identificado en el sistema AASTHO, como A-6 (8), suelos de claro, suelo semi compacto, con un intermedio contenido de humedad natural e intermedio indice de plasticidad.
0.9								
1.00								
1.10								
1.20								
1.30								
1.40								
1.50								

Observaciones:

M = Muestra  
C = Calicata  
S/M = Sin muestra

ANSELMO VILLANUEVA, ALCALDE  
INGENIERA CIVIL  
REG. CIP. 252424



Engineering and Construction S.A.C.  
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE  
SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES

**Proyecto:** "Evaluación de la subrasante utilizando cal y ceniza de cáscara de café en una trocha carrozable en Lamud, Amazonas, 2023"

**Solicitante:** Díaz Mendoza, Amílcar Delgado Guevara, Yonel Esteban

**Lugar:** Lamud, Amazonas, 2023

**Fecha:** 06/10/2023

### CERTIFICADO DE ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

<b>MUESTRA:</b>	C-1	<b>CAPA:</b>	M-1	<b>MATERIAL:</b>	Terreno Existente
-----------------	-----	--------------	-----	------------------	-------------------

DATOS						
Volumen de molde	cm <sup>3</sup>	943.96	943.96	943.96	943.96	943.96
Peso de molde	g	3750	3750	3750	3750	3750
Peso de la muestra compactada + molde	g	5615	5660	5760	5715	5715
Peso del envase + suelo húmedo	g	85.92	90.94	100.47	106.93	106.93
Peso del envase + suelo seco	g	80.59	83.85	90.89	95.13	95.13
Nº de envase	-	P-01	P-02	P-03	P-04	P-04
Peso del envase	g	17.02	16.49	18.81	18.46	18.46

CÁLCULOS						
Densidad húmeda	g/cm <sup>3</sup>	1.976	2.023	2.129	2.082	2.082
Peso del agua	g	5.3	7.1	9.6	11.8	11.8
Peso de suelo seco	g	63.57	67.4	72.08	76.67	76.67
Contenido de humedad	%	8.4	10.5	13.3	15.4	15.4
Densidad seca	g/cm <sup>3</sup>	1.82	1.83	1.88	1.80	1.80



#### RESULTADOS

M.D.S (g/cm <sup>3</sup> )	1.88
O.C.H (%)	13.25

#### Observaciones:

- Normativa.

NTP 339.127. Suelos. Metodo de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.

NTP 339.141. Suelos. Metodo de ensayo para la compactación del suelo en el laboratorio utilizando energía modificada, 2700kn-m/m<sup>3</sup>.

ING. YONEL ESTEBAN DELGADO GUEVARA  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP. 232424



Calle Coricancha S/N Mz. C Lote 11 -  
Sector Pueblo Libre - Jaén -  
Cajamarca

941915761  
949327495



fmengineeringss@gmail.com



Nº00146584  
Nº00146585



Iso 9001:2015



Engineering and Construction S.A.C.  
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE  
SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES

**Proyecto:** Evaluación de la subrasante utilizando cal y ceniza de cáscara de café en una trocha carrozable en Lamud Amazonas 2023  
**Solicitante:** Díaz Mendoza Amílcar Delgado Guerrero, Yonel Esteban  
**Lugar:** Lamud Amazonas, 2023  
**Fecha:** 11/10/2023

### CERTIFICADO DE ENSAYO: RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA - CBR

MUESTRA: C-1	CAPA: M-1	Adición: 0%
--------------	-----------	-------------

1. Datos:		1		2		3							
1.1 N° de molde	-												
1.2 Diametro interior de molde	cm	15.24		15.24		15.24							
1.3 Altura molde descontando disco espaciado	cm	11.64		11.64		11.64							
1.4 Peso del molde (incluye base)	g	7120		7202		7208							
1.5 N° de capas	-	5		5		5							
1.6 N° de golpes por capa	-	56		25		10							
1.7 Condición de muestra	-	S/Mojar	Mojada	S/Mojar	Mojada	S/Mojar	Mojada						
1.8 Peso molde (incluye base) + suelo húmedo	g	11680	11820	11580	11795	11460	11700						
2. Cálculo de contenido de humedad:		P-01		P-02		P-03		P-04		P-05		P-06	
2.1 Cápsula N°	-												
2.2 Peso de cápsula	g	16.50		15.60		10.48		19.13		15.04		16.50	
2.3 Cápsula + Suelo Húmedo	g	96.96		93.74		91.32		99.56		102.97		80.01	
2.4 Cápsula + Suelo Seco	g	87.30		83.35		81.92		88.01		92.68		70.40	
2.5 Peso de agua contenida (2.3-2.4)	g	9.66		10.39		9.40		11.55		10.29		9.61	
2.6 Peso suelo seco (2.4-2.2)	g	70.80		67.75		71.44		68.88		77.64		53.90	
2.7 Contenido de Humedad (2.5/2.6)	%	13.64		15.34		13.16		16.77		13.25		17.83	
3. Resultados:		1		2		3							
3.1 Área superficial del molde	pulg <sup>2</sup>	28.27		28.27		28.27							
3.2 Volumen de suelo	cm <sup>3</sup>	2143.00		2143.00		2143.00							
3.3 Peso del suelo húmedo (1.8-1.4)	g	4560	4700	4378	4593	4252	4492						
3.4 Densidad húmeda (3.3/3.2)	g/cm <sup>3</sup>	2.128	2.191	2.043	2.143	1.984	2.096						
3.5 Densidad Seca (3.4/(1+2.7/100))	g/cm <sup>3</sup>	1.873	1.901	1.805	1.835	1.752	1.779						

EXPANSION		MOLDE		1			2			3		
FECHA	HORA	TIEMPO (horas)	DIAL Pulg	Expansión (mm)		DIAL Pulg	Expansión (mm)		DIAL Pulg	Expansión (mm)		
07-Oct	03:00:00 a. m.	0	0.000	-	-	0.000	-	-	0.000	-	-	
08-Oct	03:00:00 a. m.	24	0.450	11.430	9.820%	0.82	20.828	17.893%	0.770	19.558	16.802%	
09-Oct	03:00:00 a. m.	48	0.490	12.446	10.692%	0.86	21.844	18.766%	0.780	19.812	17.021%	
10-Oct	03:00:00 a. m.	72	0.650	16.510	14.184%	0.96	24.384	20.948%	0.820	20.828	17.893%	
11-Oct	03:00:00 a. m.	96	0.800	20.320	17.457%	0.99	25.146	21.603%	0.840	21.336	18.330%	

PENETRACION		MOLDE		1					2					3				
PENETRACION		CARGA ESTANDAR (lb/pulg <sup>2</sup> )	CARGA					CARGA					CARGA					
polgadas	mm		Lectura	lb	lb/pulg <sup>2</sup>	Correc.	%	Lectura	lb	lb/pulg <sup>2</sup>	Correc.	%	Lectura	lb	lb/pulg <sup>2</sup>	Correc.	%	
0.00		1000	0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00			
0.025	0.64		5.00	11.02	3.67			5.00	14.90	4.97			4.00	8.82	2.94			
0.050	1.27		13.00	28.66	9.55			11.00	21.50	7.17			9.00	19.84	6.01			
0.075	1.91		20.00	44.09	14.70			15.00	28.20	9.40			12.00	26.46	8.02			
0.100	2.54		26.00	57.32	19.11	18.31	1.83	17.00	37.48	12.49	12.78	1.28	14.00	30.86	10.29	10.94	1.09	
0.125	3.18		30.00	66.14	22.05			22.00	48.50	16.17			18.00	39.68	13.23			
0.150	3.81		34.00	74.96	24.99			25.00	55.12	18.37			20.00	44.09	14.70			
0.175	4.45		36.00	79.37	26.46			26.00	57.32	19.11			22.00	48.50	16.17			
0.200	5.08		42.00	92.59	30.86	30.80	2.05	28.00	63.93	21.31	20.91	1.39	23.00	50.71	16.90	16.99	1.13	
0.300	7.62		54.00	119.05	39.68			35.00	77.16	25.72			27.00	59.52	19.84			
0.400	10.16		62.00	136.69	45.56			41.00	90.39	30.13			31.00	68.34	22.78			
0.500	12.70		71.00	156.53	52.18			47.00	103.62	34.54			36.00	79.37	26.46			

**Observaciones:**  
- Normativa:  
NTP 139.145. Suelos. Métodos de ensayo de CBR. Relación de Soporte de California, de suelos compactados en el laboratorio.

*Amílcar Díaz Mendoza*  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP. 202404



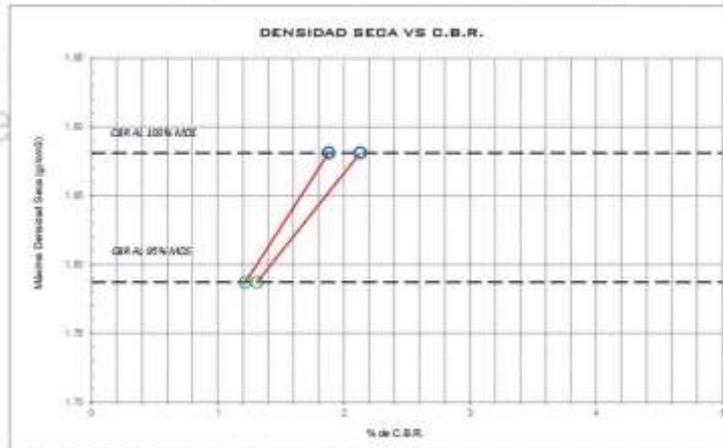
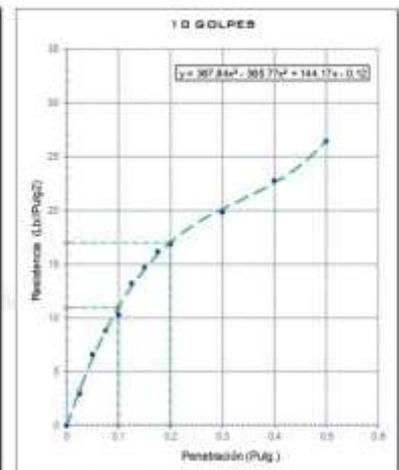
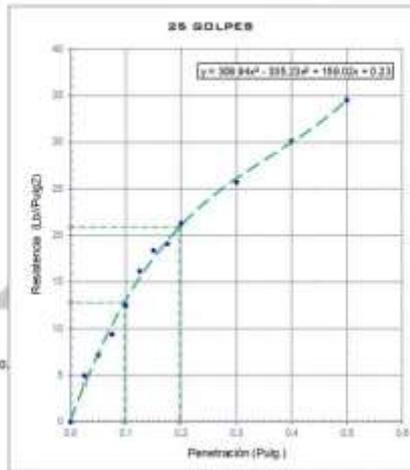
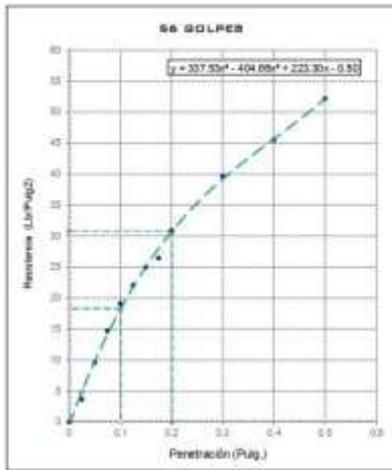
Engineering and Construction S.A.C.  
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE  
SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES

## CERTIFICADO DE ENSAYO: RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA - CBR

DATOS DEL PROCTOR	
Humedad óptima (%)	13.25
Máxima densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.88
95% MDS (g/cm <sup>3</sup> )	1.79

DATOS DEL CBR	
CBR al 100%: 0.1"	1.88
CBR al 95% de MDS (%)	1.22
CBR al 100%: 0.2"	2.13
CBR al 95% de MDS (%)	1.31



**Observaciones:**

- Normativa:

M79.339.145. Suelos. Métodos de ensayo de CBR. Relación de Soporte de California, de suelos compactados en el laboratorio.

*Angela Wiro Villanueva*  
INGENIERA WIRON VILLANUEVA M.C. DE  
INGENIERA CIVIL  
REG. CIP. 302434



Calle Coricancha S/N Mz. C Lote 11 -  
Sector Pueblo Libre - Jaén -  
Cajamarca

943915761  
949327495



[ingenier@ngsas.com](mailto:ingenier@ngsas.com)

Indecopi

N°00146584  
N°00146585



ISO 9001:2015

### 6.3. Ensayos para la Calicata N° 02



**PROYECTO** : "Evaluación de la subrasante utilizando cal y ceniza de cáscara de café en una trocha carrozable en lamud, Amazonas, 2023"  
**SOLICITANTE** : Díaz Mendoza, Amílcar Delgado Guevara, Yonel Esteban  
**UBICACIÓN** : Lamud, Amazonas, 2023  
**FECHA** : 05/10/2023  
**ENSAYO** : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico - N.T.P. 399.128  
 SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo NTP.339.129  
 SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo - N.T.P. 339.127

#### CERTIFICADO DE ENSAYOS

Calicata: C-02 Muestra: E - 01 Profundidad: 0.20 - 1.50m

Análisis Granulométrico por tamizado				Ensayo de Límite de Atterberg	
Nº Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados	% Retenido Que pasa		
5"	75.000	0.0	100.0	Límite líquido (LL)	29.77 (%)
2"	50.000	0.0	100.0	Límite Plástico (LP)	20.58 (%)
1 1/2"	37.500	0.0	100.0	Índice Plástico (IP)	9.19 (%)
1"	25.000	0.0	100.0		
3/4"	19.000	0.0	100.0		
1/2"	12.500	0.0	100.0		
3/8"	9.500	2.3	97.7		
1/4"	6.300	2.3	97.7		
Nº 4	4.750	6.0	94.0		
Nº 10	2.000	12.0	88.0		
Nº 20	0.850	17.9	82.1		
Nº 40	0.425	22.2	77.8		
Nº 60	0.250	25.3	74.7		
Nº 140	0.106	30.9	69.1		
Nº 200	0.075	33.4	66.6		
Distribución granulométrica				CURVA DE FLUIDEZ	
% Grava	G.G. %	0.0	5.0		CL
	G.F. %	6.0			
% Arena	A.G. %	6.0	27.4	Clasificación (S.U.C.S.)	CL
	A.M. %	10.2		Descripción del suelo	Arcilla arenosa de baja plasticidad
	A.P. %	11.2		Clasificación (AASHTO)	A-4 (7)
% Arcilla y Limo		66.6	66.6	Descripción	REGULAR-MALO
Total			100.0		
Contenido de Humedad (%)			20.60		
CURVA GRANULOMETRICA					

**Observación:**  
 - Muestreo realizado, por el Solicitante.

ANGELICA VILLARREAL ALCALDE  
 INGENIERA CIVIL  
 REG. OR. 232424



Engineering and Construction S.A.C.  
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE  
SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES

**Proyecto** : "Evaluación de la subrasante utilizando cal y ceniza de cáscara de café en una trocha carrozable en lamud, Amazonas, 2023"

**Solicitante** : Díaz Mendoza, Amílcar Delgado Guevara, Yonel Esteban

**Lugar** : Lamud, Amazonas, 2023

**Fecha de excavación** : 02/10/2023 **Calicata** : C-2

**Fecha de muestreo** : 02/10/2023 **Nivel freático** : No se encontro

**CERTIFICADOS DE PERFIL ESTRATIGRÁFICO**  
**EXPLORACIÓN: C-02**

<b>CALICATA:</b>	C-02	<b>UBICACIÓN:</b>	Lamud, Amazonas
------------------	------	-------------------	-----------------

PROFUNDIDAD	ESTRATO	IDENTIFICACION	SUCS	HUMEDAD	LL	LP	IP	Descripción visual (IN-SITU)
0.1								Terreno Natural
0.2								
0.3	1.30m	E-01	CL	20.60%	29.77%	20.58%	9.19%	Profundidad de 0.20 - 1.50m. Estrato clasificado en el Sistema "SUCS", como un suelo, "CL", Arcilla arenosa de baja plasticidad, identificado en el sistema AASTHO, como A 4 (7), suelos de claro, suelo semi compacto, con un intermedio contenido de humedad natural e intermedio índice de plasticidad.
0.4								
0.5								
0.6								
0.7								
0.8								
0.9								
1.00								
1.10								
1.20								
1.30								
1.40								
1.50								

Observaciones:

M = Muestra  
C = Calicata  
S/M = Sin muestra

ANGELA YIMBA VELAZQUEZ, D.C. INGENIERA CIVIL  
REG. GIP. 232424

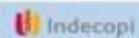


Calle Coricancha S/N Mz. C Lote 11 -  
Sector Pueblo Libre - Jaén -  
Cajamarca

941915761  
949327495



finengineeringcac@gmail.com



N°00146584  
N°00146585



ISO 9001:2015



Engineering and Construction S.A.C.  
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE  
SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES

Proyecto: "Evaluación de la subrasante utilizando cal y ceniza de cáscara de café en una trocha carrozable en Lamud, Amazonas, 2023"

Solicitante: Díaz Mendoza, Amílcar Delgado Guevara, Yonel Esteban

Lugar: Lamud, Amazonas, 2023

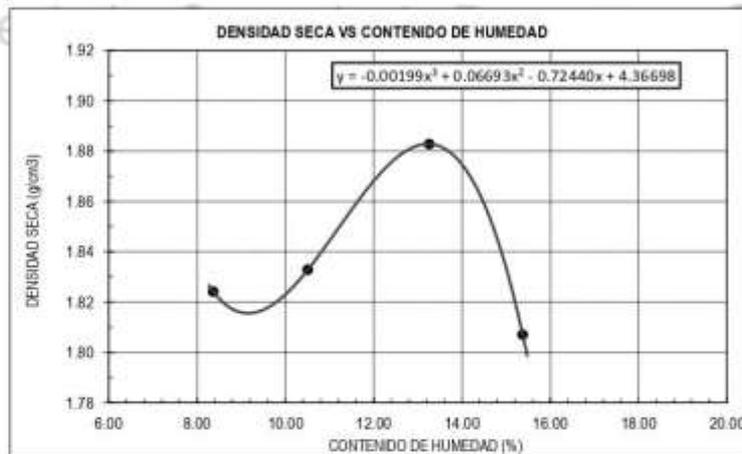
Fecha: 06/10/2023

### CERTIFICADO DE ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

MUESTRA:	C-2	CAPA:	M-1	MATERIAL:	Terreno Existente
----------	-----	-------	-----	-----------	-------------------

DATOS					
Volumen de molde	cm <sup>3</sup>	943.96	943.96	943.96	943.96
Peso de molde	g	3750	3750	3750	3750
Peso de la muestra compactada + molde	g	5616	5662	5763	5718
Peso del envase + suelo húmedo	g	85.91	90.93	100.45	106.92
Peso del envase + suelo seco	g	80.59	83.85	90.89	95.13
Nº de envase	-	P-01	P-02	P-03	P-04
Peso del envase	g	17.00	16.48	18.80	18.45

CÁLCULOS					
Densidad húmeda	g/cm <sup>3</sup>	1.977	2.026	2.133	2.085
Peso de agua	g	5.3	7.1	9.6	11.8
Peso de suelo seco	g	63.59	67.4	72.09	76.68
Contenido de humedad	%	8.4	10.5	13.3	15.4
Densidad seca	g/cm <sup>3</sup>	1.82	1.83	1.88	1.81



#### RESULTADOS

M.D.S (g/cm<sup>3</sup>)

1.89

O.C.H (%)

13.30

#### Observaciones:

- Normativa,

NTP 339.127. Suelos. Metodo de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.

NTP 339.141. Suelos. Metodo de ensayo para la compactación del suelo en el laboratorio utilizando energía modificada, 2700kn-m/m<sup>3</sup>.

INGRID YVONNE VILLANUEVA ALCALDE  
INGENIERA CIVIL  
REG. CIP. 292424



Calle Coriavancha S/N Ma. C Lote 11 -  
Sector Pueblo Libre - Jaén -  
Cajamarca

941915761  
949327495



fmengineeringso@gmail.com

Indecopi

Nº00146584

Nº00146585



ISO 9001:2015



Engineering and Construction S.A.C.  
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE  
SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES

**Proyecto:** "Evaluación de la subrasante utilizando cal y ceniza de cáscara de café en una trocha carrozable en Lamud, Amazonas, 2023"  
**Solicitante:** Díaz Mendoza, Amílcar Delgado Guevara, Yonel Esteban  
**Lugar:** Lamud, Amazonas, 2023  
**Fecha:** 11/10/2023

### CERTIFICADO DE ENSAYO: RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA - CBR

**MUESTRA:** C-2 **CAPA:** M-1 **Adición:** 0%

1. Datos:		1		2		3	
1.1 N° de molde	-	1		2		3	
1.2 Diámetro Interior de molde	cm	15.24		15.24		15.24	
1.3 Altura molde descontando disco espaciador	cm	11.64		11.64		11.64	
1.4 Peso del molde (incluye base)	g	7120		7202		7206	
1.5 N° de capas	-	5		5		5	
1.6 N° de golpes por capa	-	56		25		10	
1.7 Condición de muestra	-	S/Mojar	Mojada	S/Mojar	Mojada	S/Mojar	Mojada
1.8 Peso molde (incluye base) + suelo húmedo	g	11681	11821	11581	11796	11461	11701
<b>2. Cálculo de contenido de humedad:</b>							
2.1 Cápsula N°	-	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05	P-06
2.2 Peso de cápsula	g	16.51	15.61	10.49	19.14	15.05	16.55
2.3 Cápsula + Suelo Húmedo	g	96.97	93.75	91.33	99.57	102.98	80.02
2.4 Cápsula + Suelo Seco	g	87.31	83.36	81.93	88.02	92.69	70.41
2.5 Peso de agua contenida (2.3-2.4)	g	9.66	10.39	9.40	11.55	10.29	9.61
2.6 Peso suelo seco (2.4-2.2)	g	70.80	67.75	71.44	68.88	77.64	53.86
2.7 Contenido de Humedad (2.5/2.6)	%	13.64	15.34	13.16	16.77	13.25	17.84
<b>3. Resultados:</b>							
3.1 Área superficial del molde	pulg2	28.27		28.27		28.27	
3.2 Volumen de suelo	cm3	2145.00		2145.00		2143.00	
3.3 Peso del suelo húmedo (1.8-1.4)	g	4561	4701	4329	4594	4253	4493
3.4 Densidad húmeda (3.3/3.2)	g/cm3	2.128	2.194	2.043	2.144	1.985	2.097
3.5 Densidad Seca (3.4/(1+2.7/100))	g/cm3	1.873	1.902	1.805	1.836	1.753	1.790

EXPANSION		MOLDE			1			2			3		
FECHA	HORA	TIEMPO (horas)	DIAL (Pulg)	Expansión (mm) (%)		DIAL (Pulg)	Expansión (mm) (%)		DIAL (Pulg)	Expansión (mm) (%)			
07-Oct	04:00:00 a. m.	0	0.000			0.000			0.000				
08-Oct	04:00:00 a. m.	24	0.450	11.430	9.820%	0.82	20.828	17.893%	0.770	19.558	16.802%		
09-Oct	04:00:00 a. m.	48	0.490	12.446	10.692%	0.86	21.844	18.766%	0.780	19.812	17.021%		
10-Oct	04:00:00 a. m.	72	0.650	16.510	14.184%	0.96	24.384	20.948%	0.820	20.828	17.893%		
11-Oct	04:00:00 a. m.	96	0.800	20.320	17.457%	0.99	25.146	21.603%	0.840	21.336	18.330%		

PENETRACION		MOLDE			1				2				3				
pulgadas	mm	CARGA ESTANDAR (lb/pulg2)	CARGA				CARGA				CARGA						
			Lectura	lb	lb/pulg2	Correc.	%	Lectura	lb	lb/pulg2	Correc.	%	Lectura	lb	lb/pulg2	Correc.	%
0.000			0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00		
0.025	0.64		8.00	17.64	5.88			8.00	14.90	4.97			7.00	15.43	5.14		
0.050	1.27		16.00	35.27	11.76			14.00	21.50	7.17			12.00	26.46	8.82		
0.075	1.91		23.00	50.71	16.90			18.00	28.20	9.40			15.00	33.07	11.02		
0.100	2.54	1000	29.00	68.03	21.31	19.58	1.06	20.00	44.09	14.70	14.64	1.46	17.00	37.48	12.49	12.52	1.25
0.125	3.18		33.00	72.75	24.25			25.00	55.12	18.37			21.00	46.30	15.43		
0.150	3.81		37.00	81.57	27.19			28.00	61.73	20.58			23.00	50.71	16.90		
0.175	4.45		38.00	88.78	27.93			29.00	63.93	21.31			25.00	55.12	18.37		
0.200	5.08	1500	45.00	99.21	33.07	32.60	2.17	32.00	70.55	23.52	23.38	1.56	26.00	57.32	19.11	19.12	1.27
0.300	7.62		57.00	125.66	41.89			38.00	83.78	27.93			30.00	66.14	22.05		
0.400	10.16		65.00	143.10	47.77			44.00	97.00	32.33			34.00	74.96	24.90		
0.500	12.70		73.00	160.94	53.85			51.00	112.44	37.48			39.00	85.98	28.66		

**Observaciones:**  
- Normativa: NTP 339.145. Suelos. Métodos de ensayo de CBR. Relación de Soporte de California, de suelos compactados en el laboratorio.

*Rafael*  
INGENIERO WILLIAM ALCALDE  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP. 895424



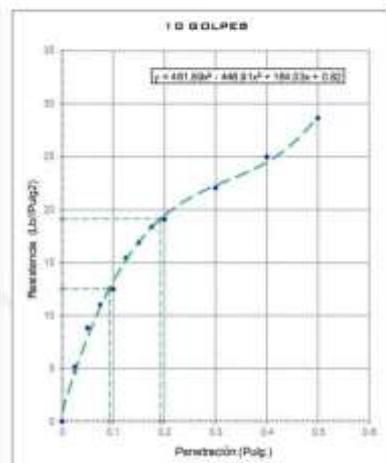
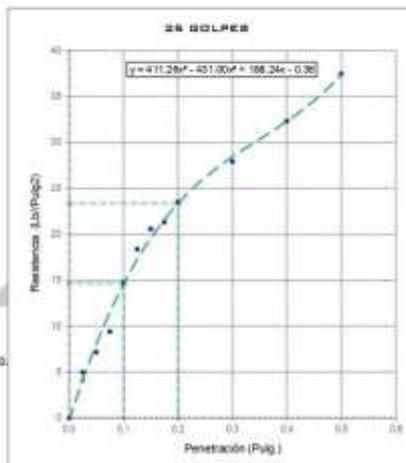
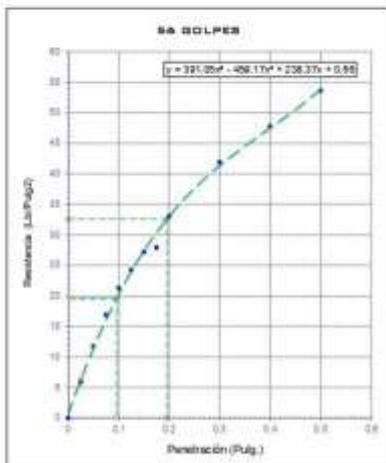
Engineering and Construction S.A.C.  
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE  
SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES

### CERTIFICADO DE ENSAYO: RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA - CBR

DATOS DEL PROCTOR	
Humedad óptima (%)	13.30
Máxima densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.89
95% MDS (g/cm <sup>3</sup> )	1.80

DATOS DEL CBR	
CBR al 100%: 0.1"	2.06
CBR al 95% de MDS (%)	1.42
CBR al 100%: 0.2"	2.33
CBR al 95% de MDS (%)	1.51



**Observaciones:**

- Normativa:

NTP 339.145. Suelos. Métodos de ensayo de CBR. Relación de Soporte de California, de suelos compactados en el laboratorio.

*Rodriguez*  
INGENIERO DE LÍNEA ALCALDE  
INGENIERA CIVIL  
REG. CIP. 998494



Calle Coricancha S/N Mz. C Lote 11 -  
Sector Pueblo Libre - Joán -  
Cajamarca



941915761  
949327495



fmconstruccions@gmail.com



N°00146504  
N°00146505



ISO 9001:2015

## 6.4. Ensayos para la Calicata N° 03



**PROYECTO** : "Evaluación de la subrasante utilizando cal y ceniza de cáscara de café en una trocha carrozable en lamud, Amazonas, 2023"

**SOLICITANTE** : Díaz Mendoza, Amílcar      Delgado Guevara, Yonel Esteban

**UBICACIÓN** : Lamud, Amazonas, 2023

**FECHA** : 05/10/2023

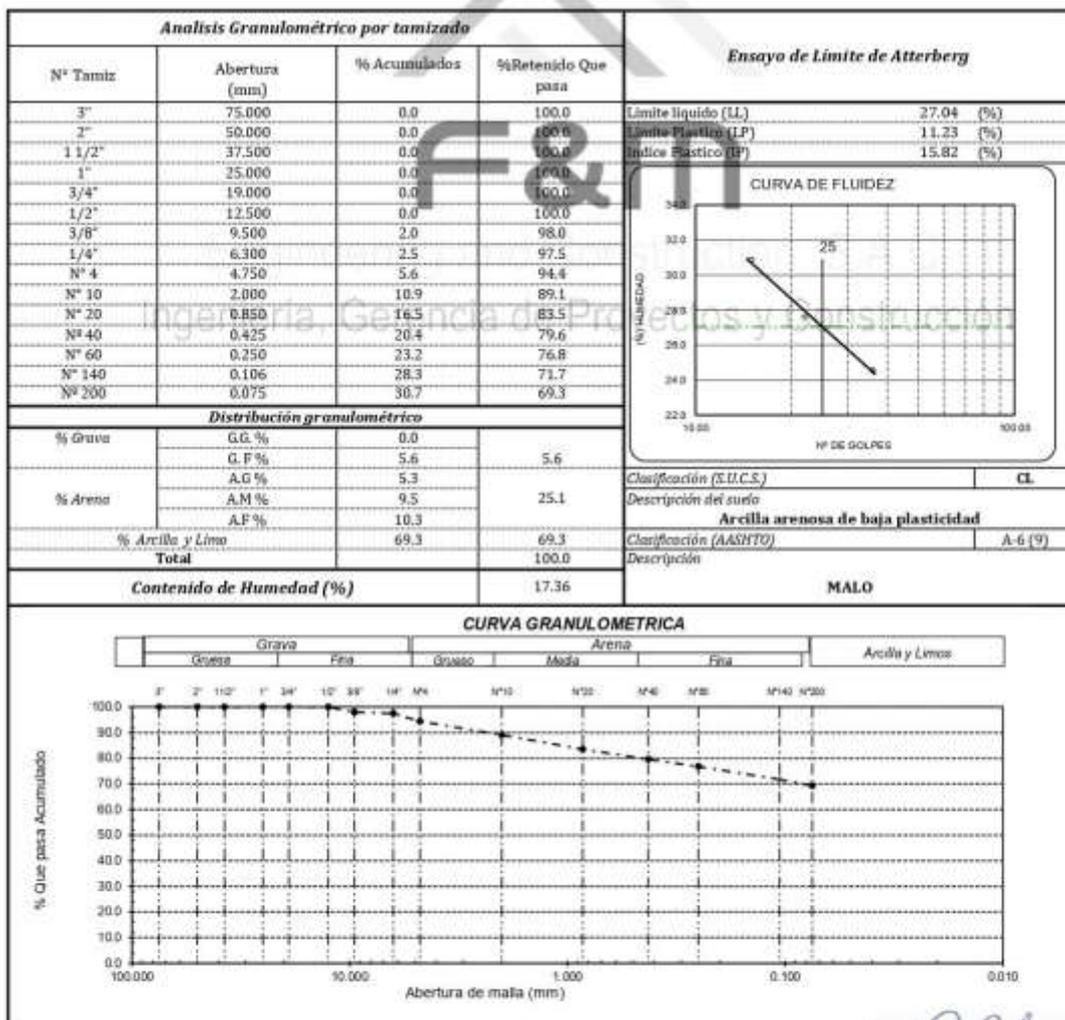
**ENSAYO** : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico - N.T.P. 399.128  
SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo NTP.339.129  
SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo - N.T.P. 339.127

### CERTIFICADO DE ENSAYOS

Calicata: C-03

Muestra: E - 01

Profundidad: 0.10 - 1.50m



Observación:  
- Muestreo realizado, por el Solicitante.

*[Signature]*  
ANITA YIMIRI VELAZQUEZ ALCALDE  
INGENIERA CIVIL  
REG. COP. 232424



Engineering and Construction S.A.C.  
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE  
SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES

Proyecto : "Evaluación de la subrasante utilizando cal y ceniza de cáscara de café en una trocha carrozable en  
lamud, Amazonas, 2023"  
Solicitante : Díaz Mendoza, Amílcar Delgado Guevara, Yonel Esteban  
Lugar : Lamud, Amazonas, 2023  
Fecha de excavación : 02/10/2023 Calicata : C-3  
Fecha de muestreo : 02/10/2023 Nivel freático : No se encontro

**CERTIFICADOS DE PERFIL ESTRATIGRÁFICO**  
**EXPLORACION: C-03**

CALICATA:	C-03	UBICACIÓN:	Lamud, Amazonas
-----------	------	------------	-----------------

PROFUNDIDAD	ESTRATO	IDENTIFICACION	SUCS	HUMEDAD	LL	LP	IP	Descripción visual (IN-SITU)
0.1								Terreno Natural
0.2								
0.3								
0.4								
0.5								
0.6								
0.7								
0.8	1.40m	E-01	CL	17.36%	27.04%	11.23%	15.82%	Profundidad de 0.10 - 1.50m. Estrato clasificado en el Sistema "SUCS", como un suelo, "CL", Arcilla arenosa de baja plasticidad, identificado en el sistema AASTHO, como A 6 (9), suelos de claro, suelo semi compacto, con un intermedio contenido de humedad natural e intermedio índice de plasticidad.
0.9								
1.00								
1.10								
1.20								
1.30								
1.40								
1.50								

Observaciones:

M = Muestra  
C = Calicata  
S/M = Sin muestra

INGENIERO YONEL ESTEBAN, ALCALDE  
INGENIERIA CIVIL  
REG. CIP. 232424



Calle Coricancha S/N Mz. C Lote 11 -  
Sector Pueblo Libre - Jaén -  
Cajamarca



941915761  
949327495



fmengineeringcaci@gmail.com



N°00146504  
N°00146585



Iso 9001:2015



Engineering and Construction S.A.C.  
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE  
SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES

Proyecto: "Evaluación de la subrasante utilizando cal y ceniza de cáscara de café en una trocha carrozable en Lamud, Amazonas, 2023"

Solicitante: Díaz Mendoza, Amílcar Delgado Guevara, Yonel Esteban

Lugar: Lamud, Amazonas, 2023

Fecha: 07/10/2023

### CERTIFICADO DE ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

MUESTRA:	C-3	CAPA:	M-1	MATERIAL:	Terreno Existente
----------	-----	-------	-----	-----------	-------------------

DATOS					
Volumen de molde	cm <sup>3</sup>	943.96	943.96	943.96	943.96
Peso de molde	g	3751	3751	3751	3751
Peso de la muestra compactada + molde	g	5615	5661	5762	5717
Peso del envase + suelo húmedo	g	85.90	90.92	100.43	106.90
Peso del envase + suelo seco	g	80.58	83.84	90.87	95.11
Nº de envase	-	P-01	P-02	P-03	P-04
Peso del envase	g	17.00	16.48	18.80	18.45

CÁLCULOS					
Densidad húmeda	g/cm <sup>3</sup>	1.975	2.023	2.130	2.083
Peso del agua	g	5.3	7.1	9.6	11.8
Peso de suelo seco	g	63.58	67.4	72.07	76.66
Contenido de humedad	%	8.4	10.5	13.3	15.4
Densidad seca	g/cm <sup>3</sup>	1.82	1.83	1.88	1.81



### RESULTADOS

M.D.S (g/cm<sup>3</sup>)

1.88

O.C.H (%)

13.23

### Observaciones:

- Normativa.

NTP 339.127. Suelos. Metodo de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.

NTP 339.141. Suelos. Metodo de ensayo para la compactación del suelo en el laboratorio utilizando energía modificada, 2700kn-m/m<sup>3</sup>.

INGENIERA YVONNE VILLANUEVA ALCALDE  
INGENIERA CIVIL  
REG. CIP. 292424



Calle Corhuncha S/N Ms. C Lote 11 -  
Sector Pueblo Libre - Jaén -  
Cajamarca

941915761  
949327495



fmengineeringnac@gmail.com

Indecopi

N°00146584

N°00146585



ISO 9001:2015



Engineering and Construction S.A.C.  
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

**SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

Proyecto: "Evaluación de la rubesante utilizando cal y ceniza de cáscara de café en una trocha carrozable en Lamud, Amazonas, 2023"  
Solicitante: Díaz Mendoza, Amílcar Delgado Guevara, Yonel Esteban  
Lugar: Lamud, Amazonas, 2023  
Fecha: 12/10/2023

**CERTIFICADO DE ENSAYO:  
RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA - CBR**

MUESTRA: C-3		CAPA: M-1		Adición:		0%	
<b>1. Datos:</b>							
1.1 N° de molde	-	1		2		3	
1.2 Diámetro interior de molde	cm	15.24		15.24		15.24	
1.3 Altura molde descontando disco espaciado	cm	11.64		11.64		11.64	
1.4 Peso del molde (incluye base)	g	7122		7203		7209	
1.5 N° de capas	-	5		5		5	
1.6 N° de golpes por capa	-	56		25		10	
1.7 Condición de muestra	-	S/Mojar		Mojada		S/Mojar	
1.8 Peso molde (incluye base) + suelo húmedo	g	11682		11582		11797	
1.9 Condición de suelo		Mojada		Mojada		Mojada	
2. Cálculo de contenido de humedad:		P-01		P-02		P-03	
2.1 Cápsula N°	-	P-01		P-02		P-03	
2.2 Peso de cápsula	g	16.52		15.62		10.50	
2.3 Cápsula + Suelo Húmedo	g	96.98		93.76		99.58	
2.4 Cápsula + Suelo Seco	g	87.52		83.37		88.03	
2.5 Peso de agua contenida (2.3-2.4)	g	9.66		10.39		9.40	
2.6 Peso suelo seco (2.4-2.2)	g	70.80		67.75		71.44	
2.7 Contenido de Humedad (2.5/2.6)	%	13.64		15.34		13.16	
<b>3. Resultados:</b>							
3.1 Área superficial del molde	pulg <sup>2</sup>	28.27		28.27		28.27	
3.2 Volumen de suelo	cm <sup>3</sup>	2143.00		2143.00		2143.00	
3.3 Peso del suelo húmedo (1.8-1.4)	g	4560		4700		4594	
3.4 Densidad húmeda (3.3/3.2)	g/cm <sup>3</sup>	2.128		2.199		2.144	
3.5 Densidad Seca (3.4/(1+2.7/100))	g/cm <sup>3</sup>	1.873		1.901		1.805	

EXPANSION		MOLDE		1			2			3		
FECHA	HORA	TIEMPO (horas)	DIAL	Expansión		DIAL	Expansión		DIAL	Expansión		
			Pulg	(mm)	(%)	Pulg	(mm)	(%)	Pulg	(mm)	(%)	
08-Oct	02:00:00 a. m.	0	0.000			0.000			0.000			
09-Oct	02:00:00 a. m.	24	0.450	11.630	9.820%	0.82	20.828	17.893%	0.770	19.558	16.802%	
10-Oct	02:00:00 a. m.	48	0.490	12.446	10.692%	0.86	21.844	18.766%	0.780	19.812	17.021%	
11-Oct	02:00:00 a. m.	72	0.650	16.510	14.184%	0.96	24.384	20.948%	0.820	20.828	17.893%	
12-Oct	02:00:00 a. m.	96	0.800	20.320	17.457%	0.99	25.146	21.603%	0.840	21.336	18.330%	

PENETRACION		MOLDE		1				2				3				
PENETRACION	CARGA ESTANDAR	CARGA				CARGA				CARGA						
pulgadas	mm	Lectura	lb	lb/pulg <sup>2</sup>	Correc.	%	Lectura	lb	lb/pulg <sup>2</sup>	Correc.	%	Lectura	lb	lb/pulg <sup>2</sup>	Correc.	%
0.00		0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00		
0.025	0.64	7.00	15.43	5.14			7.00	14.90	4.97			6.00	13.23	4.41		
0.050	1.27	15.00	33.07	11.02			13.00	21.50	7.17			12.00	26.46	8.82		
0.075	1.91	22.00	48.50	16.17			17.00	28.20	9.40			14.00	30.86	10.29		
0.100	2.54	28.00	61.73	20.58	19.09	1.01	19.00	41.89	13.96	13.78	1.38	16.00	35.27	11.76	11.90	1.19
0.125	3.18	32.00	70.55	23.52			24.00	52.01	17.64			20.00	44.09	14.70		
0.150	3.81	36.00	79.37	26.46			27.00	59.52	19.84			22.00	48.50	16.17		
0.175	4.45	37.00	81.57	27.19			28.00	61.73	20.58			24.00	52.91	17.64		
0.200	5.08	44.00	97.00	32.33	31.95	2.13	31.00	68.34	22.78	22.63	1.51	35.00	55.13	18.37	18.62	1.24
0.300	7.62	58.00	123.46	41.15			37.00	81.57	27.19			31.00	68.34	22.78		
0.400	10.16	64.00	141.10	47.03			45.00	99.21	33.07			33.00	72.75	24.25		
0.500	12.70	72.00	158.73	52.91			50.00	110.23	36.74			38.00	83.78	27.93		

Observaciones:  
- Normativa: NTP 339.145. Suelos. Método de ensayo de CBR. Relación de Soporte de California, de suelos compactados en el laboratorio.

*[Firma]*  
INGENIERO EN CIVIL  
REG. OBT. 225424



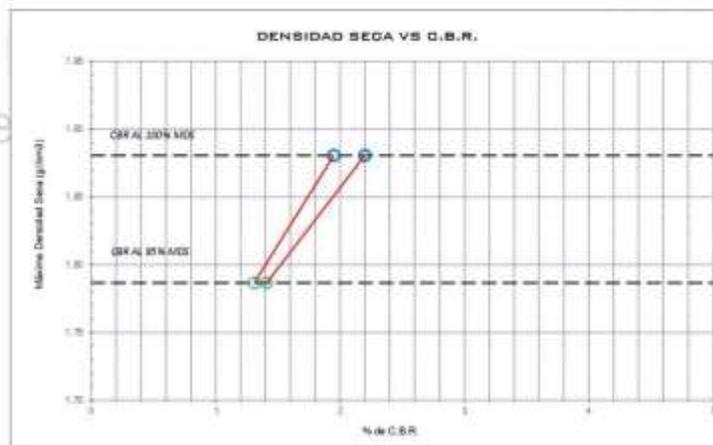
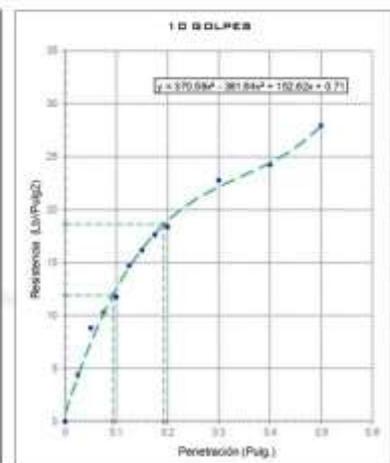
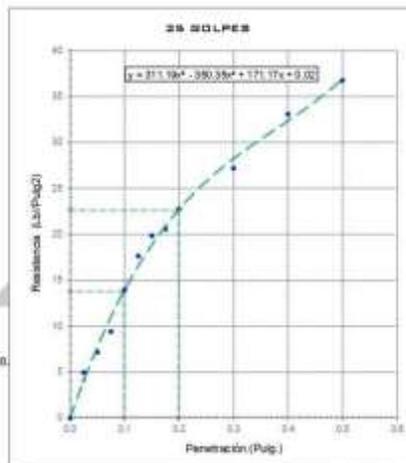
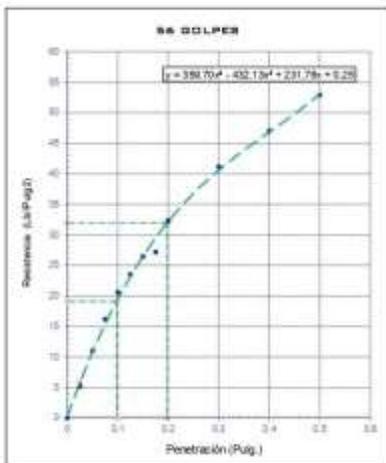
Engineering and Construction S.A.C.  
Ingeniería, Garantía de Proyectos y Construcción

SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE  
SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES

### CERTIFICADO DE ENSAYO: RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA - CBR

DATOS DEL PROCTOR	
Humedad óptima (%)	13.23
Máxima densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.88
95% MDS (g/cm <sup>3</sup> )	1.79

DATOS DEL CBR	
CBR al 100% 0.1"	1.95
CBR al 95% de MDS (%)	1.31
CBR al 100% 0.2"	2.20
CBR al 95% de MDS (%)	1.41



**Observaciones:**

- Normativa:

NTP 539.140. Suelos. Método de ensayo de CBR. Relación de Soporte de California, de suelos compactados en el laboratorio.

*R. P. L.*  
INGENIERO VOLUNTARIO LICENCIADO  
INGENIERIA CIVIL  
REG. PROF. 935494



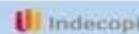
Calle Coricancha S/N Mz. C Lote 11 -  
Sector Pueblo Libre - Jaén -  
Cajamarca



941915761  
949327495



fmengineeringas@gmail.com



N°00146384  
N°00146585



ISO 9001:2015

## 6.5. Ensayos para la Calicata N° 04



**PROYECTO** : "Evaluación de la subrasante utilizando cal y ceniza de cáscara de café en una trocha carrozable en lamud, Amazonas, 2023"  
**SOLICITANTE** : Díaz Mendoza, Amílcar Delgado Guevara, Yonel Esteban  
**UBICACIÓN** : Lamud, Amazonas, 2023  
**FECHA** : 05/10/2023  
**ENSAYO** : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico - N.T.P. 399.128  
 SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo NTP.339.129  
 SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo - N.T.P. 339.127

### CERTIFICADO DE ENSAYOS

Calicata: C-04 Muestra: E - 01 Profundidad: 0.20 - 1.50m

Análisis Granulométrico por tamizado				Ensayo de Límite de Atterberg	
N° Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados	% Retenido Que pasa		
3"	75.000	0.0	100.0	Límite líquido (LL)	32.69 (%)
2"	50.000	0.0	100.0	Límite Plástico (LP)	16.84 (%)
1 1/2"	37.500	0.0	100.0	Índice Plástico (IP)	15.85 (%)
1"	25.000	0.0	100.0		
3/4"	19.000	0.0	100.0		
1/2"	12.500	0.0	100.0		
3/8"	9.500	1.8	98.2		
1/4"	6.300	2.3	97.7		
N° 4	4.750	5.6	94.4		
N° 10	2.000	10.9	89.1		
N° 20	0.850	16.6	83.4		
N° 40	0.425	20.4	79.6		
N° 60	0.250	23.4	76.6		
N° 140	0.106	28.4	71.6		
N° 200	0.075	30.6	69.4		
Distribución granulométrica				CURVA DE FLUIDEZ	
% Grava	G.G. %	0.0	5.6		CL
	G.F. %	5.6			
	A.G. %	5.3			
% Arena	A.M. %	9.5	25.0	Clasificación (S.U.C.S.)	CL
	A.F. %	10.2		Descripción del suelo	Arcilla arenosa de baja plasticidad
% Arcilla y Limo		69.4	69.4	Clasificación (AASHTO)	A-6 (9)
Total		100.0	100.0	Descripción	MALO
Contenido de Humedad (%)			14.65		
CURVA GRANULOMETRICA					

**Observación:**  
 - Muestreo realizado, por el Solicitante.

ANGELO YONIEL VILLANUEVA ALCIDE  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP. 233424



Engineering and Construction S.A.C.  
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE  
SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES

**Proyecto** : "Evaluación de la subrasante utilizando cal y ceniza de cáscara de café en una trocha carrozable en lamud, Amazonas, 2023"

**Solicitante** : Díaz Mendoza, Amílcar Delgado Guevara, Yonel Esteban

**Lugar** : Lamud, Amazonas, 2023

**Fecha de excavación** : 02/10/2023 **Calicata** : C-4

**Fecha de muestreo** : 02/10/2023 **Nivel freático** : No se encontro

**CERTIFICADOS DE PERFIL ESTRATIGRÁFICO**  
**EXPLORACIÓN: C-04**

<b>CALICATA:</b>	C-04	<b>UBICACIÓN:</b>	Lamud, Amazonas
------------------	------	-------------------	-----------------

PROFUNDIDAD	ESTRATO	IDENTIFICACION	SUCS	HUMEDAD	LL	LP	IP	Descripción visual (IN-SITU)
0.1								Terreno Natural
0.2								
0.3	1.30m	E-01	CL	14.65%	32.69%	16.84%	15.85%	Profundidad de 0.20 - 1.50m. Estrato clasificado en el Sistema "SUCS", como un suelo, "CL", Arcilla arenosa de baja plasticidad, identificado en el sistema AASTHO, como A 6 (9), suelos de claro, suelo semi compacto, con un intermedio contenido de humedad natural e intermedio índice de plasticidad.
0.4								
0.5								
0.6								
0.7								
0.8								
0.9								
1.00								
1.10								
1.20								
1.30								
1.40								
1.50								

Observaciones:

M = Muestra  
C = Calicata  
S/M = Sin muestra

INGENIERO CIVIL  
REG. CIP. 222424



Engineering and Construction S.A.C.  
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE  
SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES

Proyecto: "Evaluación de la subrasante utilizando cal y ceniza de cáscara de café en una trocha carrozable en Lamud, Amazonas, 2023"

Solicitante: Díaz Mendoza, Amílcar Delgado Guevara, Yonel Esteban

Lugar: Lamud, Amazonas, 2023

Fecha: 07/10/2023

### CERTIFICADO DE ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

MUESTRA:	C-4	CAPA:	M-1	MATERIAL:	Terreno Existente.
----------	-----	-------	-----	-----------	--------------------

DATOS						
Volumen de molde	cm <sup>3</sup>	943.95	943.95	943.95	943.95	943.95
Peso de molde	g	3752	3752	3752	3752	3752
Peso de la muestra compactada + molde	g	5617	5663	5764	5719	5719
Peso del envase + suelo húmedo	g	85.89	90.90	100.41	106.89	106.89
Peso del envase + suelo seco	g	80.58	83.84	90.87	95.11	95.11
Nº de envase	-	P-01	P-02	P-03	P-04	P-04
Peso del envase	g	17.00	16.48	18.80	18.45	18.45

CÁLCULOS						
Densidad húmeda	g/cm <sup>3</sup>	1.976	2.024	2.131	2.084	2.084
Peso del agua	g	5.3	7.1	9.5	11.8	11.8
Peso de suelo seco	g	63.58	67.4	72.07	76.66	76.66
Contenido de humedad	%	8.4	10.5	13.2	15.4	15.4
Densidad seca	g/cm <sup>3</sup>	1.82	1.83	1.88	1.81	1.81



### RESULTADOS

M.D.S (g/cm <sup>3</sup> )	1.87
O.C.H (%)	13.12

### Observaciones:

- Normativa.

NTP 339.127. Suelos. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.

NTP 339.141. Suelos. Método de ensayo para la compactación del suelo en el laboratorio utilizando energía modificada, 2700kn-m/m<sup>3</sup>.

INGENIERA YANINA VILLANUEVA, ALCALDE  
INGENIERA CIVIL  
REG. CIP. 232424



Calle Coricancha S/N Ms. C Lote 11 -  
Sector Pueblo Libre - Jaén -  
Cajamarca

941915761  
949327495



fengineeringnac@gmail.com



Nº00146504  
Nº00146585



ISO 9001:2015



Engineering and Construction S.A.C.  
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

**SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**Proyecto:** "Evaluación de la subrasante utilizando cal y ceniza de cáscara de café en una trocha carrozable en Lamud, Amazonas, 2023"  
**Solicitante:** Díaz Mendoza, Amílcar Delgado Guevara, Yonel Esteban  
**Lugar:** Lamud, Amazonas, 2023  
**Fecha:** 17/10/2023

**CERTIFICADO DE ENSAYO:  
RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA - CBR**

<b>MUESTRA:</b> C-3	<b>CAPA:</b> M-1	<b>Adición:</b> 0%
---------------------	------------------	--------------------

1. Datos:		1		2		3	
1.1 N° de molde	-						
1.2 Diámetro interior de molde	cm	15.24		15.24		15.24	
1.3 Altura molde descontando disco espaciado	cm	11.64		11.64		11.64	
1.4 Peso del molde (incluye base)	g	7122		7203		7209	
1.5 N° de capas	-	5		5		5	
1.6 N° de golpes por capa	-	56		25		10	
1.7 Condición de muestra	-	S/Mojar	Mojada	S/Mojar	Mojada	S/Mojar	Mojada
1.8 Peso molde (incluye base) + suelo húmedo	g	11682	11822	11582	11797	11462	11702
2. Cálculo de contenido de humedad:		1		2		3	
2.1 Cápsula N°	-	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05	P-06
2.2 Peso de cápsula	g	16.52	15.62	10.50	19.15	15.06	16.56
2.3 Cápsula + Suelo Húmedo	g	96.98	93.76	91.34	99.58	102.99	80.03
2.4 Cápsula + Suelo Seco	g	87.52	83.37	81.94	88.03	92.70	70.42
2.5 Peso de agua contenida (2.3-2.4)	g	9.66	10.39	9.40	11.55	10.29	9.61
2.6 Peso suelo seco (2.4-2.2)	g	70.80	67.75	71.44	68.88	77.64	53.86
2.7 Contenido de Humedad (2.5/2.6)	%	13.64	15.34	13.16	16.77	13.25	17.84
3. Resultados:		1		2		3	
3.1 Área superficial del molde	pulg <sup>2</sup>	28.27		28.27		28.27	
3.2 Volumen de suelo	cm <sup>3</sup>	2145.00		2143.00		2143.00	
3.3 Peso del suelo húmedo (1.8-1.4)	g	4560	4700	4379	4594	4253	4493
3.4 Densidad húmeda (3.3/3.2)	g/cm <sup>3</sup>	2.128	2.198	2.043	2.144	1.985	2.097
3.5 Densidad Seca (3.4/(1+2.7/100))	g/cm <sup>3</sup>	1.873	1.901	1.805	1.836	1.753	1.780

EXPANSION		MOLDE		1		2		3			
FECHA	HORA	TIEMPO (horas)	DIAL Pulg	Expansión (mm) (%)		DIAL Pulg	Expansión (mm) (%)		DIAL Pulg	Expansión (mm) (%)	
08-Oct	02:00:00 a. m.	0	0.000			0.000			0.000		
09-Oct	02:00:00 a. m.	24	0.450	11.630	98.20%	0.82	20.828	17.893%	0.770	19.558	16.802%
10-Oct	02:00:00 a. m.	48	0.490	12.446	10.692%	0.86	21.844	18.766%	0.780	19.812	17.021%
11-Oct	02:00:00 a. m.	72	0.650	16.510	14.184%	0.96	24.384	20.948%	0.820	20.828	17.893%
12-Oct	02:00:00 a. m.	96	0.880	20.320	17.457%	0.99	25.146	21.603%	0.840	21.336	18.330%

PENETRACION		MOLDE		1				2				3					
PENETRACION		CARGA ESTANDAR (lb/pulg <sup>2</sup> )	CARGA				CARGA				CARGA						
pulgadas	mm		Lectura	lb	lb/pulg <sup>2</sup>	Correc.	%	Lectura	lb	lb/pulg <sup>2</sup>	Correc.	%	Lectura	lb	lb/pulg <sup>2</sup>	Correc.	%
0.000			0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00		
0.025	0.04		7.00	15.43	5.14			7.00	14.90	4.97			6.00	13.23	4.41		
0.050	1.27		15.00	33.07	11.02			15.00	21.50	7.17			12.00	26.46	8.82		
0.075	1.91		22.00	48.50	16.17			17.00	28.20	9.40			14.00	30.86	10.29		
0.100	2.54	1000	28.00	61.73	20.58	19.09	1.91	19.00	41.89	13.96	13.78	1.38	16.00	35.27	11.76	11.90	1.19
0.125	3.18		32.00	70.55	23.52			24.00	52.01	17.64			20.00	44.09	14.70		
0.150	3.81		36.00	79.37	26.46			27.00	59.52	19.84			22.00	48.50	16.17		
0.175	4.45		37.00	81.57	27.19			28.00	61.73	20.58			24.00	52.91	17.64		
0.200	5.08	1500	44.00	97.00	32.33	31.95	2.13	31.00	68.34	22.78	22.63	1.51	35.00	55.13	18.37	18.62	1.24
0.300	7.62		56.00	123.46	41.15			37.00	81.57	27.19			31.00	68.34	22.78		
0.400	10.16		64.00	141.10	47.01			45.00	99.21	33.07			33.00	72.75	24.25		
0.500	12.70		72.00	158.73	52.01			50.00	110.23	36.74			38.00	83.78	27.93		

**Observaciones:**  
- Normativa: NTP 339.145. Suelo. Método de ensayo de CBR. Relación de Soporte de California, de suelos compactados en el laboratorio.

*Amílcar Díaz Mendoza*  
INGENIERO EN SISTEMAS DE INGENIERIA ALCALDE  
INGENIERO CIVIL  
REG. OBT. 202424



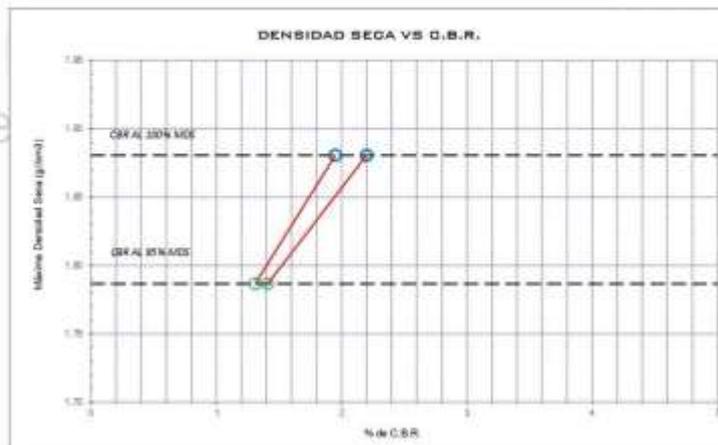
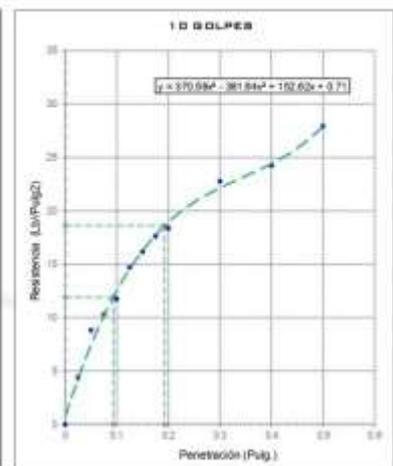
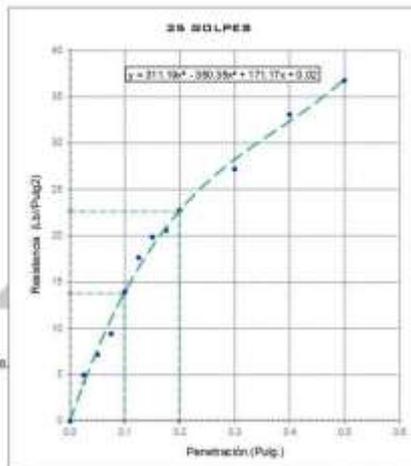
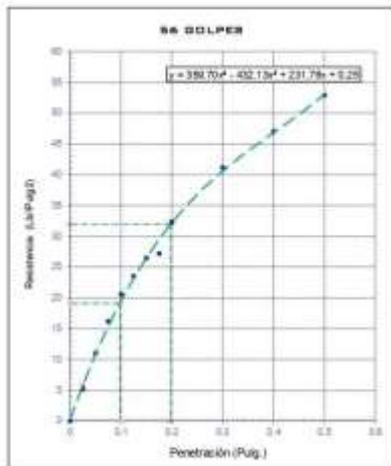
Engineering and Construction S.A.C.  
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE  
SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES

## CERTIFICADO DE ENSAYO: RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA - CBR

DATOS DEL PROCTOR	
Humedad óptima (%)	13.23
Máxima densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.88
95% MDS (g/cm <sup>3</sup> )	1.79

DATOS DEL CBR	
CBR al 100% 0.1"	1.95
CBR al 95% de MDS (%)	1.31
CBR al 100% 0.2"	2.20
CBR al 95% de MDS (%)	1.41



### Observaciones:

- Normativa:

NTP 539.145, Suelos. Método de ensayo de CBR, Relación de Soporte de California, de suelos compactados en el laboratorio.

ING. YANINA VELAZQUEZ ALCALDE  
INGENIERA CIVIL  
REG. CIP. 939494



Calle Coricancha S/N Mc. C Lote 11 -  
Sector Pueblo Libre - Jaén -  
Cajamarca



941915761  
949327495



ingenieros@fym.com.pe

Indecopi

N°00146304  
N°00146585



ISO 9001:2015

## 6.6. Ensayos para la Calicata N° 01+5%Cal



**Proyecto:** "Evaluación de la subrasante utilizando cal y ceniza de cáscara de café en una trocha carrozable en Lamud, Amazonas, 2023"

**Solicitante:** Díaz Mendoza, Amílcar Delgado Guevara, Yonel Esteban

**Lugar:** Lamud, Amazonas, 2023

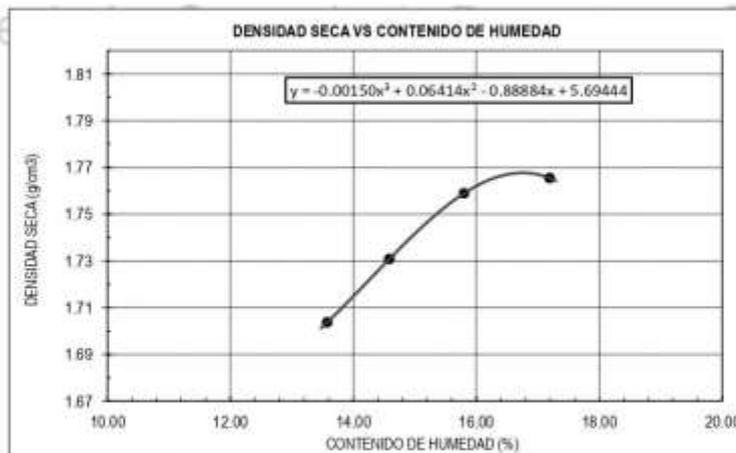
**Fecha:** 13/10/2023

### CERTIFICADO DE ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

<b>MUESTRA:</b>	C-1	<b>CAPA:</b>	M-1	<b>MATERIAL:</b>	Suelo +5% cal
-----------------	-----	--------------	-----	------------------	---------------

DATOS					
Volumen de molde	cm <sup>3</sup>	932.82	932.82	932.82	932.82
Peso de molde	g	3750	3750	3750	3750
Peso de la muestra compactada + molde	g	5555	5600	5650	5680
Peso del envase + suelo húmedo	g	85.12	63.26	84.50	106.93
Peso del envase + suelo seco	g	76.85	57.21	74.40	93.95
N° de envase	-	P-01	P-02	P-03	P-04
Peso del envase	g	15.93	15.73	10.48	18.46

CÁLCULOS					
Densidad húmeda	g/cm <sup>3</sup>	1.935	1.983	2.037	2.069
Peso del agua	g	8.3	6.1	10.1	13.0
Peso de suelo seco	g	60.92	41.5	63.92	75.49
Contenido de humedad	%	13.6	14.6	15.8	17.2
Densidad seca	g/cm <sup>3</sup>	1.70	1.73	1.76	1.77



#### RESULTADOS

M.D.S (g/cm <sup>3</sup> )
1.75

O.C.H (%)
16.63

*Angela Yvonne Villares Alcaide*  
**ANGELA YVONNE VILLARES ALCALDE**  
 INGENIERA CIVIL  
 REG. CIP. 232424

#### Observaciones:

- Normativa.

NTP 339.127. Suelos. Metodo de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.

NTP 339.141. Suelos. Metodo de ensayo para la compactación del suelo en el laboratorio utilizando energía modificada, 2700kn-m/m<sup>3</sup>.



Engineering and Constructors S.A.C.  
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE  
SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES

**Proyecto:** "Evaluación de la subrasante utilizando cal y ceniza de cáscara de café en una trocha carrozable en Lamud, Amazonas, 2023"  
**Solicitante:** Díaz Mendoza, Amílcar Delgado Guevara, Yonel Esteban  
**Lugar:** Lamud, Amazonas, 2023  
**Fecha:** 18/10/2023

**CERTIFICADO DE ENSAYO:**  
**RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA - CBR**

**MUESTRA:** C-1 **CAPA:** M-1 **Adición:** Suelo + 5% cal

1. Datos:		1		2		3	
1.1 N° de molde	-						
1.2 Diámetro interior de molde	cm	15.24		15.24		15.24	
1.3 Altura molde descontando disco espaciado	cm	11.64		11.64		11.64	
1.4 Peso del molde (incluye base)	g	7210		6095		8260	
1.5 N° de capas	-	5		5		5	
1.6 N° de golpes por capa	-	56		25		10	
1.7 Condición de muestra	-	S/Mojar		Mojada		S/Mojar Mojada	
1.8 Peso molde (incluye base) + suelo húmedo	g	11580	11695	11030	11220	11150	11717
2. Cálculo de contenido de humedad:							
2.1 Cápsula N°	-	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05	P-06
2.2 Peso de cápsula	g	19.08	11.89	16.50	16.21	19.18	15.92
2.3 Cápsula + Suelo Húmedo	g	84.43	74.10	82.39	93.81	84.09	87.85
2.4 Cápsula + Suelo Seco	g	78.17	65.07	75.34	81.96	78.80	75.82
2.5 Peso de agua contenida (2.3-2.4)	g	6.26	9.03	7.05	11.85	6.09	12.03
2.6 Peso suelo seco (2.4-2.2)	g	59.09	53.18	58.84	65.75	59.62	59.90
2.7 Contenido de Humedad (2.5/2.6)	%	10.59	16.98	11.98	18.02	10.21	20.08
3. Resultados:							
3.1 Área superficial del molde	puig <sup>2</sup>	28.27		28.27		28.27	
3.2 Volumen de suelo	cm <sup>3</sup>	2143.00		2143.00		2143.00	
3.3 Peso del suelo húmedo (1.8-1.4)	g	4370	4485	4915	5125	2890	3457
3.4 Densidad húmeda (3.3/3.2)	g/cm <sup>3</sup>	2.039	2.093	2.303	2.392	1.349	1.613
3.5 Densidad Seca (3.4/[(1+2.7/100)])	g/cm <sup>3</sup>	1.844	1.789	2.057	2.027	1.224	1.343

EXPANSION

MOLDE		1		2		3		
FECHA	HORA	TIEMPO (horas)	DIAL Pulg	Expansión (mm) (%)		DIAL Pulg	Expansión (mm) (%)	
14-Oct	03:00:00 p. m.	0	0.000			0.000		
15-Oct	03:00:00 p. m.	24	0.021	0.533	0.458%	0.03	0.686	0.589%
16-Oct	03:00:00 p. m.	48	0.022	0.559	0.480%	0.03	0.699	0.600%
17-Oct	03:00:00 p. m.	72	0.026	0.648	0.556%	0.03	0.762	0.655%
18-Oct	03:00:00 p. m.	96	0.026	0.660	0.567%	0.03	0.762	0.655%

PENETRACION

MOLDE			1					2					3				
PENETRACION		CARGA ESTANDAR (lb/pulg <sup>2</sup> )	CARGA					CARGA					CARGA				
pulgadas	mm		Lectura	lb	lb/pulg <sup>2</sup>	Correc.	%	Lectura	lb	lb/pulg <sup>2</sup>	Correc.	%	Lectura	lb	lb/pulg <sup>2</sup>	Correc.	%
0.000			0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00		
0.025	0.64		13.00	28.66	9.55			12.00	14.90	4.97			8.00	17.64	5.88		
0.050	1.27		21.00	46.30	15.43			20.00	21.50	7.17			16.00	35.27	11.76		
0.075	1.91		28.00	61.73	20.58			27.00	28.20	9.40			23.00	50.71	16.90		
0.100	2.54	1000	54.00	119.05	39.68	32.84	3.28	47.00	103.62	34.54	30.11	3.01	41.00	90.39	30.13	25.54	2.55
0.125	3.18		55.00	121.25	40.42			51.00	112.44	37.48			42.00	92.59	30.86		
0.150	3.81		59.00	130.07	43.36			55.00	121.25	40.42			46.00	101.41	33.80		
0.175	4.45		61.00	134.48	44.83			57.00	125.66	41.89			48.00	105.82	35.27		
0.200	5.08	1500	67.00	147.71	49.24	50.43	3.36	63.00	138.89	46.30	47.79	3.19	54.00	119.05	39.68	40.46	2.70
0.300	7.62		79.00	174.16	58.05			75.00	165.35	55.12			66.00	145.50	48.50		
0.400	10.16		87.00	191.80	63.93			83.00	182.98	60.99			74.00	163.14	54.38		
0.500	12.70		96.00	211.64	70.55			92.00	202.83	67.61			83.00	182.98	60.99		

Observaciones:

- Normativa:

NTP 339.145. Suelos. Métodos de ensayo de CBR. Relación de Soporte de California, de suelos compactados en el laboratorio.

ANGELA VILLANENA ALCALDE  
INGENIERA CIVIL  
REG. CIP. 202424



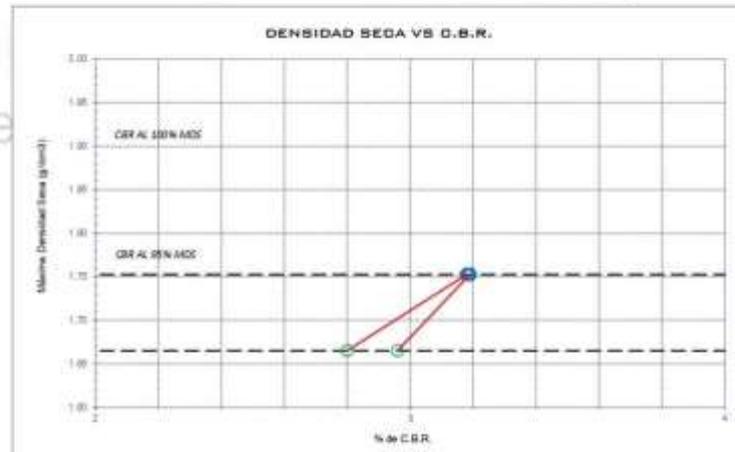
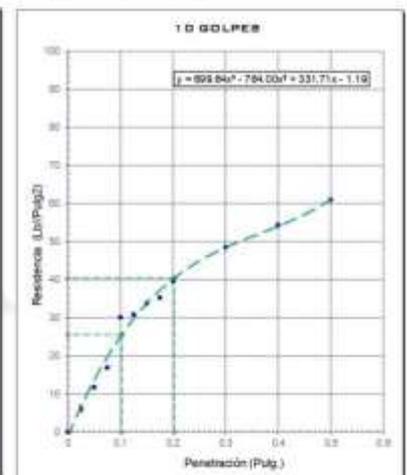
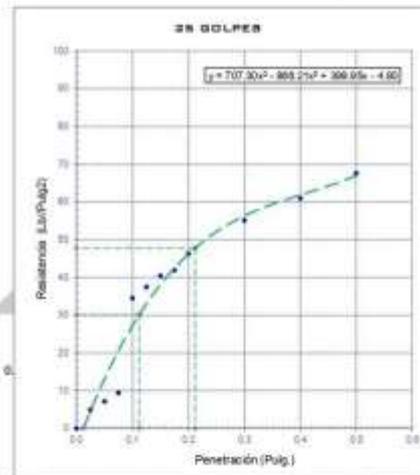
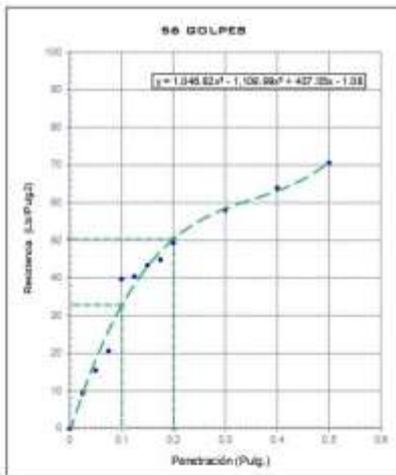
Engineering and Construction S.A.C.  
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE  
SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES

## CERTIFICADO DE ENSAYO: RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA - CBR

DATOS DEL PROCTOR	
Humedad óptima (%)	16.63
Máxima densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.75
95% MDS (g/cm <sup>3</sup> )	1.67

DATOS DEL CBR	
CBR al 100%: 0.1"	3.18
CBR al 95% de MDS (%)	2.80
CBR al 100%: 0.2"	3.19
CBR al 95% de MDS (%)	2.96



### Observaciones:

- Normativa:

NTP 339.145. Suelos. Método de ensayo de CBR. Relación de Soporte de California, de suelos compactados en el laboratorio.

ANA YVONNE VILLANUEVA ALCALDE  
INGENIERA CIVIL  
REG. CIP. 532494



Calle Coricancha S/N Mz. C Lote 11 -  
Sector Pueblo Libre - Jaén -  
Cajamarca



941915761  
949327495



ingenieroscrinosas@gmail.com

Indecopi

N°00146584  
N°00146585



ISO 9001:2015

## 6.7. Ensayos para la Calicata N° 01+10%Cal



**Proyecto:** "Evaluación de la subrasante utilizando cal y ceniza de cáscara de café en una trocha carrozable en Lamud, Amazonas, 2023"

**Solicitante:** Díaz Mendoza, Amílcar Delgado Guevara, Yonel Esteban

**Lugar:** Lamud, Amazonas, 2023

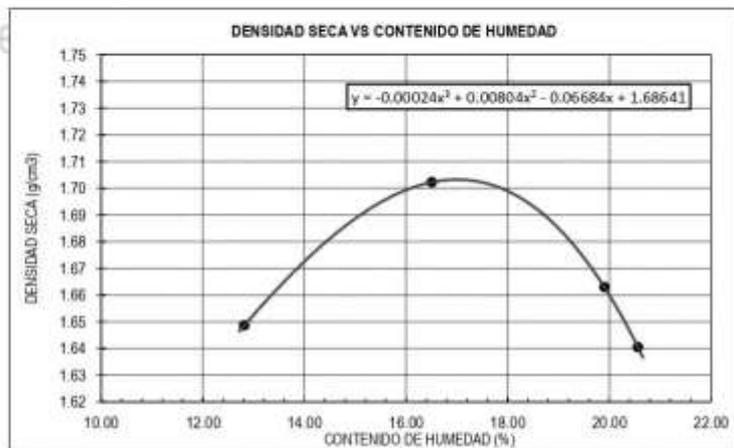
**Fecha:** 13/10/2023

### CERTIFICADO DE ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

<b>MUESTRA:</b>	C-1	<b>CAPA:</b>	M-1	<b>MATERIAL:</b>	Suelo +10% cal
-----------------	-----	--------------	-----	------------------	----------------

DATOS					
Volumen de molde	cm <sup>3</sup>	932.82	932.82	932.82	932.82
Peso de molde	g	3750	3750	3750	3750
Peso de la muestra compactada + molde	g	5485	5595	5600	5610
Peso del envase + suelo húmedo	g	71.80	73.12	83.07	100.93
Peso del envase + suelo seco	g	65.50	63.80	73.95	87.23
N° de envase	-	P-01	P-02	P-03	P-04
Peso del envase	g	16.34	18.48	18.70	18.40

CÁLCULOS					
Densidad húmeda	g/cm <sup>3</sup>	1.860	1.978	1.983	1.994
Peso del agua	g	6.3	9.3	9.1	13.7
Peso de suelo seco	g	49.16	45.3	55.25	68.83
Contenido de humedad	%	12.8	20.6	16.5	19.9
Densidad seca	g/cm <sup>3</sup>	1.65	1.64	1.70	1.66



RESULTADOS	
M.D.S (g/cm <sup>3</sup> )	1.69
O.C.H (%)	16.81

*[Signature]*  
**ANGELA YONEL ESTEBAN ALCALDE**  
 INGENIERA CIVIL  
 REG. CIP. 232424

**Observaciones:**

- Normativa.

NTP 339.127. Suelos. Metodo de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.

NTP 339.141. Suelos. Metodo de ensayo para la compactación del suelo en el laboratorio utilizando energía modificada, 2700kn-m/m<sup>3</sup>.



Engineering and Construction S.A.C.  
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE  
SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES

**Proyecto:** Evaluación de la subrasante utilizando cal y ceniza de cáscara de café en una trocha carrozable en Lamud, Amazonas 2023  
**Solicitante:** Díaz Mendoza, Amílcar Delgado Guevara, Yonel Esteban  
**Lugar:** Lamud, Amazonas, 2023  
**Fecha:** 18/10/2023

## CERTIFICADO DE ENSAYO: RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA - CBR

**MUESTRA:** C-1 **CAPA:** M-1 **Adición:** Suelo + 10% cal

1. Datos:		1		2		3	
1.1 N° de molde	-	1		2		3	
1.2 Diámetro interior de molde	cm	15.24		15.24		15.24	
1.3 Altura molde descontando disco espaciado	cm	11.64		11.64		11.64	
1.4 Peso del molde (incluye base)	g	7115		7375		7445	
1.5 N° de capas	-	5		5		5	
1.6 N° de golpes por capa	-	56		25		10	
1.7 Condición de muestra	-	S/Mojar	Mojada	S/Mojar	Mojada	S/Mojar	Mojada
1.8 Peso molde (incluye base) + suelo húmedo	g	11250	11430	11265	11530	11070	11420
2. Cálculo de contenido de humedad:							
2.1 Cápsula N°	-	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05	P-06
2.2 Peso de cápsula	g	16.50	18.71	11.67	15.72	18.41	18.46
2.3 Cápsula + Suelo Húmedo	g	77.49	93.79	66.31	87.80	82.13	85.94
2.4 Cápsula + Suelo Seco	g	69.46	83.61	59.25	81.96	73.63	73.82
2.5 Peso de agua contenida (2.3-2.4)	g	8.03	10.18	7.06	5.84	8.50	12.12
2.6 Peso suelo seco (2.4-2.2)	g	52.96	64.90	47.58	66.24	55.22	55.36
2.7 Contenido de Humedad (2.5/2.6)	%	15.16	15.69	14.84	8.82	15.39	21.89
3. Resultados:							
3.1 Área superficial del molde	pulg <sup>2</sup>	28.27		28.27		28.27	
3.2 Volumen de suelo	cm <sup>3</sup>	2143.00		2143.00		2143.00	
3.3 Peso del suelo húmedo (1.8-1.4)	g	4135	4515	3890	4155	3625	3975
3.4 Densidad húmeda (3.3/3.2)	g/cm <sup>3</sup>	1.930	2.104	1.835	1.939	1.692	1.855
3.5 Densidad Seca (3.4/(1+2.7/100))	g/cm <sup>3</sup>	1.676	1.741	1.580	1.782	1.466	1.522

EXPANSION		MOLDE		1		2		3			
FECHA	HORA	TIEMPO (horas)	DIAL	Expansión		Expansión		Expansión			
			Pulg	(mm)	(%)	Pulg	(mm)	(%)	Pulg	(mm)	(%)
14-Oct	03:00:00 p. m.	0	0.000	-	-	0.000	-	-	0.000	-	-
15-Oct	03:00:00 p. m.	24	0.025	0.635	0.546%	0.03	0.686	0.589%	0.033	0.838	0.720%
16-Oct	03:00:00 p. m.	48	0.025	0.635	0.546%	0.03	0.686	0.589%	0.034	0.851	0.731%
17-Oct	03:00:00 p. m.	72	0.026	0.648	0.556%	0.03	0.711	0.611%	0.036	0.914	0.786%
18-Oct	03:00:00 p. m.	96	0.026	0.660	0.567%	0.03	0.724	0.622%	0.037	0.940	0.807%

PENETRACION		MOLDE		1		2		3									
PENETRACION		CARGA ESTANDAR	CARGA		CARGA		CARGA										
pulgadas	mm	(lb/pulg <sup>2</sup> )	Lectura	lb	lb/pulg <sup>2</sup>	Correc.	%	Lectura	lb	lb/pulg <sup>2</sup>	Correc.	%	Lectura	lb	lb/pulg <sup>2</sup>	Correc.	%
0.00			0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00		
0.025	0.64		21.00	46.30	15.43			18.00	14.90	4.97			16.00	35.27	11.76		
0.050	1.27		29.00	63.93	21.31			26.00	21.50	7.17			24.00	52.91	17.64		
0.075	1.91		36.00	79.37	26.46			33.00	28.20	9.40			31.00	68.34	22.78		
0.100	2.54	1000	62.00	136.69	45.50	39.30	3.93	59.00	130.07	43.36	37.33	3.73	57.00	125.66	41.89	35.06	3.51
0.125	3.18		63.00	138.89	46.30			60.00	132.28	44.09			58.00	127.87	42.62		
0.150	3.81		74.00	163.14	54.38			69.00	152.12	50.71			64.00	141.10	47.03		
0.175	4.45		76.00	167.55	55.85			71.00	156.53	52.18			66.00	145.50	48.30		
0.200	5.08	1500	82.00	180.78	60.26	60.40	4.03	77.00	169.76	56.59	58.38	3.80	72.00	158.73	52.91	53.79	3.59
0.300	7.62		94.00	207.23	69.08			89.00	196.21	65.40			84.00	185.19	61.73		
0.400	10.16		102.00	224.87	74.90			97.00	213.85	71.28			92.00	202.83	67.61		
0.500	12.70		111.00	244.71	81.57			106.00	233.69	77.90			101.00	222.67	74.22		

**Observaciones:**  
- Normativa.

NTP 399.145. Suelos. Métodos de ensayo de CBR. Relación de Soporte de California, de suelos compactados en el laboratorio.

ANGELA YIPATA VILLALBA M. CALDE  
INGENIERA CIVIL  
REG. CIP. 292424



Calle Coricancha S/N Ma. C Lote 11 -  
Sector Pueblo Libre - Jaén -  
Cajamarca

941915761  
949327495



fmengineering@sac@gmail.com



N°00146584  
N°00146585



Iso 9001:2015



Engineering and Construction S.A.C.  
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE  
SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES

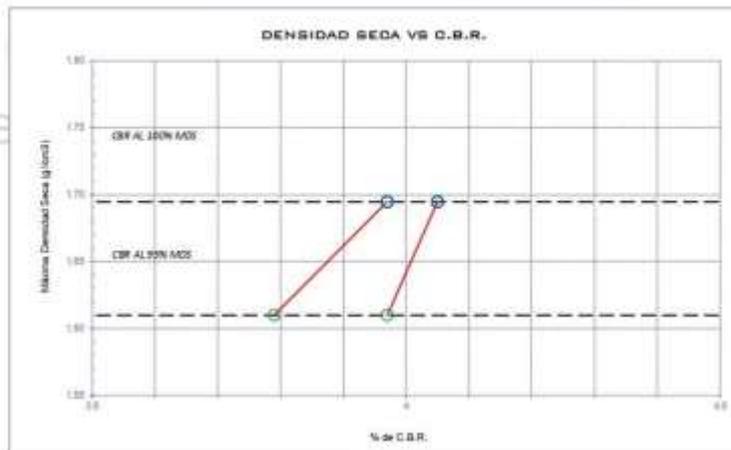
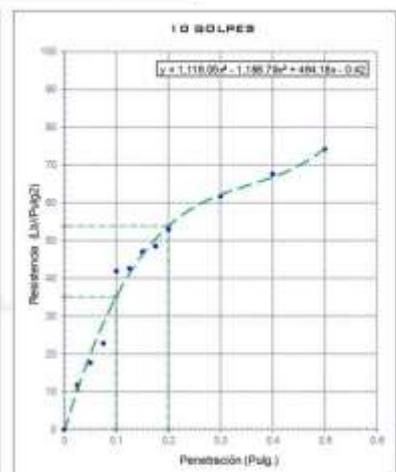
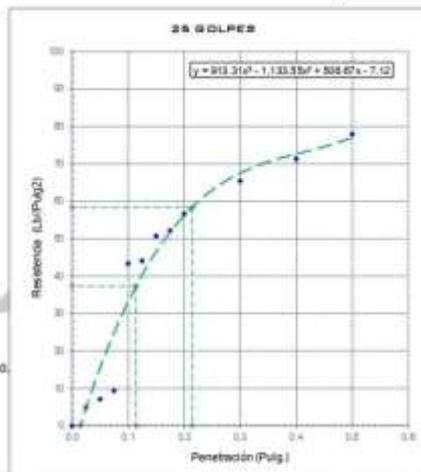
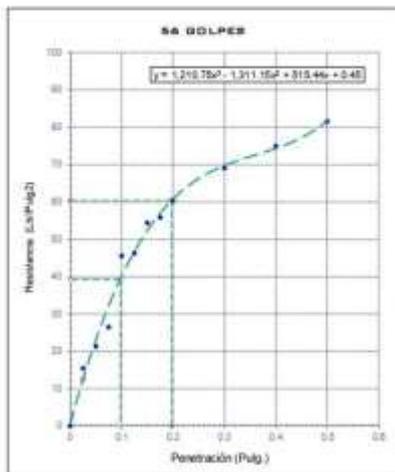
## CERTIFICADO DE ENSAYO: RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA - CBR

### DATOS DEL PROCTOR

Humedad óptima (%)	16.81
Máxima densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.69
95% MDS (g/cm <sup>3</sup> )	1.61

### DATOS DEL CBR

CBR al 100%: 0.1"	3.97
CBR al 95% de MDS (%)	3.79
CBR al 100%: 0.2"	4.05
CBR al 95% de MDS (%)	3.97



### Observaciones:

- Normativa.

NTP 539.145, Suelos. Métodos de ensayo de CBR. Relación de Soporte de California, de suelos compactados en el laboratorio.

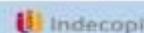


Calle Coricancha S/N Mz. C Lote 11 -  
Sector Pueblo Libre - Jaén -  
Cajamarca

941915761  
949327495



financiera@fms.com



N°00146504  
N°00146505



ISO 9001:2015

*Angela Torres*  
ANGELA TORRES ALLENDE  
INGENIERA CIVIL  
RUC: 20403000000

## 6.8. Ensayos para la Calicata N° 01+15%Cal



**Proyecto:** "Evaluación de la subrasante utilizando cal y ceniza de cáscara de café en una trocha carrozable en Lamud, Amazonas, 2023"

**Solicitante:** Díaz Mendoza, Amílcar Delgado Guevara, Yonel Esteban

**Lugar:** Lamud, Amazonas, 2023

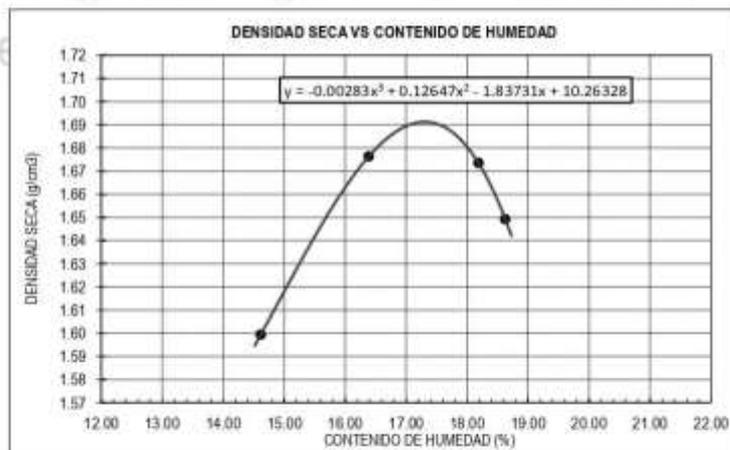
**Fecha:** 13/10/2023

### CERTIFICADO DE ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

<b>MUESTRA:</b>	C-1	<b>CAPA:</b>	M-1	<b>MATERIAL:</b>	Suelo +15% ccc
-----------------	-----	--------------	-----	------------------	----------------

DATOS					
Volumen de molde	cm <sup>3</sup>	932.82	932.82	932.82	932.82
Peso de molde	g	3750	3750	3750	3750
Peso de la muestra compactada + molde	g	5460	5570	5575	5595
Peso del envase + suelo húmedo	g	77.32	78.36	72.90	100.93
Peso del envase + suelo seco	g	68.97	69.52	63.32	88.23
Nº de envase	-	P-01	P-02	P-03	P-04
Peso del envase	g	11.84	15.58	11.89	18.40

CÁLCULOS					
Densidad húmeda	g/cm <sup>3</sup>	1.813	1.951	1.956	1.978
Peso del agua	g	8.1	8.8	9.6	12.7
Peso de suelo seco	g	57.13	53.9	51.43	69.83
Contenido de humedad	%	14.6	16.4	18.6	18.2
Densidad seca	g/cm <sup>3</sup>	1.60	1.68	1.65	1.67



#### RESULTADOS

M.D.S (g/cm <sup>3</sup> )	1.68
O.C.H (%)	17.24

#### Observaciones:

> Normativa.

NTP 339.127. Suelos. Metodo de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.

NTP 339.141. Suelos. Metodo de ensayo para la compactación del suelo en el laboratorio utilizando energía modificada, 2700kn-m/m<sup>3</sup>.

*Amílcar Díaz*  
 ANGELOTTA VILLARREAL CALDE  
 INGENIERA CIVIL  
 REG. CIP. 252424



Engineering and Construction S.A.C.  
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE  
SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES

**Proyecto:** Evaluación de la subrasante utilizando cal y ceniza de cáscara de café en una trocha carrozable en Lamud Amazonas 2023  
**Solicitante:** Díaz Mendoza, Amílcar Delgado Guevara, Yonel Esteban  
**Lugar:** Lamud, Amazonas, 2023  
**Fecha:** 18/10/2023

### CERTIFICADO DE ENSAYO: RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA - CBR

**MUESTRA:** C-1 **CAPA:** M-1 **Adición:** Suelo + 15% ccc

1. Datos:		1		2		3	
1.1 N° de molde	-						
1.2 Diámetro interior de molde	cm	15.24		15.24		15.24	
1.3 Altura molde descontando disco espaciado	cm	11.64		11.64		11.64	
1.4 Peso del molde (incluye base)	g	7250		7105		6780	
1.5 N° de capas	-	5		5		5	
1.6 N° de golpes por capa	-	56		25		10	
1.7 Condición de muestra	-	S/Mojar	Mojada	S/Mojar	Mojada	S/Mojar	Mojada
1.8 Peso molde (incluye base) + suelo húmedo	g	11400	11560	10965	11255	10345	10745
2. Cálculo de contenido de humedad:							
2.1 Cápsula N°	-	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05	P-06
2.2 Peso de cápsula	g	15.97	19.11	18.23	10.48	14.95	16.35
2.3 Cápsula + Suelo Húmedo	g	58.26	104.68	64.64	87.16	65.18	99.46
2.4 Cápsula + Suelo Seco	g	52.08	90.41	58.04	73.95	57.85	81.98
2.5 Peso de agua contenida (2.3-2.4)	g	6.18	14.27	6.60	13.21	7.33	17.48
2.6 Peso suelo seco (2.4-2.2)	g	36.11	71.30	39.81	63.47	42.90	65.63
2.7 Contenido de Humedad (2.5/2.6)	%	17.11	20.01	16.58	20.81	17.09	26.63
3. Resultados:							
3.1 Área superficial del molde	pulg <sup>2</sup>	28.27		28.27		28.27	
3.2 Volumen de suelo	cm <sup>3</sup>	2143.00		2143.00		2143.00	
3.3 Peso del suelo húmedo (1.8-1.4)	g	4150	4310	3860	4150	3565	3965
3.4 Densidad húmeda (3.3/3.2)	g/cm <sup>3</sup>	1.937	2.011	1.801	1.937	1.664	1.850
3.5 Densidad Seca (3.4/(1+2.7/100))	g/cm <sup>3</sup>	1.654	1.676	1.545	1.603	1.421	1.461

#### EXPANSION

MOLDE			1			2			3		
FECHA	HORA	TIEMPO (horas)	DIAL Pulg	Expansión (mm) (%)		DIAL Pulg	Expansión (mm) (%)		DIAL Pulg	Expansión (mm) (%)	
14-Oct	04:00:00 a. m.	0	0.000			0.000			0.000		
15-Oct	04:00:00 a. m.	24	0.010	0.241	0.207%	0.02	0.584	0.502%	0.026	0.660	0.567%
16-Oct	04:00:00 a. m.	48	0.010	0.254	0.218%	0.02	0.597	0.513%	0.027	0.686	0.589%
17-Oct	04:00:00 a. m.	72	0.010	0.254	0.218%	0.02	0.597	0.513%	0.027	0.686	0.589%
18-Oct	04:00:00 a. m.	96	0.010	0.254	0.218%	0.02	0.597	0.513%	0.027	0.686	0.589%

#### PENETRACION

MOLDE			1					2					3				
PENETRACION		CARGA ESTANDAR (lb/pulg <sup>2</sup> )	CARGA					CARGA					CARGA				
pulgadas	mm		Lectura	lb	lb/pulg <sup>2</sup>	Correc.	%	Lectura	lb	lb/pulg <sup>2</sup>	Correc.	%	Lectura	lb	lb/pulg <sup>2</sup>	Correc.	%
0.000			0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00		
0.025	0.64		31.00	68.34	22.78			28.00	14.90	4.97			26.00	57.32	19.11		
0.050	1.27		39.00	85.98	28.66			36.00	21.50	7.17			34.00	74.96	24.99		
0.075	1.91		46.00	101.41	33.80			43.00	28.20	9.40			41.00	90.39	30.13		
0.100	2.54	1000	72.00	158.73	52.91	54.25	5.43	69.00	152.12	50.71	51.71	5.17	67.00	147.71	49.24	46.76	4.68
0.125	3.18		73.00	160.94	53.65			70.00	154.32	51.44			68.00	149.91	49.97		
0.150	3.81		114.00	251.33	83.78			104.00	229.28	76.43			94.00	207.23	69.08		
0.175	4.45		116.00	255.74	85.25			106.00	233.69	77.90			96.00	211.64	70.55		
0.200	5.08	1500	122.00	268.96	89.65	86.00	5.73	112.00	246.92	82.31	82.60	5.51	102.00	224.87	74.96	73.19	4.88
0.300	7.62		134.00	293.42	98.47			124.00	273.37	91.12			114.00	251.33	83.78		
0.400	10.16		142.00	313.06	104.35			132.00	291.01	97.00			122.00	268.96	89.65		
0.500	12.70		151.00	332.90	110.97			141.00	310.85	103.62			131.00	288.81	96.27		

#### Observaciones:

-- Normativa:

NTP 339.145. Suelos: Métodos de ensayo de CBR, Relación de Soporte de California, de suelos compactados en el laboratorio.

AMÍLCAR DÍAZ MENDOZA ALCALDE  
INGENIERA CIVIL  
REG. CIP. 202424



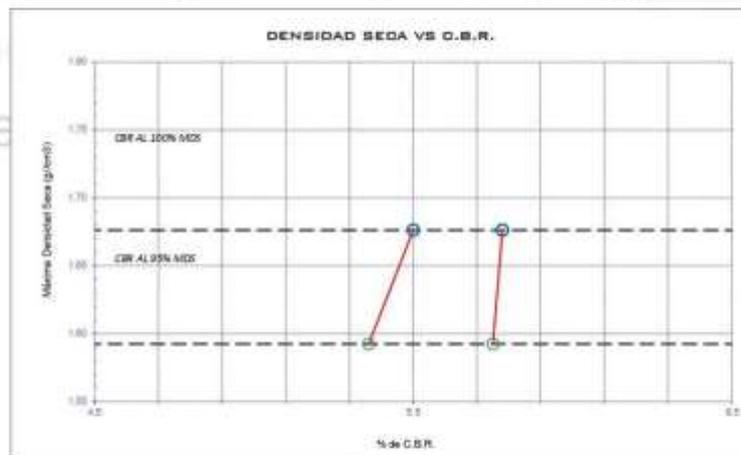
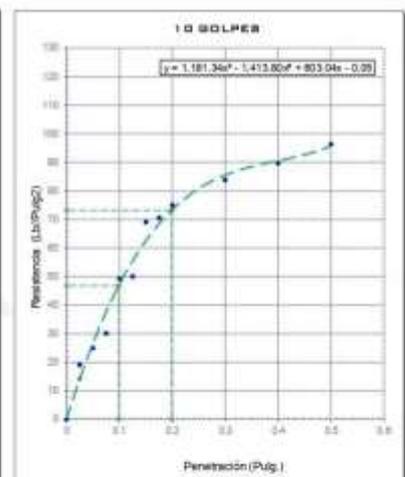
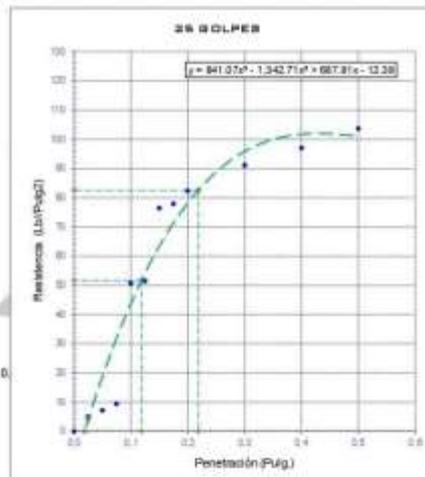
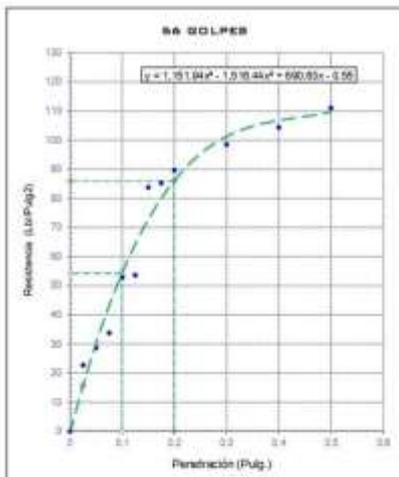
Engineering and Construction S.A.C.  
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE  
SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES

### CERTIFICADO DE ENSAYO: RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA - CBR

DATOS DEL PROCTOR	
Humedad óptima (%)	17.24
Máxima densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.68
95% MDS (g/cm <sup>3</sup> )	1.59

DATOS DEL CBR	
CBR al 100%: 0.1"	5.50
CBR al 95% de MDS (%)	5.36
CBR al 100%: 0.2"	5.78
CBR al 95% de MDS (%)	5.75



Observaciones:  
- Normativa

NTP 539-145. Soélas, Métodos de ensayo de CBR, Relación de Soporte de California, de suelos compactados en el laboratorio.

*Angela Victoria Villanueva Alcazar*  
ANGELA VICTORIA VILLANUEVA ALCAZAR  
INGENIERA CIVIL  
REG. CIP 955454

## 6.9. Ensayos para la Calicata N° 01+15%Cal+5%CCC



**Proyecto:** "Evaluación de la subrasante utilizando cal y ceniza de cáscara de café en una trocha carrozable en Lamud, Amazonas, 2023"

**Solicitante:** Díaz Mendoza, Amílcar Delgado Guevara, Yonel Esteban

**Lugar:** Lamud, Amazonas, 2023

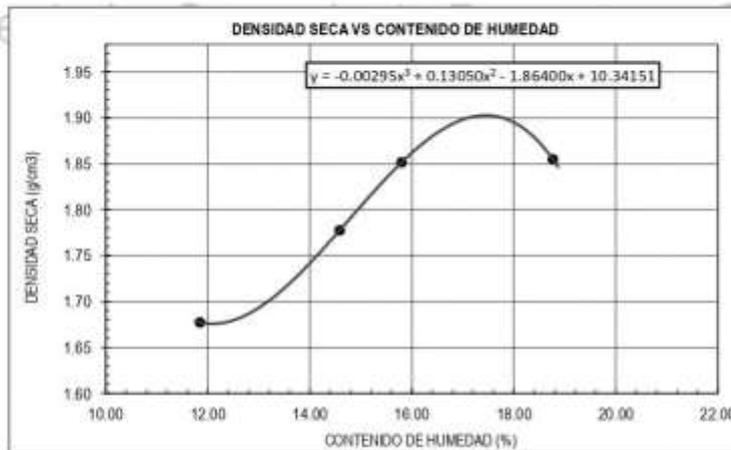
**Fecha:** 18/10/2023

### CERTIFICADO DE ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

<b>MUESTRA:</b>	C-1	<b>CAPA:</b>	M-1	<b>MATERIAL:</b>	Suelo + 15% de cal + 5% de ceniza de cáscara de café
-----------------	-----	--------------	-----	------------------	--

DATOS					
Volumen de molde	cm <sup>3</sup>	932.82	932.82	932.82	932.82
Peso de molde	g	3750	3750	3750	3750
Peso de la muestra compactada + molde	g	5500	5650	5750	5805
Peso del envase + suelo húmedo	g	83.61	63.26	84.50	106.93
Peso del envase + suelo seco	g	76.44	57.21	74.40	92.95
Nº de envase	-	P-01	P-02	P-03	P-04
Peso del envase	g	15.93	15.73	10.48	18.46

CÁLCULOS					
Densidad húmeda	g/cm <sup>3</sup>	1.876	2.037	2.144	2.203
Peso del agua	g	7.2	6.1	10.1	14.0
Peso de suelo seco	g	60.51	41.5	63.92	74.49
Contenido de humedad	%	11.8	14.6	15.8	18.8
Densidad seca	g/cm <sup>3</sup>	1.68	1.78	1.85	1.85



#### RESULTADOS

M.D.S (g/cm <sup>3</sup> )	1.88
O.C.H (%)	17.36

*[Firma]*  
**INGENIERA YVONNA VILLANUEVA ALCALDE**  
 INGENIERA CIVIL  
 REG. CIP. 232424

#### Observaciones:

- Normativa.

NTP 339.127. Suelos. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.

NTP 339.141. Suelos. Método de ensayo para la compactación del suelo en el laboratorio utilizando energía modificada, 2700kn/m<sup>3</sup>.



Engineering and Construction S.A.C.  
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

**SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE  
SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**Proyecto:** "Evaluación de la subrasante utilizando cal y ceniza de cáscara de café en una trocha carrozable en Lamud, Amazonas 2023"  
**Solicitante:** Díaz Mendoza Amílcar Delgado Guevara, Yonel Esteban  
**Lugar:** Lamud, Amazonas, 2023  
**Fecha:** 23/10/2023

**CERTIFICADO DE ENSAYO:  
RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA - CBR**

MUESTRA:	C-1	CAPA: M-1				Adición:		Suelo +15% de cal +5% de ceniza de
<b>1. Datos:</b>								
1.1 N° de molde	-	1		2		3		
1.2 Diámetro interior de molde	cm	15.24		15.24		15.24		
1.3 Altura molde descontando disco espaciado	cm	11.64		11.64		11.64		
1.4 Peso del molde (incluye base)	g	7210		6095		8260		
1.5 N° de capas	-	5		5		5		
1.6 N° de golpes por capa	-	56		25		10		
1.7 Condición de muestra	-	S/Mojar		Mojada		S/Mojar		Mojada
1.8 Peso molde (incluye base) + suelo húmedo	g	11580	11895	11030	11220	11150	11717	
<b>2. Cálculo de contenido de humedad:</b>								
2.1 Cápsula N°	-	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05	P-06	
2.2 Peso de cápsula	g	19.08	11.89	16.50	16.71	19.18	15.92	
2.3 Cápsula + Suelo Húmedo	g	84.83	74.10	82.39	93.81	84.89	87.85	
2.4 Cápsula + Suelo Seco	g	77.79	64.97	73.34	81.96	76.20	75.82	
2.5 Peso de agua contenida (2.3-2.4)	g	6.64	9.13	9.05	11.85	8.69	12.03	
2.6 Peso suelo seco (2.4-2.2)	g	58.71	53.08	56.84	65.75	57.02	59.90	
2.7 Contenido de Humedad (2.5/2.6)	%	11.31	17.20	15.92	18.02	15.24	20.08	
<b>3. Resultados:</b>								
3.1 Área superficial del molde	pulg <sup>2</sup>	28.27		28.27		28.27		
3.2 Volumen de suelo	cm <sup>3</sup>	2143.00		2143.00		2143.00		
3.3 Peso del suelo húmedo (1.8-1.4)	g	4370	4486	4935	5125	2890	3457	
3.4 Densidad húmeda (3.3/3.2)	g/cm <sup>3</sup>	2.039	2.094	2.303	2.392	1.349	1.613	
3.5 Densidad Seca (3.4/(1+2.7/100))	g/cm <sup>3</sup>	1.832	1.786	1.987	2.027	1.171	1.343	

EXPANSION		MOLDE		1				2				3			
FECHA	HORA	TIEMPO (horas)	DIAL Pulg.	Expansión (mm) (%)		DIAL Pulg.	Expansión (mm) (%)		DIAL Pulg.	Expansión (mm) (%)					
19-Oct	03:00:00 p. m.	0	0.000			0.000			0.000						
20-Oct	03:00:00 p. m.	24	0.021	0.533	0.458%	0.03	0.686	0.589%	0.039	0.991	0.851%				
21-Oct	03:00:00 p. m.	48	0.022	0.559	0.480%	0.03	0.699	0.600%	0.040	1.003	0.862%				
22-Oct	03:00:00 p. m.	72	0.026	0.648	0.556%	0.03	0.762	0.655%	0.042	1.067	0.916%				
23-Oct	03:00:00 p. m.	96	0.026	0.660	0.567%	0.03	0.762	0.655%	0.043	1.092	0.938%				

PENETRACION		MOLDE		1						2						3					
PENETRACION		CARGA ESTANDAR (lb/pulg <sup>2</sup> )	CARGA						CARGA						CARGA						
pulgadas	mm		Lectura	lb	lb/pulg <sup>2</sup>	Correc.	%	Lectura	lb	lb/pulg <sup>2</sup>	Correc.	%	Lectura	lb	lb/pulg <sup>2</sup>	Correc.	%				
0.000			0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00						
0.025	0.64		46.00	101.41	33.80			41.00	14.90	4.97			36.00	79.37	26.46						
0.050	1.27		54.00	119.05	39.68			49.00	21.50	7.17			44.00	97.00	32.33						
0.075	1.91		61.00	134.48	44.83			56.00	28.20	9.40			51.00	112.44	37.48						
0.100	2.54	1000	87.00	191.80	63.93	60.34	6.03	82.00	180.78	60.26	59.84	5.98	77.00	169.76	56.59	51.97	5.20				
0.125	3.18		88.00	194.01	64.67			83.00	182.98	60.99			78.00	171.96	57.32						
0.150	3.81		124.00	273.37	91.12			119.00	262.55	87.45			104.00	229.28	76.43						
0.175	4.45		126.00	277.78	92.59			121.00	266.76	88.92			106.00	233.69	77.90						
0.200	5.08	1500	132.00	291.01	97.00	93.37	6.22	127.00	279.99	93.33	94.17	6.28	112.00	246.92	82.31	80.25	5.35				
0.300	7.62		144.00	317.47	105.82			139.00	306.44	102.15			124.00	273.37	91.12						
0.400	10.16		152.00	335.10	111.70			147.00	324.08	108.03			132.00	291.01	97.00						
0.500	12.70		161.00	354.94	118.31			156.00	343.92	114.64			141.00	310.85	103.62						

**Observaciones:**  
- Normativa:  
NTP 339.145. Suelos. Métodos de ensayo de CBR. Relación de Soporte de California, de suelos compactados en el laboratorio.

INGENIERO VILLANUBA ALCALDE  
INGENIERA CIVIL  
REG. O.P. 255424



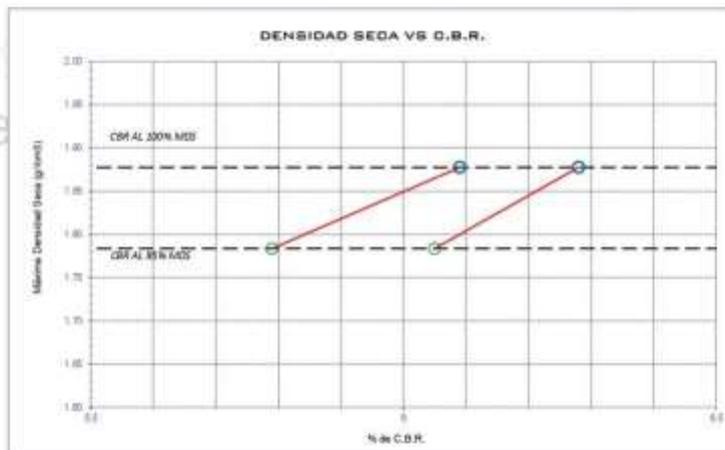
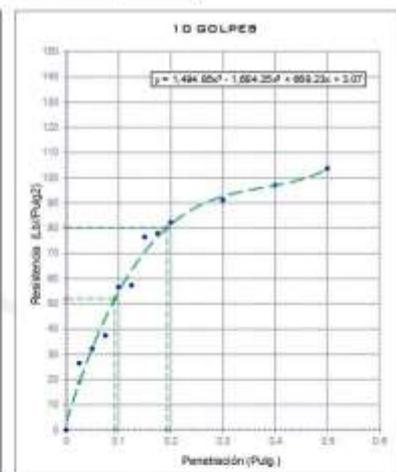
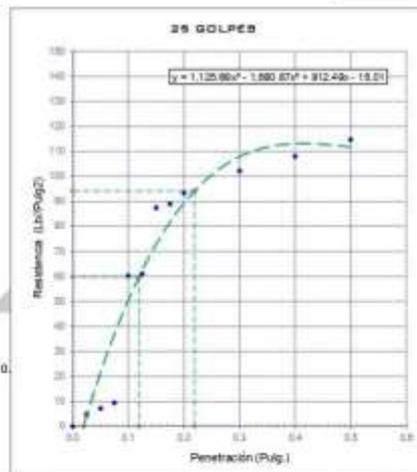
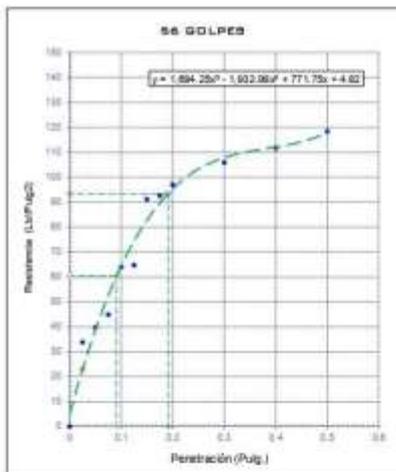
Engineering and Construction S.A.C.  
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE  
SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES

## CERTIFICADO DE ENSAYO: RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA - CBR

DATOS DEL PROCTOR	
Humedad óptima (%)	17.36
Máxima densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.88
95% MDS (g/cm <sup>3</sup> )	1.78

DATOS DEL CBR	
CBR al 100%: 0.1"	6.09
CBR al 95% de MDS (%)	5.79
CBR al 100%: 0.2"	6.28
CBR al 95% de MDS (%)	6.05



Observaciones:  
.- Normativa.

NTP 539.145. Suelos. Métodos de ensayo de CBR. Relación de Soporte de California, de suelos compactados en el laboratorio.

*R. P. P.*  
INGENIERO TITULAR ALCALDE  
DISTRITO MUNICIPAL  
REG. PROF. 9095406

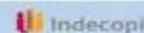


Calle Coricancha S/N Mz. C Lote 11 -  
Sector Pueblo Libre - Jaén -  
Cajamarca

941915761  
949327495



ingenieros@fmsac.com



N°00146504  
N°00146585



ISO 9001:2015

## 6.10. Ensayos para la Calicata N° 01+15%Cal+10%CCC



**Proyecto:** "Evaluación de la subrasante utilizando cal y ceniza de cáscara de café en una trocha carrozable en Lamud, Amazonas, 2023"

**Solicitante:** Díaz Mendoza, Amílcar Delgado Guevara, Yonal Esteban

**Lugar:** Lamud, Amazonas, 2023

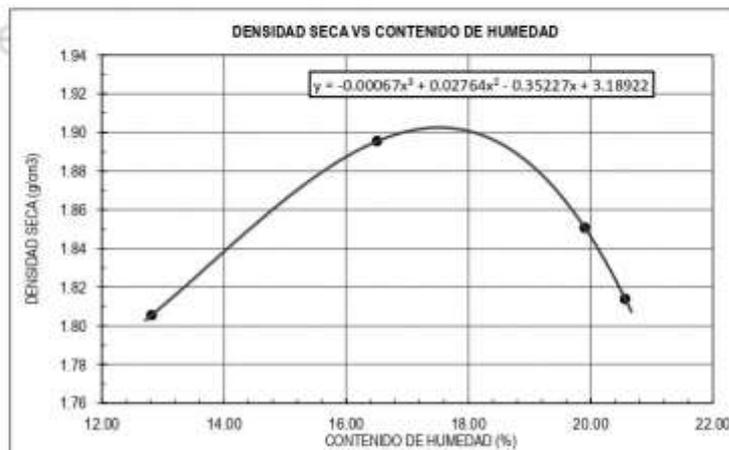
**Fecha:** 18/10/2023

### CERTIFICADO DE ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

<b>MUESTRA:</b>	C-1	<b>CAPA:</b>	M-1	<b>MATERIAL:</b>	Suelo +15% de cal +10% de ceniza de cáscara de café
-----------------	-----	--------------	-----	------------------	---

DATOS						
Volumen de molde	cm <sup>3</sup>	932.82	932.82	932.82	932.82	932.82
Peso de molde	g	3750	3750	3750	3750	3750
Peso de la muestra compactada + molde	g	5650	5790	5810	5820	5820
Peso del envase + suelo húmedo	g	71.80	73.12	83.07	100.93	
Peso del envase + suelo seco	g	65.50	63.80	73.95	87.23	
Nº de envase	-	P-01	P-02	P-03	P-04	
Peso del envase	g	16.34	18.48	18.70	18.40	

CÁLCULOS						
Densidad húmeda	g/cm <sup>3</sup>	2.037	2.187	2.208	2.219	
Peso del agua	g	6.3	9.3	9.1	13.7	
Peso de suelo seco	g	49.16	45.3	55.25	68.83	
Contenido de humedad	%	12.8	20.6	16.5	19.9	
Densidad seca	g/cm <sup>3</sup>	1.81	1.81	1.90	1.85	



#### RESULTADOS

M.D.S (g/cm <sup>3</sup> )	1.90
O.C.H (%)	17.47

#### Observaciones:

- Normativa.

NTP 339.127. Suelos. Metodo de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.

NTP 339.141. Suelos. Metodo de ensayo para la compactación del suelo en el laboratorio utilizando energía modificada, 2700kn-m/m<sup>3</sup>.

**ANGELA YVANNA VILLANUEVA ALCALDE**  
 INGENIERA CIVIL  
 REG. CIP. 232424



Engineering and Construction S.A.C.  
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

**SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE  
SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**Proyecto:** Evaluación de la subrasante utilizando cal y ceniza de cástara de café en una trocha carrozable en Lamud, Amazonas, 2023  
**Solicitante:** Díaz Mendoza, Amílcar Deigado Guevara, Yonel Esteban  
**Lugar:** Lamud, Amazonas, 2023  
**Fecha:** 23/10/2023

**CERTIFICADO DE ENSAYO:  
RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA - CBR**

**MUESTRA:** C-1      **CAPA:** M-1      **Adición:** Suelo +15% de cal +10% de ceniza de

1. Datos:		1		2		3	
1.1 N° de molde	-	1		2		3	
1.2 Diametro interior de molde	cm	15.24		15.24		15.24	
1.3 Altura molde descontando disco espaciado	cm	11.64		11.64		11.64	
1.4 Peso del molde (incluye base)	g	7115		7375		7445	
1.5 N° de capas	-	5		5		5	
1.6 N° de golpes por capa	-	56		25		10	
1.7 Condición de muestra	-	S/Mojar	Mojada	S/Mojar	Mojada	S/Mojar	Mojada
1.8 Peso molde (incluye base) + suelo húmedo	g	11250	11430	11265	11530	11070	11420
2. Cálculo de contenido de humedad:							
2.1 Cápsula N°	-	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05	P-06
2.2 Peso de cápsula	g	16.50	18.71	11.67	15.72	18.41	18.46
2.3 Cápsula + Suelo Húmedo	g	77.49	93.79	66.31	87.80	82.13	85.94
2.4 Cápsula + Suelo Seco	g	72.55	87.40	61.10	80.16	73.63	73.82
2.5 Peso de agua contenida (2.3-2.4)	g	4.94	6.39	5.21	7.64	8.50	12.12
2.6 Peso suelo seco (2.4-2.2)	g	56.05	68.69	49.43	64.44	55.22	55.36
2.7 Contenido de Humedad (2.5/2.6)	%	8.81	9.30	10.54	11.86	15.39	21.89
3. Resultados:							
3.1 Área superficial del molde	pulg <sup>2</sup>	28.27		28.27		28.27	
3.2 Volúmen de suelo	cm <sup>3</sup>	2143.00		2143.00		2143.00	
3.3 Peso del suelo húmedo (1.8-1.4)	g	4135	4515	3890	4155	3625	3975
3.4 Densidad húmeda (3.3/3.2)	g/cm <sup>3</sup>	1.930	2.014	1.815	1.939	1.692	1.855
3.5 Densidad Seca (3.4/(1+2.7/100))	g/cm <sup>3</sup>	1.774	1.845	1.692	1.733	1.466	1.522

EXPANSION											
MOLDE			1			2			3		
FECHA	HORA	TIEMPO (horas)	DIAL	Expansión		DIAL	Expansión		DIAL	Expansión	
				(mm)	(%)		(mm)	(%)		(mm)	(%)
19-Oct	04:00:00 p.m.	0	0.000			0.000			0.000		
20-Oct	04:00:00 p.m.	24	0.025	0.635	0.546%	0.03	0.686	0.589%	0.033	0.838	0.720%
21-Oct	04:00:00 p.m.	48	0.025	0.635	0.546%	0.03	0.686	0.589%	0.034	0.851	0.731%
22-Oct	04:00:00 p.m.	72	0.026	0.648	0.556%	0.03	0.711	0.611%	0.036	0.914	0.786%
23-Oct	04:00:00 p.m.	96	0.026	0.660	0.567%	0.03	0.724	0.622%	0.037	0.940	0.807%

PENETRACION																	
MOLDE			1					2					3				
PENETRACION		CARGA ESTANDAR	CARGA					CARGA					CARGA				
pulgadas	mm	[lb/pulg <sup>2</sup> ]	Lectura	lb	lb/pulg <sup>2</sup>	Correc.	%	Lectura	lb	lb/pulg <sup>2</sup>	Correc.	%	Lectura	lb	lb/pulg <sup>2</sup>	Correc.	%
0.000			0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00		
0.025	0.64		44.00	97.00	82.33			38.00	14.90	4.97			37.00	81.57	27.19		
0.050	1.27		52.00	114.64	38.21			46.00	21.50	7.17			45.00	99.21	33.07		
0.075	1.91		59.00	130.07	43.36			53.00	28.20	9.40			52.00	114.64	38.21		
0.100	2.54	1000	85.00	187.39	62.46	67.47	6.75	79.00	174.16	58.05	64.07	6.41	78.00	171.96	57.32	60.94	6.09
0.125	3.18		86.00	189.60	63.20			80.00	176.57	58.79			79.00	174.16	58.05		
0.150	3.81		147.00	324.08	108.03			133.00	293.21	97.74			131.00	288.81	96.27		
0.175	4.45		149.00	328.49	109.50			135.00	297.62	99.21			133.00	293.21	97.74		
0.200	5.08	1500	155.00	341.72	113.91	107.45	7.16	141.00	310.85	103.62	102.97	6.86	139.00	306.44	102.15	97.01	6.47
0.300	7.62		167.00	368.17	122.72			153.00	337.31	112.44			151.00	332.90	110.97		
0.400	10.16		175.00	385.81	128.60			161.00	354.04	118.31			150.00	330.53	116.84		
0.500	12.70		184.00	405.65	135.22			170.00	374.79	124.93			168.00	370.38	123.46		

**Observaciones:**  
- Normativa:  
NTP 359.145. Suelos. Métodos de ensayo de CBR, Relación de Soporte de California, de suelos compactados en el laboratorio.

INGENIERO VILHENA, RICARDO  
INGENIERIA CIVIL  
REG. C.O.P. 302424

Calle Coricancha S/N Ms. C Lote 11 -  
Sector Pueblo Libre - Jaén -  
Cajamarca

941915761  
949327495

ingenieros@ingxos.com

Indecopi N°00146584  
N°00146585  
ISO 9001:2015



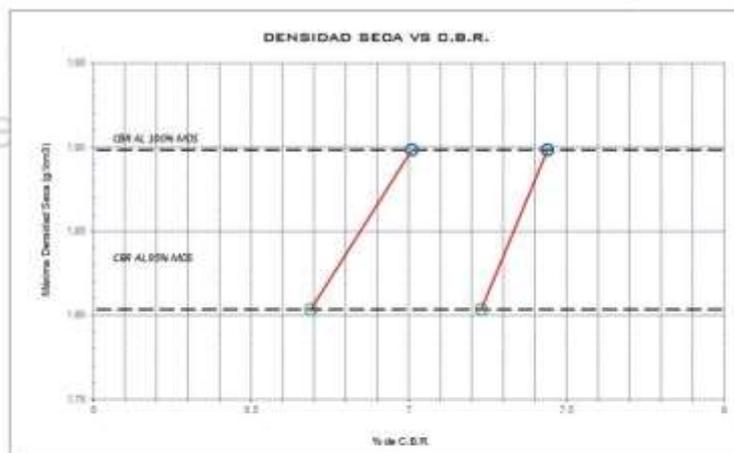
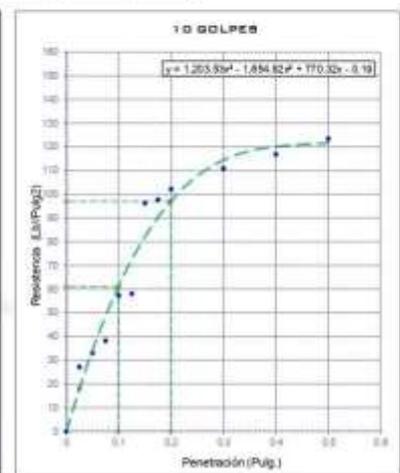
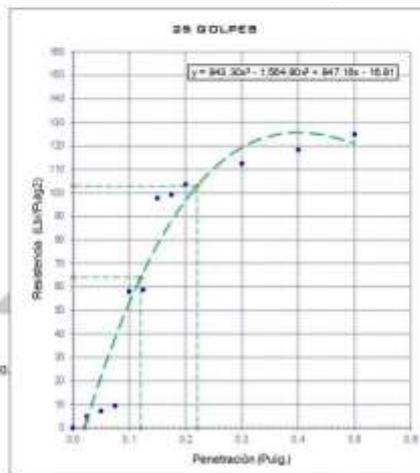
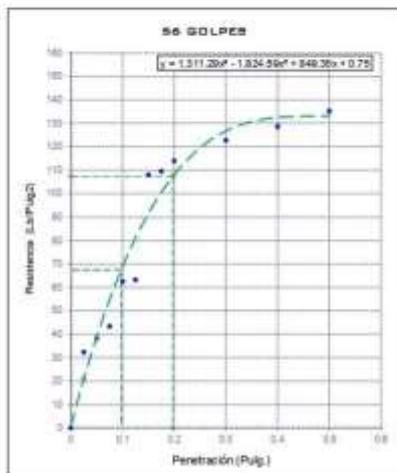
Engineering and Construction S.A.C.  
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE  
SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES

## CERTIFICADO DE ENSAYO: RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA - CBR

DATOS DEL PROCTOR	
Humedad óptima (%)	17.47
Máxima densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.90
95% MDS (g/cm <sup>3</sup> )	1.80

DATOS DEL CBR	
CBR al 100%: 0.1"	7.01
CBR al 95% de MDS (%)	6.69
CBR al 100%: 0.2"	7.44
CBR al 95% de MDS (%)	7.23



### Observaciones:

- Normativa:

NTP 399.145, Suelos. Métodos de ensayo de CBR. Relación de Soporte de California, de suelos compactados en el laboratorio.

  
INGENIERO CIVIL  
REG. N.º 93848



Calle Coricancha S/N Mz. C Lote 11 -  
Sector Pueblo Libre - Jaén -  
Cajamarca

941915761  
949327495



fmeng@fmcce Ingenieros@gmail.com

Indecopi

Nº00146504  
Nº00146505



ISO 9001:2015

## 6.11. Ensayos para la Calicata N° 01+15%Cal+15%CCC



**Proyecto:** "Evaluación de la subrasante utilizando cal y ceniza de cáscara de café en una trocha carrozable en Lamud, Amazonas, 2023"

**Solicitante:** Díaz Mendoza, Amílcar Delgado Guevara, Yonel Esteban

**Lugar:** Lamud, Amazonas, 2023

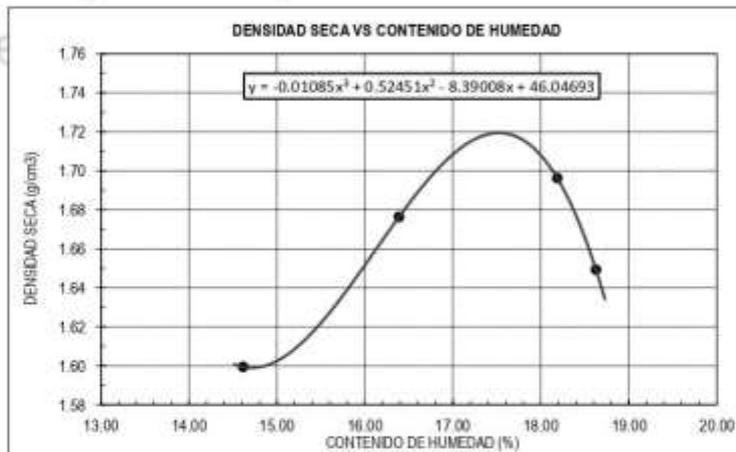
**Fecha:** 18/10/2023

### CERTIFICADO DE ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

<b>MUESTRA:</b>	C-1	<b>CAPA:</b>	M-1	<b>MATERIAL:</b>	Suelo +15% de cal +10% de ceniza de cáscara de café
-----------------	-----	--------------	-----	------------------	---

DATOS					
Volumen de molde	cm <sup>3</sup>	932.82	932.82	932.82	932.82
Peso de molde	g	3750	3750	3750	3750
Peso de la muestra compactada + molde	g	5460	5570	5575	5620
Peso del envase + suelo húmedo	g	77.32	78.36	72.90	100.93
Peso del envase + suelo seco	g	68.97	69.52	63.32	88.23
N° de envase	-	P-01	P-02	P-03	P-04
Peso del envase	g	11.84	15.58	11.89	18.40

CÁLCULOS					
Densidad húmeda	g/cm <sup>3</sup>	1.833	1.951	1.956	2.005
Peso del agua	g	8.3	8.8	9.6	12.7
Peso de suelo seco	g	57.13	51.9	51.43	69.83
Contenido de humedad	%	14.6	16.4	18.6	18.2
Densidad seca	g/cm <sup>3</sup>	1.60	1.68	1.65	1.70



#### RESULTADOS

M.D.S (g/cm <sup>3</sup> )
1.70

O.C.H (%)
17.49

#### Observaciones:

- Normativa.

NTP 339.127. Suelos. Metodo de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.

NTP 339.141. Suelos. Metodo de ensayo para la compactación del suelo en el laboratorio utilizando energía modificada, 2700kn-m/m<sup>3</sup>.

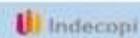
*Angela Yvonne Villanueva Alcalde*  
ANGELA YVONNE VILLANUEVA ALCALDE  
INGENIERA CIVIL  
REG. CIP. 292424



Calle Caricuncho 2/N Mc. C Lote 11 -  
Sector Pueblo Libre - Jaén -  
Cajamarca

941915761  
949327495

fmenueveringsoc@gmail.com



N°00146584  
N°00146585



Iss 9001:2015



Engineering and Construction S.A.C.  
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE  
SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES

**Proyecto:** Evaluación de la subrasante utilizando cal y ceniza de cáscara de café en una trocha carrozable en Lamud Amazonas 2023  
**Solicitante:** Díaz Mendora Amílcar Delgado Guevara, Yonel Esteban  
**Lugar:** Lamud, Amazonas, 2023  
**Fecha:** 22/10/2023

## CERTIFICADO DE ENSAYO: RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA - CBR

<b>MUESTRA:</b> C-1	<b>CAPA:</b> M-1	<b>Adición:</b> Suelo +15% de cal +10% de ceniza de
---------------------	------------------	---

1. Datos:		1		2		3	
1.1 N° de molde	-						
1.2 Diámetro interior de molde	cm	15.24		15.24		15.24	
1.3 Altura molde descontando disco espaciado	cm	11.64		11.64		11.64	
1.4 Peso del molde (incluye base)	g	7250		7105		6780	
1.5 N° de capas	-	5		5		5	
1.6 N° de golpes por capa	-	56		25		10	
1.7 Condición de muestra	-	S/Mojar	Mojada	S/Mojar	Mojada	S/Mojar	Mojada
1.8 Peso molde (incluye base) + suelo húmedo	g	11400	11560	10965	11255	10345	10745
<b>2. Cálculo de contenido de humedad:</b>							
2.1 Cápsula N°	-	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05	P-06
2.2 Peso de cápsula	g	15.97	19.11	18.23	10.48	14.95	16.35
2.3 Cápsula + Suelo Húmedo	g	58.26	104.68	64.64	87.16	65.18	99.46
2.4 Cápsula + Suelo Seco	g	52.08	90.41	58.04	73.95	57.85	81.98
2.5 Peso de agua contenida (2.3-2.4)	g	6.18	14.27	6.60	13.21	7.33	17.48
2.6 Peso suelo seco (2.4-2.2)	g	36.11	71.30	39.81	63.47	42.90	65.63
2.7 Contenido de Humedad (2.5/2.6)	%	17.11	20.01	16.58	20.81	17.09	26.63
<b>3. Resultados:</b>							
3.1 Área superficial del molde	pulg <sup>2</sup>	28.27		28.27		28.27	
3.2 Volumen de suelo	cm <sup>3</sup>	2143.00		2143.00		2143.00	
3.3 Peso del suelo húmedo (1.8-1.4)	g	4150	4310	3860	4150	3565	3965
3.4 Densidad húmeda (3.3/3.2)	g/cm <sup>3</sup>	1.937	2.011	1.801	1.937	1.664	1.850
3.5 Densidad Seca (3.4/(1+2.7/100))	g/cm <sup>3</sup>	1.654	1.676	1.595	1.603	1.421	1.461

EXPANSION		1			2			3			
FECHA	HORA	TIEMPO (horas)	Expansión			Expansión			Expansión		
			DIAL Pulg	(mm)	(%)	DIAL Pulg	(mm)	(%)	DIAL Pulg	(mm)	(%)
18-Oct	06:00:00 p.m.	0	0.000	-	-	0.000	-	-	0.000	-	-
19-Oct	06:00:00 p.m.	24	0.010	0.241	0.207%	0.02	0.504	0.502%	0.026	0.660	0.567%
20-Oct	06:00:00 p.m.	48	0.010	0.254	0.218%	0.02	0.597	0.513%	0.027	0.686	0.589%
21-Oct	06:00:00 p.m.	72	0.010	0.254	0.218%	0.02	0.597	0.513%	0.027	0.686	0.589%
22-Oct	06:00:00 p.m.	96	0.010	0.254	0.218%	0.02	0.597	0.513%	0.027	0.686	0.589%

PENETRACION		1					2					3								
PENETRACION pulgadas	mm	CARGA ESTANDAR (lb/pulg <sup>2</sup> )	CARGA					CARGA					CARGA							
			Lectura	lb	lb/pulg <sup>2</sup>	Correc.	%	Lectura	lb	lb/pulg <sup>2</sup>	Correc.	%	Lectura	lb	lb/pulg <sup>2</sup>	Correc.	%			
0.00			0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00					
0.025	0.64		56.00	123.46	41.15			51.00	14.90	4.97			47.00	103.62	34.54					
0.050	1.27		64.00	141.10	47.03			59.00	21.30	7.17			55.00	121.25	40.42					
0.075	1.91		71.00	156.53	52.18			66.00	28.20	9.40			62.00	136.69	45.56					
0.100	2.54	1000	97.00	213.85	71.28	93.52	0.35	92.00	202.83	67.61	90.21	0.02	88.00	194.01	64.67	83.68	8.37			
0.125	3.18		98.00	216.05	72.02			93.00	205.03	68.34			89.00	196.21	65.40					
0.150	3.81		219.00	482.81	160.94			190.00	438.72	146.24			194.00	427.70	142.57					
0.175	4.45		221.00	487.22	162.41			201.00	443.13	147.71			196.00	432.11	144.04					
0.200	5.08	1500	227.00	500.45	166.82	153.47	10.23	207.00	456.36	152.12	148.26	9.88	202.00	445.33	148.44	137.32	9.15			
0.300	7.62		239.00	526.90	175.63			219.00	482.81	160.94			214.00	471.79	157.26					
0.400	10.16		247.00	544.54	181.51			227.00	500.45	166.82			222.00	489.43	163.14					
0.500	12.70		256.00	564.38	188.13			236.00	520.29	173.43			231.00	509.27	169.76					

**Observaciones:**  
- Normativa: NTP 339.145. Suelos. Métodos de ensayo de CBR, Relación de Soporte de California, de suelos compactados en el laboratorio.

ANA MARÍA VILLALBA ALCAIDE  
INGENIERA CIVIL  
REG. CIP. 352424



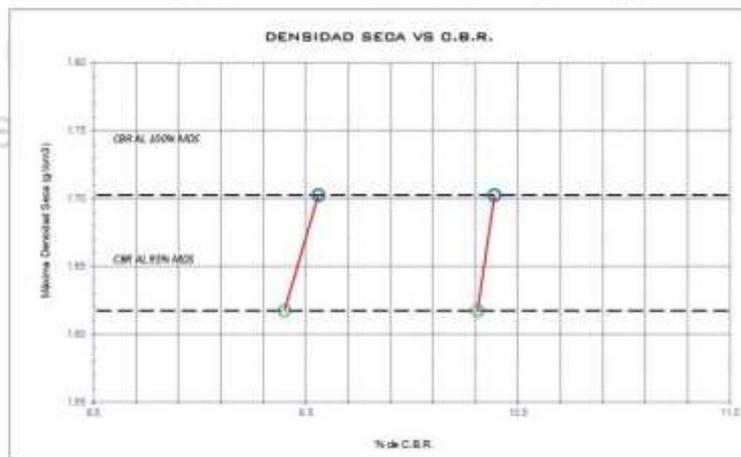
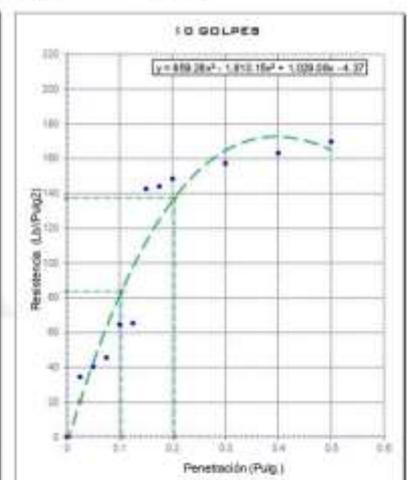
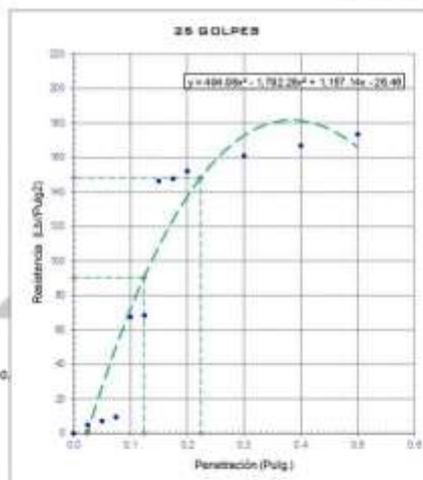
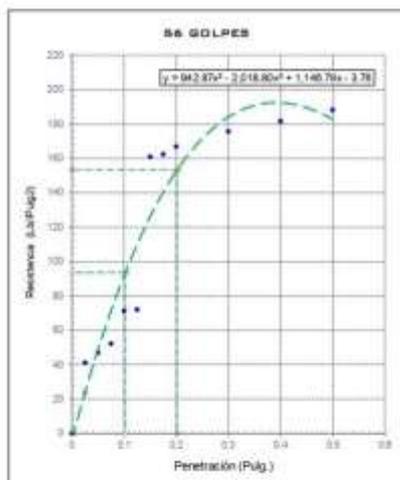
Engineering and Construction S.A.C.  
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE  
SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES

### CERTIFICADO DE ENSAYO: RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA - CBR

DATOS DEL PROCTOR	
Humedad óptima (%)	17.49
Máxima densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.70
95% MDS (g/cm <sup>3</sup> )	1.62

DATOS DEL CBR	
CBR al 100%: 0.1"	9.56
CBR al 95% de MDS (%)	9.40
CBR al 100%: 0.2"	10.39
CBR al 95% de MDS (%)	10.31



Observaciones:  
- Normativa

NTP 339.143, Suelos. Métodos de ensayo de CBR. Relación de Soporte de California, de suelos compactados en el laboratorio.

*R.P.*  
INGENIERO VILCAYAN ALCALDE  
INGENIERIA CIVIL  
REG. CIP 920454



Calle Coricancha S/N Mz. C Lote 11 -  
Sector Pueblo Libre - Jaén -  
Cajamarca

941915761  
949327495



fmc@ingenierosinsus@gmail.com

Indecopi

N°00146504

N°00146505



ISO 9001:2015

## Anexo 7. Certificados de calibración



# Registro de la Propiedad Industrial

## Dirección de Signos Distintivos

### CERTIFICADO N° 00146584

La Dirección de Signos Distintivos del Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual – INDECOPI, certifica que por mandato de la Resolución N° 008785-2023/DSD - INDECOPI de fecha 04 de abril de 2023, ha quedado inscrito en el Registro de Marcas de Servicio, el siguiente signo:

Signo : La denominación F&M ENGINEERING AND CONSTRUCTION S.A.C. INGENIERÍA, GERENCIA DE PROYECTOS Y CONSTRUCCIÓN y logotipo (se reivindica colores), conforme al modelo

Clase : 37 de la clasificación Internacional.

Solicitud : 0004591-2023

Titular : F&M ENGINEERING AND CONSTRUCTION S.A.C.

País : Perú

Vigencia : 04 de abril de 2033

Distingue : Servicios de construcción



*Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado por Indecopi, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web.*

<https://enlinea.indecopi.gob.pe/verificador>

Id Documento:z036ner2zm

Pág. 1 de 1



PERÚ

Presidencia  
del Consejo de Ministros

INDECOPI

# Registro de la Propiedad Industrial

Dirección de Signos Distintivos

## CERTIFICADO N° 00146585

La Dirección de Signos Distintivos del Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual – INDECOPI, certifica que por mandato de la Resolución N° 008786-2023/DSD - INDECOPI de fecha 04 de abril de 2023, ha quedado inscrito en el Registro de Marcas de Servicio, el siguiente signo:

Signo	:	La denominación F&M ENGINEERING AND CONSTRUCTION S.A.C. INGENIERÍA, GERENCIA DE PROYECTOS Y CONSTRUCCIÓN y logotipo (se reivindica colores), conforme al modelo
Clase	:	42 de la clasificación Internacional.
Solicitud	:	0004590-2023
Titular	:	F&M ENGINEERING AND CONSTRUCTION S.A.C.
País	:	Perú
Vigencia	:	04 de abril de 2033
Distingue	:	Estudios de mecánica de suelos



*Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado por Indecopi, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web.*

<https://enlinea.indecopi.gob.pe/verificador>

Id Documento: vl2q0d0p6m



# CERTIFICATE

*This is to certify that the Quality Management System of*

## **F&M ENGINEERING AND CONSTRUCTION**

MZA. C LOTE. 11 SEC. PUEBLO LIBRE – JAEN – JAEN – CAJAMARCA – PERÚ.

*has been assessed and found to conform to the requirements of*

## **ISO 9001:2015**

*This Certificate is valid for the following scope*

SOIL MECHANICS, CONCRETE AND ASPHALT AND GEOTECHNICAL EXPLORATION  
LABORATORY SERVICES.

Certificate No.	:AMER11653
Registration Date	:24/06/2023
Issue Date	:28/06/2023
Expiry Date	:23/06/2024
Recertification Date	:23/06/2026



*Director*

**AMERICO QUALITY STANDARDS REGISTECH PVT. LTD**

Key Location: 1910 Thomas Ave, Cheyenne, Wyoming, WY 82001, USA  
Operations Office: D 303, 104, Nisarg plaza, Bhambkar chowk - Hinjewadi road, Wakad, Pune 411057



### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN LM-2101-2023

DESTINATARIO : F&M ENGINEERING AND CONSTRUCTION  
 DIRECCION : MZA. C LOTE. 11 SEC. PUEBLO LIBRE CAJAMARCA - JAEN  
 FECHA : 2022/01/31  
 LUGAR DE CALIBRACIÓN : LABORATORIO DE MASA- PYS EQUIPOS

MARCA : OHAUS CAPACIDAD MÁXIMA 6200 g  
 N° DE SERIE : C213945170 DIV. DE ESCALA (d) 0.1 g  
 MODELO : SPX6201ZH DIV. DE VERIFICACIÓN (e) 1 g  
 TIPO : ELECTRÓNICA CÓDIGO NO INDICA  
 CLASE : III CAPACIDAD MÍNIMA 2 g

PESAS UTILIZADAS: CERTIFICADO: 335-CM-M-2022 / 336-CM-M-2022

CALBRACIÓN EFECTUADA SEGÚN: NMP-003-96 y Procedimiento de Calibración de Balanzas de funcionamiento No Automático PC-001

#### INSPECCIÓN VISUAL

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

#### ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Temp °C	Inicial	Final	H. R. %	Inicial	Final
	26.7	26.7		67	67

Medición N°	Carga L1 = 3000.00 g			Carga L2 = 6000.00 g		
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	3000.00	0.070	-0.020	5999.90	0.040	-0.090
2	3000.00	0.080	-0.030	5999.90	0.040	-0.090
3	3000.00	0.070	-0.020	6000.00	0.070	-0.020
4	3000.00	0.070	-0.020	5999.90	0.040	-0.090
5	2999.90	0.040	-0.090	5999.90	0.050	-0.100
6	3000.00	0.070	-0.020	5999.90	0.040	-0.090
7	3000.00	0.070	-0.020	5999.90	0.040	-0.090
8	3000.00	0.060	-0.010	5999.90	0.030	-0.080
9	3000.00	0.070	-0.020	6000.00	0.070	-0.020
10	3000.00	0.070	-0.020	5999.90	0.040	-0.090

$E = I + \frac{1}{5}e - \Delta L - L$

Carga (g)	Diferencia Máxima (g)	E.M.P. (g)
3000.00	0.080	0.03
6000.00	0.080	0.03

#### OBSERVACIONES:

- Este informe de calibración NO podrá ser reproducido parcial o totalmente sin la autorización de PYS EQUIPOS E.I.R.L.
- El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos de medición. Se recomienda realizar la calibración en intervalos de 06 meses dependiendo del uso y movilización de la misma



Calle 4, Mz F1 Lt. 05 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31

Tel.: 485 3873 Cel.: 945 183 033 / 945 181 317 / 970 055 989

E-mail: ventas@pys.pe / metrologia@pys.pe

Web Page: www.pys.pe

### ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición de las Cargas

2	5
1	
3	4

Temp. °C 

Inicial	Final
26.7	26.7

H.R. (%) 

Inicial	Final
67	67

Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero Eo			Determinación del Error Corregido Ec				E. M. P. ± (g)		
	Carga Mínima*	I (g)	ΔL (g)	Eo (g)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (g)		E (g)	Ec (g)
1	1.00	1.00	0.070	-0.020	2000.00	1999.90	0.040	-0.090	-0.070	0.02
2		1.00	0.080	-0.030		1999.90	0.040	-0.090	-0.060	0.02
3		1.00	0.070	-0.020		1999.80	0.030	-0.180	-0.160	0.02
4		1.00	0.070	-0.020		1999.80	0.030	-0.180	-0.160	0.02
5		1.00	0.070	-0.020		1999.90	0.040	-0.090	-0.070	0.02

\* Valor entre 0 y 10e

$$E = I + \frac{1}{2}e - \Delta L - L$$

$$Ec = E - Eo$$

### ENSAYO DE PESAJE

Temp. °C 

Inicial	Final
26.7	26.7

H.R. (%) 

Inicial	Final
67	67

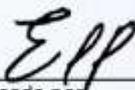
Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				E. M. P. ± (g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
2.00	2.00	0.070	-0.020						
10.00	10.00	0.070	-0.020	0.000	10.00	0.070	-0.020	0.000	0.01
100.00	100.00	0.080	-0.030	-0.010	100.00	0.070	-0.020	0.000	0.01
500.00	500.00	0.070	-0.020	0.000	499.90	0.040	-0.090	-0.070	0.01
1000.00	999.90	0.040	-0.090	-0.070	999.90	0.020	-0.070	-0.050	0.01
1500.00	1499.90	0.050	-0.100	-0.080	1499.90	0.040	-0.090	-0.070	0.02
2000.00	1999.90	0.040	-0.090	-0.070	1999.90	0.030	-0.080	-0.060	0.02
3000.00	3000.00	0.070	-0.020	0.000	3000.00	0.060	-0.010	0.010	0.02
4000.00	4000.10	0.090	0.060	0.080	4000.00	0.070	-0.020	0.000	0.02
5000.00	5000.10	0.090	0.060	0.080	5000.20	0.090	0.160	0.180	0.03
6000.00	6000.00	0.070	-0.020	0.000	6000.00	0.070	-0.020	0.000	0.03

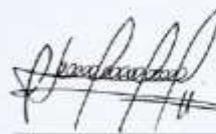
$$E = I + \frac{1}{2}e - \Delta L - L$$

$$Ec = E - Eo$$

OBSERVACIONES: La Incertidumbre de la medición ha sido determinada con un factor de cobertura K = 2, para un nivel de confianza del 95%. Donde I = Indicación de la balanza.

INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN: U = 0,07 g

  
Revisado por:  
Eter Pozo S  
Dpto. Metrologia

  
Calibrado por:  
Javier Negrón C.  
Dpto. Metrologia



### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN LM-2102-2023

DESTINATARIO : F&M ENGINEERING AND CONSTRUCTION  
 DIRECCIÓN : MZA. C LOTE. 11 SEC. PUEBLO LIBRE CAJAMARCA - JAEN  
 FECHA : 2023/01/31  
 LUGAR DE CALIBRACIÓN : LABORATORIO DE MASA - PYS EQUIPOS

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN: BALANZA

MARCA	: OHAUS	CAPACIDAD MÁXIMA	30 kg
Nº DE SERIE	: 8354661311	DIV. DE ESCALA ( d )	0.001 kg
MODELO	: R21PE30ZH	DIV. DE VERIFICACIÓN ( e )	0.010 kg
TIPO	: ELECTRÓNICA	CÓDIGO DE LA BALANZA	NO INDICA
CLASE	III	CAPACIDAD MÍNIMA	0.02 kg

PESAS UTILIZADAS: **CERTIFICADO: 333, 334, 335, 336-CM-M-2022**

CALIBRACIÓN EFECTUADA SEGÚN: NMP-003-2009 y Procedimiento de Calibración de Balanzas de funcionamiento No Automático PC-001/Indecopi

#### INSPECCIÓN VISUAL

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

#### ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Temp °C	Inicial	Final	H. R. %	Inicial	Final
	25.1	24.9		70	70

Medición Nº	Carga L1 = 15.000 kg			Carga L2 = 30.000 kg		
	l ( kg )	ΔL ( kg )	E ( kg )	l ( kg )	ΔL ( kg )	E ( kg )
1	15.000	0.0005	0.0000	30.000	0.0004	0.0001
2	15.000	0.0004	0.0001	30.000	0.0002	0.0003
3	15.000	0.0005	0.0000	30.000	0.0004	0.0001
4	15.000	0.0004	0.0001	30.000	0.0004	0.0001
5	15.000	0.0004	0.0001	30.000	0.0004	0.0001
6	15.000	0.0004	0.0001	30.001	0.0009	0.0006
7	15.000	0.0004	0.0001	30.000	0.0004	0.0001
8	15.000	0.0006	-0.0001	30.000	0.0004	0.0001
9	15.000	0.0005	0.0000	30.001	0.0009	0.0006
10	15.000	0.0004	0.0001	30.000	0.0004	0.0001

$$E = l + \frac{1}{2}d - \Delta L - L$$

Carga ( kg )	Diferencia Máxima ( kg )	E.M.P. ( kg )
15.00	0.0002	0.002
30.00	0.0005	0.003

#### OBSERVACIONES:

- Este informe de calibración NO podrá ser reproducido parcial o totalmente sin la autorización de PyS EQUIPOS E.I.R.L.
- El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos de medición. Se recomienda realizar la calibración en intervalos de 06 meses dependiendo del uso y movilización de la misma



Calle 4, Mz F1 Lt. 05 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31

Tel.: 485 3873 Cel.: 945 183 033 / 945 181 317 / 970 055 989

E-mail: [ventas@pys.pe](mailto:ventas@pys.pe) / [metrologia@pys.pe](mailto:metrologia@pys.pe)

Web Page: [www.pys.pe](http://www.pys.pe)

### ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición de las Cargas

2	5
	1
3	4

Temp. °C	Inicial	Final
	24.9	24.9

	Inicial	Final
	70	70

Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero Eo				Determinación del Error Corregido Ec					E. M. P. ± ( kg )
	Carga Mínima* ( kg )	I ( kg )	ΔL ( kg )	Eo ( kg )	Carga L ( kg )	I ( kg )	ΔL ( kg )	E ( kg )	Ec ( kg )	
1	0.010	0.010	0.0005	0.0000	10.000	10.000	0.0007	-0.0002	-0.0002	0.002
2		0.010	0.0005	0.0000		10.000	0.0007	-0.0002	-0.0002	0.002
3		0.010	0.0005	0.0000		10.000	0.0006	-0.0001	-0.0001	0.002
4		0.010	0.0007	-0.0002		10.000	0.0007	-0.0002	0.0000	0.002
5		0.010	0.0006	-0.0001		10.000	0.0006	-0.0001	0.0000	0.002

\* Valor entre 0 y 10e

$$E = I + \frac{1}{2}d - \Delta L - L$$

$$Ec = E - Eo$$

### ENSAYO DE PESAJE

Temp. °C	Inicial	Final
	25.0	24.9

	Inicial	Final	Final
	70	70	70

Carga L ( kg )	CRECIENTES				DECRECIENTES				E. M. P. ± ( kg )
	I ( kg )	ΔL ( kg )	E ( kg )	Ec ( kg )	I ( kg )	ΔL ( kg )	E ( kg )	Ec ( kg )	
0.20	0.20	0.0080	-0.0075						
0.50	0.50	0.0070	-0.0065	0.0010	0.50	0.0006	-0.0001	0.0074	0.001
0.10	0.10	0.0070	-0.0065	0.0010	0.10	0.0002	0.0003	0.0078	0.001
0.50	0.50	0.0080	-0.0075	0.0000	0.50	0.0008	-0.0003	0.0072	0.001
1.00	1.00	0.0005	0.0000	0.0075	1.00	0.0007	-0.0002	0.0073	0.001
5.00	5.00	0.0009	-0.0004	0.0071	5.00	0.0008	-0.0003	0.0072	0.001
10.00	10.00	0.0007	-0.0002	0.0073	10.00	0.0007	-0.0002	0.0073	0.002
15.00	15.00	0.0007	-0.0002	0.0073	15.00	0.0005	0.0000	0.0075	0.002
20.00	20.00	0.0007	-0.0002	0.0073	20.00	0.0005	0.0000	0.0075	0.002
25.00	25.00	0.0005	0.0000	0.0075	25.00	0.0007	-0.0002	0.0073	0.003
30.00	30.00	0.0009	-0.0004	0.0071	30.00	0.0009	-0.0004	0.0071	0.003

$$E = I + \frac{1}{2}d - \Delta L - L$$

$$Ec = E - Eo$$

OBSERVACIONES: La Incertidumbre de la medición ha sido determinada con un factor de cobertura K = 2, para un nivel de confianza del 95%. Donde I = Indicación de la balanza.

INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN:

$$U = 2 \sqrt{0,000418 \text{ kg}^2 + 5,9 \times 10^{-9} R^2}$$

*EPP*

Revisado por:  
Eler Pozo S  
Dpto. Metrología

*Javier Negrón C.*

Calibrado por:  
Javier Negrón C.  
Dpto. Metrología





## LABORATORIO DE TEMPERATURA LT-1446-2023

Página 1 de 4

Solicitante	F&M ENGINEERING AND CONSTRUCTION
Dirección	MZA. C LOTE. 11 SEC. PUEBLO LIBRE CAJAMARCA - JAEN - JAEN
Equipo	HORNO
Marca	PYS EQUIPOS
Modelo	STHZ-2A
Serie	2205138
Procedencia	CHINA
Identificación	N/I
Ventilación	FORZADA
Ubicación	Laboratorio de Temperatura de PyS Equipos E.I.R.L.
Instr.de medida	Termómetro
Alcance	50°C hasta 300°C
Resolución	0.1 °C
Marca	N/I
Selector	Digital
Alcance	50°C hasta 300°C
Div. Escala	0.1 °C
Marca	N/I
Carga	N/I
Fecha de calibración	2023-05-29
Lugar	Laboratorio de Temperatura de PyS Equipos E.I.R.L. Calle 4, Mz F1 Lt.5 Urb. Virgen del Rosario "S.M.P" - Lima Perú
Método utilizado	Método de comparación según el PC-018 2da edición, junio 2009: "Procedimiento para la calibración o caracterización de medios isotermicos con aire como medio termostático" publicada por el snm/INDECOPI.

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

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

P Y S EQUIPOS E.I.R.L. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento o equipo después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

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

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



*EPP*

Revisado y firmado digitalmente por:  
Eler Pozo S.  
Dpto. Metrología

*Javier Nearon C.*

Calibrado y firmado digitalmente por:  
Javier Nearon C.  
Dpto. Metrología



**Condiciones Ambientales:**

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	28.9	29.4
Humedad Relativa (%)	63	60

**Patrones de referencia:**

Trazabilidad	Patrón utilizado	Cert. de calibración
Lab. De temperatura de DSI PERÚ AUTOMATION	Termómetro de indicación digital Lutron con sensor tipo "T", resolución 0.1°C, Incertidumbre de 0.12 °C	T-0030-2023
Lab. De Temperatura y humedad METROIL	Termohigrómetro digital con incertidumbres 0.3°C / 2.8%	1AT - 1184 - 2023

**Distribución de los termopares dentro del medio isotermico**



Los termopares 5 y 10 se encuentran ubicados al centro de sus respectivos niveles

Los termopares del 1 al 4 y del 6 al 9 están ubicados a "C" cm de las paredes laterales y a "D" cm del frente y fondo de la estufa

T.PROM: Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración

T.prom: Promedio de las temperaturas en las diez posiciones de medición para un instante dado

T.MAX: Temperatura máxima

T.MIN: Temperatura mínima

DTT: Desviación de Temperatura en el Tiempo



Resultados de medición

Temperatura de trabajo	Posición del controlador/Selector	Tiempo de calentamiento estabilización	Control de temperatura
110°C ± 5°C	110°C	3 horas	Electrónico

Tiempo (min)	T ind. (°C)	Temperaturas en las posición de medición (°C)										Tprom (°C)	Tmax - Tmin (°C)
		Nivel Superior					Nivel Inferior						
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10		
00	110	107.3	108.4	108.5	107.6	108.8	111.5	112.3	113.3	115.1	112.5	110.5	7.8
02	110	107.5	108.6	108.7	107.8	109.1	111.9	112.4	113.6	115.6	112.9	110.8	8.1
04	110	107.3	108.5	108.5	107.5	108.9	111.5	112.2	113.3	115.1	112.4	110.5	7.8
06	110	107.3	108.6	108.5	107.6	108.9	111.6	112.4	113.3	115.2	112.7	110.6	7.9
08	110	107.5	108.6	108.6	107.7	109.0	111.7	112.4	113.5	115.3	112.7	110.7	7.8
10	110	107.3	108.4	108.5	107.5	108.8	111.6	112.2	113.3	115.2	112.6	110.5	7.9
12	110	107.4	108.6	108.6	107.7	109.0	111.6	112.4	113.4	115.3	112.7	110.7	7.9
14	110	107.4	108.5	108.6	107.6	109.0	111.6	112.3	113.4	115.2	112.6	110.6	7.8
16	110	107.4	108.6	108.6	107.6	109.0	111.6	112.3	113.4	115.2	112.7	110.6	7.8
18	110	107.5	108.6	108.7	107.7	109.1	111.8	112.5	113.5	115.4	112.8	110.8	7.9
20	110	107.3	108.5	108.6	107.6	109.0	111.6	112.3	113.5	115.2	112.8	110.6	7.9
22	110	107.5	108.5	108.6	107.7	109.0	111.7	112.4	113.5	115.2	112.6	110.7	7.7
24	110	107.4	108.5	108.6	107.6	108.9	111.6	112.4	113.4	115.3	112.7	110.6	7.9
26	110	107.5	108.6	108.6	107.7	109.1	111.6	112.4	113.4	115.3	112.7	110.7	7.8
28	110	107.5	108.6	108.6	107.7	109.0	111.7	112.3	113.4	115.4	112.8	110.7	7.9
30	110	107.4	108.6	108.6	107.6	108.9	111.7	112.3	113.4	115.3	112.7	110.7	7.9
32	110	107.5	108.5	108.6	107.7	109.0	111.6	112.4	113.4	115.3	112.7	110.7	7.8
34	110	107.4	108.5	108.6	107.6	108.9	111.6	112.3	113.4	115.3	112.7	110.6	7.9
36	110	107.5	108.6	108.7	107.7	109.1	111.8	112.5	113.5	115.4	112.9	110.8	7.9
38	110	107.4	108.6	108.6	107.7	108.9	111.6	112.3	113.4	115.3	112.6	110.6	7.9
40	110	107.4	108.5	108.6	107.7	109.0	111.7	112.3	113.4	115.3	112.6	110.7	7.9
42	110	107.5	108.6	108.7	107.8	109.1	111.8	112.5	113.6	115.5	112.7	110.8	8.0
44	110	107.3	108.4	108.5	107.5	108.9	111.5	112.2	113.2	115.1	112.5	110.5	7.8
46	110	107.5	108.5	108.6	107.6	109.0	111.7	112.5	113.5	115.5	112.7	110.7	8.0
48	110	107.4	108.4	108.6	107.6	109.0	111.7	112.1	113.4	115.2	112.7	110.6	7.8
50	110	107.3	108.4	108.5	107.5	108.9	111.6	112.2	113.3	115.1	112.6	110.5	7.8
52	110	107.5	108.6	108.7	107.7	109.0	111.8	112.6	113.5	115.5	112.9	110.8	8.0
54	110	107.3	108.5	108.5	107.5	108.9	111.5	112.2	113.3	115.2	112.5	110.5	7.9
56	110	107.4	108.5	108.6	107.6	108.9	111.7	112.3	113.4	115.3	112.8	110.7	7.9
58	110	107.5	108.5	108.6	107.6	109.0	111.7	112.2	113.5	115.2	112.7	110.7	7.7
60	110	107.4	108.6	108.6	107.6	108.8	111.5	112.4	113.4	115.1	112.5	110.6	7.7
<b>T.PROM</b>	110.0	107.4	108.5	108.6	107.6	109.0	111.6	112.3	113.4	115.3	112.7		
<b>T.MAX</b>	110	107.5	108.6	108.7	107.8	109.1	111.9	112.5	113.6	115.6	112.9		
<b>T.MIN</b>	110	107.3	108.4	108.5	107.5	108.8	111.5	112.1	113.2	115.1	112.4		
<b>DTT</b>	0	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5		

Parametro	Valor (°C)	Incertidumbre
Máxima Temperatura medida	115.6	0.2
Mínima Temperatura medida	107.3	0.2
Desviación de Temperatura en el Tiempo	0.3	0.1
Desviación de Temperatura en el Espacio	7.9	0.2
Estabilidad Medida (+-)	0.2	0.0
Uniformidad medida	8.1	0.2



**Distribución de la temperatura**



**Suelos - Asfaltos - Concreto**

**Incertidumbre:**

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura  $k=2$ , el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%.

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

**Observaciones:**

Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.

FIN DEL DOCUMENTO

## LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.

Calle Ricardo Palma No. 998 Urb. San Joaquin - Bellavista - Callao  
(+51 1) 562 1263 Cel: 986 654 547 - 943 827 118  
www.pinzuar.com.co

# PINZUAR®

LABORATORIO DE METROLOGÍA

NA-6987-001 R0

Página 1 de 2

### Certificado de Calibración - Laboratorio de Metrología

FECHA DE EMISIÓN : 2023-07-18

1. SOLICITANTE : F&M ENGINEERING AND CONSTRUCTION

DIRECCIÓN : MZA. C LOTE. 11 SEC. PUEBLO LIBRE CAJAMARCA - JAEN - JAEN

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : CAZUELA CASAGRANDE DIGITAL

Marca : PINZUAR

Modelo : PS-111

Serie : 0323

Procedencia : Colombia

Identificación : No presenta

Fecha de calibración : 2023-07-18

3. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

Procedimiento de medición del dimensionamiento del equipo con patrones calibrados acreditados por PINZUAR LTDA.

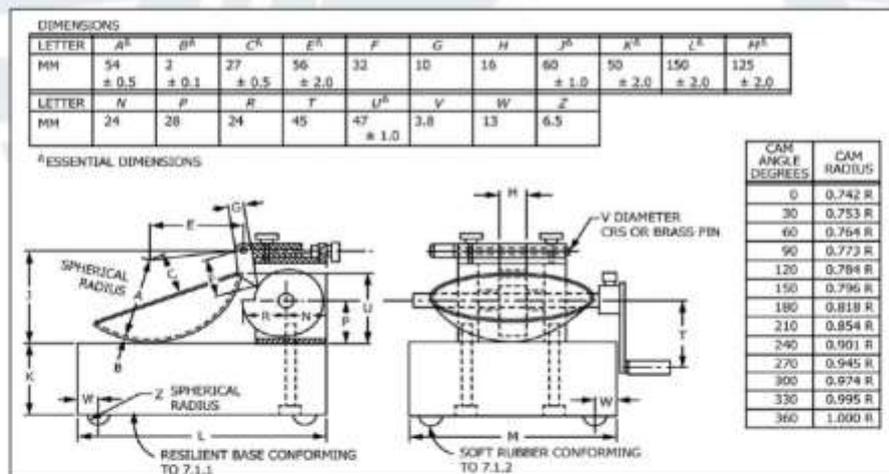
4. LUGAR DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó en el Laboratorio de Metrología de Pinzuar Ltda. Sucursal del Perú.  
Calle Ricardo Palma N° 998 Urb. San Joaquin Bellavista - Callao.

5. OBSERVACIONES

El equipo cumple con la norma INV E125-07 / ASTM D 4318 / MTC E 110-2000

6. REFERENCIAS DE MEDICIÓN : ASTM D 4318



Ing. Felix Jaramillo Castillo

Metrólogo del Laboratorio de Metrología.

PINZUAR LTDA. SUCURSAL DEL PERÚ

(\*) Este certificado de calibración expresa firmemente el resultado de las mediciones realizadas y se refiere al momento y condiciones en que se realizaron.

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura

## LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.

Calle Ricardo Palma No. 998 Urb. San Joaquín - Bellavista - Callao  
(+51 1) 562 1263 Cel: 986 654 547 - 943 827 118  
www.pinzuar.com.co



### Certificado de Calibración - Laboratorio de Metrología

NA-6987-001 R0

Página 2 de 2

#### 7. CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial	Final
Temperatura	20,7 °C	20,8 °C
Humedad Relativa	50,9 %h.r.	50,0 %h.r.

#### 8. TRAZABILIDAD

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

Equipo de Medición	Código de Identificación	Certificado de Calibración
Pie de Rey de 300 mm- Interiores	015201P	L-25931-002
Pie de rey de 150 mm- Exteriores	015202P	L-23351-001
Profundímetro Digital de 150 mm	025204P	L-25931-003
Balanza Digital 10200 g x 0,01 g	021202P	M-29430-001

#### 9. RESULTADOS

Mediciones realizadas en partes donde indiquen una tolerancia.  
Los resultados son el promedio realizado de 5 mediciones

Letras	Características	Resultado	Incertidumbre
N.A.	Peso de la copa y el soporte	4006,67 g	0,25 g
E	Distancia del eje de rotación al eje central de la copa	56,26 mm	0,17 mm
B	Espesor de la copa	1,95 mm	0,11 mm
J	Profundidad de la copa	59,91 mm	0,16 mm
K	Altura de la base	49,80 mm	0,16 mm
M	Ancho de la base	150,82 mm	0,20 mm
L	Longitud de la base	125,66 mm	0,31 mm

-----  
Fin del Certificado

# PyS

## EQUIPOS

Comercialización de Equipos para Laboratorio de Ingeniería Civil: Suelos, Concreto, Asfalto, Tamices, Mantenimiento y Calibración

# CERTIFICADO DE CALIDAD

*El material identificado en el presente documento ha sido inspeccionado, y revisado de acuerdo con procedimientos estándar, se establece y se encuentra que está dentro de las tolerancias prescritas.*

### **ESPECIFICACIONES DE LAS NORMAS:**

*Norma de ensayo: ASTM D- 1883.*

### **DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO:**

*Punto de Extensión: 50.8 Milímetros.*

**NOMBRE DEL PRODUCTO:** TRÍPODE DE EXPANSIÓN PARA CBR.

**MARCA DEL PRODUCTO:** PYS EQUIPOS.

**CODIGO DEL PRODUCTO:** PYS142

**SERIE DEL PRODUCTO:** 330

**FECHA:** 23/05/2023

  
Aprobado: Amed Castillo  
Control de Calidad

**PyS**  
**EQUIPOS**

 Calle 4, Mz F1 Lt 05 Urb. Virgen del Rosario – SMP – Lima.

 (511) 5220723

 945183033 / 970055989 / 945181317

 [ventas@pvs.pe](mailto:ventas@pvs.pe); [apozo@pvs.pe](mailto:apozo@pvs.pe); [ysalazar@pvs.pe](mailto:ysalazar@pvs.pe)

 [www.pvs.pe](http://www.pvs.pe)

 [www.facebook.com/pysequi/](https://www.facebook.com/pysequi/)

 [www.instagram.com/pysequipos\\_eir/](https://www.instagram.com/pysequipos_eir/)

 [www.tiktok.com/@pysquipos\\_eir/](https://www.tiktok.com/@pysquipos_eir/)

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN LL-514-2023

Página 1 de 2

Solicitante : **F&M ENGINEERING AND CONSTRUCTION**

Dirección : **MZA. C LOTE. 11 SEC. PUEBLO LIBRE CAJAMARCA – JAEN.**

Instrumento de Medición : **COMPARADOR DE CUADRANTES**

Fabricante : **BAKER**

Modelo : **K50**

Serie : **EJC884**

Alcance de Identificación : **0 – 1”**

División de Escala : **0.001”**

Tipo : **Analógico**

Lugar de Calibración : **Laboratorio de longitud – PYS EQUIPOS.**

Fecha de Calibración : **2023-01-31**

Fecha de emisión : **2023-01-31**

### Método de calibración empleado

Comparación Directa. Procedimiento de calibración de comparadores de Cuadrante (usando bloques). PC-014 del SNM/INDECOPI. Segunda Edición diciembre 2001

### CONDICIONES AMBIENTALES

	INICIAL	FINAL
Temperatura	23.7°C	23.7°C
Humedad Relativa	65%	65%

### INCERTIDUMBRE

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $K=2$ . La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la expresión de incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95%.



Calle 4, Mz F1 Lt. 05 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31

Tel.: 485 3873 Cel.: 945 183 033 / 945 181 317 / 970 055 989

E-mail: [ventas@pys.pe](mailto:ventas@pys.pe) / [metrologia@pys.pe](mailto:metrologia@pys.pe)

Web Page: [www.pys.pe](http://www.pys.pe)

### TRAZABILIDAD

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

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de referencia de INACAL	Bloques Patrón de Longitud	LLA-C-033-2022

### RESULTADO DE MEDICION

Bloques Utilizados	Valor Patrón	Indicación del comparador	Error de Indicación
1.5-1	0.0984	0.0988	0.0004
5	0.1968	0.1972	0.0004
5-1.5-1	0.2953	0.2956	0.0003
10	0.3937	0.3940	0.0003
10-1.5-1	0.4921	0.4924	0.0003
10-5	0.5906	0.5908	0.0002
10-5-1.5-1	0.6889	0.6892	0.0003
20	0.7874	0.7876	0.0002
20-1.5-1	0.8858	0.8862	0.0004
20-5	0.9843	0.9846	0.0003

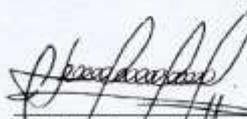
Máxima desviación encontrada en el alcance (fe): 1 ml

Bloques Utilizados	Valor Patrón	Indicación del comparador	Error de Indicación
5	<b>Pulg</b>	<b>Pulg</b>	<b>Pulg</b>
	0.1968	0.1972	0.0004
	0.1968	0.1972	0.0004
	0.1968	0.1972	0.0004
	0.1968	0.1972	0.0004
	0.1968	0.1972	0.0004

Máxima desviación encontrada en la repetibilidad (fv): 0 ml

Equivalencia  
 0.001 in = 1ml  
 1 in = 0.25mm  
 1 in = 0.01 pulgada

  
 Revisado por:  
 Eler Pozo S.  
 Dpto. de Metrología

  
 Calibrado por:  
 Javier Negrón C.  
 Dpto. de Metrología



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN LL-540-2023

Página 1 de 2

Solicitante : F&M ENGINEERING AND CONSTRUCTION

Dirección : MZA. C LOTE. 11 SEC. PUEBLO LIBRE CAJAMARCA  
- JAEN - JAEN

Instrumento de Medición : COMPARADOR DE CUADRANTES

Fabricante : BAKER

Modelo : K50

Serie : EJC928

Alcance de Identificación : 0 – 1”

División de Escala : 0.001”

Tipo : Analógico

Lugar de Calibración : Laboratorio de longitud – PYS EQUIPOS.

Fecha de Calibración : 2023-05-18

Fecha de emisión : 2023-05-18

### Método de calibración empleado

Comparación Directa. Procedimiento de calibración de comparadores de Cuadrante (usando bloques). PC-014 del SNM/INDECOPI. Segunda Edición diciembre 2001

### CONDICIONES AMBIENTALES

	INICIAL	FINAL
Temperatura	28.3°C	28.3°C
Humedad Relativa	65%	65%

### INCERTIDUMBRE

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $K=2$ . La incertidumbre fue determinada según la “Guía para la expresión de incertidumbre en la medición”. Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95%.



Calle 4, Mz F1 LL. 05 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31

Tel.: 485 3873 Cel.: 945 183 033 / 945 181 317 / 970 055 989

E-mail: [ventas@pys.pe](mailto:ventas@pys.pe) / [metrologia@pys.pe](mailto:metrologia@pys.pe)

Web Page: [www.pys.pe](http://www.pys.pe)

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL Y/O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE PYS EQUIPOS E.I.R.L.

### TRAZABILIDAD

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

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de referencia de INACAL	Bloques Patrón de Longitud	LLA-C-033-2022

### RESULTADO DE MEDICION

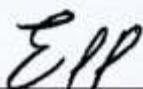
Bloques Utilizados	Valor Patrón	Indicación del comparador	Error de Indicación
1-1.5	0.0984	0.0984	0.0000
5	0.1968	0.1968	0.0000
5-1-1.5	0.2952	0.2952	0.0000
10	0.3937	0.3938	0.0001
10-1-1.5	0.4922	0.4924	0.0002
10-5	0.5906	0.5906	0.0000
10-5-1-1.5	0.6889	0.6892	0.0003
20	0.7874	0.7874	0.0000
20-1-1.5	0.8858	0.8860	0.0002
20-5	0.9842	0.9844	0.0002

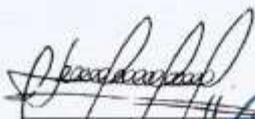
Máxima desviación encontrada en el alcance (fe): 1 ml

Bloques Utilizados	Valor Patrón	Indicación del comparador	Error de Indicación
10-5-1-1.5	<b>Pulg</b>	<b>Pulg</b>	<b>Pulg</b>
	0.6889	0.6892	0.0003
	0.6889	0.6892	0.0003
	0.6889	0.6892	0.0003
	0.6889	0.6892	0.0003

Máxima desviación encontrada en la repetibilidad (fw): 0 ml

Equivalencia  
 0.001 in = 1ml  
 1 in = 0.25mm  
 1 in = 0.01 pulgadas

  
 Revisado por:  
 Eler Pozo S.  
 Dpto. de Metrología

  
 Calibrado por:  
 Javier Negrón C.  
 Dpto. de Metrología



Calle 4, Mz F1 Lt. 05 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31

Tel.: 485 3873 Cel.: 945 183 033 / 945 181 317 / 970 055 989

E-mail: [ventas@pys.pe](mailto:ventas@pys.pe) / [metrologia@pys.pe](mailto:metrologia@pys.pe)

Web Page: [www.pys.pe](http://www.pys.pe)

\*PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL Y/O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE PYS EQUIPOS E.I.R.L.

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MC041 - F - 2023

*Metrología & calibración*  
*Laboratorio de Fuerza*

Página 1 de 3

<b>1. Expediente</b>	<b>230097</b>	<p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.</p> <p>METROLOGÍA &amp; CALIBRACIÓN S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.</p> <p>Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.</p> <p>El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.</p>
<b>2. Solicitante</b>	<b>F&amp;M ENGINEERING AND CONSTRUCTION S.A.C.</b>	
<b>3. Dirección</b>	Mza. C Lote. 11 Sec. Pueblo Libre, Jaen - Jaen - CAJAMARCA	
<b>4. Equipo</b>	<b>PRENSA CBR</b>	
<b>Capacidad</b>	5000 kgf	
<b>Marca</b>	PALIO	
<b>Modelo</b>	PE7026,2	
<b>Número de Serie</b>	0422003	
<b>Procedencia</b>	PERÚ	
<b>Identificación</b>	NO INDICA	
<b>Indicación</b>	DIGITAL	
<b>Marca</b>	HIWEIGH	
<b>Modelo</b>	X10	
<b>Número de Serie</b>	NO INDICA	
<b>Resolución</b>	0,1 kgf	
<b>Ubicación</b>	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES	
<b>5. Fecha de Calibración</b>	2023-06-22	
<b>6. Fecha de Emisión</b>	2023-06-26	

Sello

JEFE DE LABORATORIO



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**MC041 - F - 2023***Metrología & calibración*  
*Laboratorio de Fuerza*

Página 2 de 3

**7. Método de Calibración**

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

**8. Lugar de calibración**

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES  
Mza. C Lote. 11 Sec. Pueblo Libre, Jaen - Jaen - CAJAMARCA

**9. Condiciones Ambientales**

	Inicial	Final
Temperatura	24,7 °C	24,8 °C
Humedad Relativa	65 % HR	65 % HR

**10. Patrones de referencia**

Trazabilidad	Patrón utilizado	Informe/Certificado de calibración
Celdas patrones calibradas en HOTTINGER BALDWIN MESSTECHNIK GmbH - Alemania	Celda de carga calibrado a 20 tnf con incertidumbre del orden de 0,2 %	LEDI-PUCP INF-LE 014-23 B

**11. Observaciones**

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.
- El equipo trabaja con una celda de carga, Marca: MAVIN, Modelo: NS4-5T y Serie: HE9701110



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**MC041 - F - 2023**
*Metrología & calibración*
*Laboratorio de Fuerza*

Página 3 de 3

**12. Resultados de Medición**

Indicación del Equipo		Indicación de Fuerza (Ascenso)			
%	$F_1$ ( kgf )	$F_1$ ( kgf )	$F_2$ ( kgf )	$F_3$ ( kgf )	$F_{promedio}$ ( kgf )
10	500	500,6	498,6	498,6	499,3
20	1000	1002,6	1002,4	1002,3	1002,4
30	1500	1503,8	1503,7	1503,6	1503,7
40	2000	2004,8	2004,5	2004,1	2004,5
50	2500	2505,8	2505,8	2505,6	2505,7
60	3000	3006,7	3006,8	3006,1	3006,6
70	3500	3507,9	3507,8	3507,2	3507,6
80	4000	4008,4	4008,8	4007,9	4008,3
90	4500	4509,9	4510,1	4509,7	4509,9
100	5000	5011,4	5011,7	5011,0	5011,4
Retorno a Cero		0,0	0,0	0,0	

Indicación del Equipo $F$ ( kgf )	Errores Encontrados en el Sistema de Medición				Incertidumbre $U$ (k=2) (%)
	Exactitud $q$ (%)	Repetibilidad $b$ (%)	Reversibilidad $v$ (%)	Resol. Relativa $a$ (%)	
500	0,14	0,40	---	0,02	0,30
1000	-0,24	0,03	---	0,01	0,30
1500	-0,24	0,01	---	0,01	0,30
2000	-0,22	0,03	---	0,01	0,30
2500	-0,23	0,01	---	0,00	0,30
3000	-0,22	0,02	---	0,00	0,30
3500	-0,22	0,02	---	0,00	0,30
4000	-0,21	0,02	---	0,00	0,30
4500	-0,22	0,01	---	0,00	0,30
5000	-0,23	0,01	---	0,00	0,30

MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO ( $f_0$ )	0,00 %
---	--------


**13. Incertidumbre**

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