



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

Adición de ceniza de aserrín para estabilizar la subrasante de un  
suelo cohesivo en una vía urbana Huancané – Puno, 2022

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

Ingeniera Civil

**AUTORA:**

Ccalla Portillo, Mary Carmen (ORCID: 0000-0002-2330-4475)

**ASESOR:**

M.Sc. Clemente Condori, Luis Jimmy (ORCID: 0000-00002-0250-4363)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de infraestructura vial

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

**ATE VITARTE – PERÚ**

**2022**

## **Dedicatoria**

Dedico con todo mi corazón a Dios, ya que gracias a él logre concluir mi carrera, a mis padres Julián y Carmen, por haber sido mi principal cimiento para la construcción de mi vida profesional, porque ellos siempre estuvieron a mi lado brindándome su apoyo y sus consejos para hacer de mí una mejor persona, a mis hermanas por sus palabras y su compañía por las motivaciones constantes para alcanzar mis anhelos, y a todas aquellas personas que de una u otra manera ha contribuido para el logro de mis objetivos.

***Ccalla Portillo, Mary Carmen***

## **Agradecimiento**

Agradezco al quien ha sido fuente de agua viva en mi vida, a Dios, el que en todo momento está conmigo por permitirme tener acompañándome a mi familia. Así mismo agradecer con la Universidad Cesar Vallejo por brindarnos la oportunidad de poder obtener nuestro título profesional, como también agradezco al asesor M. Sc. Clemente Condori Luis Jimmy por la paciencia y apoyo en la asesoría del presente proyecto de tesis.

***Ccalla Portillo, Mary Carmen***

## Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Declaratoria de autenticidad.....	iv
Índice de contenidos .....	v
Índice de tablas .....	vi
Índice de figuras .....	viii
Resumen.....	xii
Abstract.....	xiii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	7
III. METODOLOGÍA.....	20
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	20
3.2. Variable y operacionalización.....	21
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis .....	22
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	23
3.5. Procedimientos .....	27
3.6. Método de análisis de datos.....	33
3.7. Aspectos éticos .....	33
IV. RESULTADOS.....	34
V. DISCUSIÓN .....	63
VI. CONCLUSIONES .....	66
VII. RECOMENDACIONES .....	68
REFERENCIAS .....	69
ANEXOS .....	76

## Índice de tablas

Tabla 1. Delimitación temporal .....	6
Tabla 2. Resultados de laboratorio estabilización con ceniza de aserrín .....	10
Tabla 3. Resultados laboratorio estabilización con aserrín y ceniza de carbón ...	11
Tabla 4. Resultados de laboratorio estabilización de suelo ceniza volante y cal .	11
Tabla 5. Resultados de laboratorio estabilización con ceniza de madera .....	12
Tabla 6. Resultados de laboratorio estabilización con insumos inorgánicos .....	13
Tabla 7. Composición química de la ceniza de madera .....	15
Tabla 8. Muestra de la investigación .....	23
Tabla 9. Ensayos de Laboratorio.....	24
Tabla 10. Tabla de confiabilidad.....	25
Tabla 11. Estadístico de fiabilidad alfa de Cronbach .....	26
Tabla 12. Estadístico de fiabilidad alfa de Cronbach de los ítems .....	26
Tabla 13: Composición química de la ceniza de aserrín .....	36
Tabla 14: Resultados del ensayo de granulometría calicata 1 .....	37
Tabla 15: Clasificación de suelos .....	38
Tabla 16: Resultados del ensayo de granulometría calicata 2 .....	39
Tabla 17: Clasificación de suelos .....	40
Tabla 18: Resultados del ensayo de granulometría calicata 3 .....	41
Tabla 19: Clasificación de suelos .....	42
Tabla 20: Resultados de laboratorio muestra calicata 1 .....	43
Tabla 21: Resultados de laboratorio muestra calicata 2.....	45
Tabla 22: Resultados de laboratorio muestra calicata 3.....	48
Tabla 23: Ensayo de límites de Atterberg con la incorporación de CA.....	51
Tabla 24: Ensayo de Proctor Modificado con la incorporación de CA.....	52
Tabla 25: Ensayo de CBR con la incorporación de ceniza de aserrín.....	53
Tabla 26. ANOVA de un factor para el IP.....	56
Tabla 27. Prueba de homocedasticidad .....	56
Tabla 28. Comparaciones múltiples de Tukey.....	57
Tabla 29. ANOVA de un factor para la DSM .....	58
Tabla 30. Prueba de homocedasticidad .....	59
Tabla 31. Comparaciones múltiples de Tukey.....	59

Tabla 32. ANOVA de un factor para el CBR al 95% de la MDS .....	61
Tabla 33. Prueba de homocedasticidad .....	61
Tabla 34. Comparaciones múltiples de Tukey.....	62

## Índice de figuras

Figura 1. Fallas en el Jirón Cuzco, intersección Jirón Carlos Mariátegui .....	3
Figura 2. Fallas presenciadas en el Jirón Cuzco, intersección Jirón Bosque .....	3
Figura 3. Jirón Cusco área de intervención – Huancané, Puno. ....	6
Figura 4. Estabilización mecánica. ....	16
Figura 5. Fases del suelo .....	17
Figura 6. Jirón Cusco área de intervención – Huancané, Puno. ....	27
Figura 7. Lugar de acopio de los residuos de aserrín .....	28
Figura 8. Ensayo de granulometría .....	29
Figura 9. Ensayo de limite liquido.....	30
Figura 10. Ensayo de limite plástico.....	30
Figura 11. Ensayo de Proctor Modificado .....	31
Figura 12. Ensayo de CBR.....	32
Figura 13. Vía urbana del Jr. Cusco – Huancané.....	34
Figura 14: Muestra Calicata 1 .....	34
Figura 15: Muestra Calicata 2 .....	34
Figura 16: Muestra Calicata 3 .....	35
Figura 17: Aserrado para la toma de muestra .....	35
Figura 18: Recolección de la ceniza de aserrín.....	35
Figura 19: Gradación granulométrica de la muestra calicata 1 .....	38
Figura 20: Gradación granulométrica de la muestra calicata 2 .....	40
Figura 21: Gradación granulométrica de la muestra calicata 3 .....	42
Figura 22: Gráfico de los límites de consistencia calicata 1 .....	43
Figura 23: Gráfico de la humedad vs optimo contenido de humedad .....	44
Figura 24: Gráfico de máxima densidad seca de la muestra calicata 1 .....	44
Figura 25: Gráfico de CBR de la muestra calicata 1 .....	45
Figura 26: Gráfico de los límites de consistencia calicata 2 .....	46
Figura 27: Gráfico de la humedad vs optimo contenido de humedad .....	46
Figura 28: Gráfico de máxima densidad seca de la muestra calicata 2 .....	47
Figura 29: Gráfico de CBR de la muestra calicata 2 .....	47
Figura 30: Gráfico de los límites de consistencia calicata 3 .....	48
Figura 31: Gráfico de la humedad vs optimo contenido de humedad .....	49

Figura 32: Gráfico de máxima densidad seca de la muestra calicata 3 .....	49
Figura 33: Gráfico de CBR de la muestra calicata 3 .....	50
Figura 34: Grafico límites de consistencia con y sin incorporación de CA .....	52
Figura 35: Grafico optimo contenido de humedad con y sin incorporación de CA	53
Figura 36: Grafico del CBR con y sin incorporación de ceniza de aserrín .....	54
Figura 37: Gráfico de probabilidad del índice de plasticidad .....	55
Figura 38: Gráfico de intervalos IP vs. dosificación .....	57
Figura 39: Gráfico de probabilidad de la densidad seca máxima .....	58
Figura 40: Gráfico de intervalos DSM vs. dosificación .....	60
Figura 41: Gráfico de probabilidad del CBR al 95% de la MDS .....	60
Figura 42: Gráfico de intervalos CBR vs. dosificación.....	62



## Resumen

Esta investigación tuvo como objetivo general estabilizar la subrasante de un suelo cohesivo en una vía urbana mediante la adición de ceniza de aserrín; estableciéndose realizar los ensayos de granulometría, límites de Atterberg, Proctor modificado y CBR. La metodología utilizada fue de método hipotético deductivo, tipo aplicativo, enfoque cuantitativo, con diseño experimental y de nivel explicativo. Los resultados según los objetivos específicos al incorporar ceniza de aserrín en 8%, 13% y 18% demostraron que con la adición del 16% de ceniza de aserrín se obtuvieron valores sobre el índice de plasticidad 18.87%, óptimo contenido de humedad 9.49%, MDS 1.978 g/cm<sup>3</sup> y CBR al 95% de la MDS de 15.37%. Concluyendo que dentro de las propiedades físicas como son: el índice de plasticidad se evidenció un descenso considerable, así mismo dentro de las propiedades mecánicas el contenido de humedad tendió a disminuir, generando así una mayor máxima densidad seca, en tanto sobre la capacidad portante del terreno se elevó considerablemente, cumpliendo en su totalidad con las especificaciones técnicas generales para la construcción de vías en la condición de subrasantes.

**Palabras clave:** Ceniza, aserrín, subrasante, suelo cohesivo, vía urbana.

## **Abstract**

The general objective of this research was to stabilize the subgrade of a cohesive soil in an urban road by adding sawdust ash; establishing to carry out the tests of granulometry, Atterberg limits, modified Proctor and CBR. The methodology used was the hypothetical deductive method, application type, quantitative approach, with experimental design and explanatory level. The results according to the specific objectives when incorporating sawdust ash at 8%, 12% and 16% showed that with the addition of 16% sawdust ash values were obtained on the plasticity index 18.87%, optimum moisture content 9.49%, MDS 1.978 g/cm<sup>3</sup> and CBR at 95% of the MDS of 15.37%. Concluding that within the physical properties such as: the plasticity index a considerable decrease was evidenced, likewise within the mechanical properties the moisture content tended to decrease, thus generating a higher maximum dry density, while on the bearing capacity of the The land was raised considerably, fully complying with the general technical specifications for the construction of roads in the subgrade condition.

**Keywords:** Ash, sawdust, subgrade, cohesive soil, urban road.

## **I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Planteamiento del problema**

De acorde a lo acontecido en el contexto internacional, se ha provisto que mediante transcurra el tiempo las estructuras de origen asfáltico a menudo tienden a depender de su grado de estabilidad en los suelos de subrasante. El diseño de ingeniería de estas instalaciones construidas se basa en la suposición de que cada capa del pavimento tiene la calidad estructural mínima especificada para soportar y distribuir las cargas superpuestas. Estas capas deben resistir una deformación permanente excesiva, resistir el corte y evitar una deflexión excesiva que pueda resultar en agrietamiento por fatiga en las capas superiores. Los materiales terrestres disponibles no siempre cumplen con estos requisitos y pueden requerir mejoras en sus propiedades de ingeniería para transformar estos materiales terrestres económicos en materiales de construcción efectivos. Esto a menudo se logra mediante la estabilización o modificación física o química de estos suelos problemáticos (Dodson, 2021, p. 78).

Los problemas relacionados con materiales de subrasante deficientes se han estudiado en muchos países durante muchas décadas y se comprenden relativamente bien con libros dedicados a varios de estos problemas. Sin embargo, la identificación temprana y la comprensión de estos materiales problemáticos es necesaria para evitar problemas costosos (Daud et al., 2018, p. 16).

La característica geológica que contempla la ciudad de Colombia es variada compuesta de suelos arcillosos, los cuales son ineficientes para la conformación de las subrasantes en la etapa de construcción de vías, por lo cual se requiere mayores espesores o tipos de estabilización para contar con una eficiente infraestructura vial. (Ospina et al., 2020, p. 61).

Perú es un país en desarrollo donde no existe una adecuada infraestructura vial en muchas de sus provincias. Concentrándonos en la región selvática, cuenta con más del 60% de caminos sin asfaltar. En el noreste del país, el 80% de las vías no pavimentadas están registradas para el tránsito de vehículos. Se ha provisto que recientemente los estudios detallados por INDECI cuantificaron y/o reportaron la

presencia de suelos con alto porcentaje de finos, a suelos arcillosos más granulares, CL según clasificación SUCS. (Vizcarra et al., 2020, p. 81).

Mientras que en la región de Puno existe la presencia de diversas deficiencias en las múltiples vías esencialmente en los caminos vecinales, lo cual se vio reflejado en los trabajos de mantenimiento realizados a algunos caminos vecinales, por lo que es de fundamental importancia que estas vías sigan funcionando para mantener conectados a las comunidades social y económicamente, por lo que se requiere estudios de estabilización con diversos materiales.

Dentro de la Provincia de Huancané no se cuenta con un adecuado mantenimiento de las vías locales, principales y colectoras, por lo cual se vio reflejado en el deterioro constante de estas estructuras debido a los factores: áridos con tendencia arcillosa, una compacidad demasiado leve, problemas para desarrollar un eficiente diseño, presencia de agua en el terreno donde se realizara la fundación, etc., los cuales afectan a los suelos arcillosos, actualmente dentro de la localidad de Huancané no se cuenta con un estudio de suelos, sin embargo tras efectuar la visita técnica se apreció que las vías locales presentan problemas de leves hundimientos previstos sobre la capa rasante, déficit en la comodidad para la circulación efectuada tanto como el sector poblacional como el parque automotor, excesivos aumentos de tiempo para la realización de actividades de la población, etc., como se aprecia dentro de las figuras 1 y 2, debido a que los áridos presentan una carencia en su conformación física lo cual afectaría en gran escala a las características mecánica, siendo insuficientes para lograr el fiel cumplimiento que dispone y/o que especifica la norma CE. 0.10, para la conformación de una subrasante.

A partir de la problemática relatada del estado situacional de las calles de la ciudad de Huancané nace la investigación denominada: “Adición de ceniza de aserrín para estabilizar la subrasante de un suelo cohesivo en una vía urbana Huancané – Puno, 2022”, donde se buscó ver la influencia que tiene la ceniza de aserrín en diferentes dosificaciones respecto al peso de suelo con el fin de estabilizar la subrasante y así brindar con un mayor confort y seguridad a la población localizada dentro del sector de Huancané.



*Figura 1.* Fallas presenciadas en el Jirón Cuzco, intersección Jirón Carlos Mariátegui  
Fuente. Elaboración propia



*Figura 2.* Fallas presenciadas en el Jirón Cuzco, intersección Jirón Bosque  
Fuente. Elaboración propia

## **1.2. Formulación del problema**

Con la problemática expuesta es fundamental y de necesidad buscar soluciones, por lo que se planteó como problema general:

¿Cómo la adición de ceniza de aserrín podría estabilizar la subrasante de un suelo cohesivo en una vía urbana?

Como problemas específicos:

¿Cuál es la proporción adecuada de ceniza de aserrín que podría disminuir la plasticidad de un suelo cohesivo en una vía urbana?

¿Cuál es la proporción adecuada de ceniza de aserrín que podría mejorar el grado de compactación de un suelo cohesionado en una vía urbana?

¿Cuál es la proporción adecuada de ceniza de aserrín que podría incrementar la capacidad portante de un suelo cohesivo en una vía urbana?

### **1.3. Justificación**

#### **Justificación teórica**

Debido a que se buscó dar una nueva forma de estabilizar suelos problemáticos, tras emplear aditamentos orgánicos (cenizas de aserrín) para lograr una eficiencia en suelos cohesivos de las vías urbanas de la ciudad de Huancané.

#### **Justificación práctica**

Debido a que existió la necesidad de estabilizar las subrasantes problemáticas con incorporación de nuevos estabilizantes no comunes como son las cenizas de aserrín, y elegir una dosificación adecuada tras realizar el análisis correspondiente de los datos obtenidos, los cuales se presentan en el anexo de datos obtenidos en laboratorio, y compararlo con las especificaciones establecidas en los manuales identificados para las vías, las cuales cuenta el gobierno peruano.

#### **Justificación metodológica**

Debido a que se investigó como la aplicación de las cenizas de aserrín actúan sobre las propiedades de la subrasante por lo cual se empleó el método científico, ya que se presentaron situaciones que se pueden investigar mediante la observación de un fenómeno, y que tras ciertas consideraciones estos podrán ser tomados en cuenta para otros proyectos de investigación.

#### **1.4. Objetivos**

Por lo cual se estableció como objetivo principal:

Estabilizar la subrasante de un suelo cohesivo en una vía urbana mediante la adición de ceniza de aserrín.

Como objetivos secundarios se planteó lo siguiente:

Disminuir la plasticidad de un suelo cohesivo en una vía urbana por medio de una proporción adecuada de ceniza de aserrín.

Mejorar el grado de compactación de un suelo cohesivo en una vía urbana por medio de una proporción adecuada de ceniza de aserrín.

Incrementar la capacidad portante de un suelo cohesivo en una vía urbana por medio de una proporción adecuada de ceniza de aserrín.

#### **1.4. Hipótesis**

Una vez establecido los problemas y objetivos del proyecto de investigación se planteó como hipótesis general:

La adición del 18% de ceniza de aserrín estabiliza la subrasante de un suelo cohesivo en una vía urbana.

Como hipótesis específicas:

Una proporción adecuada del 18% de ceniza de aserrín disminuye la plasticidad de un suelo cohesivo en una vía urbana.

Una proporción adecuada del 18% de ceniza de aserrín mejora el grado de compactación de un suelo cohesivo en una vía urbana.

Una proporción adecuada del 18% de ceniza de aserrín incrementa la capacidad portante de un suelo cohesivo en una vía urbana.

#### **1.5. Delimitaciones**

##### **Delimitación temporal**

La investigación se desarrolló en un transcurso de seis meses, de los cuales los dos primeros meses se enfocaron en realizar toda la recopilación bibliográfica

redactando así los capítulos I, II, III y IV, en tanto los cuatro meses siguiente se aplicaron los ensayos de laboratorio con el fin de recaudar los resultados que ayudaron a responder los objetivos, esto se detalla en la tabla 1.

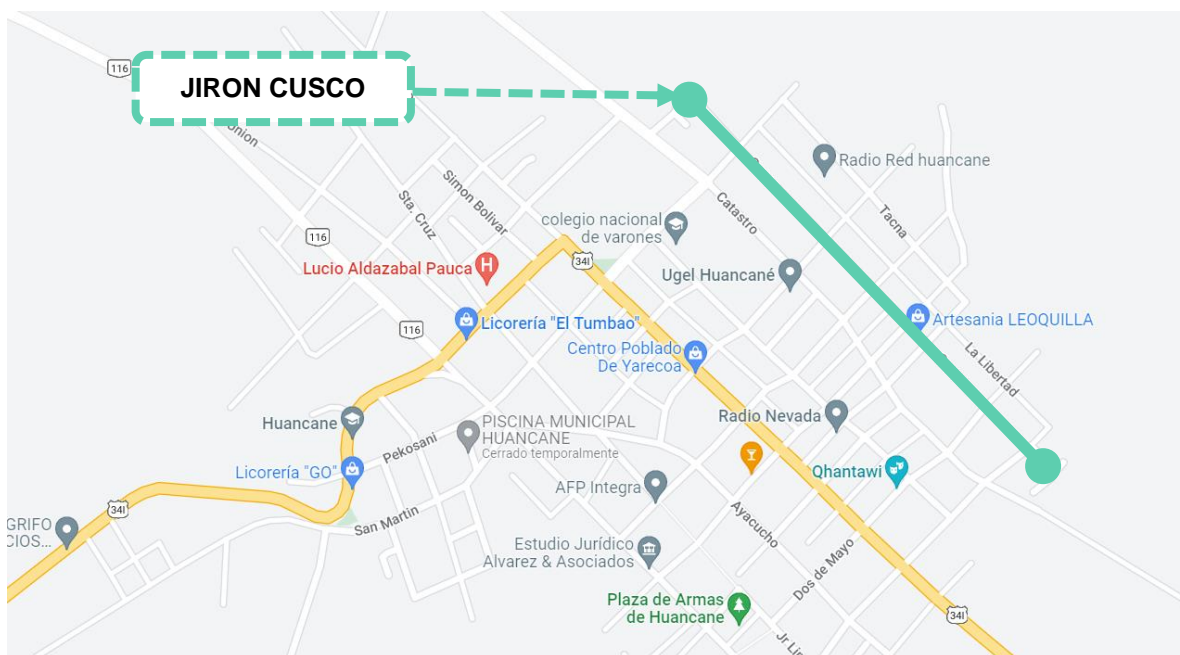
**Tabla 1. Delimitación temporal**

ITEM	DESCRIPCION	FECHA INICIO	FECHA FIN	TIEMPO EN DIAS
1	Proyecto de Investigación	10/02/2022	31/03/2022	51 días
2	Informe de investigación	01/04/2022	27/07/2022	119 días

Fuente. Elaboración propia

### Delimitación espacial

La delimitación espacial quedo conformada por las calles a nivel de afirmado en la ciudad de Huancané, específicamente la calle Jirón Cusco, con intersecciones en los Jirón José Carlos Mariátegui, Jirón Bosque y Jirón Mariscal Castilla, como se aprecia en la figura 3.



**Figura 3. Jirón Cusco área de intervención – Huancané, Puno.**

Fuente. Elaboración propia



## II. MARCO TEÓRICO

Para el mejor conocimiento del tema de investigación se tomaron en cuenta artículos científicos y estudios en el ámbito internacional y nacional.

### Nivel Internacional

Ikeagwuani, Obeta y Agunwamba (2019) desarrollaron un artículo denominado: “Estabilización de subrasante de suelo de algodón negro utilizando ceniza de aserrín y cal” para la Revista Soils and Foundations que posee como objetivo lograr la eficiencia del suelo tras someter en experimentación el algodón negro y la quema efectuada del aserrín y encontrar el efecto de diferentes esfuerzos de compactación en el suelo de algodón negro. Como metodología uso el diseño experimental. Evidenciando de la siguiente manera que los valores cuantificados sobre la consistencia natural eran de 53.4%, mientras que al experimentar con la quema de aserrín en una tanda del 16% y en combinación del 20% estos se reducían a 28.7% y 28.5% respectivamente, respecto al CBR el suelo patrón era de 4% mientras que tras efectuar la experimentación de la quema de aserrín con las siguientes cantidades 16% y 20% los valores de CBR se incrementan a 10.5% y 6.0% respectivamente. Concluyendo que el desenvolvimiento de este aditamento de origen natural genera una resistencia eficiente al realizar un productor del 16% de la quema natural de aserrín en combinación de elementos cálcicos en una tanda del 4%.

Butt, Gupta y Jha (2016) desarrollaron un estudio denominado: “Comportamiento resistente de un suelo arcilloso estabilizado con ceniza de aserrín” para la Revista Geo-Engineering que posee como objetivo cuantificar la eficiencia que aporta el estabilizador de la ceniza de aserrín en los parámetros geotécnicas de los suelos arcillosos. Como metodología se usó el diseño experimental. Evaluado los valores cuantificados en la consistencia se demostraron que el valor alcanzado a la  $M_{Inalterada}$  natural era de 9.6%, mientras tras lograr el afianzamiento que se suscitó con la  $M_{Cenizadeaserrin}$  en la cantidades dispuestas dentro del estudio las cuales son las siguientes: 4%, 8% y 12% estos se reducían a 9.02%, 9.48% y 9.45% respectivamente, en el ensayo de compactación se logró evidenciar que la  $M_{4\%+MuestraNatural} = 1.81 \text{ g/cm}^3$  a  $1.55 \text{ g/cm}^3$ ,  $M_{8\%+MuestraNatural} = 1.38 \text{ g/cm}^3$  y

$M_{12\%+MuestraNatural} = 1.365 \text{ g/cm}^3$  de acorde al orden especificado, respecto al CBR el suelo patrón era de 6.75% mientras que experimentando con las quemas dispuesta en 4%, 8% y 12% los valores de CBR se incrementaron a 13.71%, 12.24% y 13.21% respectivamente. Concluyendo que el afecto en la cantidad total de agua, consistencia, resistencia sin remojar estabilizados se mejoró de manera óptima mediante la adición de ceniza de aserrín.

Owamah et al. (2017) desarrollo un estudio denominado: “Propiedades Geotécnicas de Suelos Arcillosos Estabilizados con Cemento-Ceniza de Aserrín para la Construcción de Carreteras” para la Revista Applied Science que posee como objetivo determinar el uso de un aglutinante primario (cemento) en combinación con un aglutinante secundario (cenizas de aserrín) en la estabilización de un suelo arcilloso. El aspecto de la metodología conto con una tendencia experimenta. Los valores cuantificados de la consistencia demostraron que el índice de plasticidad disminuyó al igual que el límite líquido tras generar un aumento en el cemento y ceniza de aserrín. La disminución en el valor de plasticidad fue mayor cuando el suelo arcilloso se estabilizó con 7% de cemento (83.3%) que cuando se estabilizó con 7% de ceniza de aserrín (77.8%) Asimismo la progresión que se obtuvo en la resistencia uniaxial fue mayor cuando el suelo arcilloso se estabilizó con 7% de cemento (516,1%) que cuando se estabilizó con 7% (288,4%). Concluyendo los límites de Atterberg disminuyeron con el aumento del contenido de aglomerante. Los valores límite de Atterberg del suelo arcilloso estabilizado al 7 %.

Por su parte James (2018) el cual desarrollo un estudio importante denominado: “Beneficio de la resistencia de la enmienda al aserrín/ceniza de madera en la estabilización de cemento de un suelo expansivo” para la Revista de la Facultad de Ingeniería que posee como objetivo evaluar y cuantificar los valores visualizados tras experimentar con quemas de aserrín y madera en los suelos de origen expansivos. Como metodología se usó el diseño experimental. Los resultados demostraron que la resistencia comienza inmediatamente después de la modificación de la estabilización del cemento con ceniza de aserrín. Incluso a las dos horas de curado, hay un ligero aumento en la resistencia del suelo estabilizado cuando se agrega 5% de ceniza de aserrín al suelo estabilizado con cemento. La

resistencia del suelo estabilizado aumentó de 324.63 kPa a 359.36 kPa. Un aumento adicional en ceniza de aserrín no dio como resultado una mayor ganancia de fuerza. Concluyendo que en base a los valores de CBR pronosticados de los especímenes estabilizados a partir de los datos cuantificados en la muestra uniaxial, se puede afirmar que la enmienda desembocada por la quema de aserrín con cemento capa de fundacion puede resultar en ahorros notables en el espesor del pavimento en el rango de 7.6 a 8.3% para la categoría de tráfico moderado a pesado en regiones áridas con escasa precipitación anual.

Karim, Recaby y Nsaif (2017) en su artículo de investigación titulado: “Estabilización de suelos arcillosos blandos con cenizas de aserrín” para la Revista MATEC Web of Conference que posee como resultado determinístico la mejora efectuada con la quema de aserrín en cantidad optimas: SN<sub>0%+QAS</sub>, SN<sub>2%+QAS</sub>, SN<sub>4%+QAS</sub>, SN<sub>6%+QAS</sub>, SN<sub>8%+QAS</sub>, SN<sub>10%+QAS</sub>. El orden de la metodología se presentó como experimental. La caracterización de la consistencia se denoto que el valor de plasticidad del suelo arcillo fue de 20%, sin embargo, con la adición de 2%, 4%, 6%, 8% y 10% la plasticidad varió a 27%, 27%, 16%, 23% y 27% respectivamente, mientras la MDS<sub>SN</sub> (16.87 kN/m<sup>3</sup>) disminuyó a 16.00 kN/m<sup>3</sup>, 15.7 kN/m<sup>3</sup> 15.40 kN/m<sup>3</sup>, 15.56 kN/m<sup>3</sup> y 13.9 kN/m<sup>3</sup> respectivamente. Concluyendo que la ceniza de aserrín tiene un efecto adverso sobre la propiedad de los índices del suelo al aumentar el límite líquido e índice de plasticidad, lo que implica el aumento del contenido de arcilla. Con respecto a la influencia de ceniza de aserrín en la densidad y la compactación, los resultados de las pruebas muestran que cenizas de aserrín reduce la densidad seca compactada y aumenta la humedad prevista óptimamente del árido con tendencia arcillosos blandos.

### **Nivel Nacional**

Goñas y Saldaña (2020), en su estudio denominado: Estabilización de suelos con cenizas de carbón para uso como subrasante mejorada efectuada para la revista UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería el cual cuenta con el objetivo de evaluar la influencia que tiene un subproducto obtenido de la quema de carbón mineral vegetal (cenizas de carbón), el diseño de investigación que se empleo es de carácter experimental completamente al azar, por otro lado, los resultados que se obtuvieron en la investigación de Karim, Recaby y Nsaif, se aprecian en la tabla 2:

**Tabla 2. Resultados de laboratorio estabilización de suelos con ceniza de aserrín**

Ensayos de laboratorio		Muestra C1				Muestra C2			
		SP	SP+15 %CC	SP+20 %CC	SP+25 %CC	SP	SP+15 %CC	SP+20 %CC	SP+25 %CC
Contenido de humedad (%)		32.7					28.31		
Límites de consistencia	LL	51	52	53	55	51	52	54	55
	LP	27	31	34	39	33	35	39	42
	IP	24	21	19	16	18	17	15	13
Proctor modificado	MDS (gr/cm <sup>3</sup> )	1.45	1.457	1.487	1.494	1.47	1.525	1.551	1.571
	OCH (%)	18.2	19.1	21.5	24.7	21.3	26.5	26.7	29.1
CBR (%)		2.1	2.3	2.9	3.5	2.2	2.6	3.0	3.7

Fuente. Elaboración propia

Los autores concluyeron que la incorporación de cenizas de carbón incrementa los valores del CBR, para suelos de tipo CH y OH, sin embargo, el mejoramiento no llego a pasar lo establecido por el manual de carreteras el CBR mayor al 6%, por otro lado, recomiendan la incorporación del 25% puesto que con este porcentaje de inclusión se llegó a obtener mejores resultados.

Según Medina (2020), el cual desarrollo un estudio importante al cual se le denomino: Análisis técnico de los componentes naturales, aserrín y quema de carbón para lograr una eficiente conformación de la subrasante, Carabayllo, donde se tuvo como objetivo analizar exhaustivamente el efecto se produce la inclusión de aserrín y quema de carbón, en la estructura para lograr una eficiente compacidad de la subrasante. dicha tesis conto con un diseño de investigación experimental, de acorde a la experimentación efectuada en el estudio detallado, se aprecian en la tabla 3:

**Tabla 3. Resultados de laboratorio estabilización con aserrín y ceniza de carbón**

Ensayos de laboratorio		Aserrín			Cenizas de carbón			Aserrín + Cenizas de carbón	
		SP	6%	8%	SP	20%	25%	4%A+1 5%Cc	6%A+20 %Cc
Proctor modificado	MDS (gr/cm <sup>3</sup> )	1.908	1.909	1.884	1.908	1.981	2.004	1.989	1.979
	OCH (%)	9.1	11.7	13.9	9.1	10.2	12.8	12.7	14.4
CBR (%)		18.1	16.6	16.2	18.1	24.1	26.6	29.7	31.7

Fuente. Elaboración propia

Los autores concluyeron que la utilización de aserrín + cenizas de carbón incrementan las propiedades de la subrasante de tipo SC, recomendando la dosificación de 6%A+20%CC para estabilizar la subrasante.

Huancoillo (2017), en su estudio denominado: Mejorar los terrenos sueltos con la aplicación de aditamentos orgánicos cálcicos y quemas volantes, Huancané – Chupa, Puno. Contando como objetivo cuantificar la mejora que se suscita tras aplicar los componentes detallados en la investigación dicha investigación fue de carácter experimental, donde se obtuvo los resultados como se puede apreciar en la tabla N° 4,

**Tabla 4. Resultados de laboratorio estabilización de suelo ceniza volante y cal**

Ensayos		Suelo natural	Mezcla 1 S90/CV5/C5	Mezcla 2 S80/CV15/C5	Mezcla 3 S70/CV25/C5
Límites de consistencia	LL	23.74	25.39	26.04	23.31
	LP	11.30	21.11	21.82	22.18
	IP	12.44	4.28	22.18	4.13
Expansión (%)		1.67	0.13	0.12	0.74
Proctor modificado	OCH (%)	10.45	10.12	10.03	9.5
	MDS (kg/cm <sup>3</sup> )	2.092	1.837	1.737	1.694
CBR (%)		20	103	123	80

Fuente. Elaboración propia

El autor concluyo que la inclusión de cenizas volantes y cal mejor considerablemente las propiedades del suelo con las mezclas planteadas en el

presente antecedente, llegando a cumplir con lo establecido por la Eg-2013 recomendando el porcentaje de adición de 5%CV+5%C.

Mamani y Yataco (2017), desarrollaron un estudio denominado: empleo de quema de madera, para afianzar las brechas suscitadas en el ámbito de los suelos, Ayacucho, Contando como objetivo, cuantificar la incidencia de los aditamentos de quema de madera, para lograr una eficiente calidad el terreno de fundación, dicha investigación tuvo un diseño experimental. Donde se obtuvieron los resultados como se puede apreciar en la tabla 5:

**Tabla 5. Resultados de laboratorio estabilización de suelos con ceniza de madera**

Ensayos		Suelo natural	Mezcla 1 S90/10%CF	Mezcla 2 S80/20%CF	Mezcla 3 S70/30%CF	Mezcla 4 S60/40%CF	Mezcla 5 S50/50%CF
Límites de consistencia	LL	82.71	43.69	41.62	39.61	39.35	38.49
	LP	23.37	23.27	22.42	20.89	20.9	20.62
Clasificación SUCS		CH	CL	CL	CL	CL	ML
Factor de corrección "K" por temperatura (gr/cm3)		2.71	2.72	2.72	2.73	2.74	2.76
Proctor modificado	OCH (%)	32.27	30.12	29.31	24.44	23.76	23.25
	MDS (kg/cm3)	1.472	1.403	1.433	1.506	1.431	1.422
Ensayo de corte directo (kg/cm2)	7 días	0.171		0.239	0.343		0.284
	14 días	0.171		0.243	0.366		0.312

Fuente. Elaboración propia

Los autores concluyeron lo siguientes: los restos de quema de madera, reduce el índice de plasticidad a la vez incrementa la gravedad específica esto hace que mejore las propiedades físicas del suelo así ayudan a tener un mejor comportamiento físico – mecánico del suelo, recomendando la mezcla S70/30%CF.

Curasma (2021), en su investigación: donde evidencio el comportamiento de los insumos orgánicos para lograr afianzar la brecha existente en la Torre – Huancayo, sobre su terreno de fundación existentes en sus vías. Realizado para la Universidad Continental el cual tuvo cuantificar la eficacia de los insumos de origen inorgánicos para lograr afianzar la brecha existente en terrenos blandos, dicha investigación fue de carácter experimental. Donde lograron evidenciar los siguientes productos tras efectuar diversos ensayos provistos en laboratorio, como se pude ver en la tabla 6:

**Tabla 6.** Resultados de laboratorio estabilización de suelos con insumos inorgánicos

Ensayos		Suelo natural	Mezcla 1 S85/10%CM/5%C	Mezcla 2 S75/20%CM/5%C	Mezcla 3 S65/30%CM/5%C
Clasificación de suelos SUCS		CL	CL	SM	SM
Límites de consistencia	L.L	24	31	NP	NP
	L.P	16	23	NP	NP
	I.P	8	8	NP	NP
Proctor modificado	OCH (%)	9.5	11.25	13.40	14.20
	MDS (kg/cm <sup>3</sup> )	2.058	1.957	1.894	1.931
Expansión (mm)		1.86	1.862	0.642	0.256
CBR (%)		7.4	8.80	22.40	23.40

Fuente. Elaboración propia

El autor llegó a la conclusión que la incorporación de cenizas de madera más cal incrementa favorablemente las propiedades físico – mecánicas de la subrasante, recomendando la mezcla de 30% de cenizas de madera más 5% de cal, puesto que esta mejora el CBR, MDS e IP en suelos tipo CL.

## Teorías relacionadas al tema

### Bases teóricas

#### Teoría de la conformación de suelos

El origen de la conformación de los suelos parte tras originarse la meteorización de la materia rocosa, también se especula que estos surgen tras ser transportados por los afluentes del aire, gravedad o agua. Las capas superficiales del terreno pueden contener presencia de materia orgánica sobre toda la superficie, estos se dan por la cantidad de residuos orgánicos que se encuentran en esta capa. Por todo ello se denomina suelo “in situ”, debido a que todo parte de las formaciones rocosas donde el suelo descansa. (Gomes, 1975, p. 22).

(Jenny, 1941). Definió los factores que intervienen en la formación del suelo, mediante el siguiente modelo, sencillo solo en su presentación:

$$S = f (C, MP, O, R, T)$$

Donde:

S: Desarrollo del suelo, C: Clima, MP: Material parental, O: Organismos, R: Relieve

### **Teoría de las cenizas**

La teoría considera que las cenizas se encuentran conformadas por diminutas partículas de diferente geometría (redondos, vítreas y esféricas), estas asimismo cuentan con la particularidad de asemejarse a las propiedades químicas del carbón, las cuales son óxidos férricos, cales, sílices y alúmina, en proporciones aleatorias. (Debye, 2017, p. 6).

Los residuos de la incineración de árboles se distinguen en grandes grupos categóricos como la Clase C: las cual presentan o caracterizan en sus propiedades la adherencia o consistencia puzolánica las cuales desembocan de lignitos y la sub categorización bituminosa de los carbones, las cuales presentan mínimamente la siguiente propiedad química  $SiO_2+Al_2O_3+Fe_2O_3$  del 50% y un máximo en cal del 20% para poder empleadas en hormigones. La denominada categoría F: las cuales son cenizas de alta combustión las cuales parten de las antracitas y bitumen de carbón. Las cenizas se originan tras recibir altas temperaturas como las cuales son de 600° a 700°. (Debye, 2017, p. 8).

### **Marco conceptual**

#### **Aserrín**

Es denominado a los desechos forestales, los cuales comprenden una singularidad de polvo y/o partículas provenientes de las maderas al ser manipuladas en aserraderos, así mismo este material se presentan de manera laminal o curvada, así mismo en forma de partículas diminutas. (Serret, Giralt y Quintero, 2016, p. 87).

Comúnmente llamado polvo de madera son desechos con una particularidad fina los cuales son producidos con la manipulación de la madera en diversos trabajos como los fresados, los cepillados, las perforaciones, el aserrado, así como también el lijado de la superficie las cuales son derivadas a industrias madereras que acondicionan y moldean este material.



## La ceniza de madera

Este tipo de aditamentos calcinados, se logra tras efectuar una quema de restos de madera en forma laminada, espiral, etc. La composición alberga insumos puzolánicos. (Medina, 2020, p. 40).

Las cenizas dentro de su composición presentan las siguientes características las cuales se presentan en la tabla 7:

**Tabla 7.** *Composición química de la ceniza de madera*

Chemical composition of Wood ash used					
Analysis parameter	Source				
	W1	W2	W3	W4	W5
Silicon dioxide	32.40	13.00	50.70	30.00	8.10
Aluminum oxide	17.10	7.80	8.20	12.30	7.50
Iron oxide	9.80	2.30	2.10	14.20	3.00
Calcium oxide	3.50	13.70	19.60	2.20	25.30
Magnesium oxide	0.70	2.60	6.50	0.70	4.50
Potassium oxide	1.10	0.40	2.80	2.00	2.70
Sodium oxide	0.90	0.60	2.10	0.50	3.30
LOI	31.60	58.10	6.70	35.30	32.80
Moisture	2.40	0.50	0.20	0.40	3.30
Available alkali	0.90	0.40	0.80	1.10	4.20

Fuente. (Naik et al., 2004, p. 94).

## Subrasante

Comúnmente es la capa más profunda de la estructura vial y sirve como una cama para las capas superiores a ella, la capacidad o sus propiedades de esta son de vital importancia de la infraestructura vial debido a que su principal finalidad es soportar altas cargas que se someten a la carretera. (Rondón et al. 2016, p. 58).

## Estabilización de subrasantes

Es el mejoramiento de las propiedades físico – mecánicas de la subrasante en donde tendrá más resistencia como: esfuerzos cortantes, desplazamientos y agrietamientos, los suelos están en un estado natural por lo que no contiene

adecuadas propiedades por lo que se le añade algún tipo de inclusión para su estabilización como: estabilización mecánica, como se aprecia en la figura 4, estabilización física y química. (Ospina et al., 2020, p. 187).

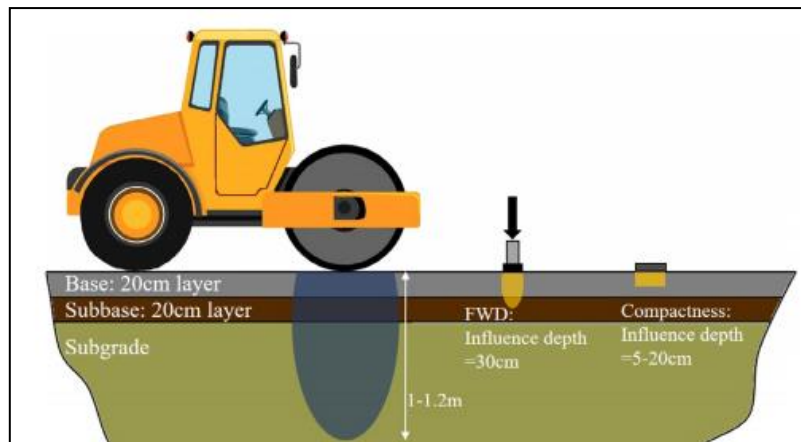


Figura 4. Estabilización mecánica.

Fuente. (Zhu et al., 2018, p. 22)

### Suelo cohesivo

Está conformado por partículas diminutas y una proporción de arcilla haciendo que esta se adhiera consigo mismo, cuando se puede presenciar un suelo altamente cohesivo es porque contiene mayor parte las partículas de arcilla por lo que sin humedad coje una rigidez muy alto, por otro lado, cuando está en contacto con la humedad o líquidos se convierte altamente expansivo (Bustamante, Marín y Benites, 2022, p. 2).

### Suelo

Es el conglomerado de sólidos tanto minerales, líquidos y aire, como se observa en la figura 5 como materia orgánica, que se encuentran a lo largo de toda la superficie del planeta tierra, para su estudio se compone de horizontes o estratos que se caracterizan por conformarse por pérdidas, adiciones, cambios de energía de materia y energía, estas poseen la capacidad de soportar cargas, asimismo sirve para sustentar edificaciones, plantas, vías. (Oyola, 2016, p. 2).

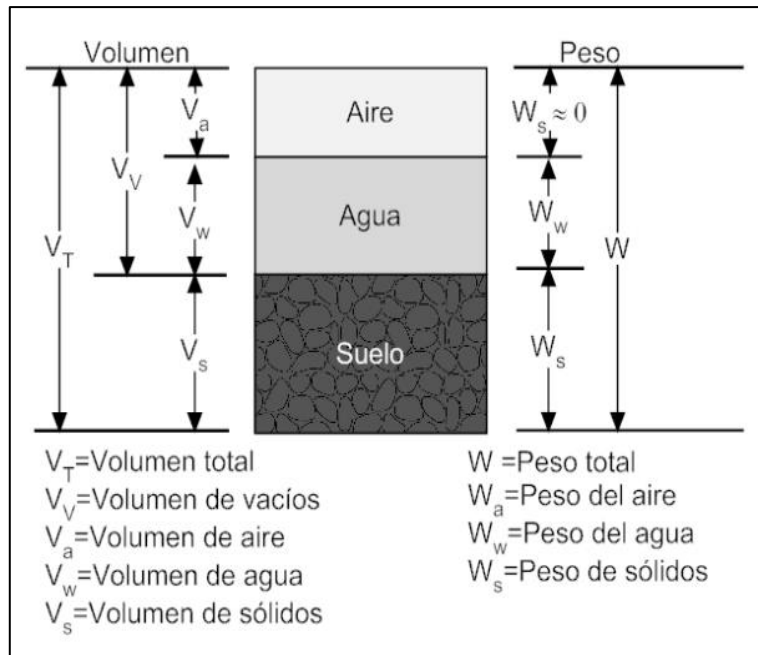


Figura 5. Fases del suelo

Fuente. (Oyola, 2016, p. 2).

### Granulometría

El ensayo análisis granulométrico se debe o consiste a la clasificación de sus dimensiones de sus partículas, por lo que esta deberá de pasar consecutivamente por distintos tamices de unas variedades de tamaños controlando el material pasante y retenido. (Nanzer et al., 2018, p. 137).

### Peso específico

Es la correlación que se da entre el peso y volumen, por lo que el valor entre estas dos componentes depende de la humedad, de los vacíos del aire y finalmente del peso específico de las partículas. (Gonzales y Chaves, 2021, p. 2).

### Límites de consistencia

En función de la humedad que pueda contener en sus poros un determinado suelo se definen sus diferentes estados de consistencia el valor de humedad que define el limite entre los diferentes estados de consistencia son los límites de atterberg. (Deng, Liu y Cuy, 2019, p. 26).

### **El límite líquido**

Es el porcentaje de agua con el que cuenta el suelo, estos limitan con la condición plástica y líquida de forma injusta es referido al porcentaje de humedad al canal que divide dos mitades de un sector de suelo que se termina a una profundidad a una distancia de ½ pulgada. (García, Flórez y Medina, 2018, p. 11).

### **Límite plástico**

Es específico sobre el límite plástico (L.P) igual que el volumen de humedad baja con la que logran efectuarse listones de suelo de 1/8 de diámetro esto dando vueltas encima de una lámina vidriada efectuado de manera manual, en el caso de no requerir el listón, en ese sentido no representaría plasticidad. (Deng, Liu y Cuy, 2019, p. 27).

### **Índice de plasticidad**

Se expresa con el porcentaje del peso en seco de la muestra de suelo, e indica el tamaño, del intervalo de variación de contenido de humedad con el cual el suelo se mantiene plástico. (Deng, Liu y Cuy, 2019, p. 28).

### **Proctor modificado**

Al efectuar el proceso de la compactación se aumenta la capacidad del suelo por eliminación del aire, es por esto que se necesita la intervención de la fuerza mecánica. Asimismo, la mayor concentración se le brinda a un volumen de agua especificado. Hay dos mecanismos por los que se pueden especificar la mayor concentración del suelo, a una fuerza de compactación efectuada, en referencia a su capacidad de humedad. La prueba de Proctor modificado es una experimentación llevada a cabo en un laboratorio que se detalla el comportamiento de un suelo al ser sujeto a una energía externa de compactación en proporción de que se le agrega agua de manera adecuada, resulta impulsivo hacia las partículas y/o fragmentos de suelo con distintas medidas se vuelvan a unir son más soltura y en conclusión el suelo logre su densificación. (Camacho, Reyes y Méndez, 2016, p. 69).

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

El MTC da a conocer que el suelo de fundación en común denominador, refiere que él es terreno que se encuentra compuesto de suelo, ya sea roca o una suma de ambos, en sección, relleno o en sección y relleno equilibrados, por ende, este volumen nivelado, perfilado y compactada, tenga la capacidad de cimiento al pavimento. Los suelos de fundación en alguno de los casos se hallan en el ambiente en bancos paralelos de suelos granulares, cohesivos o intermedios. Por su parte el ingeniero civil al suelo lo refiere como un cimiento, ya que el suelo cumple el papel de soporte a donde se dirigirán los esfuerzos, el suelo, en la antigüedad y en nuestros días, cumplen la función de cimiento a las vías de comunicación. En algunos casos que el suelo no es lo ideal para tales objetivos, su composición no es la ideal para tales propósitos que se demanda es por eso que se requiere reforzarlo, de esta manera ser más rígido y prolongar su utilidad. (Castillo, 2017, p. 33).

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

##### Tipo de investigación

Los estudios de tipo aplicada poseen por finalidad dar solución a ciertos problemas o problemáticas específicas, centrándose en buscar y fortalecer el conocimiento de bases teóricas para su uso y por lo tanto aportar al desarrollo intelectual, científico y económico. (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 89).

En el informe de investigación se empleó un tipo de investigación aplicada debido a que se buscaron conocer, modificar, mejorar la calidad de los suelos, con la incorporación del estabilizante ceniza de aserrín y así determinar si este tipo de incorporaciones son viables para su utilización en el desarrollo de proyectos del ámbito de la ingeniería civil.

##### Diseño de investigación

Se denomina cuasi experimental, debido a que se interactúa con la variable independiente (ceniza de aserrín), sobre la dependiente (propiedades de la subrasante), para cuantificar los efectos con los cuales pueden relacionarse. (Sánchez, Reyes y Mejía, 2018, p. 19).

En el informe de investigación se empleó un diseño cuasi experimental debido a que se pretendió evaluar y/o analizar la influencia de la ceniza de aserrín en dosificaciones del (8%, 13% y 18%) sobre las propiedades de la subrasante, así mismo se realizó tres calicatas en las cuales se sometieron estas dosificaciones, donde se evaluaron mediante ensayos de laboratorio, para ver la relación causa – efecto.

GE3 → X3 → O4

GE2 → X2 → O3

GE1 → X1 → O2

GC -- → O1

Donde:

GE : Grupo experimental

GC : Grupo patrón

X1 : Incorporación de 8% de ceniza de aserrín

X2 : Incorporación de 12% de ceniza de aserrín

X3 : Incorporación de 16% de ceniza de aserrín

O1, O2, O3 y O4: Medición de indicadores de estabilización de una vía urbana

### **Nivel de investigación**

Hernández, Fernández y Baptista (2014) los estudios de nivel explicativo buscan dar la respuesta a un fenómeno o problema, analizando la relación causa – efecto.

El informe de investigación fue de nivel explicativo, debido a que se determinó el efecto que causa la aplicación de ceniza de aserrín sobre el suelo de subrasante de en una vía urbana de la ciudad de Huancané.

### **Método de investigación**

Este método emplea como punto fundamental las hipótesis de la investigación a través de deducciones empíricas, con el fin de prever los posibles resultados que se puedan lograr. (Rodríguez y Pérez, 2017, p. 42).

En el informe de investigación se empleó un método de investigación Hipotético-deductivo debido a que se formularon supuesto de los problemas de investigación con el fin de ver la influencia dentro de las propiedades de plasticidad, grado de compactación y capacidad de soporte del terreno natural con ceniza de aserrín en diferentes cantidades.

### **3.2. Variable y operacionalización**

**Variable Independiente:** Ceniza de aserrín

**Definición Conceptual:** Uno de los residuos naturales mayormente mente encontrados dentro de los aserraderos es el aserrín el cual principalmente está compuesta por partículas finas o también conocidas como polvillos provenientes de

madera de varios tipos, por otro lado, se denomina ceniza a un proceso químico donde el material pierde sus propiedades. (Quispe, 2019, p. 59).

**Definición operacional:** Para medir la variable Ceniza de aserrín se tomó en cuenta las propiedades de material, las cuales se caracterizaron con la densidad del material con el ensayo de peso específico y se tomó en cuenta la cantidad del material en dosificaciones del 8%, 13%, 18%.

**Variable Dependiente:** Subrasante

**Definición conceptual:** Se define como subrasante al material del terreno natural el cual comprende diferentes propiedades físicas y mecánicas, dentro del ámbito de las vías, es la capa fundamentales en donde se transmitirán todas las cargas originadas a causa del tráfico vehicular. (Guia, 2021, p. 40).

**Definición operacional:** Para medir la variable subrasante se evaluó fundamentalmente la plasticidad, grado de compactación y capacidad portante, aplicando ceniza de aserrín en dosificación del 8%, 13% y 18%, aplicando los ensayos de L. Atterberg, P. Modificado y California Bearing ratio.

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

#### **Población**

Hace referencia al conjunto global de objetos o casos determinado, tomando en cuenta limitantes y accesibilidad, lo cual es tomado en cuenta para la selección de la muestra y que satisfaga los criterios establecidos., ese término no hace referencia única a personas, ya que este también puede referirse a animales, expedientes, organizaciones, familias, objetos y otros. (Vara, 2012, p. 48).

La población que se empleó para desarrollar el informe de investigación estuvo constituida por las vías urbanas de la ciudad de Huancané, Puno.

#### **Muestra**

La muestra se entiende como un subconjunto de la población que se encuentra conformado por unidades de análisis, con la intención de recolectar datos de toda la población. (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 32).



De acuerdo al manual de carreteras establecido por la MTC (2013), indica que la cantidad de calicatas a realizar dentro de un tramo en estudio es de acuerdo al IMDA de la vía, por lo que dentro del tramo de evaluación el proyecto de investigación se conformó por calicatas a cada 1500 metros cuadrados, para la realización de incorporación de la ceniza de aserrín en (N, 8%, 13%, 18%), por lo que se emplearon los siguientes ensayos de laboratorio, los cuales se detallan dentro de la tabla 8.

**Tabla 8.** *Muestra de la investigación*

Descripción	Granulometría	Límites de Atterberg	Proctor modificado	CBR
Espécimen sin adición de ceniza de aserrín (Grupo de control) = N	3	3	3	3
Espécimen con adición ceniza de aserrín 8%	/	3	3	3
Espécimen con adición ceniza de aserrín 12%		3	3	3
Espécimen con adición ceniza de aserrín 16%		3	3	3
<b>TOTAL</b>	<b>3</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>

Fuente: Elaboración propia

## Muestreo

La técnica de muestreo no probabilístico se distingue debido a que la selección de sus componentes muestrales no se realizan al azar ni poseen aleatoriedad, sino que dependen de las causas que tienen relación con las características que considera el investigador. (López, 2004, p. 70).

Para desarrollar el informe de investigación se empleó un muestro no probabilístico por conveniencia del investigador, debido a que se evaluaron los tramos más críticos de las vías urbanas de Huancané, Puno.

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

#### Técnica de recolección de datos

“Esta es un conjunto de procesos que se encuentran organizados con el fin de recolectar datos que conllevan a medir una o más variables que posee la investigación. (Luz, Mendoza y Avila, 2020, p. 14).

En el informe de investigación se empleó las técnicas de observación directa ya que mediante una inspección visual se caracterizó el tramo más crítico en donde se efectuó la investigación, así mismo se probó las hipótesis mediante una contrastación.

Asimismo, se tomaron en consideración las normativas existen establecidas por las Normas Técnicas Peruanas: NTP 339.129 (L. Consistencia), NTP 339.141 (E. Proctor Modificado) y la NTP 339.145 (E. C.B.R.)

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

Hace referencia a los medios que se harán uso de manera física y digital, para el conseguimiento de los datos, resultados que se necesitan para el desarrollo de la investigación. (Otzen y Manterola, 2020, p. 4).

En el informe de investigación se desarrollaron ensayos geotécnicos para la obtención de datos, los instrumentos que se emplearon se detallan a continuación:

Observación

Fichas de Recolección de Datos (Indicadores de la V. Independiente y dependiente)

Fichas de Resultados de Laboratorio (Ensayos)

Los ensayos geotécnicos que se emplearon, se aprecian dentro de la tabla 9.

**Tabla 9.** *Ensayos de Laboratorio*

	<b>Ensayos</b>	<b>Instrumentos</b>
Ensayos	Ensayo de análisis granulométrico	Fichas Resultados de Laboratorio, según la NTP 400.012
	Ensayo Limites de Consistencia	Fichas de Resultados de Laboratorio según la NTP 339.129
	Ensayo Proctor Modificado	Fichas de Resultados de Laboratorio según la NTP 339.141
	Ensayo de CBR	Fichas de Resultados de Laboratorio según la NTP 339.145

Fuente. Elaboración propia

## Confiabilidad

Hace referencia al grado de confianza en el que el mismo instrumento aplicado varias veces al mismo objeto o individuo obtenga los mismos resultados. (Santos, 2017, p. 67).

En el presente informe se aplicó la tabla de confiabilidad con el fin de medir cuán fiables son los instrumentos que se emplearon para recopilar toda la información necesaria con el fin de responder los objetivos que se propusieron, los cuales abarcan los aspectos de compactación, plasticidad y capacidad portante de la subrasante de las calles locales de la ciudad de Huancané.

**Tabla 10.** *Tabla de confiabilidad*

Rango	Magnitud
0.53 a menos	Validez nula
0.54 – 0.60	Validez baja
0.60 – 0.65	Valida
0.66 – 0.71	Muy valida
0.72 – 0.99	Excelente validez
1.00	Validez perfecta

Fuente. Santos (2017)

## Validez

Este es el grado de congruencia con el cual un instrumento realiza la medición de la variable, así mismo refleja la buena correlación en las mediciones realizadas en distintas etapas de la investigación por lo que estas mediciones no difieren significativamente. (Luz, Mendoza y Avila, 2020, p. 20).

Es por ello, que los instrumentos que se utilizaron fueron sometidos a un juicio de expertos, los cuales fueron desarrollados por profesionales y especialistas a cada una de las fichas de observación necesarias para el estudio (Fichas de Recolección de Datos para los ensayos de granulometría, límites de Atterberg, Proctor modificado y CBR).

Para la verificar la confiabilidad de los instrumentos empleados en el presente estudio se efectuó la prueba de fiabilidad de alfa de Cronbach con el software

estadístico Statistical Package for the Social Sciences los cuales se detallan a continuación:

**Tabla 11.** Estadístico de fiabilidad alfa de Cronbach

Estadísticos de fiabilidad	
Alfa de Cronbach	Cantidad de ítems
0.857	8

Fuente. Los datos fueron procesados mediante el software SPSS 21

De acuerdo a lo mostrado dentro de la tabla 11 el valor del alfa de Cronbach es de 0.857, es decir los instrumentos utilizados para la investigación poseen una confiabilidad categorizada como “Buena”.

**Tabla 12.** Estadístico de fiabilidad alfa de Cronbach de los ítems

Estadísticos total-elemento				
	Media de la escala si se elimina el elemento	Varianza de la escala si se elimina el elemento	Correlación elemento-total corregida	Alfa de Cronbach si se elimina el elemento
Ítem1	29.00	28.000	-.327	.958
Ítem2	28.67	20.333	.444	.861
Ítem3	28.33	20.333	.896	.822
Ítem4	28.67	16.333	.990	.786
Ítem5	28.67	16.333	.990	.786
Ítem6	28.33	20.333	.896	.822
Ítem7	28.33	20.333	.896	.822
Ítem8	28.67	16.333	.990	.786

Fuente. Los datos fueron procesados mediante el software SPSS 21

De acuerdo a lo mostrado dentro de la tabla 12 el valor del alfa de Cronbach en los 8 ítems son mayores a 0.7, por lo que se dedujo que todos los criterios considerados en los instrumentos poseen una confiabilidad “BUENA”.

### 3.5. Procedimientos

#### Etapa de campo (calicatas)

Dentro de la presente etapa, primeramente, se realizó la visita y el reconocimiento del tramo de estudio el cual se encuentra comprendido entre el Jirón Cusco e intersecciones en los Jirón José Carlos Mariátegui, Jirón Bosque y Jirón Mariscal Castilla, como se aprecia en la figura 6, lugar donde se realizó el sondeo de tres calicatas de donde se extrajo muestras de suelo de la capa de subrasante, la calicata se excavo hasta una profundidad de 1.50 metros desde el nivel de subrasante de acuerdo a lo estipulado por el manual de carreteras sección suelos y pavimentos y normativa CE 010 Pavimentos Urbanos. Una vez que se consiguió el material necesario se almaceno herméticamente y traslado al laboratorio.

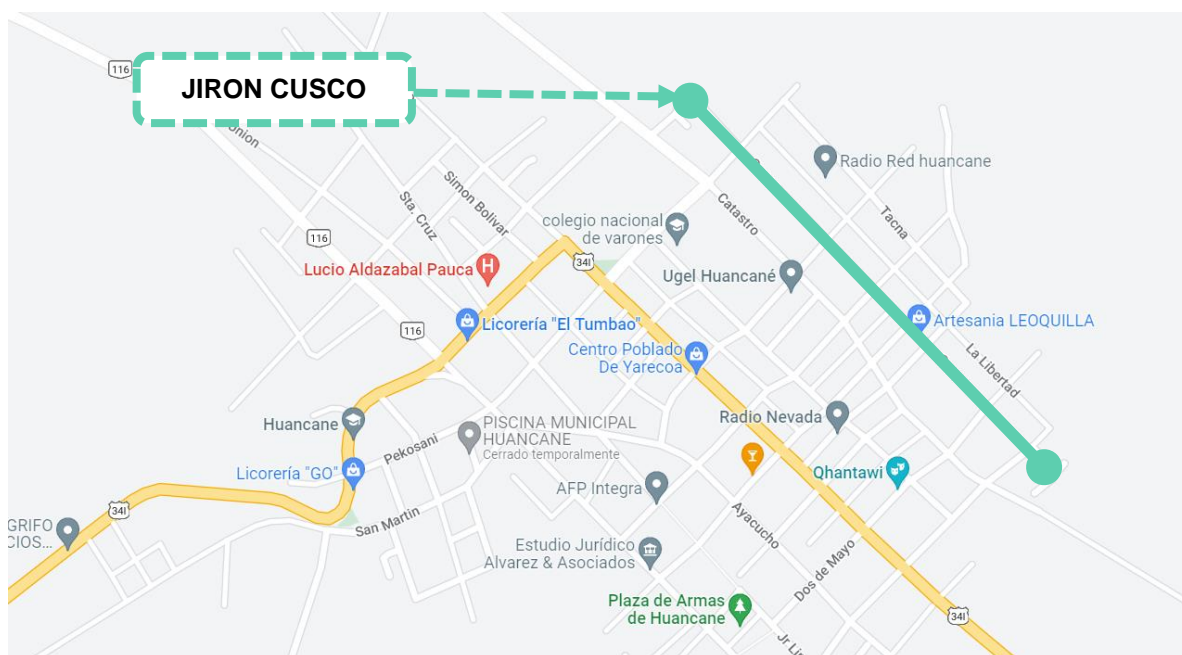


Figura 6. Jirón Cusco área de intervención – Huancané, Puno.

Fuente. Elaboración propia

#### Etapa de campo (Ceniza de Aserrín)

Primero, la barraca de donde se recolecto el Aserrín se encuentra ubicado en la ciudad de Juliaca, a media cuadra de la Avenida Circunvalación con Avenida Triunfo, como se aprecia dentro de la figura 7. En dicho lugar se le especifico al dueño que acopie el aserrín de un solo tipo de madera con el fin de caracterizar el material.

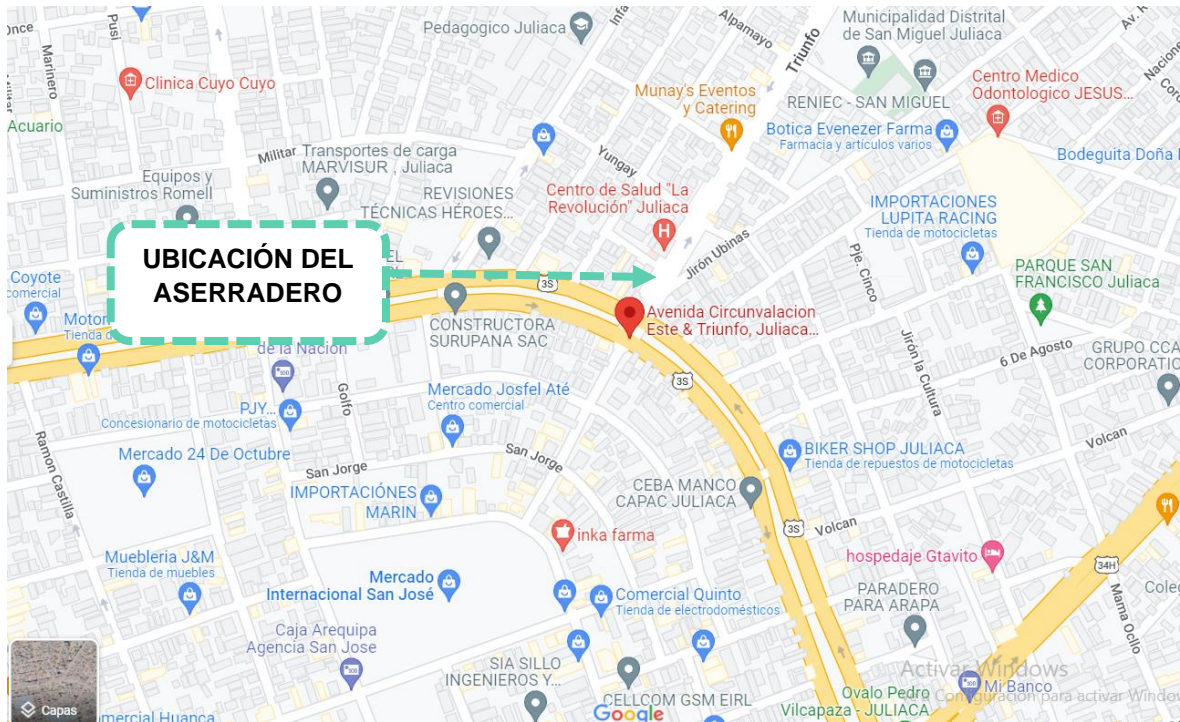


Figura 7. Lugar de acopio de los residuos de aserrín

Fuente. Elaboración propia

Segundo, el aserrín que se recolectó fue puesto a un horno a una temperatura de 200°C con el fin de calcinarlo a una temperatura uniforme y así conseguir la ceniza de aserrín.

Tercero, una vez que se efectuó la incineración de la ceniza se extrajo el material en bandejas, para seguidamente proceder al ensayo de granulometría con el fin de trabajar con un tamaño uniforme del material Ceniza de Aserrín, dentro de la mezcla de suelo natural + ceniza de aserrín en diferentes porcentajes en los ensayos de L. Atterberg, Proctor Modificado y California Bearing Ratio.

### **Etapa de laboratorio (Ensayos)**

#### **Etapa de laboratorio (Granulometría)**

Para la clasificación de los tipos de suelo encontrados en las vías urbanas de la ciudad de Huancané, Puno, se empleó el ensayo de granulometría para identificar los áridos gruesos, arenas y finos, como se aprecia en la figura 8, tomando como referencias bibliográficas la NTP 400.012 y la ASTM C 33-03.

Primero, el material extraído de las vías urbanas de la ciudad de Huancané, fue puesto al secado natural durante un periodo de 24 horas, seguidamente se cuarteo la muestra y se dispusieron los áridos tomados en recipientes los cuales fueron pesados, para seguidamente realizar el procedimiento de tamizaje, en tanto para el caso de los suelos finos #200 se lavó la muestra con sumo cuidado para evitar la pérdida de material fino.



Figura 8. Ensayo de granulometría

Fuente. Elaboración propia

### Etapa de laboratorio (Límites de Atterberg)

Para cuantificar la plasticidad del terreno natural se efectuó el ensayo de Límites de Consistencia, para determinar el LL se seleccionó 200.00 g del material extraído del terreno natural, este material debe cumplir el criterio de ser pasante del tamiz #40, donde se incorporó agua en una cantidad de 20.00 ml, para seguidamente incorporarlo al suelo y homogenizarlo, el material homogenizado fue puesto dentro de la copa de Casagrande, en donde se empleó el acanalador con el fin de dividir la muestra en dos, posteriormente se procedió a generar los golpes respectivos de la copa versus la base, la velocidad que se dispusieron para generar este procedimiento debe oscilar en periodos de 1.9 a 2.1 Golpes/Segundo, hasta lograr que la abertura acanalada tienda a cerrarse, como se aprecia en la figura 9.



Figura 9. Ensayo de limite liquido

Fuente. Elaboración propia

Para cuantificar el límite plástico, se empleó el material que sobra del ensayos de LL, aproximadamente se toma una cantidad de 20.00 g, con el cual se elaboran pequeños bastones de barro con una dimensión aproximada de 3mm de diámetro, como se aprecia en la figura 10, con el fin de ver las fisuras transversales que se originan dentro de los bastones, por último el material sobrante se dispuso dentro de pequeñas taras las cuales fueron pesada con el fin de cuantificar el % de humedad que se encuentre dentro del material húmedo.



Figura 10. Ensayo de limite plástico

Fuente. Elaboración propia



### **Etapa de laboratorio (Proctor Modificado)**

Para cuantificar el grado de compactación del terreno natural, se realizó el ensayo de Proctor Modificado, como se aprecia en la figura 11, donde se tomó una porción del material alcanzando un peso total de 2.50 kg, tomando en consideración la granulometría adecuada para realizar el ensayo, una vez pesado el material se dispuso el árido en bandejas las cuales fueron adicionadas con diferentes porcentajes de agua para posteriormente homogenizarlas y dejarlas durante un periodo de 24 horas, una vez homogenizadas las muestras se distribuyó equitativamente el material dentro de las bandejas las cuales fueron divididas en 5 partes iguales, estas fueron compactadas en 56 golpes, al realizar la compactación del material, se quitó el anillo ubicado en la parte superior, para seguidamente enzararlo con una vara metálica, así mismo en el caso de que se encuentren pequeños espacios vacíos se rellenaron y se compactaron con un pequeño martillo de caucho, una vez desarrollado el procedimiento se pesó y extrajo una porción del material con el fin de determinar el % de humedad.



*Figura 11. Ensayo de Proctor Modificado*

Fuente. Elaboración propia

### **Etapa de laboratorio (California Bearing Ratio)**

Para cuantificar la capacidad portante del terreno natural, se realizó el ensayo de California Bearing Ratio, como se aprecia en la figura 12, donde primero, se

seleccionó el material pasante del tamiz número  $\frac{3}{4}$ ", con el cual se logró alcanzar el OCH determinado dentro del ensayo de Proctor Modificado, posteriormente se dividió la muestra en 5 partes iguales para así seguidamente realizar la compactación de cada capa, una vez realizado el respectivo procedimiento se retiró el collarín y así mismo se enrazo la muestra, en el caso de que se dispongan pequeño lugares en donde falte el material se rellenó con el material sobrante con un martillo de goma, para seguidamente emplear el papel filtro sobre la superficie, luego se invirtió y dispuso la muestra compactada sobre discos metálicos, estos instrumentos simulan las capas superiores del pavimento.

Segundo, las muestras compactadas se sumergieron en un estanque de agua en un periodo de 96 horas, así mismo en la parte superficial de las muestras se incorpora el dial con el fin de determinar la expansión, antes de sumergir la muestra y posteriormente de realizar la saturación del material en el periodo realizado.

Tercero, al transcurrir el periodo de los 4 días, se dejó circular el agua sobrante del molde durante un periodo de 15 minutos fuera del estanque de agua, seguidamente se procedió a retirar los discos empleados para simular las capas superiores del pavimento, para pesarlo y ser llevado al equipo CBR, al disponer el material dentro del equipo se empleó una sobrecarga de 5 kg, con el fin de fijar el pistón, posteriormente se emplearon las agujas de los diales los cuales se pondrán en 0, el paso final es de efectuar el ensayo de CBR mediante una carga aplicada a través de la prensa, la oscilación de velocidad del ensayo debe situarse a 1.27 mm/min, las cuales fueron apuntadas dentro de los formatos respectivos del ensayo.



Figura 12. Ensayo de CBR

Fuente. Elaboración propia

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

Para efectuar un óptimo análisis de los datos obtenidos tras aplicar diversas técnicas como: observación y medición, las cuales se distribuyen de la siguiente manera: lograr un exhaustivo análisis visual del estado situacional en el que se encuentra el tramo evaluado, ciñéndose en la mayor cantidad de patologías identificadas, y la medición la cual albergara paramétricos numéricos los cuales podrán contrastarse con normal. (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 61).

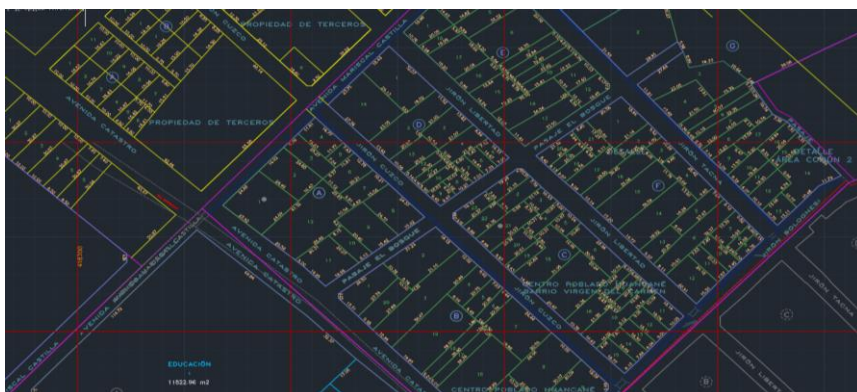
El método de análisis que se empleó en el informe de investigación es el estadístico inferencial, debido a que los datos contaron con una distribución normal, por lo que se escogió la prueba paramétrica análisis de varianza también denominada (ANOVA) debido a que la investigación contara con un grupo control y tres experimentales.

### **3.7. Aspectos éticos**

Según a lo establecido en la resolución aprobada por el consejo universitario N° 0126-2017 el presente estudio cumplió todo lo estipulado en los lineamientos detallados en esta resolución como el rigor científico, la honestidad, competitividad científica y personal, de la misma manera fue sometido al software antiplagio Turnitin, todos los autores de artículos de revista, libros y tesis fueron debidamente citados de acuerdo al ISO-690, el presente estudio cumple todos los parámetros exigidos por la Universidad César Vallejo.

## IV. RESULTADOS

### Localización:



**Figura 13.** Vía urbana del Jr. Cusco – Huancané

**Fuente.** DWG Plano Catastral Huancané (2022)

La ubicación específica en donde se enfoca la investigación son las vías de carácter urbano de la provincia de Huancané, para llegar al punto de la zona a investigar es necesario tomarse un tiempo estimado de 10 minutos, en dicha zona se efectuó 3 calicatas, las cuales se contemplan a continuación:

#### **Descripción: C1**

Área: 1200.00 m<sup>2</sup>

Profundidad: 1.50 m

Dimensiones: 120 x 120 cm

Lado de la vía: Izquierda

#### **Descripción: C2**

Área: 1200.00 m<sup>2</sup>

Profundidad: 1.50 m

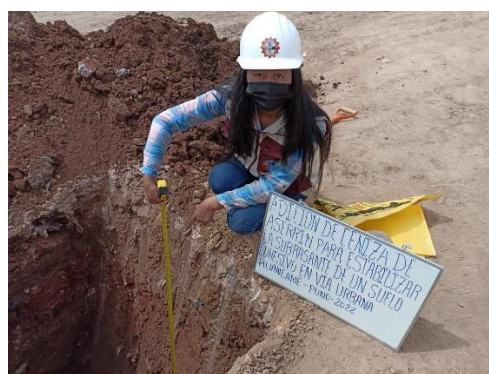
Dimensiones: 120 x 120 cm

Lado de la vía: Derecha



**Figura 14:** Muestra Calicata 1

**Fuente:** Desarrollo propio



**Figura 15:** Muestra Calicata 2

**Fuente:** Desarrollo propio

**Descripción: C3**

Área: 1200.00 m<sup>2</sup>

Profundidad: 1.50 m

Dimensiones: 120 x 120 cm

Lado de la vía: Izquierda



**Figura 16:** Muestra Calicata 3

Fuente: Desarrollo propio

La ceniza de aserrín utilizada para el estudio se obtuvo de la provincia de los aserrados establecidos en la ciudad de Juliaca, las cuales se encuentra a 20 minutos de la ciudad de Juliaca.



**Figura 17:** Aserrado para la toma de muestra

Fuente: Desarrollo propio



**Figura 18:** Recolección de la ceniza de aserrín

Fuente: Desarrollo propio

## Trabajo de Laboratorio

Para caracterizar la ceniza de aserrín en el informe de investigación se realizó el ensayo de peso específico para determinar la unidad en función del volumen del material por lo cual se obtuvo una relación de  $1.44 \text{ g/cm}^3$ , lo cual indica que para cada  $\text{cm}^3$  de subrasante se empleara 1.44 gramos de ceniza de aserrín para la realización de la estabilización en las vías urbanas de la ciudad de Huancané.

Asimismo, se realizó la investigación en artículos científicos que indican que la composición química que cuenta la ceniza de aserrín es la siguiente la cual se detalla en la tabla 13:

**Tabla 13:** *Composición química de la ceniza de aserrín*

Composición química	Porcentaje
SiO <sub>2</sub>	5.30
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.90
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.65
CaO	49.70
MgO	4.06
SO <sub>3</sub>	9.04
WO <sub>2</sub>	2.04
K <sub>2</sub> O	21.72
P <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.38
LOI	7.30

Fuente: (Osuya y Mohammed, 2017, p. 434)

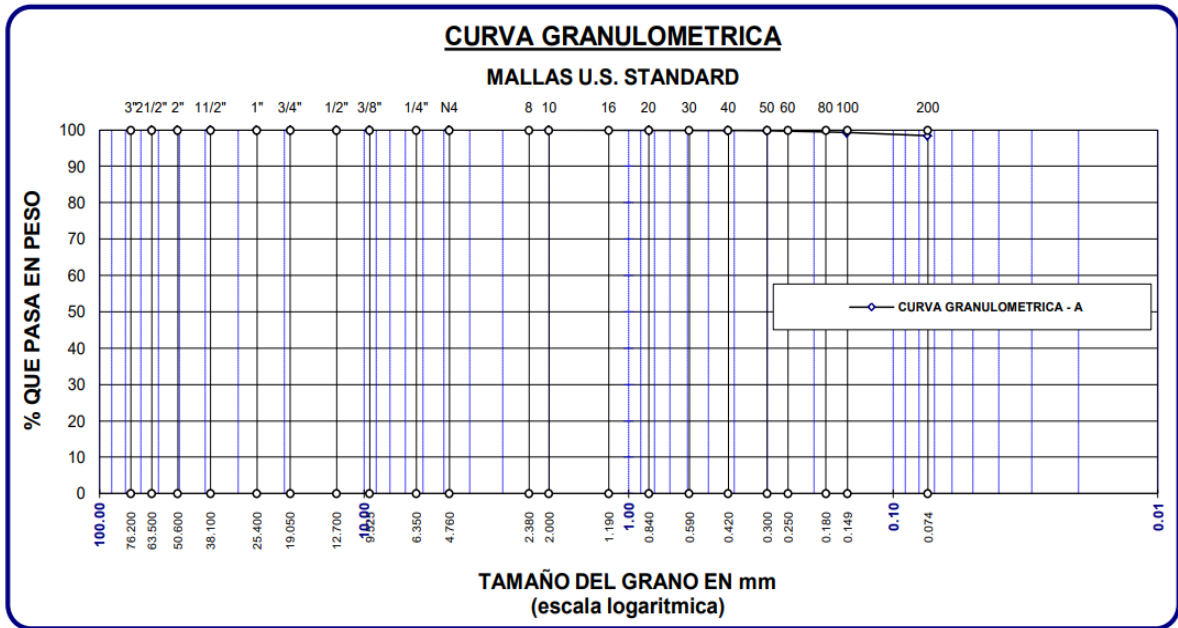
Para inicial el desarrollo de la investigación se aperturaran calicatas, en diferentes secciones de la vía de orden vecinal alrededor de todas las vías urbanas de la ciudad de Huancané específicamente en la longitud e intersecciones del Jr. Cusco, de acuerdo a lo que la norma técnica peruana CE. 010 pavimentos urbanos, la calle evaluada se encuentra clasificada como una vía colectora por lo cual se realizó, 1 calicata por cada  $1200.00 \text{ m}^2$ .

**Tabla 14:** Datos cuantificados por parámetros granulométrico SC<sub>01MN</sub>

Tamiz	AASHTO T -27 (mm)	Peso Retenido	% Retenido	Retenido Acumulado	% que Pasa
3	76.200				
2 ½"	60.350				
2"	50.800				
1 ½"	38.100				
1"	25.400				
¾"	19.000				
½"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.5000	0.00	0.00	0.00	100.00
¼"	6.350				
Nº 4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 8	2.360				
Nº 10	2.000	0.24	0.03	0.03	99.97
Nº 16	1.190				
Nº 20	0.840	0.50	0.07	0.11	99.89
Nº 30	0.600				
Nº 40	0.425	0.46	0.07	0.17	99.83
Nº 50	0.300	0.27	0.04	0.21	99.79
Nº 60	0.250				
Nº 80	0.177				
Nº 100	0.150	3.33	0.48	0.69	99.31
Nº 200	0.075	6.30	0.90	1.59	98.41
<b>BASE</b>		688.90	98.41	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>		700.00	100.00		
<b>% PERDIDA</b>		98.41			

Fuente: Desarrollo propio

**Interpretación:** De acorde a la evaluación desarrolla de la muestra C – 1, se pudo evidenciar y cuantificar, que tanto valores retenidos como valores acumulados se caracterizan de la siguiente manera: fracciones comprendidas entre las gravas con mayor tamaño oscilantes entre mallas 3 a 4 pulgadas, respectivamente del 0.00%, por lo cual no se trata de una grava, en tanto en los tamices (Arena Nº4 @ Nº200) las cuales son arenas se comprende un peso retenido acumulado del 1.59%, finalmente los áridos finos los cuales se encuentran en el retenido acumulado de la malla Nº200, es del 98.41%, por lo cual la particularidad del suelo evaluado es de finos ya que cuenta con un valor mayor al 50.00% del peso total del material..



**Figura 19:** Curva generada tras cuantificar los valores o % de retención C<sub>01</sub>  
Fuente: Desarrollo propio

Dados los valores resultante en los tamaños y/o partículas de la muestra CC<sub>01</sub>, a lo largo de mil doscientos metros cuadrados, del tramo en evaluación (Vías Urbanas Huancané), se logró identificar que la muestra relacionada a la CC<sub>01</sub> comprende a las ARCILLAS INORGANICAS DE BAJA COMPRESIBILIDAD (CL), en tanto a lo acorde de la AASHTO esta se enfoca con un grupo A-4, dichos valores fueron cuantificados en laboratorio (SERVISUR S.A.C), el cual cuenta con todas las garantías para votar datos fehacientes y válidos.

**Tabla 15:** Denominación de los áridos de acorde a métodos de clasificación

Clasificación de Suelos	
SUCS	AASHTO
CL	A - 4

Fuente: Desarrollo propio

**Interpretación:** De acorde a la evaluación desarrolla de la muestra C - 2, se pudo evidenciar y cuantificar, que tanto valores retenidos como valores acumulados se caracterizan de la siguiente manera: fracciones comprendidas entre las gravas con mayor tamaño oscilantes entre mallas 3 a 4 pulgadas, respectivamente del 0.26%, por lo cual no se trata de una grava, en tanto en los tamices (Arena N<sup>o</sup>4 @ N<sup>o</sup>200) las cuales son arenas se comprende un peso retenido acumulado del 10.27%,

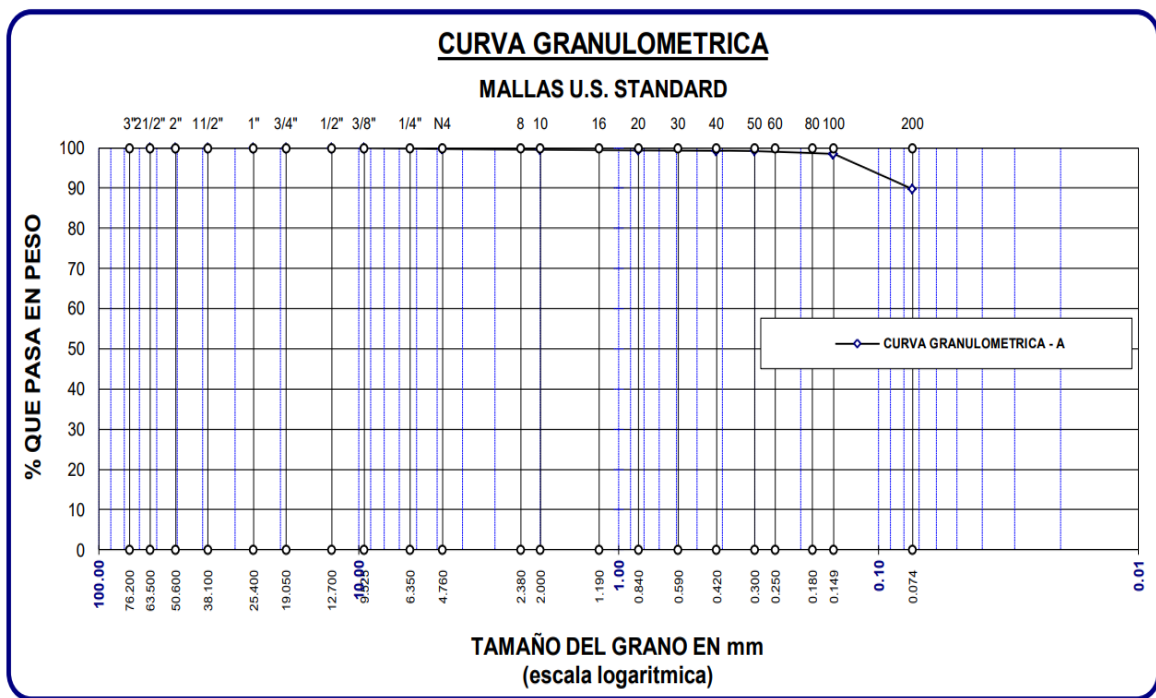


finalmente los áridos finos los cuales se encuentran en el retenido acumulado de la malla N°200, es del 89.73%, por lo cual la particularidad del suelo evaluado es de finos ya que cuenta con un valor mayor al 50.00% del peso total del material.

**Tabla 16:** Datos cuantificados por parámetros granulométrico  $SC_{02MN}$

Tamiz	AASHTO T -27 (mm)	Peso Retenido	% Retenido	Retenido Acumulado	% que Pasa
3	76.200				
2 ½"	60.350				
2"	50.800				
1 ½"	38.100				
1"	25.400				
¾"	19.000				
½"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.5000	0.00	0.00	0.00	100.00
¼"	6.350				
Nº 4	4.750	0.66	0.26	0.26	99.74
Nº 8	2.360				
Nº 10	2.000	0.42	0.17	0.43	99.57
Nº 16	1.190				
Nº 20	0.840	0.42	0.17	0.60	99.40
Nº 30	0.600				
Nº 40	0.425	0.26	0.10	0.70	99.30
Nº 50	0.300	0.19	0.08	0.78	99.22
Nº 60	0.250				
Nº 80	0.177				
Nº 100	0.150	1.77	0.71	1.48	98.52
Nº 200	0.075	22.03	8.81	10.27	89.73
<b>BASE</b>		224.91	89.96	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>		250.00	100.00		
<b>% PERDIDA</b>		89.96			

Fuente: Desarrollo propio



**Figura 20:** Curva generada tras cuantificar los valores o % de retención C<sub>02</sub>

Fuente: Desarrollo propio

Dados los valores resultante en los tamaños y/o partículas de la muestra CC<sub>01</sub>, a lo largo de mil doscientos metros cuadrados, del tramo en evaluación (Vías Urbanas Huancané), se logró identificar que la muestra relacionada a la CC<sub>02</sub> comprende a las ARCILLAS INORGANICAS DE BAJA COMPRESIBILIDAD (CL), en tanto a lo acorde de la AASHTO esta se enfoca con un grupo A-4, dichos valores fueron cuantificados en laboratorio (SERVISUR S.A.C), el cual cuenta con todas las garantías para votar datos fehacientes y válidos.

**Tabla 17:** Denominación de los áridos de acorde a métodos de clasificación

Clasificación de Suelos	
SUCS	AASHTO
CL	A - 4

Fuente: Desarrollo propio

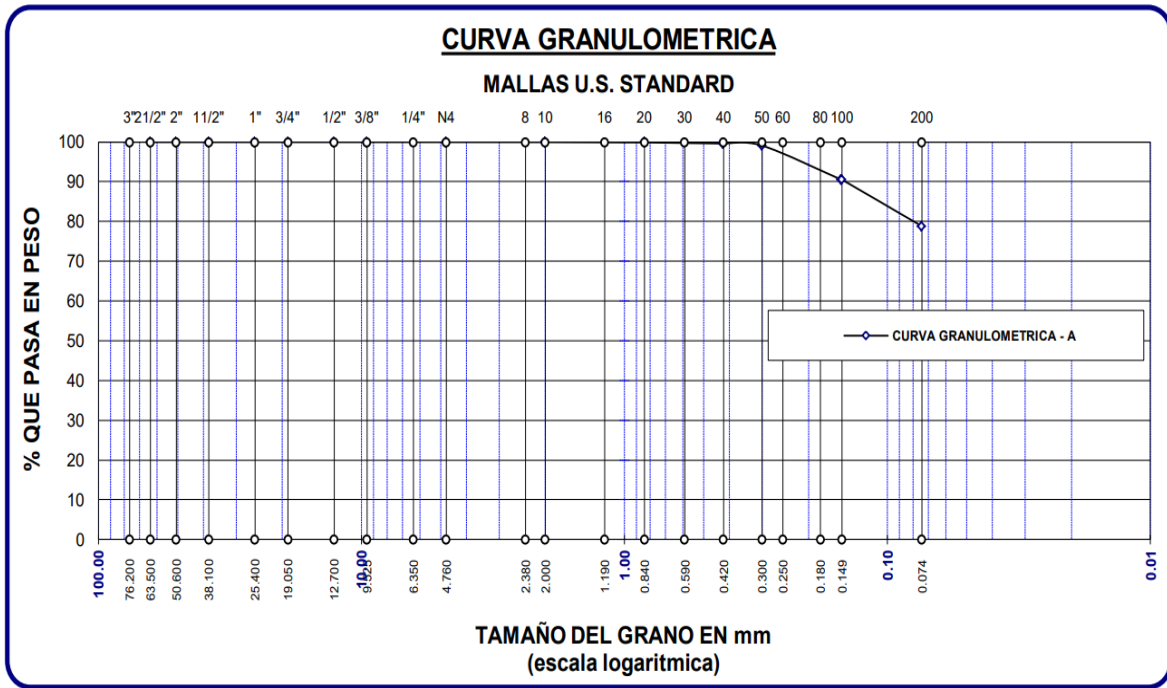
**Interpretación:** De acorde a la evaluación desarrolla de la muestra C - 3, se pudo evidenciar y cuantificar, que tanto valores retenidos como valores acumulados se caracterizan de la siguiente manera: fracciones comprendidas entre las gravas con mayor tamaño oscilantes entre mallas 3 a 4 pulgadas, respectivamente 0.00%, por

lo cual no se trata de una grava, en tanto en los tamices (Arena N°4 @ N°200) las cuales son arenas se comprende un peso retenido acumulado del 21.21%, finalmente los áridos finos los cuales se encuentran en el retenido acumulado de la malla N°200, es del 78.79%, por lo cual la particularidad del suelo evaluado es de finos ya que cuenta con un valor mayor al 50.00% del peso total del material.

**Tabla 18:** Datos cuantificados por parámetros granulométrico SC<sub>03MN</sub>

Tamiz	AASHTO T -27 (mm)	Peso Retenido	Porcentaje Retenido	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa
3	76.200				
2 ½"	60.350				
2"	50.800				
1 ½"	38.100				
1"	25.400				
¾"	19.000				
½"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.5000	0.00	0.00	0.00	100.00
¼"	6.350				
N° 4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 8	2.360				
N° 10	2.000	0.08	0.01	0.01	99.99
N° 16	1.190				
N° 20	0.840	0.77	0.11	0.12	99.88
N° 30	0.600				
N° 40	0.425	2.02	0.29	0.41	99.59
N° 50	0.300	3.55	0.51	0.92	99.08
N° 60	0.250				
N° 80	0.177				
N° 100	0.150	60.03	8.58	9.49	90.51
N° 200	0.075	82.01	11.72	21.21	78.79
<b>BASE</b>		551.54	78.79	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>		700.00	100.00		
<b>% PERDIDA</b>		78.79			

Fuente: Desarrollo propio



**Figura 21:** Curva generada tras cuantificar los valores o % de retención C<sub>03</sub>

Fuente: Desarrollo propio

Datados los valores resultante en los tamaños y/o partículas de la muestra CC<sub>01</sub>, a lo largo de mil doscientos metros cuadrados, del tramo en evaluación (Vías Urbanas Huancané), se logró identificar que la muestra relacionada a la CC<sub>01</sub> comprende a las ARCILLAS INORGANICAS DE BAJA COMPRESIBILIDAD (CL), en tanto a lo acorde de la AASHTO esta se enfoca con un grupo A-4, dichos valores fueron cuantificados en laboratorio (SERVISUR S.A.C), el cual cuenta con todas las garantías para votar datos fehacientes y válidos.

**Tabla 19:** Denominación de los áridos de acorde a métodos de clasificación

Clasificación de Suelos	
SUCS	AASHTO
CL	A - 4

Fuente: Desarrollo propio

### Calicata N°1

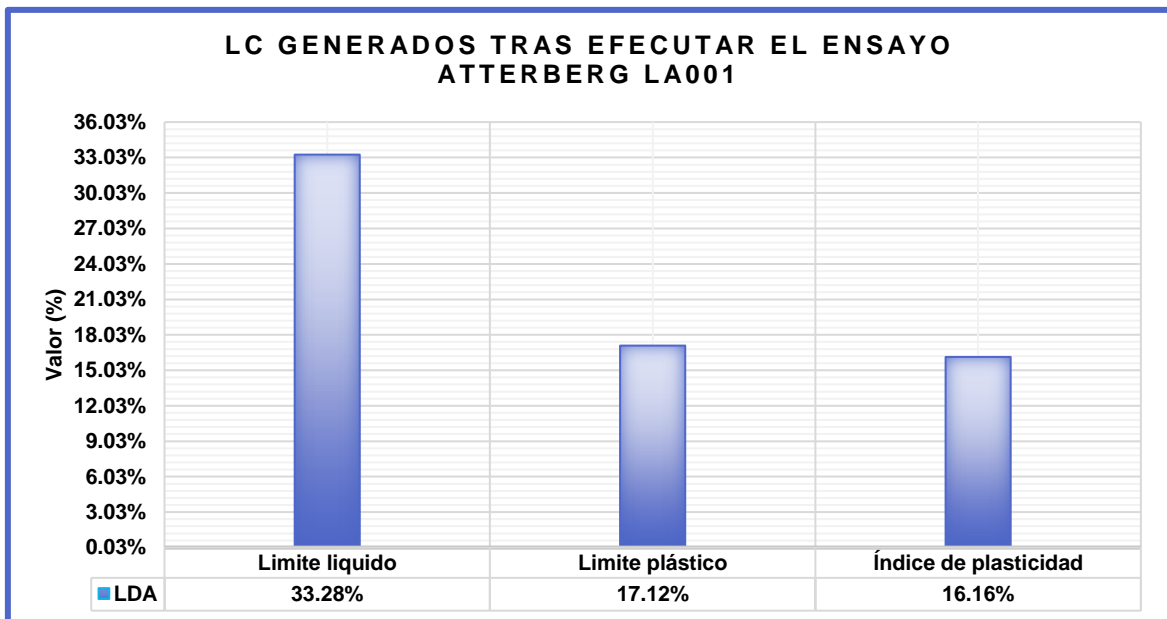
Datas las pruebas efectuadas en laboratorio, se procede a mencionar los valores alcanzados seguidamente, mediante la tabla 20:

**Tabla 20:** Caracterización numérica de parámetros<sub>CCNT01</sub>

Ensayos		Muestra C1
Consistencia del terreno (Prueba Atterberg)	Líquido	33.28%
	Plástico	17.12%
	Índice de plasticidad	16.16%
Clasificación de suelos	SUCS	CL
	AASHTO	A – 4
Proctor Modificado	Óptimo contenido de humedad	16.83%
	Densidad máxima seca	1.830 gr/cm <sup>3</sup>
California Bearing Ratio (CBR)		4.32%

Fuente: Desarrollo propio

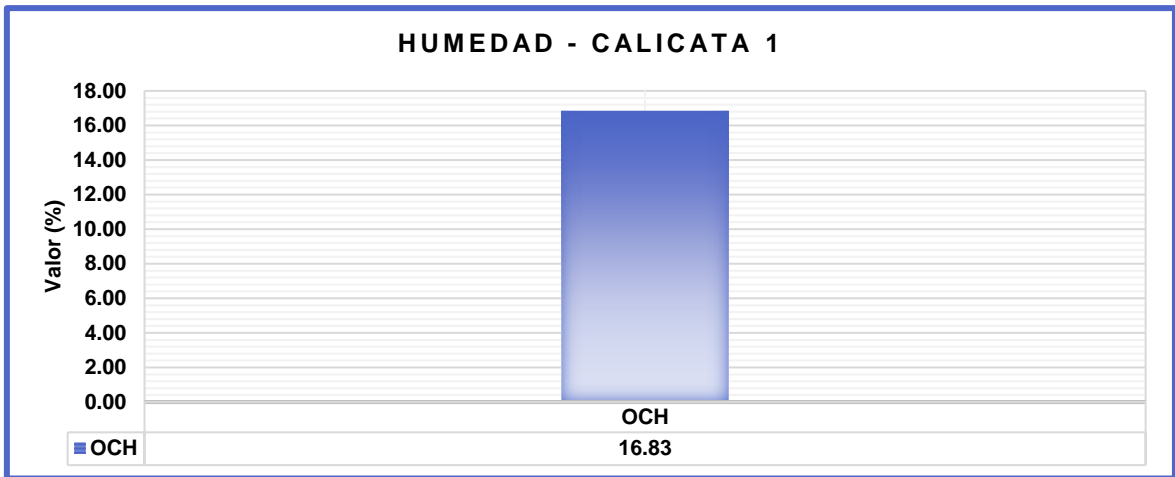
**Interpretación,** De acorde a lo expresado en la tabla anterior, se expresan gráficamente las generalidades plásticas con las que se encuentra el TN<sub>CC01</sub>, según figura 22, siendo valorizado el LL con un valor real del 33.28%, LP con un valor real del 17.12% y IP con un valor real del 16.16%.



**Figura 22:** Comparativa de valores  $L_{LL}$  vs  $L_{P}$  vs  $I_{P}$  – CC1

Fuente: Desarrollo propio

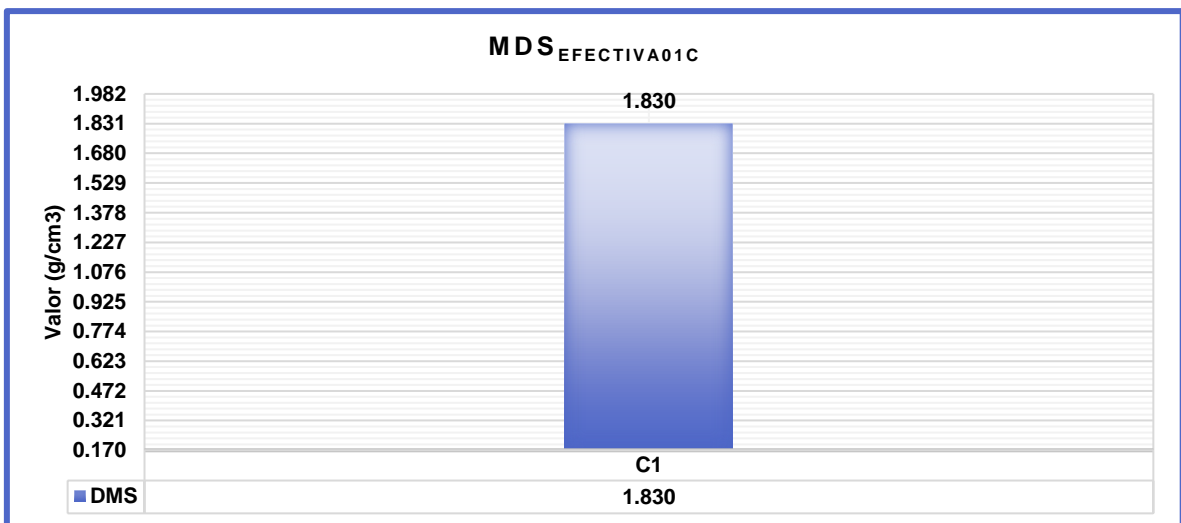
Posteriormente, se logró visualizar gráficamente los datos cuantificados tras efectuar el procedimiento Proctor de orden modificado, según figura 23, donde se obtuvo consecuentemente que la humedad es del 16.83%.



**Figura 23:**  $OCH_{EfectivaCC02}$

Fuente: Desarrollo propio

Posteriormente, se logró visualizar gráficamente los datos cuantificados tras efectuar el procedimiento Proctor de orden modificado, según figura 24, donde se obtuvo consecuentemente que la densidad asciende al 1.830.

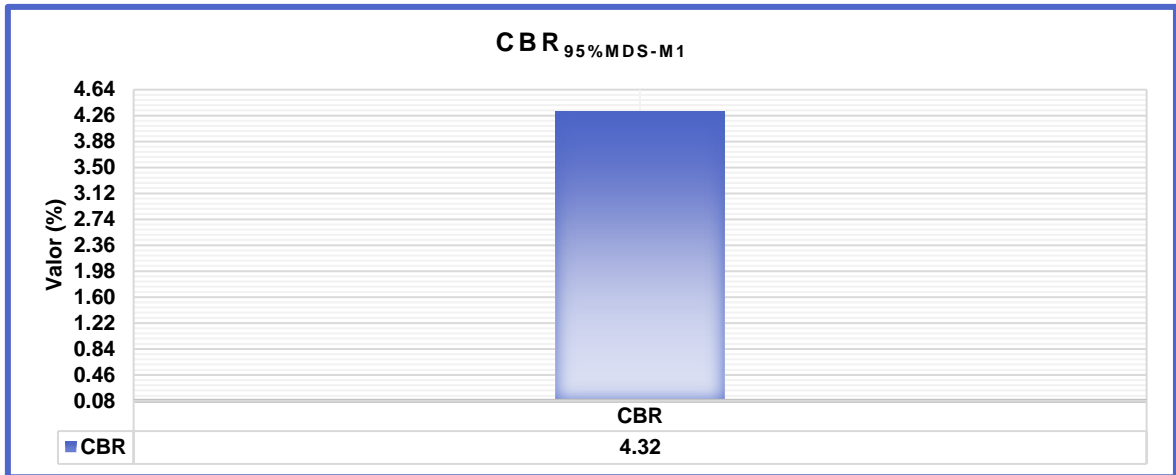


**Figura 24:**  $MDS_{Natural - M01}$

Fuente: Desarrollo propio

**Interpretación:** Conforme a lo verificado en laboratorio sobre el CHO y MDS, se afirma que los valores estables se datan del 16.83% y 1.830 g/cm<sup>3</sup>. Consecuentemente se da inicio al procedimiento de saturación de la Muestra M1 en un tiempo estimado de 96 horas, para de esta manera cuantificar el valor CBR en correlación de la MDS, siendo estos datos alcanzados los siguientes  $CBR_{95\%MDS}$ .

SAT = 4.32%, resultando como insuficiente este valor para realizar una subrasante, por lo cual requiere emplearse algún tipo de método para su óptima estabilización.



**Figura 25:** Valor máximo de  $CBR_{95\%MDS-M1}$

Fuente: Desarrollo propio

## Calicata N°2

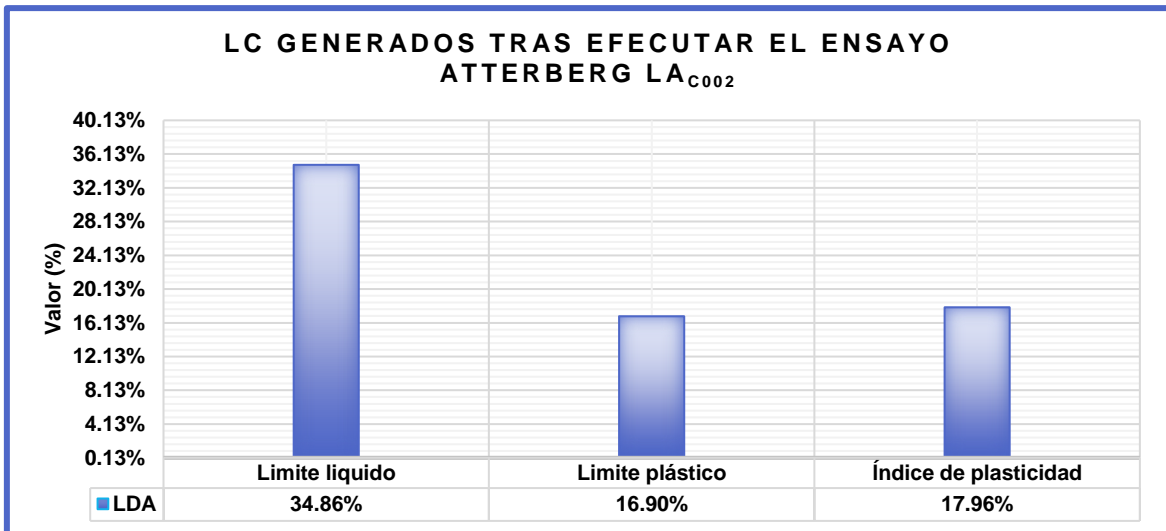
Dadas las pruebas efectuadas en laboratorio, se procede a mencionar los valores alcanzados seguidamente, mediante la tabla 21:

**Tabla 21:** Caracterización numérica de parámetros $_{SCNT02}$

Ensayos		Muestra C2
Consistencia del terreno (Prueba Atterberg)	Líquido	34.86%
	Plástico	16.90%
	Índice de plasticidad	17.96%
Clasificación de suelos	SUCS	CL
	AASHTO	A – 4
Proctor Modificado	Óptimo contenido de humedad	17.02%
	Densidad máxima seca	1.82 gr/cm <sup>3</sup>
California Bearing Ratio (CBR)		4.41%

Fuente: Desarrollo propio

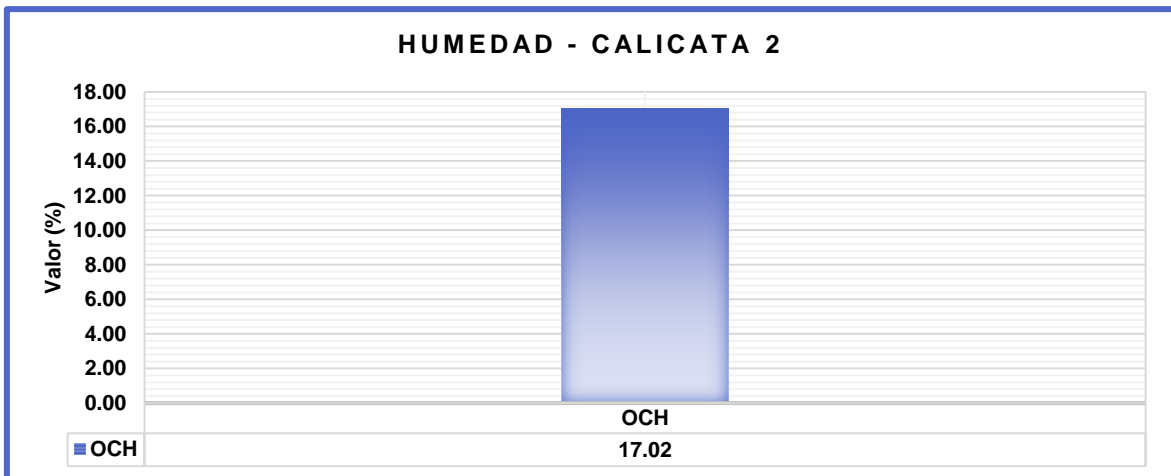
**Interpretación,** De acorde a lo expresado en la tabla anterior, se expresan gráficamente las generalidades plásticas con las que se encuentra el  $TN_{CC02}$ , según figura 26, siendo valorizado el LL con un valor real del 34.86%, LP con un valor real del 16.90% y IP con un valor real del 17.96%



**Figura 26:** Comparativa de valores  $LA_{LLvsLPvsIP} - CC2$

Fuente: Desarrollo propio

Posteriormente, se logró visualizar gráficamente los datos cuantificados tras efectuar el procedimiento Proctor de orden modificado, según figura 27, donde se obtuvo consecuentemente que la humedad es del 17.02%.

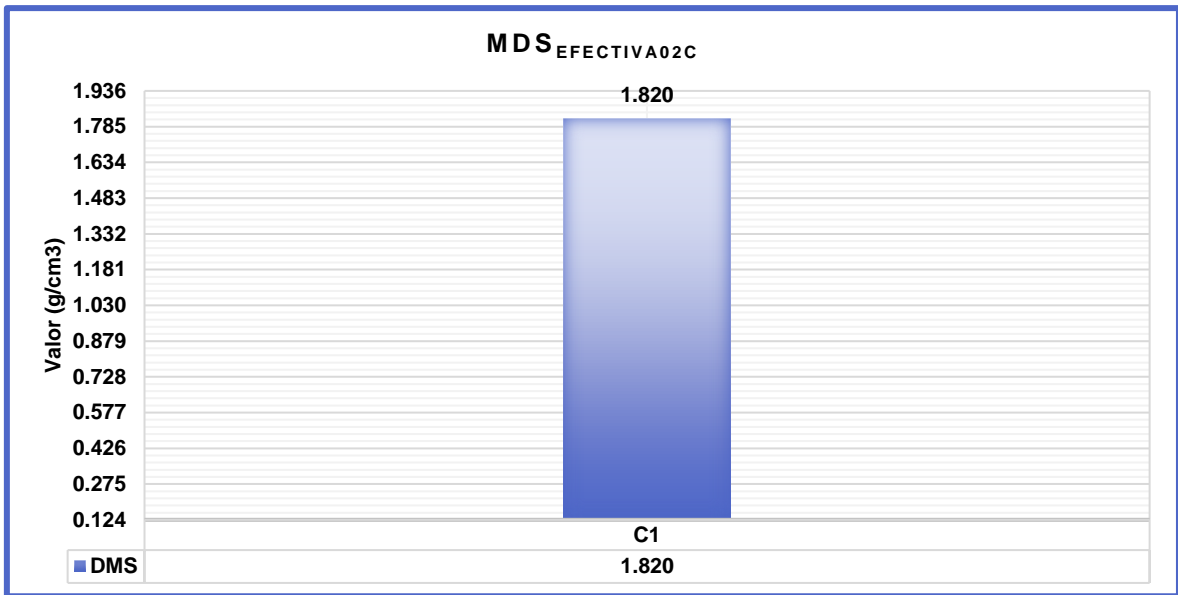


**Figura 27:**  $OCH_{EfectivaCC02}$

Fuente: Desarrollo propio

Posteriormente, se logró visualizar gráficamente los datos cuantificados tras efectuar el procedimiento Proctor de orden modificado, según figura 28, donde se obtuvo consecuentemente que la densidad asciende al 1.820.

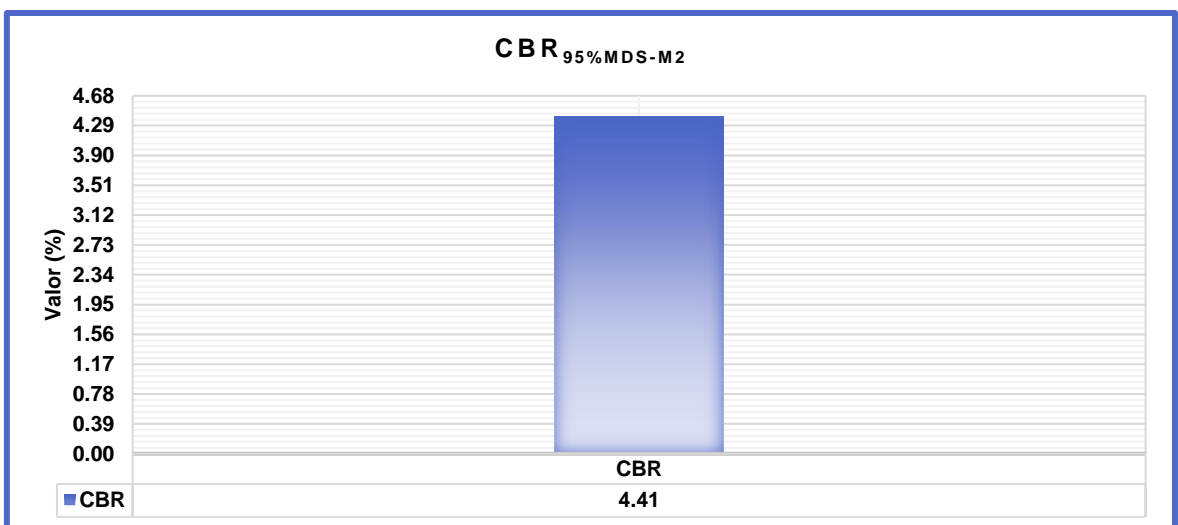




**Figura 28:** MDS<sub>Natural</sub> – M02

Fuente: Desarrollo propio

**Interpretación:** Conforme a lo verificado en laboratorio sobre el CHO y MDS, se afirma que los valores estables se datan del 17.02% y 1.820 g/cm<sup>3</sup>. Consecuentemente se da inicio al procedimiento de saturación de la Muestra M2 en un tiempo estimado de 96 horas, para de esta manera cuantificar el valor CBR en correlación de la MDS, siendo estos datos alcanzados los siguientes CBR<sub>95%MDS-SAT</sub> = 4.41%, resultando como insuficiente este valor para realizar una subrasante, por lo cual requiere emplearse algún tipo de método para su optima estabilización.



**Figura 29:** Valor máximo de CBR<sub>95%MDS-M2</sub>

Fuente: Desarrollo propio

### Calicata N°3

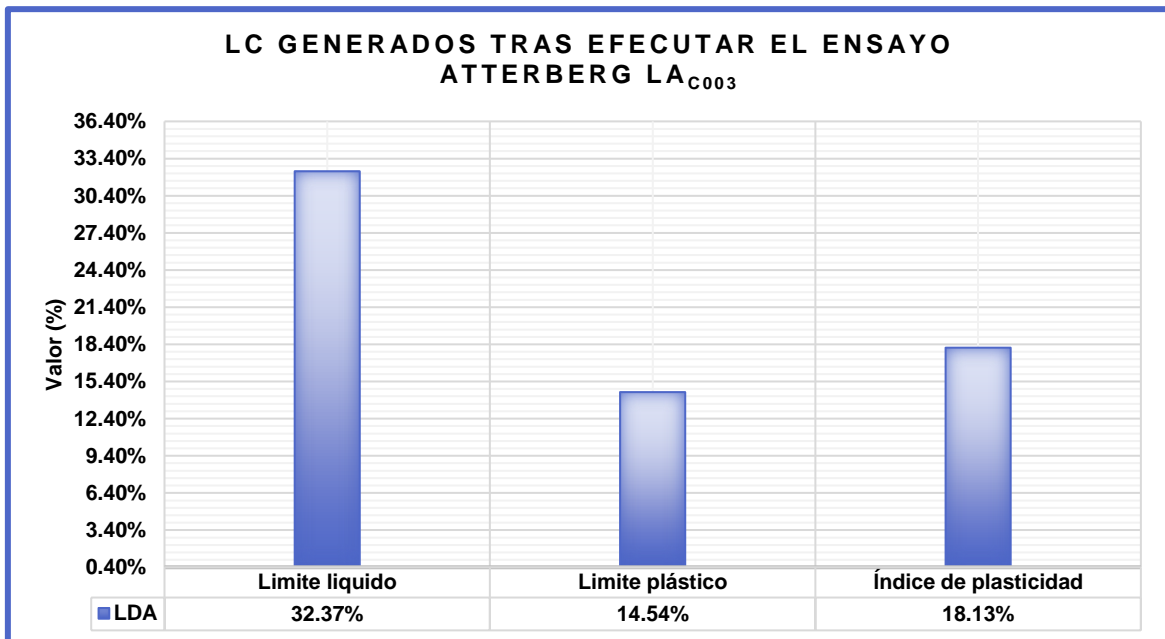
Dadas las pruebas efectuadas en laboratorio, se procede a mencionar los valores alcanzados seguidamente, mediante la tabla 22:

**Tabla 22:** Resultados de laboratorio muestra calicata 3

Ensayos		Muestra C3
Consistencia del terreno (Prueba Atterberg)	Líquido	32.37%
	Plástico	14.54%
	Índice de plasticidad	18.13%
Clasificación de suelos	SUCS	CL
	AASHTO	A – 4
Proctor Modificado	Óptimo contenido de humedad	16.51%
	Densidad máxima seca	1.840 gr/cm <sup>3</sup>
California Bearing Ratio (CBR)		4.38%

Fuente: Desarrollo propio

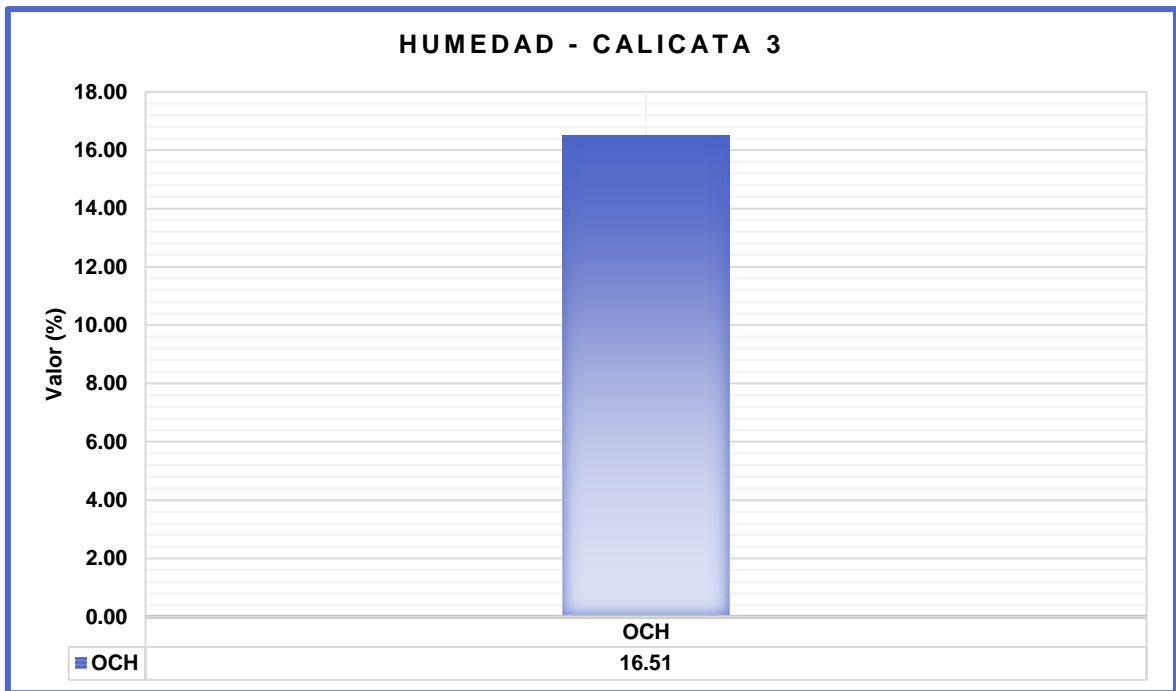
**Interpretación,** De acorde a lo expresado en la tabla anterior, se expresan gráficamente las generalidades plásticas con las que se encuentra el TN<sub>CC02</sub>, según figura 30, siendo valorizado el LL con un valor real del 32.57%, LP con un valor real del 14.54% y IP con un valor real del 18.13%



**Figura 30:** Comparativa de valores LA<sub>LLvsLPvsIP</sub> – CC3

Fuente: Desarrollo propio

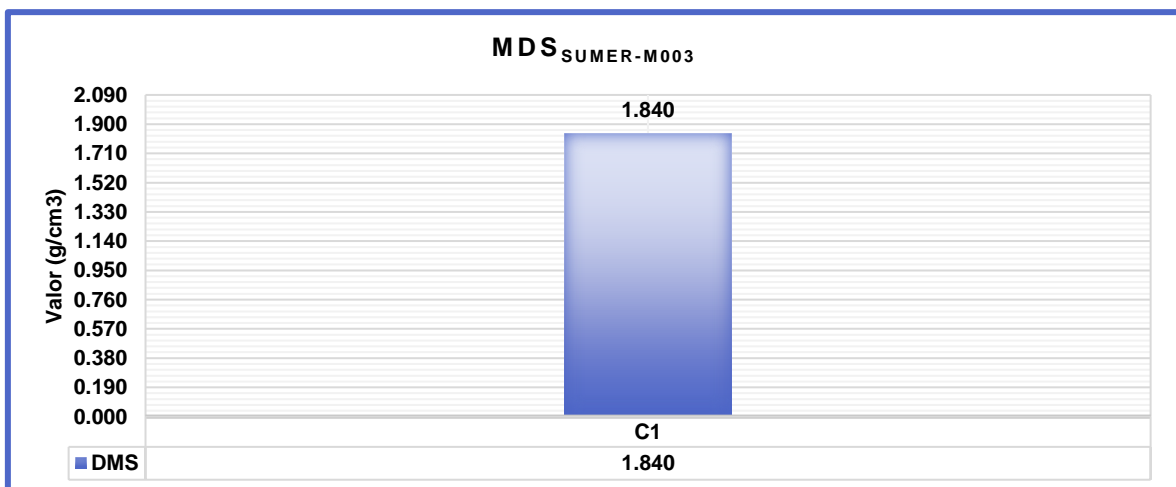
Posteriormente, se logró visualizar gráficamente los datos cuantificados tras efectuar el procedimiento Proctor de orden modificado, según figura 31, donde se obtuvo consecuentemente que la humedad es del 16.51%.



**Figura 31:**  $OCH_{EfectivaCC03}$

Fuente: Desarrollo propio

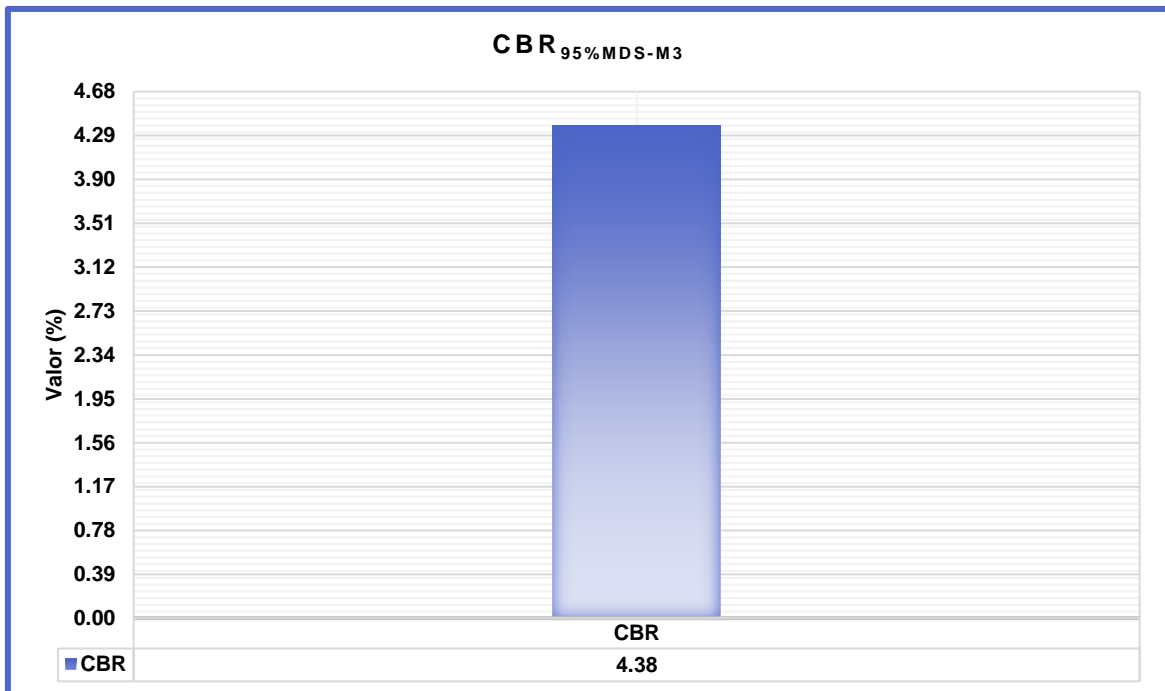
Posteriormente, se logró visualizar gráficamente los datos cuantificados tras efectuar el procedimiento Proctor de orden modificado, según figura 32, donde se obtuvo consecuentemente que la densidad asciende al 1.840.



**Figura 32:**  $MDS_{Natural - M03}$

Fuente: Desarrollo propio

**Interpretación:** Conforme a lo verificado en laboratorio sobre el CHO y MDS, se afirma que los valores estables se datan del 16.51% y 1.840 g/cm<sup>3</sup>. Consecuentemente se da inicio al procedimiento de saturación de la Muestra M3 en un tiempo estimado de 96 horas, para de esta manera cuantificar el valor CBR en correlación de la MDS, siendo estos datos alcanzados los siguientes  $CBR_{95\%MDS-SAT} = 4.38\%$ , resultando como insuficiente este valor para realizar una subrasante, por lo cual requiere emplearse algún tipo de método para su optima estabilización.



**Figura 33:** Valor máximo de  $CBR_{95\%MDS-M3}$

Fuente: Desarrollo propio

## Propiedades Fisicas

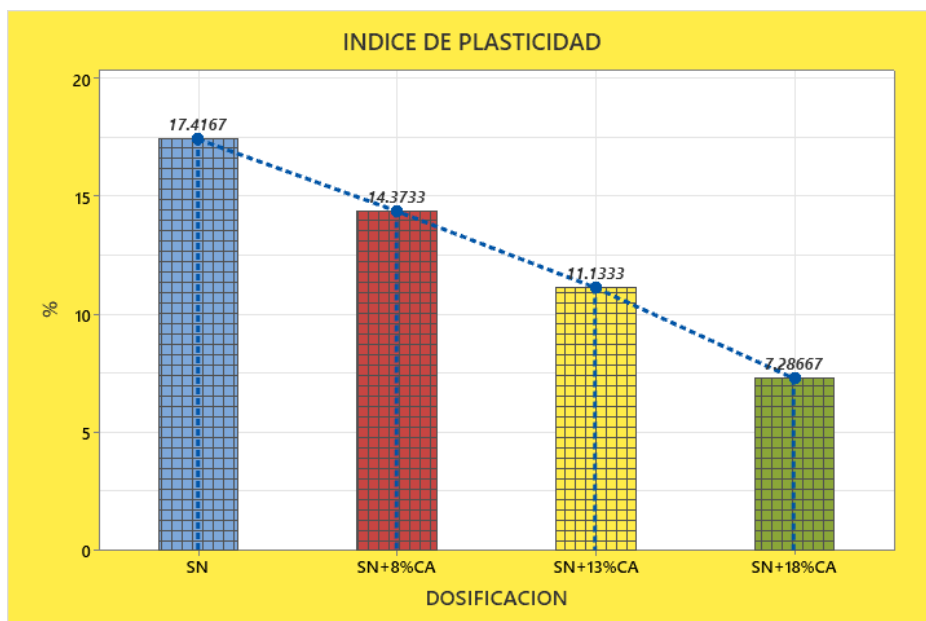
### Ensayo de Limites de Atterberg

**Tabla 23:** Consistencia del TN vs  $TN_{+CA}$  en 8%, 13% y 18%

Item	Descripcion	LL	LP	IP
1	M1 Suelo natural (SN)	33.28	17.12	16.16
2	M2 Suelo natural (SN)	34.86	16.90	17.96
3	M3 Suelo natural (SN)	32.37	14.54	18.13
<b>4</b>	<b>Promedio</b>	<b>33.50</b>	<b>16.19</b>	<b>17.42</b>
5	M1 SN + 8% CA	39.06	25.45	13.61
6	M2 SN + 8% CA	38.01	23.91	14.10
7	M3 SN + 8% CA	35.11	19.69	15.41
<b>8</b>	<b>Promedio</b>	<b>37.39</b>	<b>23.02</b>	<b>14.37</b>
9	M1 SN + 13% CA	40.31	30.29	10.03
10	M2 SN + 13% CA	41.01	30.11	11.01
11	M3 SN + 13% CA	39.79	27.44	12.36
<b>12</b>	<b>Promedio</b>	<b>40.37</b>	<b>29.28</b>	<b>11.13</b>
13	M1 SN + 18% CA	42.04	35.33	6.70
14	M2 SN + 18% CA	44.11	37.08	7.02
15	M3 SN + 18% CA	43.65	35.51	8.14
<b>16</b>	<b>Promedio</b>	<b>43.27</b>	<b>35.97</b>	<b>7.29</b>

Fuente: Desarrollo propio

**Interpretación:** De acorde a los datos extraídos de los certificados fehacientes de laboratorio en las propiedades plásticas de la muestra con y sin aserrín incinerado (ceniza aserrín CA), se identifican cambios relevantes ya que, la tendencia a la baja del IP es un valor recomendable, ya que se lograría una mejoría en la consistencia del terreno a trabajar, inicialmente se logró identificar que el IP es del 17.42%, en tanto al aplicar una considerable cantidad de CA en una dosificación del 18% en correlación de la MN, es posible disminuir un 7.29% de la plasticidad del terreno.



**Figura 34:**  $IP_{Natural}$  Vs  $IP_{CenizaAserrin}$

Fuente: Elaboración propia en el programa minitab

### Proctor Modificado

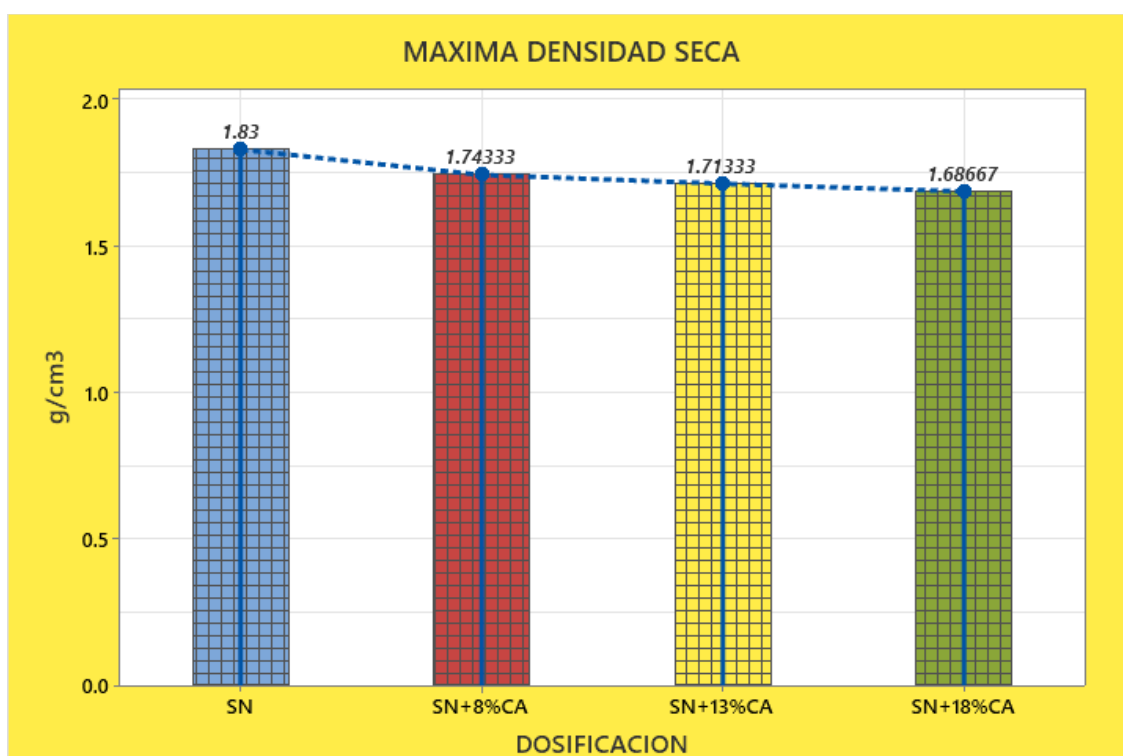
**Interpretación:** De acuerdo a los datos extraídos de los certificados fehacientes de laboratorio en las propiedades del grado de compactación de la muestra con y sin aserrín incinerado (ceniza aserrín CA), se identifican cambios relevantes ya que, la tendencia a la baja del MDS y el aumento del OCH, ya que se lograría un incremento del OCH y una disminución de la MDS, inicialmente se logró identificar que el OCH es del 16.83%, en tanto al aplicar una considerable cantidad de CA en una dosificación del 18% en correlación de la MN, es posible incrementar el %H en un 20.09%, lo cual denotaría un incremento significativo de la cantidad de agua.

**Tabla 24:** Ensayo de Proctor Modificado con la incorporación de CA

Descripcion	MDS	OCH
M1 Suelo <sub>natural</sub>	1.830	16.83%
M2 Suelo <sub>natural</sub>	1.820	17.02%
M3 Suelo <sub>natural</sub>	1.840	16.51%
<b>Promedio</b>	1.830	16.79 %
M1 <sub>SN + 8% CA</sub>	1.750	17.61%
M2 <sub>SN + 8% CA</sub>	1.720	17.90%
M3 <sub>SN + 8% CA</sub>	1.760	17.30%
<b>Promedio</b>	1.743	17.60%

M1 <sub>SN + 13% CA</sub>	1.720	17.23%
M2 <sub>SN + 13% CA</sub>	1.690	18.65%
M3 <sub>SN + 13% CA</sub>	1.730	19.05%
<b>Promedio</b>	1.713	18.31 %
M1 <sub>SN + 18% CA</sub>	1.700	19.70%
M2 <sub>SN + 18% CA</sub>	1.670	20.00%
M3 <sub>SN + 18% CA</sub>	1.690	20.58%
<b>Promedio</b>	1.687	20.09 %

Fuente: Desarrollo propio



**Figura 35:** MDS<sub>Natural</sub> Vs MDS<sub>CenizaAserrin</sub>

Fuente: Elaboración propia en el programa minitab

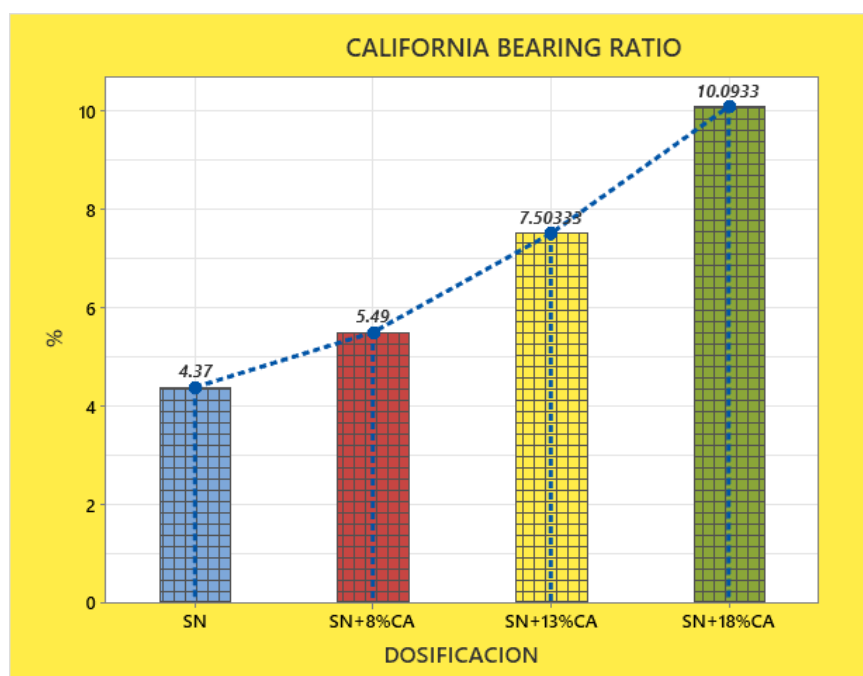
## CBR

**Tabla 25:** Ensayo de CBR con la incorporación de ceniza de aserrín

Descripcion	CBR 100%	CBR 95%
M1 Suelo <sub>natural</sub>	5.54%	4.32%
M2 Suelo <sub>natural</sub>	5.44%	4.41%
M3 Suelo <sub>natural</sub>	5.87%	4.38%
<b>Promedio</b>	5.62%	4.37%
M1 <sub>SN + 8% CA</sub>	6.84%	5.81%

M2 <sub>SN</sub> + 8% CA	6.64%	5.51%
M3 <sub>SN</sub> + 8% CA	6.46%	5.15%
<b>Promedio</b>	<b>6.65%</b>	<b>5.49%</b>
M1 <sub>SN</sub> + 13% CA	8.82%	7.51%
M2 <sub>SN</sub> + 13% CA	8.62%	7.71%
M3 <sub>SN</sub> + 13% CA	8.91%	7.29%
<b>Promedio</b>	<b>8.78%</b>	<b>7.50%</b>
M1 <sub>SN</sub> + 18% CA	11.15%	10.17%
M2 <sub>SN</sub> + 18% CA	11.25%	10.01%
M3 <sub>SN</sub> + 18% CA	11.65%	10.10%
<b>Promedio</b>	<b>11.35%</b>	<b>10.09%</b>

Fuente: Desarrollo propio



**Figura 36:** Grafico resumen del CBR con y sin incorporación de ceniza de aserrín

Fuente: Elaboración propia en el programa minitab

**Interpretación:** De acuerdo a los datos extraídos de los certificados fehacientes de laboratorio en las propiedades de resistencia de la muestra con y sin aserrín incinerado (ceniza aserrín CA), se identifican cambios relevantes ya que, la tendencia a la baja del IP es un valor recomendable, ya que se lograría una mejoría en la resistencia del terreno a trabajar, inicialmente se logró identificar que el CBR es del 4.37%, en tanto al aplicar una considerable cantidad de CA en una



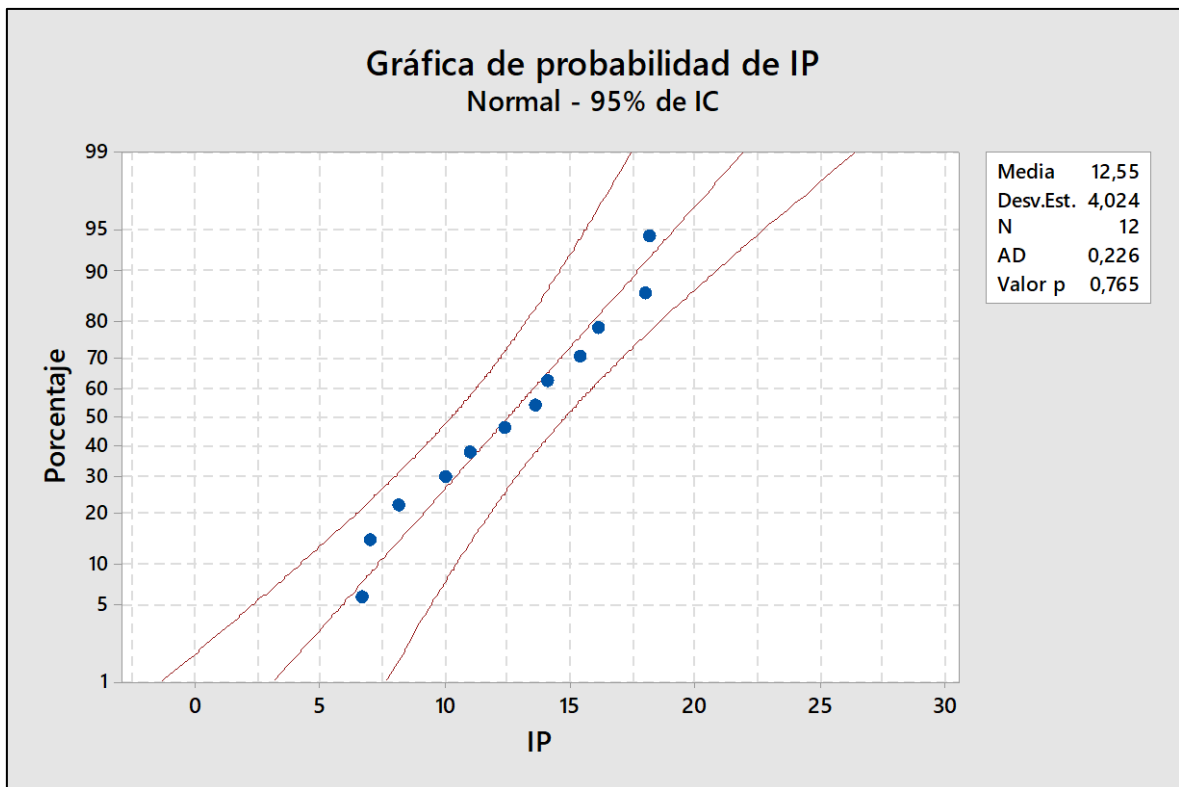
dosificación del 18% en correlación de la MN, es posible incrementar un 203.24% la resistencia del terreno.

### Prueba estadística

Para la selección de la prueba estadística, en primer lugar, se verificó si los datos obtenidos de laboratorio tenían una distribución gaussiana (normal), para lo cual se empleó gráfico de probabilidad, esto a consecuencia que se poseían menor a 50 datos por grupo tanto patrón como experimentales.

### Índice de plasticidad

Para el análisis estadístico de los valores de índice de plasticidad, primeramente, se desarrolló la prueba de normalidad, el cual se detalla en la figura 37.



**Figura 37:** Gráfico de probabilidad del índice de plasticidad

Fuente: Desarrollo propio

Según el valor de significancia del índice de plasticidad, los datos de IP disponen de una distribución normal, esto a consecuencia de que los valores de significancia están por encima de 0.05.

Antes de realizar el análisis estadístico se plantearon la hipótesis nula ( $H_0$ ) e hipótesis alterna ( $H_1$ ).

**$H_0$ :** Una proporción adecuada del 18% de ceniza de aserrín no disminuye la plasticidad de un suelo cohesivo en una vía urbana.

**$H_1$ :** Una proporción adecuada del 18% de ceniza de aserrín disminuye la plasticidad de un suelo cohesivo en una vía urbana.

**Tabla 26.** ANOVA de un factor para el IP

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Dosificación	3	170.156	56.7186	56.75	0.000
Error	8	7.996	0.9995		
Total	11	178.152			

Fuente: Desarrollo propio

Para escoger que la prueba estadística para las comparaciones múltiples se desarrolló la prueba de igualdad de varianzas (homocedasticidad), el cual se detalla en la tabla 27.

**Tabla 27.** Prueba de homocedasticidad

Método	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	—	0.909
Levene	0.08	0.968

Fuente. Desarrollo propio

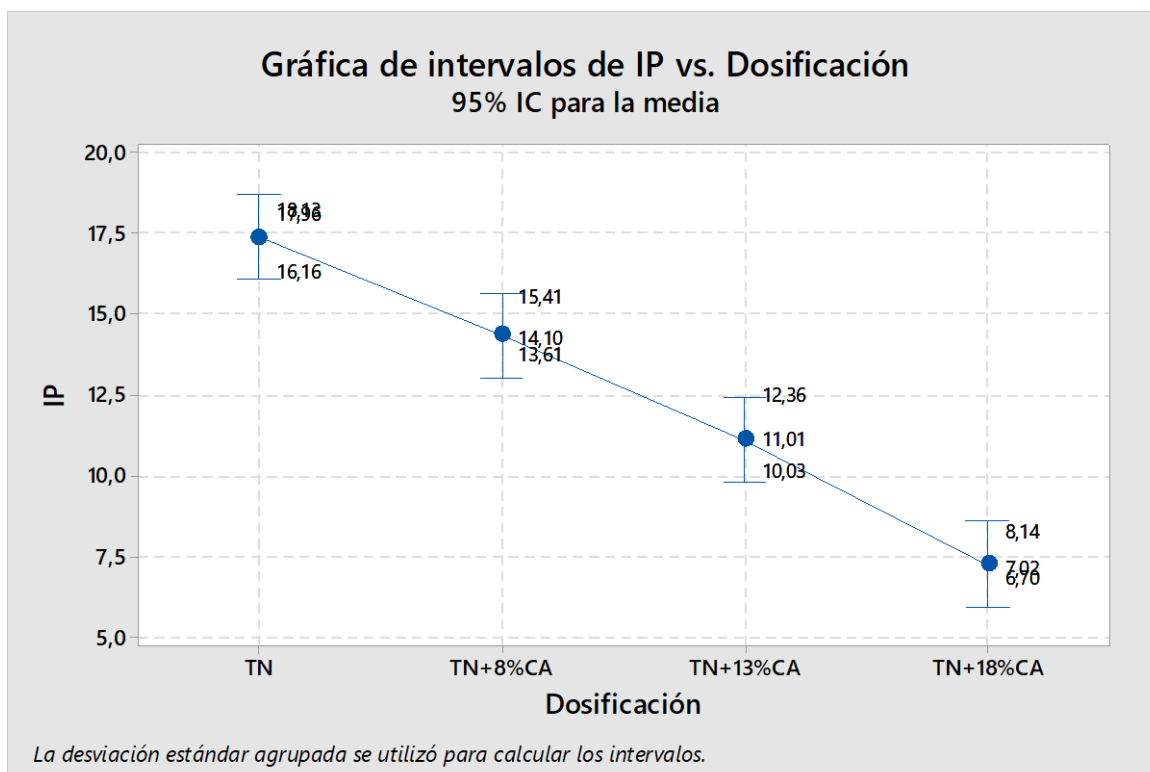
Según la tabla 28 los datos de IP poseen homogeneidad de varianzas debido a que el valor de significancia se encuentra por encima de 0.05.

Para establecer cuál fue la proporción o las proporciones que más influyeron en el índice de plasticidad, se desarrolló las comparaciones múltiples (prueba post-hoc) de Tukey, ya que existía homogeneidad de varianzas, como se describe en la tabla 28.

**Tabla 28.** Comparaciones múltiples de Tukey

Dosificación	N	Media	Agrupación		
TN	3	17.417	A		
TN+8%CA	3	14.373		B	
TN+13%CA	3	11.133			C
TN+18%CA	3	7.287			D

Fuente. Desarrollo propio



**Figura 38:** Gráfico de intervalos IP vs. dosificación

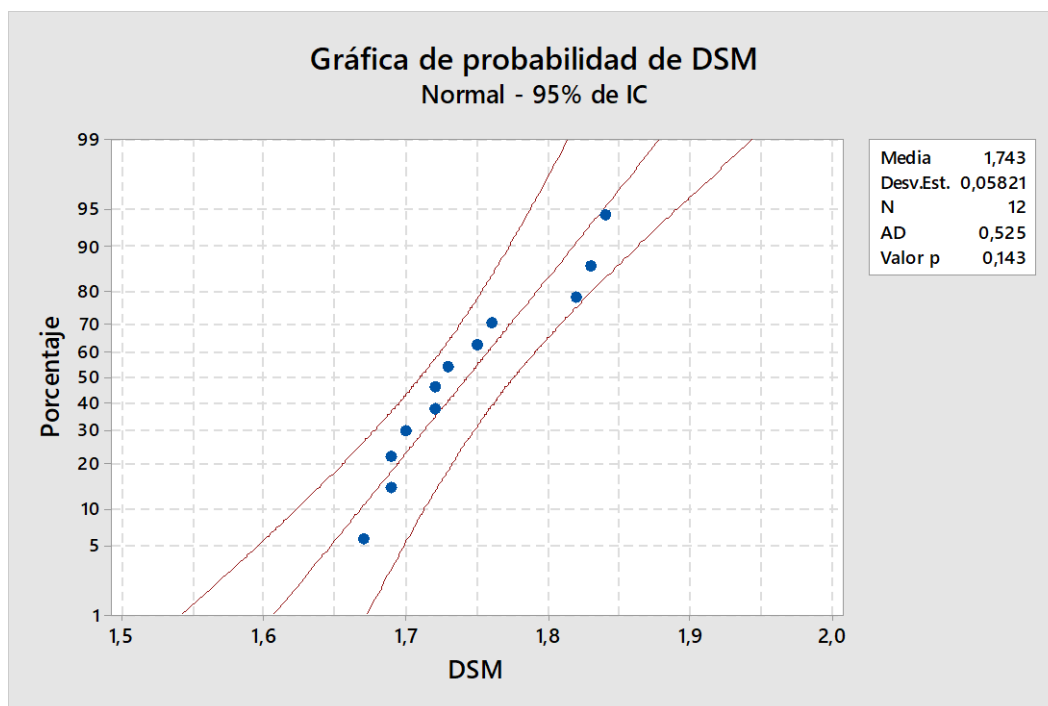
Fuente: Desarrollo propio

De acuerdo a las tablas 27 y 28, todas las proporciones disminuyen significativamente el índice de plasticidad debido a que se hallan en distintas columnas, resaltado la dosificación de TN+18%CA que es la más decreció el valor de plasticidad.

### Densidad seca máxima

Para el análisis estadístico de los valores de densidad seca máxima, primeramente, se desarrolló la prueba de normalidad, el cual se detalla en la figura 39.

Según el valor de significancia de la densidad seca máxima, los datos de DSM disponen de una distribución normal, esto a consecuencia de que los valores de significancia están por encima de 0.05.



**Figura 39:** Gráfico de probabilidad de la densidad seca máxima

Fuente: Desarrollo propio

Antes de realizar el análisis estadístico se plantearon la hipótesis nula ( $H_0$ ) e hipótesis alterna ( $H_1$ ).

**$H_0$ :** Una proporción adecuada del 18% de ceniza de aserrín no influye significativamente en la densidad seca máxima de un suelo cohesivo en una vía urbana.

**$H_1$ :** Una proporción adecuada del 18% de ceniza aserrín influye significativamente en la densidad seca máxima de un suelo cohesivo en una vía urbana.

**Tabla 29.** ANOVA de un factor para la DSM

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Dosificación	3	0.034867	0.011622	38.74	0.000
Error	8	0.002400	0.000300		
Total	11	0.037267			

Fuente. Desarrollo propio

Para escoger que la prueba estadística para las comparaciones múltiples se desarrolló la prueba de igualdad de varianzas (homocedasticidad), el cual se detalla en la tabla 29.

**Tabla 30.** *Prueba de homocedasticidad*

Método	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	—	0.728
Levene	0.20	0.891

Fuente. Desarrollo propio

Según la tabla 30 los datos de IP poseen homogeneidad de varianzas debido a que el valor de significancia se encuentra por encima de 0.05.

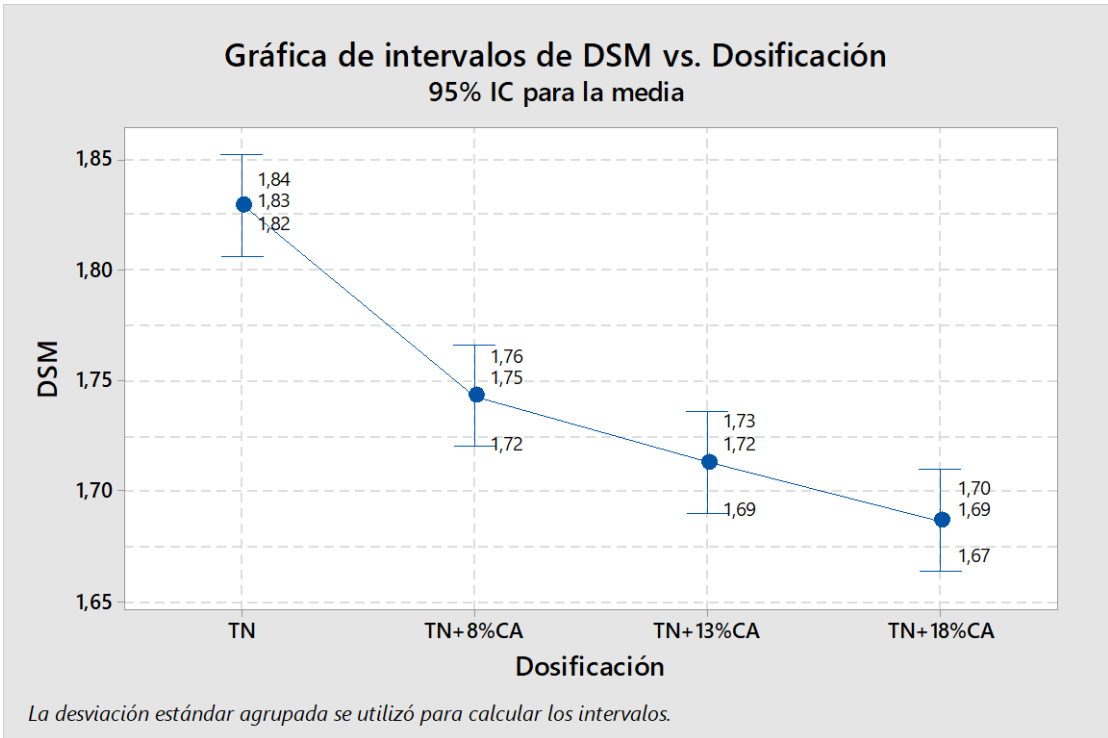
Para establecer cuál fue la proporción o las proporciones que más influyeron en la densidad seca máxima, se desarrolló las comparaciones múltiples (prueba post-hoc) de Tukey, ya que existía homogeneidad de varianzas, como se describe en la tabla 31.

**Tabla 31.** *Comparaciones múltiples de Tukey*

Dosificación	N	Media	Agrupación		
TN	3	1,83000	A		
TN+8%CA	3	1,7433		B	
TN+13%CA	3	1,7133		B	C
TN+18%CA	3	1,68667			C

Fuente. Desarrollo propio

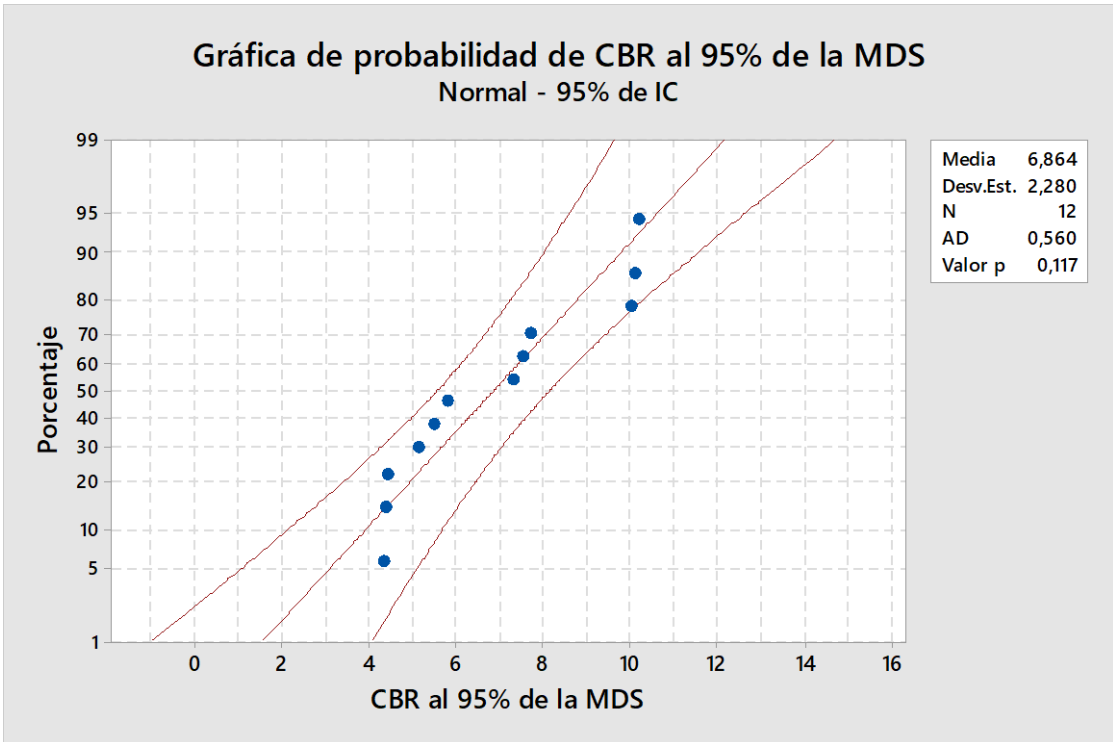
De acuerdo a la tabla 31 y figura 40, todas las proporciones disminuyen significativamente la densidad seca máxima debido a que se hallan en distintas columnas respecto a la media aritmética del terreno natural, resaltado la dosificación de TN+18%CA que es la más decreció el valor de plasticidad.



**Figura 40:** Gráfico de intervalos DSM vs. dosificación

Fuente: Desarrollo propio

**CBR al 95% de la MDS**



**Figura 41:** Gráfico de probabilidad del CBR al 95% de la MDS

Fuente: Desarrollo propio

Para el análisis estadístico de los valores de CBR al 95% de la densidad seca máxima, primeramente, se desarrolló la prueba de normalidad, el cual se detalla en la figura 41.

Según el valor de significancia de la capacidad de soporte, los datos de CBR al 95% de la MDS disponen de una distribución normal, esto a consecuencia de que el valor de significancia está por encima de 0.05.

Antes de realizar el análisis estadístico se plantearon la hipótesis nula ( $H_0$ ) e hipótesis alterna ( $H_1$ ).

**$H_0$ :** Una proporción adecuada del 18% de ceniza de aserrín no incrementa la capacidad portante de un suelo cohesivo en una vía urbana.

**$H_1$ :** Una proporción adecuada del 18% de ceniza de aserrín incrementa la capacidad portante de un suelo cohesivo en una vía urbana.

**Tabla 32.** ANOVA de un factor para el CBR al 95% de la MDS

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Dosificación	3	56.8358	18.9453	468.17	0.000
Error	8	0.3237	0.0405		
Total	11	57.1595			

Fuente. Desarrollo propio

Para escoger que la prueba estadística para las comparaciones múltiples se desarrolló la prueba de igualdad de varianzas (homocedasticidad), el cual se detalla en la tabla 33.

**Tabla 33.** Prueba de homocedasticidad

Método	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	—	0.071
Levene	1.64	0.256

Fuente. Desarrollo propio

Según la tabla 34 los datos de CBR al 95% de la MDS poseen homogeneidad de varianzas debido a que el valor de significancia se encuentra por encima de 0.05.

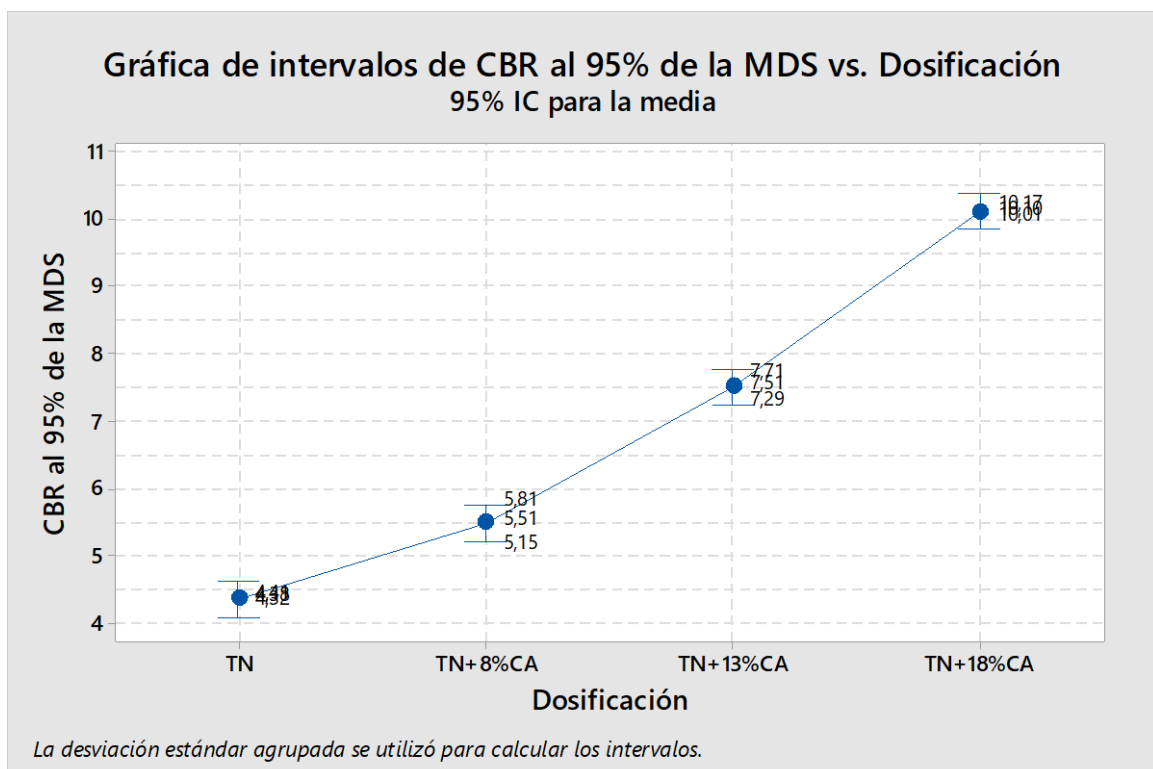
Para establecer cuál fue la proporción o las proporciones que más influyeron en el CBR al 95% de la MDS, se desarrolló las comparaciones múltiples (prueba post-

hoc) de Tukey, ya que existía homogeneidad de varianzas, como se describe en la tabla 34.

**Tabla 34.** Comparaciones múltiples de Tukey

Dosificación	N	Media	Agrupación			
TN+18%CA	3	10,0933	A			
TN+13%CA	3	7,503		B		
TN+8%CA	3	5,490			C	
TN	3	4,3700				D

Fuente. Desarrollo propio



**Figura 42:** Gráfico de intervalos CBR vs. dosificación

Fuente: Desarrollo propio

De acuerdo a la tabla 34 y figura 42, todas las proporciones incrementan significativamente el CBR debido a que se hallan en distintas columnas, resaltado la dosificación de TN+18%CA que es la más incrementó la capacidad de soporte del suelo de subrasante.



## V. DISCUSIÓN

DG: Mediante los ensayos de mecánica de suelos como límite líquido, límite plástico, CBR y Proctor modificado se determinó que la adición de ceniza de aserrín estabiliza la subrasante de un suelo cohesivo en una vía urbana, debido a que el suelo patrón contaba con un índice de plasticidad de 17.42%, mientras que con la adición de 8%, 13% y 18% de ceniza de aserrín los valores de índice de plasticidad decrecieron a valores promedio de 14.37%, 11.13% y 7.29%; asimismo en el ensayo de CBR el valor promedio de capacidad portante del suelo natural fue de 4.37%, mientras que con la adición de 8%, 13% y 18% de ceniza de aserrín los valores de capacidad portante fueron de 5.49%, 7.50% y 10.09% consecutivamente.

Dichos resultados concuerdan con los valores obtenidos en el estudio de Ikeagwuani, Obeta y Agunwamba (2019) quienes utilizaron ceniza de aserrín y cal, consiguieron reducir el índice de plasticidad de 53.4% a 28.7% y 28.5% para incorporaciones de 16% y 20% de ceniza de aserrín respectivamente, mientras que su suelo patrón poseía un CBR promedio de 4%, sin embargo, con la incorporación de 16% y 20% de cenizas de aserrín estos se incrementaron a 10.5% y 16% respectivamente.

DOE1: Mediante los ensayos de límites de consistencia (límite líquido y límite plástico) se consiguió disminuir la plasticidad del suelo cohesivo en una vía urbana por medio de una proporción adecuada de ceniza de aserrín. Esto a consecuencia que el suelo patrón poseía un índice de plasticidad de 17.42%, mientras que con la adición de 8%, 13% y 18% de ceniza de aserrín los valores de índice de plasticidad decrecieron a valores promedio de 14.37%, 11.13% y 7.29% respectivamente.

Dichos resultados presentan una tendencia similar a los del estudio de Butt, Gupta y Jha (2016) quienes obtuvieron un valor de índice de plasticidad del suelo natural de 9.6%, mientras que con la adición de ceniza de aserrín en porcentajes de 4%, 8% y 12% estos se reducían a 9.02%, 9.48% y 9.45% respectivamente. En ambos estudios la reducción de los valores de índice de plasticidad se debería a las características puzolánicas de la ceniza y la nula cohesión de este.

Los valores de índice de plasticidad presentados en este estudio de acuerdo al manual de carreteras en la sección de suelos y pavimentos del MTC (2013, p. 37)

caracterizan al suelo estabilizado con 18% de cenizas de aserrín como suelos arcillosos de media plasticidad.

DOE2: Mediante el ensayo de compactación (Proctor modificado) se determinó que la incorporación de cenizas de aserrín disminuye la densidad seca máxima e incrementa los valores de óptimo contenido de humedad del suelo de subrasante estabilizado, debido a que el suelo patrón poseía una densidad seca máxima promedio de 1.83 g/cm<sup>3</sup>, sin embargo con la incorporación de cenizas de aserrín los valores de densidad seca máxima variaron a 1.743 g/cm<sup>3</sup>, 1.713 g/cm<sup>3</sup> y 1.687 g/cm<sup>3</sup>, para las adiciones de 8%, 13% y 18% de cenizas de aserrín consecutivamente.

Dichos resultados presentan una tendencia similar a los del estudio de Karim, Recaby y Nsaif (2017) quienes obtuvieron un valor de densidad seca máxima del suelo natural de 16.87 kN/m<sup>3</sup>, mientras que con la adición de ceniza de aserrín en porcentajes de 2%, 4%, 6%, 8% y 10% estos se reducían a 15.7 kN/m<sup>3</sup>, 15.40 kN/m<sup>3</sup>, 15.56 kN/m<sup>3</sup> y 13.9 kN/m<sup>3</sup> respectivamente. En ambos estudios la reducción de los valores de densidad seca máxima se debería a los bajos valores de peso específico con las que cuenta la ceniza de aserrín.

Asimismo, concuerdan con el estudio de Medina (2020) quienes obtuvieron valores de densidad seca máxima para su suelo patrón de 1.908, mientras que con la adición de ceniza de aserrín en porcentajes de 6% y 8% estos variaban a 1.713 g/cm<sup>3</sup> y 1.687 g/cm<sup>3</sup> respectivamente.

DOE3: Mediante el test de Californian Bearing Ratio (capacidad de portante del 95% de la máxima densidad seca) se consiguió incrementar la capacidad portante del suelo cohesivo en una vía urbana por medio de una proporción adecuada de ceniza de aserrín. Esto a consecuencia que el suelo patrón poseía una capacidad portante de 4.37%, mientras que con la adición de 8%, 13% y 18% de ceniza de aserrín los valores de capacidad portante crecieron a 5.49%, 7.50% y 10.09% consecutivamente.

Dichos resultados presentan una tendencia similar a los del estudio de Huancoillo (2017) quien obtuvo un valor de capacidad de soporte del suelo natural de 20%, mientras que con la adición de ceniza de aserrín y cal en dosificaciones de 90%SN+5%CV+5%C, 80%SN+15%CV+5%C y 70%SN+25%CV+5%C, el valor de

CBR al 100% de la máxima densidad seca se incrementaba a 103%, 123% y 80% respectivamente. El incremento de los valores de resistencia presente en ambos estudios se debería a las cualidades cementantes de la ceniza.

Los valores de capacidad portante del suelo presentados en este estudio, según el manual de carreteras en la sección de suelos y pavimentos del MTC (2013, p. 40) caracterizan al suelo estabilizado con 18% de cenizas de aserrín como una subrasante buena, es decir paso de ser categorizada como una “subrasante deficiente” a una subrasante buena.

## VI. CONCLUSIONES

**OG:** De acuerdo al objetivo general, donde se evaluó la influencia de la ceniza de aserrín en las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante, se concluye que el aporte que otorga la ceniza de aserrín es de manera positiva debido a que los límites de consistencia disminuyeron progresivamente de acuerdo a la cantidad de incorporación. Respecto a las propiedades mecánicas se observó un descenso de la MDS lo cual originara un mayor empleo de la cantidad de agua, sobre el CBR o capacidad portante de la subrasante se observó que la ceniza de aserrín produjo un incremento del valor de soporte del terreno de manera proporcional.

**OE1:** De acuerdo al objetivo específico 1, donde se determinó como la ceniza de aserrín influye en los límites de Atterberg de la subrasante, se concluye que de acorde a los datos extraídos de los certificados fehacientes de laboratorio en las propiedades plásticas de la muestra con y sin aserrín incinerado (ceniza aserrín CA), se identifican cambios relevantes ya que, la tendencia a la baja del IP es un valor recomendable, ya que se lograría una mejoría en la consistencia del terreno a trabajar, inicialmente se logró identificar que el IP es del 17.42%, en tanto al aplicar una considerable cantidad de CA en una dosificación del 18% en correlación de la MN, es posible disminuir un 7.29% de la plasticidad del terreno.

**OE2:** De acuerdo al objetivo específico 2, donde se determinó como la ceniza de aserrín (CA) influye en la compactación de la subrasante de las vías urbanas de la ciudad de Huancané, se concluye que de acorde a los datos extraídos de los certificados fehacientes de laboratorio en las propiedades del grado de compactación de la muestra con y sin aserrín incinerado (ceniza aserrín CA), se identifican cambios relevantes ya que, la tendencia a la baja del MDS y el aumento del OCH, ya que se lograría un incremento del OCH y una disminución de la MDS, inicialmente se logró identificar que el OCH es del 16.83%, en tanto al aplicar una considerable cantidad de CA en una dosificación del 18% en correlación de la MN, es posible incrementar el %H en un 20.09%, lo cual denotaría un incremento significativo de la cantidad de agua.

**OE3:** De acuerdo al objetivo específico 3, donde se determinó como la ceniza de aserrín (CA) influye en la capacidad de soporte de la subrasante de las vías urbanas

de la ciudad de Huancané, se concluye que, de acorde a los datos extraídos de los certificados fehacientes de laboratorio en las propiedades de resistencia de la muestra con y sin aserrín incinerado (ceniza aserrín CA), se identifican cambios relevantes ya que, la tendencia a la baja del IP es un valor recomendable, ya que se lograría una mejoría en la resistencia del terreno a trabajar, inicialmente se logró identificar que el CBR es del 4.37%, en tanto al aplicar una considerable cantidad de CA en una dosificación del 18% en correlación de la MN, es posible incrementar un 203.24% la resistencia del terreno.

## VII. RECOMENDACIONES

De acuerdo a la presente investigación, se recomienda utilizar ceniza de aserrín con el fin de reducir los límites de atterberg, ya que en el tramo de estudio vías urbanas de la ciudad de Huancané, se vio reflejado que los valores de límites de atterberg son los siguientes LL en un 43.27%, LP en 35.97% e IP en 7.29%, con la aplicación del 18% del material estabilizante.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente investigación, se recomienda utilizar la ceniza de aserrín con el fin de incrementar la máxima densidad seca del terreno subrasante, disminuir el óptimo contenido de humedad e incrementar la capacidad portante del terreno subrasante, ya que en el tramo de estudio vías locales de la ciudad de Huancané, se vio reflejado que la ceniza de aserrín incrementa la MDS en relación al valor inalterado en un 7.81%, incrementa el OCH en 19.65% e incrementar el CBR al 95% de la MDS en un 130.89%. logrando una mejor compactación, reducción de espacios vacíos y mejorando la calidad estructural de la subrasante respectivamente, con la aplicación del 18% del material estabilizante.

## REFERENCIAS

### Tesis

CARUSMA, Wilbert. Estabilización de subrasantes blandas con insumos inorgánicos, avenida integración Este – Torre Torre, Huancayo, Junín 2021. Tesis (Titulo en Ingeniería Civil). Junín: Universidad Continental, 2021.

Disponible en <https://bit.ly/3IFbVwx>

CASTILLO, Byron. Estabilización de suelos arcillosos de Macas con Valores de CBR menores al 5% y límites líquidos superiores al 100%, para utilizarlos como subrasantes en carretera. Tesis (Maestro en Ingeniería en Vialidad y Transportes). Cuenca: Universidad de Cuenca, 2017.

Disponible en <https://bit.ly/3qB0yzv>

GUIA, Mario. Mejoramiento de subrasante mediante la adición de Ceniza de Quinua en la Carretera PE-38B, Provincia Chucuito, Puno, 2021. Tesis (Titulo en ingeniería civil). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2021.

Disponible en <https://bit.ly/3IEZPDs>

HUANCOLLO, Yunion. Mejoramiento de suelo arcilloso con ceniza volante y cal para su uso como pavimento a nivel de afirmado en Chupa – Puno. Tesis (Titulo en Ingeniería Civil). Puno: Universidad Nacional del Altiplano, 2017.

Disponible en <https://bit.ly/3wChKso>

MAMANI, Lux y YATACO, Alejandro. Estabilización de suelos arcillosos aplicando ceniza de madera de fondo, producto de ladrilleras artesanales en el departamento de Ayacucho. Tesis (Titulo en Ingeniería Civil). Ayacucho: Universidad San Martín de Porres, 2017.

Disponible en <https://bit.ly/3IENrTY>

MEDINA, Gabriela. Estudio del comportamiento del aserrín y la ceniza de carbón para la estabilización de la sub rasante. Carabayllo, Lima 2019. Tesis (Titulo en Ingeniería Civil). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2020.

Disponible en <https://bit.ly/3LfHqyK>

QUISPE, Renato. Estudio experimental y numérico del comportamiento mecánico de una arcilla mejorada con métodos tradicionales y ceniza de madera. Tesis (Titulo en ingeniera civil). Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2022.

Disponible en <https://bit.ly/3NjDf77>

SANTOS, Guadalupe. Validez y confiabilidad del cuestionario de calidad de vida SF-36 en mujeres con Lupus, Puebla. Tesis (Licenciado en Matemáticas Aplicadas) Puebla: Universidad Autónoma de Puebla, 2017.

Disponible en <https://bit.ly/3tEFVEF>

### **Revistas electrónicas**

AGUNWAMBA, Jonah, NWANKWO, Chinonso y ENEH, Martin. Additives Optimization for Expansive Soil Subgrade Modification Based on Taguchi Grey Relational Analysis. Revista de Investigación Springer Link [en línea]. Mayo-julio 2020, n.º 14. [Fecha de consulta: 24 de marzo del 2022].

Disponible en <https://bit.ly/3wx3hxK>

ISSN: 0201-1119

BUSTAMANTE, Flor, MARIN, NOA y BENITES, Julio. Use of Saccharum Officinarum Vinasse for Stabilization of Cohesive Soils. Revista Científica Infraestructura Vial / LANAMME UCR [en línea]. Enero-diciembre 2022, n.º 43. [Fecha de consulta: 24 de marzo del 2022].

Disponible en <https://bit.ly/3D7Rilj>

ISSN: 2215-3705

BUTT, Wajid y GUPTA, Karan. Strength Behavior of Clayey Soil Stabilized with Saw Dust Ash. Revista de Investigación Springer Link [en línea]. Agosto-octubre 2016, n.º 17. [Fecha de consulta: 24 de marzo del 2022].

Disponible en <https://bit.ly/3JGUlOD>

ISSN: 4070-3016

CAMACHO, J.; REYES, O.; MENDEZ, D. Ensayo de compactación giratoria en suelos como alternativa al ensayo de compactación Proctor. Revista Espacios [en línea]. Mayo-julio 2018, n.º 1. [Fecha de consulta: 24 de marzo del 2022].

Disponible en <https://bit.ly/3wyhJWj>

ISSN: 0124-8170



DAUD, Nik, JALIL, A., CELIK, S. y ALBAYRAK, K. The Important Aspects of Subgrade Stabilization for Road Construction. Revista de Investigación IOP Conference Series: Materials Science and Engineering [en línea]. Marzo-mayo 2019, n.º 512. [Fecha de consulta: 24 de marzo del 2022].

Disponible en <https://bit.ly/3Dd6CDA>

ISSN: 0120-2005

DENG, Y.; LIU, Q.; CUY, Y. Revustubg Rekatuibshuos Among Specific Surface Area, Soil Consistency Limits. Revista Científica Ingeniería Investigación y Tecnología [en línea]. Octubre-diciembre 2021, n.º 1. [Fecha de consulta: 24 de marzo del 2022].

Disponible en <https://bit.ly/3tCNsDP>

ISSN: 0090-3973

DODSON, Elizabeth. Challanges in Forest Road Maintenance in North America. Revista de Investigación Croatian Journal of Forest Engineering [en línea]. Julio-diciembre 2021, n.º 1. [Fecha de consulta: 24 de marzo del 2022].

Disponible en <https://bit.ly/3qy4Zez>

ISSN: 1845-5719

GARICIA, Ricardo, FLORES, Eder, MEDINA, Yurley. Caracterización física de las arcillas utilizadas en la fábrica de productos de mampostería para la construcción en Ocaña Norte de Santander (Colombia). Revista Espacios [en línea]. Mayo-julio 2018, n.º 1. [Fecha de consulta: 24 de marzo del 2022].

Disponible en <https://bit.ly/3ICuRfi>

ISSN: 0798-1015

GOÑAS, Olger y SALDAÑA, Jhon. Estabilización de suelos con cenizas de carbón para uso como subrasante mejorada. Revista Científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería [en línea]. Enero-febrero 2020, n.º 162. [Fecha de consulta: 24 de marzo del 2022].

Disponible en <https://bit.ly/3ut4gMC>

ISSN: 2520-0356

GONZALES, R.; CHAVES, O. Expansion Evaluation of Presaturated Soils. Revista Científica Ingeniería Investigación y Tecnología [en línea]. Octubre-diciembre 2021, n.º 1. [Fecha de consulta: 24 de marzo del 2022].

Disponible en <https://bit.ly/3lwYK0A>

ISSN: 2594-0732

JAMES, Jijo. Strength Benfit of Sawdust/Wood ash Amendment in Cement Stabilization of an Expansive Soil. Revista Facultad de Ingeniería [en línea]. Enero-marzo 2019, n.º 50. [Fecha de consulta: 24 de marzo del 2022].

Disponible en <https://bit.ly/3wAQj1O>

ISSN: 2357-5328

KARIM, Hussein, RECABY Makki y NSAIF Maha. Stabilization of Soft Clayey Soils with Sawdust Ashes. Revista de la University of Technology [en línea]. Marzo-mayo 2018, n.º 162. [Fecha de consulta: 24 de marzo del 2022].

Disponible en <https://bit.ly/3wB2qMp>

ISSN: 0100-6001

LOPEZ, P. Población, Muestra y Muestreo. Revista Punto Cero [en línea]. Julio-agosto 2004, n.º 8. [Fecha de consulta: 24 de marzo del 2022].

Disponible en <https://bit.ly/359tQhf>

ISSN: 1815-0276

MENDOZA, Sandra y AVILA, Danae. Técnicas e instrumentos de recolección. Revista Boletín Científico de las Ciencias Económico Administrativas del ICEA [en línea]. Octubre-diciembre 2020, n.º 17. [Fecha de consulta: 24 de marzo del 2022].

Disponible en <https://bit.ly/3IF0xAC>

NAIK, Tarun, KRAUS, RN, SIDDIQUE, Rafat. Properties of Controlled Low-Strengeth Materials Made with Wood Fly Ash. Revista Científica Journal of ASTM International [en línea]. Enero-marzo 2004, n.º 3. [Fecha de consulta: 24 de marzo del 2022].

Disponible en <https://bit.ly/3wF03bs>

ISSN: 1942-2939

NANZER, M.; CANDIDO, S.; BARBOSA, G.; VECHETIN, P.; PEREIRA, T.; MARQUES, J.; ALBINO, P. Total Organic Carbon Sotck and Granulometric

Fractioning of Organic Matter in Soil use Systems in Cerrado. Revista Científica CABDIRECT [en línea]. Febrero-abril 2019, n.º 1. [Fecha de consulta: 24 de marzo del 2022].

Disponible en <https://bit.ly/3DnM2Ax>

ISSN: 2238-1171

OSPINA, Miguel, CHAVEZ, Saletth y JIMENEZ, Luis. Improvement of Clayey Subgrades Through the Addition of Steel Waste. Revista de Investigación de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia [en línea]. Julio-diciembre 2020, n.º 1. [Fecha de consulta: 24 de marzo del 2022].

Disponible en <https://bit.ly/3wAQmuS>

ISSN: 2027-8306

OTZEN, Tamara y MANTEROLA, Carlos. Técnicas de muestreo sobre una población a estudio. Revista International Journal of Morphology [en línea]. Marzo-abril 2017, n.º 1. [Fecha de consulta: 24 de marzo del 2022].

Disponible en <https://bit.ly/3NfB9Fr>

ISSN: 0717-9502

OWAMAH, HI, ATIKPO, E, OLUWATUYI, O, OLUWATOMISIN, AM. Geotechnical Properties of Clayey Soil Stabilized with Cement – Sawdust Ash for Highway Construction. Revista de Investigación Applied Science [en línea]. Octubre-diciembre 2017, n.º 7. [Fecha de consulta: 24 de marzo del 2022].

Disponible en <https://bit.ly/3D9hIPe>

ISSN: 1378-1381

OYOLA, Romer. Determination of the Resistance to Penetration of a Cohesive Soil Hunder Different Conditions of Hydration and Compactation. Revista Científica Dialnet [en línea]. Junio-agosto 2016, n.º 3. [Fecha de consulta: 24 de marzo del 2022].

Disponible en <https://bit.ly/3upGph0>

ISSN: 1990-8830

OSUYA, D. y MOHAMMED, H. Evaluation of Sawdust Ash as a Partial Replacement for Mineral Filler in Asphaltic Concrete. Revista de Investigación Ife Journal of

Science [en línea]. Abril-agosto 2017, n.º 2. [Fecha de consulta: 24 de marzo del 2022].

Disponible en <https://bit.ly/3aeMeHR>

ISSN: 0794-4896

RODIGUEZ, A.; PEREZ, A. Métodos científicos de indagación y de construcción del conocimiento. Revista Escuela de Administración de Negocios [en línea]. Mayo-junio 2017, n.º 82. [Fecha de consulta: 24 de marzo del 2022].

Disponible en <https://bit.ly/3unpvj7>

ISSN: 0120-8160

RONDON, H.; FERNANDEZ, W.; HERNANDEZ, J. Influence of Subgrade and Unbound granular Layers Stiffness on Fatigue Life of Hot Mix Asphalts. Revista Científica Tecnologías [en línea]. Enero-junio 2013, n.º 31. [Fecha de consulta: 24 de marzo del 2022].

Disponible en <https://bit.ly/3IBPf0b>

ISSN: 0123-7799

SERRET, Nurian, GIRALT, Giselle y QUINTEROS, Mairat. Caracterización de aserrín de diferentes maderas. Revista Científica Tecnología Química [en línea]. Diciembre 2015 – febrero 2016, n.º 3. [Fecha de consulta: 24 de marzo del 2022].

Disponible en <https://bit.ly/3D92xQx>

ISSN: 2224-6185

VIZCARRA, S.; LUJAN, I.; SOTO, M.; DURAN, G. Experimental Analysis of the Addition of Rice Husk Ash to the Clayey Subgrade of a Road Stabilized with Time. Revista de Investigación IOP Conference Series: Materials Science and Engineering [en línea]. Enero-marzo 2019, n.º 758. [Fecha de consulta: 24 de marzo del 2022].

Disponible en <https://bit.ly/3wzUuuV>

ISSN: 7580-1209

ZHU, X.; Bai, S.; XUE, G.; YANG, J.; CAI, Y.; HU, W.; JIA, X.; HUANG, B. Assessment of Compaction Quality of Multi-Layer Pavement Structure Based on Intelligent Compaction Technology. Revista Científica Materials [en línea]. Enero-febrero 2018, n.º 161. [Fecha de consulta: 24 de marzo del 2022].

Disponible en <https://bit.ly/380R0HJ>

ISSN: 2532-1317

### **Libros**

HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, Lucio. Tesis y metodología de la investigación. 6.<sup>ta</sup> ed. s.l.: McGraw-Hill, 2014. 426 pp.

SANCHEZ, Hugo, REYES, Carlos y MEJIA, Katia. Manual de términos en investigación científica, tecnológica y humanística. 1ra ed. S.t.: Universidad Ricardo Palma: Lima, 2018, 146 pp.

VARA, Arístides. 7 pasos para una tesis exitosa. 1<sup>ra</sup>. ed. Universidad San Martín de Porres, 2010. 451 pp.

DEBYE, Huckel. Estudio sobre la depuración de los lixiviados de vertederos de RSU con cenizas zeolitizadas. 1<sup>ra</sup>. ed. Proyectos, 2017. 54 pp.

# ANEXOS

## Anexo 1. Matriz de operacionalización de variables

"ADICIÓN DE CENIZA DE ASERRÍN PARA ESTABILIZAR LA SUBRASANTE DE UN SUELO COHESIVO EN UNA VÍA URBANA HUANCANÉ – PUNO, 2022"						
TIPO DE VARIABLES	VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION
VARIABLE INDEPENDIENTE	Ceniza de aserrín	Uno de los residuos naturales mayormente encontrados dentro de los aserraderos es el aserrín el cual principalmente esta compuesta por partículas finas o también conocidas como polvillos provenientes de madera de varios tipos, por otro lado, se denomina ceniza a un proceso químico donde el material pierde sus propiedades. Quispe (2019 pág. 59).	Para medir la variable Ceniza de aserrín se tomará en cuenta las propiedades de material, las cuales se caracterizarán con la densidad del material con el ensayo de peso específico y se tomará en cuenta la cantidad del material en dosificaciones del 8%, 13%, 18%.	Cantidad del material	Peso (kg/m <sup>3</sup> )	Razon
				Densidad del material	Peso específico (Kg/m <sup>3</sup> )	Razon
VARIABLE DEPENDIENTE	Subrasante	Se define como subrasante al material del terreno natural el cual comprende diferentes propiedades físicas y mecánicas, dentro del ámbito de las vías, es la capa fundamente en donde se transmitirán todas las cargas originadas a causa del tráfico vehicular. Guia (2021 pág. 40).	Para medir la variable subrasante se evaluará fundamentalmente la plasticidad, grado de compactación y capacidad portante, aplicando ceniza de aserrín en dosificación del 8%, 13% y 18%, aplicando los ensayos de L. Atterberg, P. Modificado y California Bearing ratio.	Plasticidad	Limite Liquido (%)	Razon
					Limite Plastico (%)	
					Indice de Plasticidad (%)	
				Grado de compactacion	Optimo contenido de humedad (%)	Razon
Maxima densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )						
Capacidad portante	CBR al 95% (%)	Razon				

## Anexo 2. Matriz de consistencia

"ADICIÓN DE CENIZA DE ASERRÍN PARA ESTABILIZAR LA SUBRASANTE DE UN SUELO COHESIVO EN UNA VÍA URBANA HUANCANÉ – PUNO, 2022"						
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES	METODOLOGIA
<b>PROBLEMA PRINCIPAL</b> ¿Cómo la adición de ceniza de aserrín podría estabilizar la subrasante de un suelo cohesivo en una vía urbana?	<b>OBJETIVO PRINCIPAL</b> Estabilizar la subrasante de un suelo cohesivo en una vía urbana mediante la adición de ceniza de aserrín.	<b>HIPÓTESIS PRINCIPAL</b> La adición del 18% de ceniza de aserrín estabiliza la subrasante de un suelo cohesivo en una vía urbana	<b>VI:</b> Ceniza de aserrín	Cantidad del material	Peso (kg/m <sup>3</sup> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>METODO DE INVESTIGACION:</b> Científico hipotético deductivo</li> <li>• <b>DISEÑO DE INVESTIGACION:</b> Experimental  <b>Ge1 (A):</b> Y1 <math>\rightleftarrows</math> X <math>\rightleftarrows</math> Y2  <b>Ge2 (A):</b> Y3 <math>\rightleftarrows</math> X <math>\rightleftarrows</math> Y4            Ge1 Observación con RI            Ge2 Observación con RM</li> <li>• <b>TIPO DE INVESTIGACIÓN:</b> Aplicada</li> <li>• <b>NIVEL DE INVESTIGACIÓN</b> Explicativo</li> <li>• <b>POBLACIÓN</b> Vías Urbanas de la ciudad de Huancané</li> <li>• <b>MUESTRA</b> Estabilización con ceniza de aserrín</li> <li>• <b>TECNICAS DE OBTENCION DE DATOS:</b> Fuentes primarias: Observación Fuentes secundarias: Textos, tesis, formatos de control, fichas.</li> <li>• <b>TECNICAS PARA EL PROCESAMIENTO DE DATOS:</b> A través de software de simulación y análisis</li> </ul>
<b>PROBLEMA SECUNDARIO Nº 1</b> ¿Cuál es la proporción adecuada de ceniza de aserrín que podría disminuir la plasticidad de un suelo cohesivo en una vía urbana?	<b>OBJETIVO SECUNDARIO Nº 1</b> Disminuir la <b>plasticidad</b> de un suelo cohesivo en una vía urbana por medio de una proporción adecuada de ceniza de aserrín.	<b>HIPÓTESIS SECUNDARIO Nº1</b> Una proporción adecuada del 18% de ceniza de aserrín disminuye la plasticidad de un suelo cohesivo en una vía urbana.		Densidad del material	Peso específico (Kg/m <sup>3</sup> )	
<b>PROBLEMA SECUNDARIO Nº 2</b> ¿Cuál es la proporción adecuada de ceniza de aserrín que podría mejorar el grado de compactación de un suelo cohesivo en una vía urbana?	<b>OBJETIVO SECUNDARIO Nº 2</b> Mejorar el <b>grado de compactación</b> de un suelo cohesivo en una vía urbana por medio de una proporción adecuada de ceniza de aserrín.	<b>HIPÓTESIS SECUNDARIO Nº2</b> Una proporción adecuada del 18% de ceniza de aserrín mejora el grado de compactación de un suelo cohesivo en una vía urbana.	<b>VD:</b> Estabilización de una vía urbana	Plasticidad	Límite Líquido (%)	
<b>PROBLEMA SECUNDARIO Nº 3</b> ¿Cuál es la proporción adecuada de ceniza de aserrín que podría incrementar la capacidad portante de un suelo cohesivo en una vía urbana?	<b>OBJETIVO SECUNDARIO Nº 3</b> Incrementar la <b>capacidad portante</b> de un suelo cohesivo en una vía urbana por medio de una proporción adecuada de ceniza de aserrín.	<b>HIPÓTESIS SECUNDARIO Nº3</b> Una proporción adecuada de ceniza de aserrín incrementa la capacidad portante de un suelo cohesivo en una vía urbana.			Índice de plasticidad (%)	
					Grado de compactación	Óptimo contenido de humedad (%)
				Capacidad portante	Maxima densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	
					CBR al 95% (%)	

**Anexo 4. Panel fotográfico**



**Figura 01. Realización de calicata**



**Figura 02. Medición de la profundidad de la calicata.**





**Figura 03.** Selección de los tamices para realizar el ensayo de granulometría



**Figura 04.** Realización del ensayo de granulometría



Figura 05. Ensayo de limite liquido



Figura 06. Ensayo de limite plástico



**Figura 07.** Ensayo de Proctor modificado



**Figura 08.** Ensayo de Proctor modificado (incorporación de agua)



Figura 9. Ensayo de CBR (Muestras sumergidas en agua)



Figura 10. Ensayo de CBR (Muestras sumergidas en agua)

## Anexo 5. Juicio de expertos

**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**Facultad de Ingeniería Civil**  
**VALIDACIÓN POR EXPERTOS**

**“Adición de ceniza de aserrín para estabilizar la subrasante de un suelo cohesivo en una vía urbana Huancané – Puno, 2022”**

### Parte A: Datos del experto

- Apellidos y Nombres : Jara Vilca, Dheivis Yuri
- Título profesional : INGENIERO CIVIL
- N° de registro CIP : 167739

### Parte B: Validación

INDICADORES	CRITERIOS	VALORACION				
		1	2	3	4	5
CLARIDAD	Este formato se encuentra en un lenguaje adecuado y específico.			X		
OBJETIVIDAD	Expresa el alcance del proyecto.				X	
ESTRUCTURA	Tiene un orden lógico el contenido.				X	
EFICIENCIA	Comprende aspectos necesarios de cantidad y calidad en la toma o registro de datos.			X		
INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos estratégicos planteados.			X		
CONSISTENCIA	Basado en aspectos teórico - científicos para identificar y determinar lo requerido por la investigación.				X	
COHERENCIA	El instrumento en juicio relaciona la variable de estudio con sus respectivos indicadores, unidades e incidencias.				X	
METODOLOGIA	La estrategia a emplear responde a la evaluación in situ.			X		
<b>TOTAL</b>		<b>27</b>				

Nota. 0-20 (DEFICIENTE), 21-30(REGULAR), 31-36(BUENO) y 37-40 (EXCELENTE)

La valoración obtenida fue de 27 y está dentro del rango de valoración 21-30 y su validación fue REGULAR.

Puno, 12 de abril del 2022



Firma y Sello

**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**Facultad de Ingeniería Civil**  
**VALIDACIÓN POR EXPERTOS**

**“Adición de ceniza de aserrín para estabilizar la subrasante de un suelo cohesivo en una vía urbana Huancané – Puno, 2022”**

**Parte A: Datos del experto**

- Apellidos y Nombres : Aracayo Curo, Saul Yonathan
- Título profesional : INGENIERO CIVIL
- N° de registro CIP : 270784

**Parte B: Validación**

INDICADORES	CRITERIOS	VALORACIÓN				
		1	2	3	4	5
CLARIDAD	Este formato se encuentra en un lenguaje adecuado y específico.					X
OBJETIVIDAD	Expresa el alcance del proyecto.			X		
ESTRUCTURA	Tiene un orden lógico el contenido.				X	
EFICIENCIA	Comprende aspectos necesarios de cantidad y calidad en la toma o registro de datos.				X	
INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos estratégicos planteados.				X	
CONSISTENCIA	Basado en aspectos teórico - científicos para identificar y determinar lo requerido por la investigación.				X	
COHERENCIA	El instrumento en juicio relaciona la variable de estudio con sus respectivos indicadores, unidades e incidencias.				X	
METODOLOGIA	La estrategia a emplear responde a la evaluación in situ.				X	
<b>TOTAL</b>						<b>32</b>

Nota. 0-20 (DEFICIENTE), 21-30(REGULAR), 31-36(BUENO) y 37-40 (EXCELENTE)

La valoración obtenida fue de 32 y está dentro del rango de valoración 31-36 y su validación fue BUENA.

Puno, 12 de abril del 2022



Saul Yonathan Aracayo Curo  
CIP 270784  
INGENIERO CIVIL

Firma y Sello

**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**Facultad de Ingeniería Civil**  
**VALIDACIÓN POR EXPERTOS**

**“Adición de ceniza de aserrín para estabilizar la subrasante de un suelo cohesivo en una vía urbana Huancané – Puno, 2022”**

**Parte A: Datos del experto**

- Apellidos y Nombres : Velarde Roque, Nelson Kevin
- Título profesional : INGENIERO CIVIL
- N° de registro CIP : 278544

**Parte B: Validación**

INDICADORES	CRITERIOS	VALORACIÓN				
		1	2	3	4	5
CLARIDAD	Este formato se encuentra en un lenguaje adecuado y específico.			X		
OBJETIVIDAD	Expresa el alcance del proyecto.					X
ESTRUCTURA	Tiene un orden lógico el contenido.					X
EFICIENCIA	Comprende aspectos necesarios de cantidad y calidad en la toma o registro de datos.					X
INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos estratégicos planteados.					X
CONSISTENCIA	Basado en aspectos teórico - científicos para identificar y determinar lo requerido por la investigación.					X
COHERENCIA	El instrumento en juicio relaciona la variable de estudio con sus respectivos indicadores, unidades e incidencias.					X
METODOLOGIA	La estrategia a emplear responde a la evaluación in situ.					X
<b>TOTAL</b>		<b>38</b>				

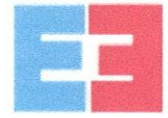
Nota. 0-20 (DEFICIENTE), 21-30(REGULAR), 31-36(BUENO) y 37-40 (EXCELENTE)

La valoración obtenida fue de 38 y está dentro del rango de valoración 37-40 y su validación fue EXCELENTE.

Puno, 12 de abril del 2022


Firma y Sello



# MUESTRA PATRON



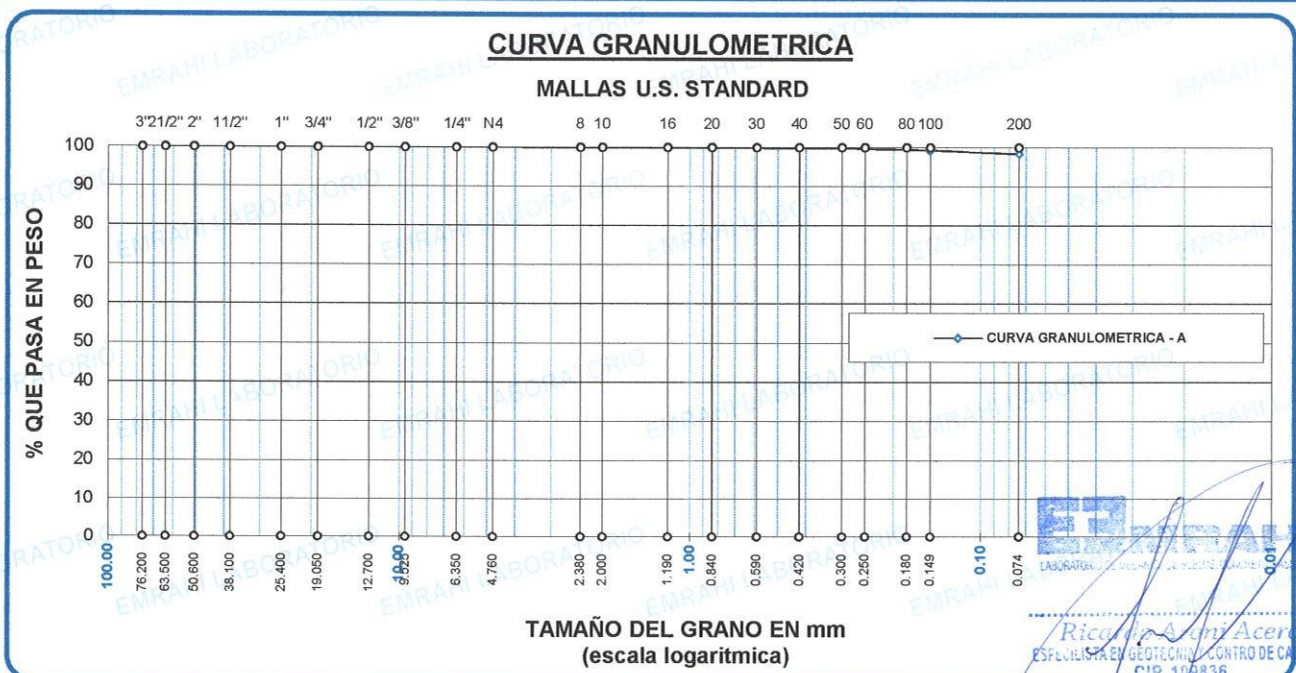
## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

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

**TESIS** : "ADICIÓN DE CENIZA DE ASERRÍN PARA ESTABILIZAR LA SUBRASANTE DE UN SUELO COHESIVO EN UNA VÍA URBANA HUANCANÉ – PUNO, 2022"  
**SOLICITANTE** : BACH. CCALLA PORTILLO, MARY CARMEN  
**UBICACIÓN** : PROVINCIA DE HUANCANÉ – PUNO  
**COORDENADA** : 19L 418168 8319682  
**CALICATA** : C - 01  
**MUESTRA** : MUESTRA PATRON  
**PROFUNDIDAD** : 2.00 m.  
**FECHA** : jueves, 21 de abril de 2022



TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF. % Pasa En Peso	TAMAÑO MÁXIMO: DESCRIPCION DE LA MUESTRA	
3"	76.200						P.I.= 700.00	
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00		P.L.= 11.10	
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00		P.P.= 688.90	
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00		% W = 26.20	
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00		<b>LIMITES DE CONSISTENCIA:</b>	
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00			L.L.= 33.28
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00			L.P.= 17.12
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00			I.P.= 16.16
1/4"	6.350						<b>CARACT. GRANULOMETRICAS:</b>	
No4	4.760	0.00	0.00	0.00	100.00			D10= ---- Cu= ----
No8	2.380							D30= ---- Cc= ----
No10	2.000	0.24	0.03	0.03	99.97			D60= ----
No16	1.190						<b>CLASIFICACION:</b>	
No20	0.840	0.50	0.07	0.11	99.89			
No30	0.590							
No40	0.420	0.46	0.07	0.17	99.83			
No 50	0.300	0.27	0.04	0.21	99.79			
No60	0.250							
No80	0.180							
No100	0.149	3.33	0.48	0.69	99.31			
No200	0.074	6.30	0.90	1.59	98.41			
<b>BASE</b>		688.90	98.41	100.00	0.00			
<b>TOTAL</b>		700.00	100.00					
<b>% PERDIDA</b>		98.41						



**ENSAYO DE LIMITE LIQUIDO Y PLASTICO (ASTM D-4318)**

**TESIS** : "ADICIÓN DE CENIZA DE ASERRÍN PARA ESTABILIZAR LA SUBRASANTE DE UN SUELO COHESIVO EN UNA VÍA URBANA HUANCANÉ – PUNO, 2022"  
**SOLICITANTE** : BACH. CCALLA PORTILLO, MARY CARMEN  
**UBICACIÓN** : PROVINCIA DE HUANCANÉ – PUNO  
**COORDENADA** : 19L 418168 8319682  
**CALICATA** : C - 01  
**MUESTRA** : MUESTRA PATRON  
**PROFUNDIDAD** : 2.00 m.  
**FECHA** : jueves, 21 de abril de 2022



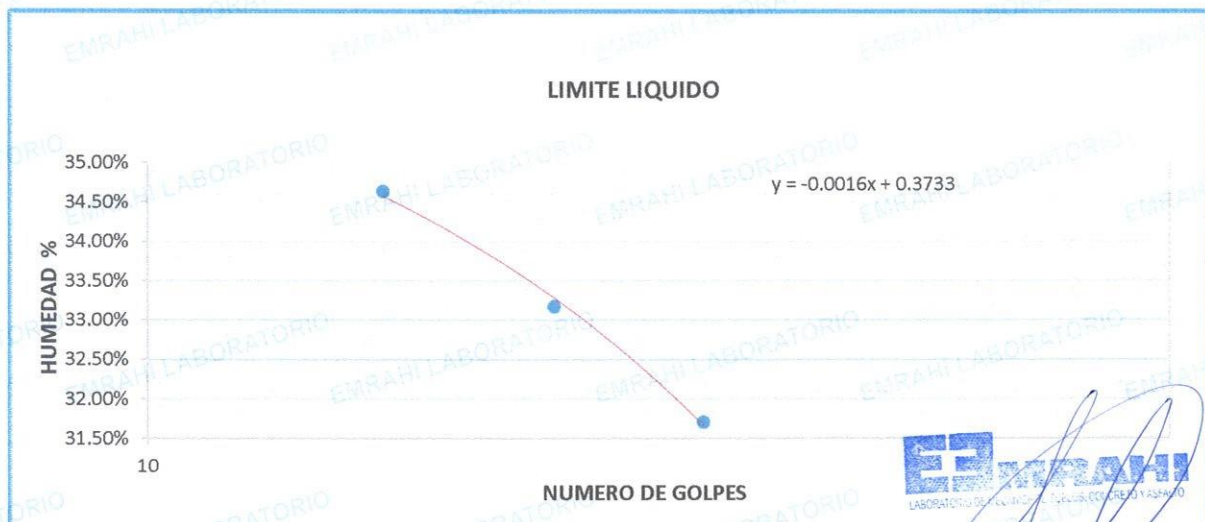
**LIMITE LIQUIDO**

ENSAYO	No	1	2	3
CAPSULA	No	I	8	H
CAPSULA + SUELO HUMEDO	gr.	35.39	37.25	35.15
CAPSULA + SUELO SECO	gr.	31.57	33.17	31.65
AGUA	gr.	3.82	4.08	3.5
PESO DE LA CAPSULA	gr.	20.64	20.87	20.61
PESO DEL SUELO SECO	gr.	11.03	12.3	11.04
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	34.63%	33.17%	31.70%
NUMERO DE GOLPES	N	17	25	35

**LIMITE PLASTICO**

ENSAYO	No	1	2
CAPSULA	No	I	A
CAPSULA + SUELO HUMEDO	gr.	25.71	26.82
CAPSULA + SUELO SECO	gr.	24.96	25.96
AGUA	gr.	0.75	0.86
PESO DE LA CAPSULA	gr.	20.5	20.98
PESO DEL SUELO SECO	gr.	4.42	4.98
LIMITE PLASTICO	%	16.97%	17.27%

<b>LIMITE LIQUIDO</b>	<b>33.28</b>
<b>LIMITE PLASTICO</b>	<b>17.12</b>
<b>INDICE DE PLASTICIDAD</b>	<b>16.16</b>



*Ricardo Acosta Acero*  
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA CENTRO DE CALIDAD  
 CIP. 187836

## ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-698 D-1557 AASHTO T-99 T-180

**TESIS** : "ADICIÓN DE CENIZA DE ASERRÍN PARA ESTABILIZAR LA SUBRASANTE DE UN SUELO COHESIVO EN UNA VÍA URBANA HUANCANÉ – PUNO, 2022"  
**SOLICITANTE** : Bach. MARY CARMEN CALLA PORTILLO  
**UBICACIÓN** : PROVINCIA DE HUANCANE - PUNO  
**MUESTRA** : C-1 - MUESTRA PATRON  
**FECHA** : miércoles, 04 de mayo de 2022

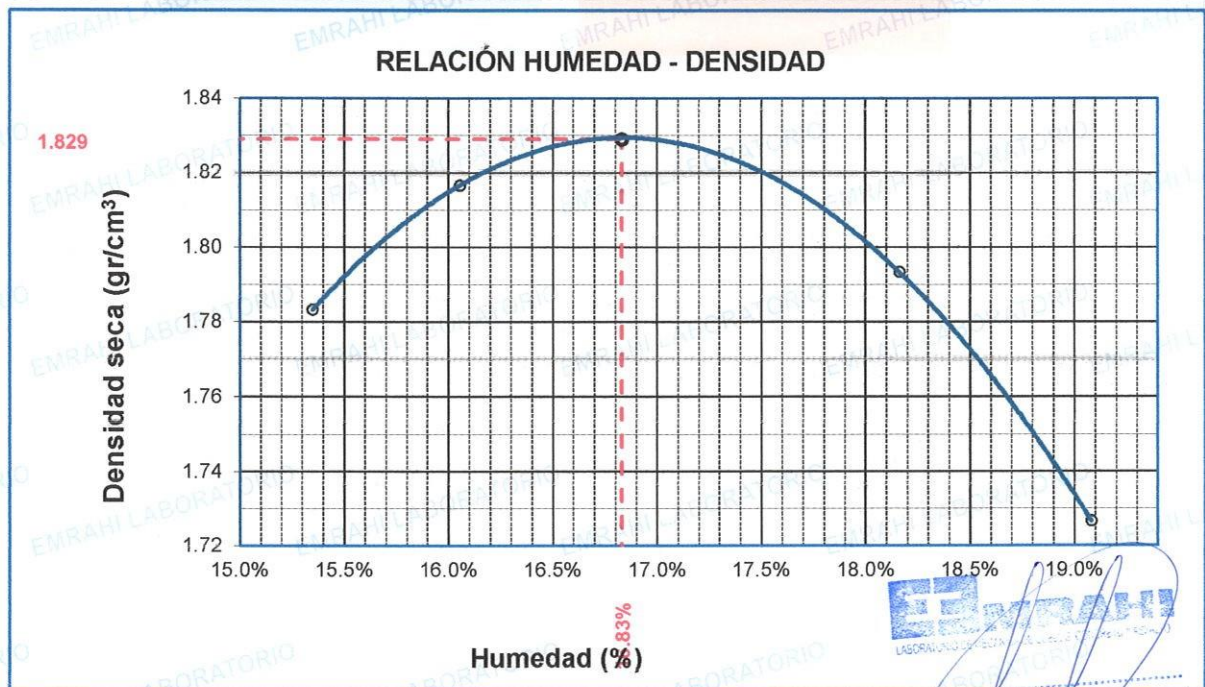


MOLDE No	:	1	VOLUMEN DEL MOLDE	:	2126	cm <sup>3</sup>
No DE CAPAS	:	5	GOLPES POR CAPA	:	56	golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10769	10878	10901	10767
Peso del Molde	gr.	6396	6396	6396	6396
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm <sup>3</sup>	4373	4482	4505	4371
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm <sup>3</sup>	2.057	2.108	2.119	2.056

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	80.32	82.41	81.67	83.47	94.03	94.61	90.73	106.25
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	72.57	74.05	73.47	74.55	83.06	82.94	79.31	92.76
Peso del Agua	gr.	7.75	8.36	8.20	8.92	10.97	11.67	11.42	13.49
Peso de la Capsula	gr.	21.20	20.50	20.34	21.05	20.04	21.24	20.90	20.26
Peso del Suelo Seco	gr.	51.37	53.55	53.13	53.50	63.02	61.70	58.41	72.50
% de Humedad	%	15.09%	15.61%	15.43%	16.67%	17.4%	18.91%	19.55%	18.61%
<b>Promedio de Humedad</b>	%	15.35%		16.05%		18.16%		19.08%	
<b>Densidad del Suelo Seco</b>	%	1.783		1.817		1.793		1.727	

METODO:	ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"	MAXIMA DENSIDAD SECA	:	1.83	gr/cm <sup>3</sup>
		HUMEDAD OPTIMA	:	16.8%	



**EMRAHI**  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
 Ricardo Aron Azeo  
 ESPELUSISTA GEOTECNIA Y SUELOS DE CAL  
 CIP. 128836

**RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR - CBR**

**TESIS** : "ADICIÓN DE CENIZA DE ASERRÍN PARA ESTABILIZAR LA SUBRASANTE DE UN SUELO COHESIVO EN UNA VÍA URBANA HUANCANÉ – PUNO, 2022"  
**SOLICITANTE** : Bach. MARY CARMEN CALLA PORTILLO  
**UBICACIÓN** : PROVINCIA DE HUANCANE - PUNO  
**MUESTRA** : C-1 - MUESTRA PATRON  
**FECHA** : lunes, 09 de mayo de 2022



MOLDE No	III	II	I
No DE CAPAS	5	5	5
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12	25	56
CONDICIONES DE LA MUESTRA	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	12735	12278	12662	12294	12748	12516
Peso del Molde	gr.	8033	8033	8021	8021	8014	8014
Peso del Suelo Humedo	gr.	4702	4245	4641	4273	4734	4502
Volumen del Suelo	cm3.	2119.43	2119.43	2119.43	2119.43	2119.43	2119.43
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm3.	2.219	2.003	2.190	2.016	2.234	2.124

Capsula No	No	O	Q	P	K	L	S	Ñ	J	U
Suelo Humedo + Capsula	gr.	94.00	115.92	94.67	109.54	115.81	93.97	105.25	97.43	94.76
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	78.36	95.29	82.99	92.00	97.00	82.32	90.35	83.55	82.98
Peso del Agua	gr.	15.64	20.63	11.68	17.54	18.81	11.65	14.90	13.88	11.78
Peso de la Capsula	gr.	21.90	21.69	20.96	20.91	21.30	20.33	20.86	21.27	20.59
Peso del Suelo Seco	gr.	56.46	73.60	62.03	71.09	75.70	61.99	69.49	62.28	62.39
% de Humedad	%	27.70%	28.03%	18.83%	24.67%	24.85%	18.79%	21.44%	22.29%	18.88%
Promedio de Humedad	%	27.87%	18.83%	24.76%	18.79%	21.86%	18.88%			
Densidad del Suelo Seco	gr/cm3.	1.735	1.686	1.755	1.697	1.833	1.787			

**EXPANSIÓN**

Fecha	Hora	Tiempo	Dial			Expansión	
			mm	%	mm	%	
05/05/2022	08:00: a.m.		396.5	0	0		
06/05/2022	08:00: a.m.	24:00:00	453.5	1.45	1.26		
07/05/2022	08:00: a.m.	48:00:00	510.5	2.90	2.51		
08/05/2022	08:00: a.m.	72:00:00	567.5	4.34	3.77		
09/05/2022	08:00: a.m.	96:00:00	624.5	5.79	5.02		

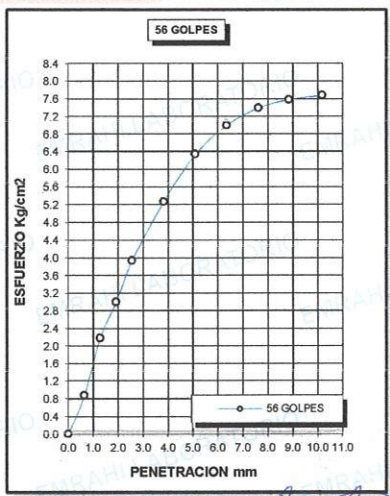
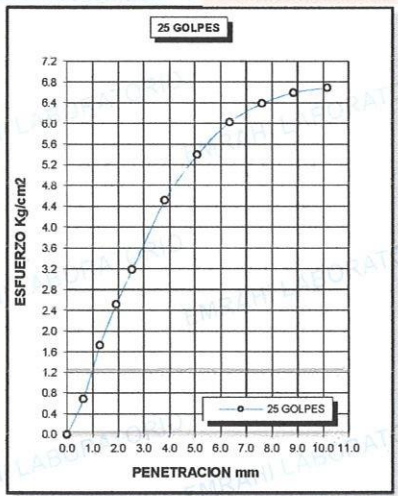
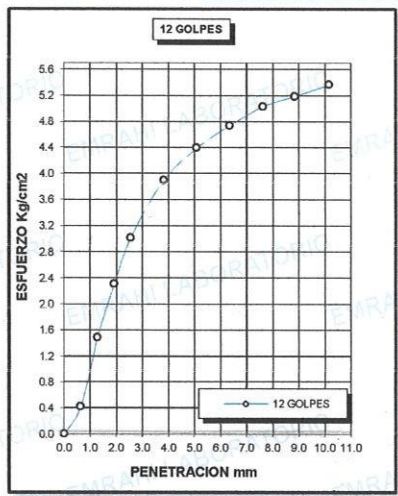
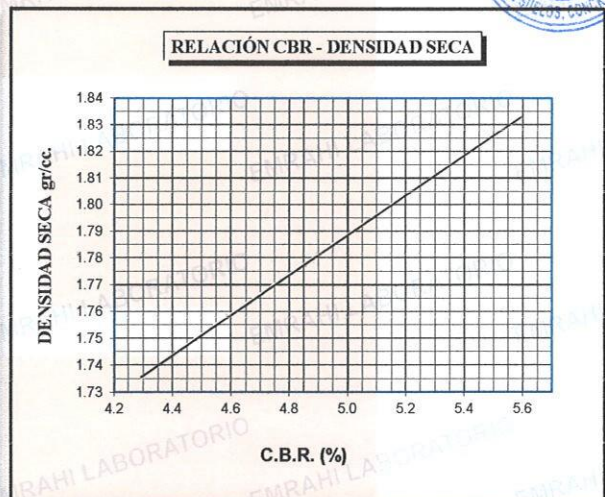
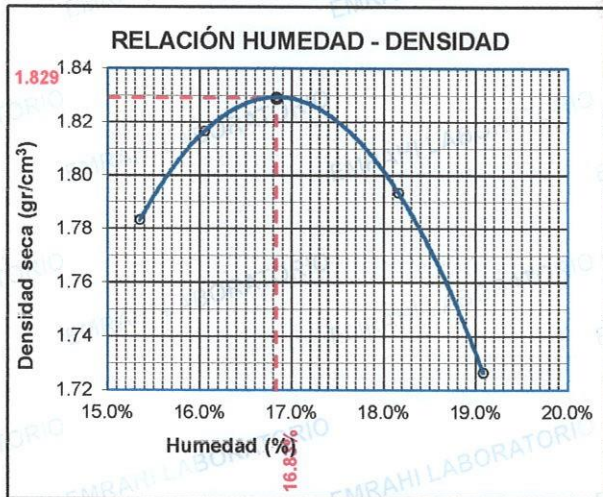
**PENETRACION**

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No iii				MOLDE No ii				MOLDE No i			
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0.00	0:00		0.0	0.00		0.0	0.00		0.0	0.00		0.0	0.00	
0.63	00:30		8.4	0.4		13.6	0.7		17.2	0.9		17.2	0.9	
1.27	01:00		29.4	1.5		34.2	1.7		43.2	2.2		43.2	2.2	
1.91	01:30		45.7	2.3		49.8	2.5		59.4	3.0		59.4	3.0	
2.54	02:00	70.31	59.7	3.0		63.2	3.2		77.8	3.9		77.8	3.9	
3.81	03:00		77.1	3.9		89.4	4.5		104.2	5.3		104.2	5.3	
5.09	04:00	105.00	86.9	4.4		106.8	5.4		125.4	6.3		125.4	6.3	
6.35	05:00		93.7	4.7		119.2	6.0		138.5	7.0		138.5	7.0	
7.62	06:00		99.5	5.0		126.4	6.4		146.3	7.4		146.3	7.4	
8.84	07:00		102.6	5.2		130.5	6.6		150.0	7.6		150.0	7.6	
10.16	08:00		106.2	5.4		132.4	6.7		151.9	7.7		151.9	7.7	

**EMRAHI**  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
 Ricardo Aroni Acero  
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y CONTROL DE CALIDAD  
 CIP. 109836

**ENSAYO DE CBR - GRAFICO DE PENETRACIÓN  
MTC E 132-2000**

<b>TESIS</b> : "ADICIÓN DE CENIZA DE ASERRÍN PARA ESTABILIZAR LA SUBRASANTE DE UN SUELO COHESIVO EN UNA VÍA URBANA HUANCANÉ - PUNO, 2022"	<b>METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91</b>
<b>SOLICITANTE</b> : Bach. MARY CARMEN CALLA PORTILLO	<b>MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm<sup>3</sup>.)</b> 1.83 <b>HUMEDAD OPTIMA (%)</b> 16.8% <b>CBR AL 100 DE M.D.S. (%)</b> 5.54 <b>CBR AL 95% DE M.D.S. (%)</b> 4.32
<b>MUESTRA</b> : C-1 - MUESTRA PATRON	<b>CLASIFICACIÓN</b> : CL <b>AASHTO</b> : A-4
<b>UBICACIÓN</b> : PROVINCIA DE HUANCANE - PUNO	<b>EMBEBIDO</b> : 4 DIAS
<b>COORDENADA</b> : 19L 418168 8319682	
<b>FECHA</b> : lunes, 09 de mayo de 2022	



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
 Ricardo Acero  
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y CONTROL DE CALIDAD  
 CIP. 109636

## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

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

**TESIS** : "ADICIÓN DE CENIZA DE ASERRÍN PARA ESTABILIZAR LA SUBRASANTE DE UN SUELO COHESIVO EN UNA VÍA URBANA HUANCANÉ - PUNO, 2022"

**SOLICITANTE** : BACH. CCALLA PORTILLO, MARY CARMEN

**UBICACIÓN** : PROVINCIA DE HUANCANÉ - PUNO

**COORDENADA** : 19L 418226 8319634

**CALICATA** : C - 02

**MUESTRA** : MUESTRA PATRON

**PROFUNDIDAD** : 2.00 m.

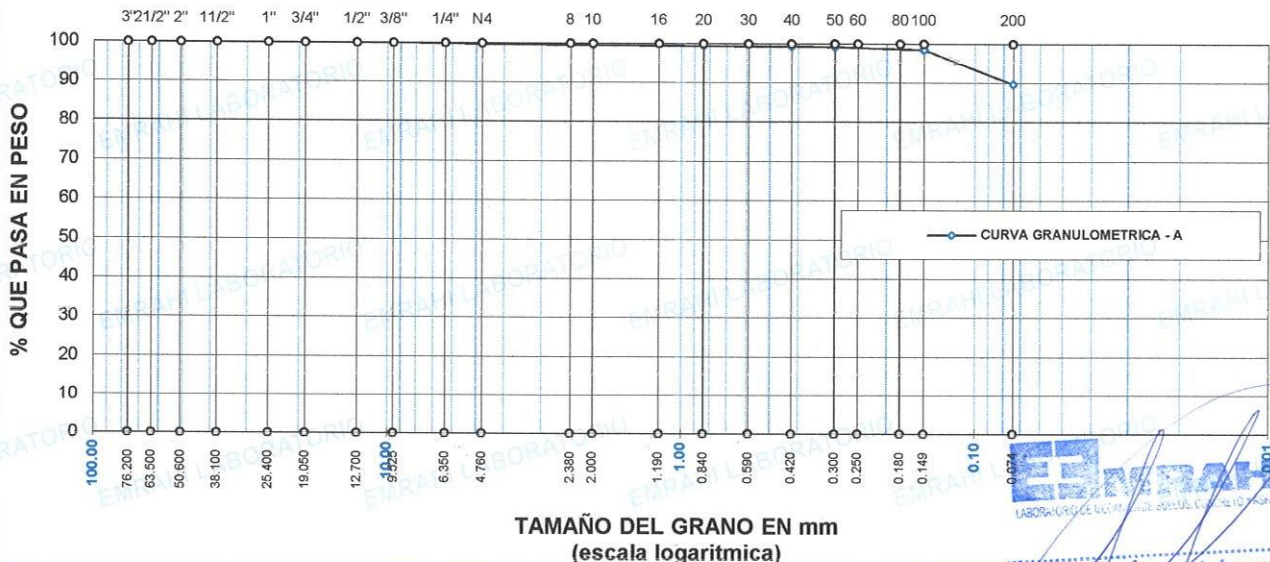
**FECHA** : viernes, 22 de abril de 2022



TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA PASA	ESPECIF. % Pasa En Peso	TAMAÑO MÁXIMO: DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200						P.I.= 250.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00		P.L.= 25.09
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00		P.P.= 224.91
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00		% W = 27.32
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00		<b>LIMITES DE CONSISTENCIA:</b> L.L.= 33.28 L.P.= 17.12 I.P.= 16.16
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00		
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00		
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00		
1/4"	6.350						<b>CARACT. GRANULOMÉTRICAS:</b> D10= --- Cu= --- D30= --- Cc= --- D60= ---
No4	4.760	0.66	0.26	0.26	99.74		
No8	2.380						
No10	2.000	0.42	0.17	0.43	99.57		
No16	1.190						<b>CLASIFICACION:</b>  SUCS : CL AASHTO : A - 4
No20	0.840	0.42	0.17	0.60	99.40		
No30	0.590						
No40	0.420	0.26	0.10	0.70	99.30		
No 50	0.300	0.19	0.08	0.78	99.22		<b>OBSERVACIONES:</b>
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.149	1.77	0.71	1.48	98.52		
No200	0.074	22.03	8.81	10.27	89.73		
<b>BASE</b>		224.91	89.96	100.00	0.00		
<b>TOTAL</b>		250.00	100.00				
<b>% PERDIDA</b>		89.96					

### CURVA GRANULOMÉTRICA

MALLAS U.S. STANDARD



ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y CONTROL DE CALIDAD  
CIP. 109836

**ENSAYO DE LIMITE LIQUIDO Y PLASTICO (ASTM D-4318)**

**TESIS** : "ADICIÓN DE CENIZA DE ASERRÍN PARA ESTABILIZAR LA SUBRASANTE DE UN SUELO COHESIVO EN UNA VÍA URBANA HUANCANÉ – PUNO, 2022"  
**SOLICITANTE** : BACH. OCALLA PORTILLO, MARY CARMEN  
**UBICACIÓN** : PROVINCIA DE HUANCANÉ – PUNO  
**COORDENADA** : 19L 418226 8319634  
**CALICATA** : C - 02  
**MUESTRA** : MUESTRA PATRON  
**PROFUNDIDAD** : 2.00 m.  
**FECHA** : viernes, 22 de abril de 2022



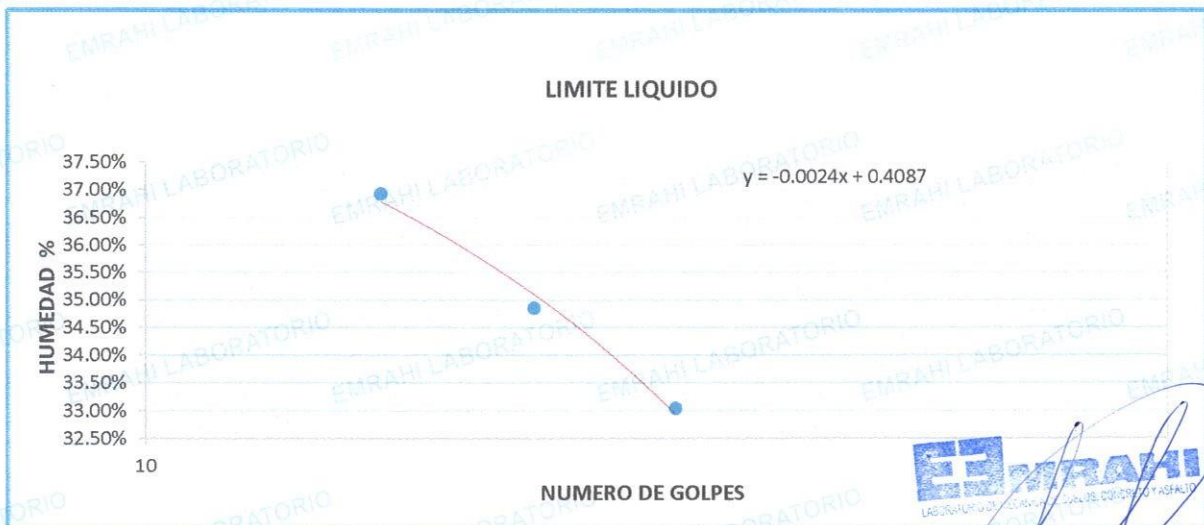
**LIMITE LIQUIDO**

ENSAYO	No	1	2	3
CAPSULA	No	E	D	8
CAPSULA + SUELO HUMEDO	gr.	47.3	48.6	51.4
CAPSULA + SUELO SECO	gr.	40.1	41.7	43.8
AGUA	gr.	7.2	6.9	7.6
PESO DE LA CAPSULA	gr.	20.6	21.9	20.8
PESO DEL SUELO SECO	gr.	19.5	19.8	23
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	36.92%	34.85%	33.04%
NUMERO DE GOLPES	N	17	24	33

**LIMITE PLASTICO**

ENSAYO	No	1	2
CAPSULA	No	F	3
CAPSULA + SUELO HUMEDO	gr.	32.9	33.55
CAPSULA + SUELO SECO	gr.	31.08	31.73
AGUA	gr.	1.82	1.82
PESO DE LA CAPSULA	gr.	20.27	21
PESO DEL SUELO SECO	gr.	10.81	10.73
LIMITE PLASTICO	%	16.84%	16.96%

LIMITE LIQUIDO	34.86
LIMITE PLASTICO	16.90
INDICE DE PLASTICIDAD	17.96



**Ricardo Aroni Acero**  
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y CONTROL DE CALIDAD  
 CIP. 109836

## ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-698 D-1557 AASHTO T-99 T-180

**TESIS** : "ADICION DE CENIZA DE ASERRIN PARA ESTABILIZAR LA SUBRASANTE DE UN SUELO COHESIVO EN UNA VIA URBANA HUANCANE -PUNO 2022"

**SOLICITANTE** : Bach. MARY CARMEN CALLA PORTILLO

**UBICACIÓN** : PROVINCIA DE HUANCANE - PUNO

**MUESTRA** : C-2 - MUESTRA PATRON

**FECHA** : lunes, 09 de mayo de 2022

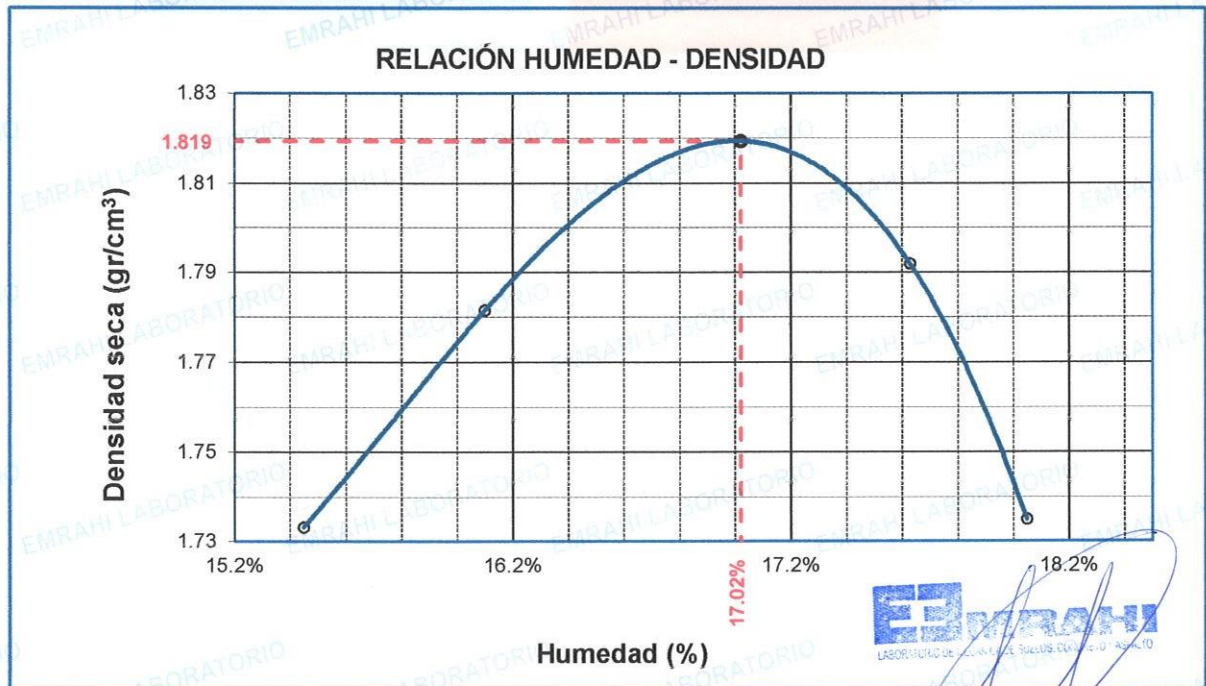


<b>MOLDE No</b>	:	1	<b>VOLUMEN DEL MOLDE</b>	:	2126 cm <sup>3</sup>
<b>No DE CAPAS</b>	:	5	<b>GOLPES POR CAPA</b>	:	56 golpes

<b>Peso Suelo Humedo + Molde</b>	gr.	10650	10793	10877	10750
<b>Peso del Molde</b>	gr.	6396	6396	6396	6396
<b>Peso del Suelo Húmedo</b>	gr/cm <sup>3</sup> .	4254	4397	4481	4354
<b>Densidad del Suelo Humedo</b>	gr/cm <sup>3</sup> .	2.001	2.068	2.108	2.048

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
<b>Suelo Humedo + Capsula</b>	gr.	178.49	172.15	179.00	174.40	173.35	182.96	171.50	173.30
<b>Peso del Suelo Seco + Capsula</b>	gr.	158.20	152.00	157.50	153.50	152.00	160.00	150.00	151.45
<b>Peso del Agua</b>	gr.	20.29	20.15	21.50	20.90	21.35	22.96	21.50	21.85
<b>Peso de la Capsula</b>	gr.	24.48	23.84	23.93	23.69	30.26	30.42	30.62	30.63
<b>Peso del Suelo Seco</b>	gr.	133.72	128.16	133.57	129.81	121.74	129.59	119.38	120.82
<b>% de Humedad</b>	%	15.17%	15.72%	16.1%	16.10%	17.54%	17.72%	18.01%	18.08%
<b>Promedio de Humedad</b>	%	15.45%		16.10%		17.63%		18.05%	
<b>Densidad del Suelo Seco</b>	%	1.733		1.782		1.792		1.735	

<b>METODO:</b>	ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"	<b>MAXIMA DENSIDAD SECA</b>	:	1.82 gr/cm <sup>3</sup>
		<b>HUMEDAD OPTIMA</b>	:	17.0%



**EMRAHI**  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

*Ricardo Aron Acero*  
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y CONTROL DE CALIDAD  
CIP. 109886



## RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR - CBR

**TESIS** : "ADICION DE CENIZA DE ASERRIN PARA ESTABILIZAR LA SUBRASANTE DE UN SUELO COHESIVO EN UNA VIA URBANA HUANCANE -PUNO 2022"  
**SOLICITANTE** : Bach. MARY CARMEN CALLA PORTILLO  
**UBICACIÓN** : PROVINCIA DE HUANCANE - PUNO  
**MUESTRA** : C-2 - MUESTRA PATRON  
**FECHA** : sábado, 14 de mayo de 2022



MOLDE No	III	II	I
No DE CAPAS	5	5	5
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12	25	56
CONDICIONES DE LA MUESTRA	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	12652	12180	12620	12244	12654	12454
Peso del Molde	gr.	8033	8033	8021	8021	8014	8014
Peso del Suelo Humedo	gr.	4619	4147	4599	4223	4640	4440
Volumen del Suelo	cm3.	2119.43	2119.43	2119.43	2119.43	2119.43	2119.43
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm3.	2.179	1.957	2.170	1.993	2.189	2.095

Capsula No	No	v	b	m	g	t	h	k	w	t
Suelo Humedo + Capsula	gr.	167.00	151.00	179.74	176.00	174.00	159.90	188.10	192.52	157.12
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	136.65	123.64	156.96	148.73	146.63	140.12	161.30	164.90	137.79
Peso del Agua	gr.	30.35	27.36	22.78	27.27	27.37	19.78	26.80	27.62	19.33
Peso de la Capsula	gr.	20.35	20.50	23.00	30.50	30.54	23.70	26.57	28.54	24.09
Peso del Suelo Seco	gr.	116.30	103.14	133.96	118.23	116.09	116.42	134.73	136.36	113.70
% de Humedad	%	26.10%	26.53%	17.01%	23.07%	23.58%	16.99%	19.89%	20.26%	17.00%
Promedio de Humedad	%	26.31%	17.01%	23.32%	16.99%	20.07%	17.00%			
Densidad del Suelo Seco	gr/cm3.	1.725	1.672	1.760	1.703	1.823	1.791			

### EXPANSIÓN

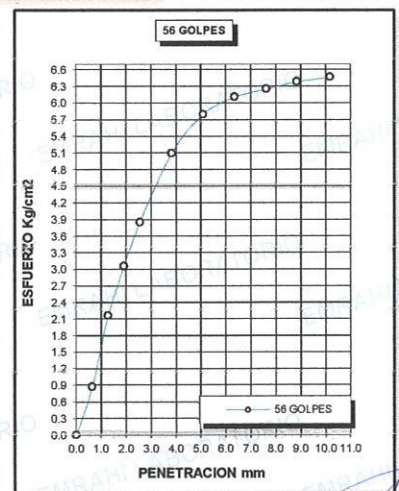
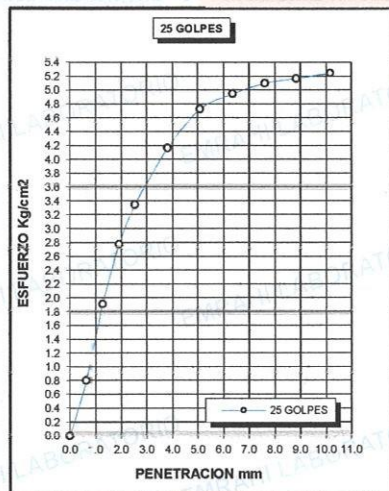
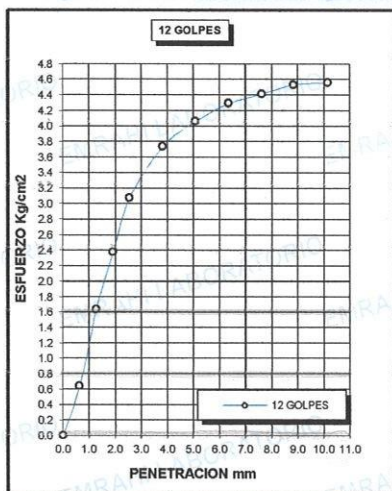
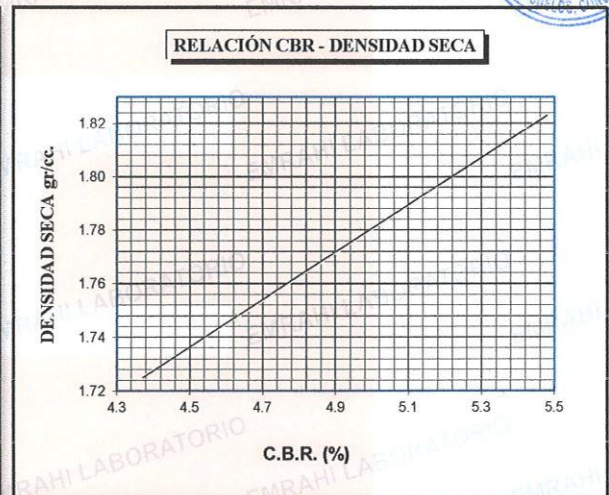
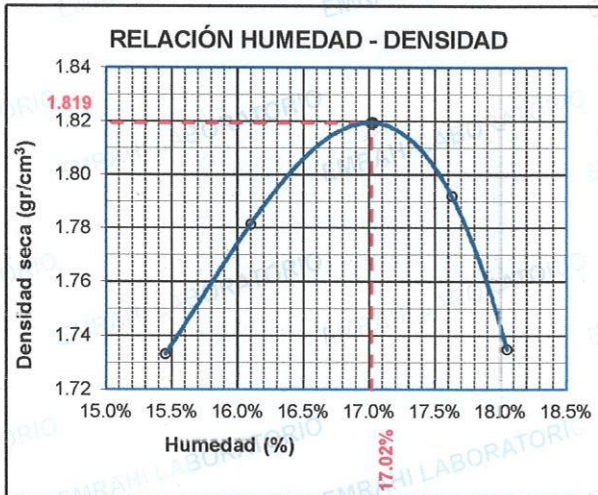
Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansión mm	Expansión %
10/05/2022	9:00: a.m.		254.2	0	0
11/05/2022	9:00: a.m.	24:00:00	312.6	1.48	1.29
12/05/2022	9:00: a.m.	48:00:00	371.0	2.97	2.57
13/05/2022	9:00: a.m.	72:00:00	429.4	4.45	3.86
14/05/2022	9:00: a.m.	96:00:00	487.8	5.93	5.15

### PENETRACION

Penetracion mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III				MOLDE No II				MOLDE No I			
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0.00	0.00		0.0	0.00		0.0	0.00		0.0	0.00		0.0	0.00	
0.63	00:30		12.7	0.6		15.9	0.8		17.2	0.9		17.2	0.9	
1.27	01:00		32.4	1.6		37.9	1.9		42.8	2.2		42.8	2.2	
1.91	01:30		47.1	2.4		54.9	2.8		60.5	3.1		60.5	3.1	
2.54	02:00	70.31	60.8	3.1		66.3	3.4		76.2	3.9		76.2	3.9	
3.81	03:00		73.9	3.7		82.4	4.2		100.7	5.1		100.7	5.1	
5.09	04:00	105.00	80.4	4.1		93.5	4.7		114.7	5.8		114.7	5.8	
6.35	05:00		84.9	4.3		97.8	4.9		120.8	6.1		120.8	6.1	
7.62	06:00		87.3	4.4		100.9	5.1		123.7	6.3		123.7	6.3	
8.84	07:00		89.7	4.5		102.2	5.2		126.2	6.4		126.2	6.4	
10.16	08:00		90.2	4.6		103.7	5.2		127.9	6.5		127.9	6.5	

**ENSAYO DE CBR - GRAFICO DE PENETRACIÓN  
MTC E 132-2000**

<p><b>TESIS</b> "ADICCIÓN DE CENIZA DE ASERRIN PARA ESTABILIZAR LA SUBRASANTE DE UN SUELO COHESIVO EN UNA VÍA URBANA HUANCANE - PUNO 2022"</p> <p><b>SOLICITANTE</b> : Bach. MARY CARMEN CALLA PORTILLO</p> <p><b>MUESTRA</b> : C-2 - MUESTRA PATRON</p> <p><b>UBICACIÓN</b> : PROVINCIA DE HUANCANE - PUNO</p> <p><b>COORDENADA</b> : 19L 418226 8319634</p> <p><b>FECHA</b> : sábado, 14 de mayo de 2022</p>	<p align="center"><b>METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91</b></p> <p><b>MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm<sup>3</sup>.)</b> 1.82</p> <p><b>HUMEDAD OPTIMA (%)</b> 17.0%</p> <p><b>CBR AL 100 DE M.D.S. (%)</b> 5.44</p> <p><b>CBR AL 95% DE M.D.S. (%)</b> 4.41</p> <hr/> <p><b>CLASIFICACIÓN</b> : CL</p> <p><b>AASHTO</b> :A-4</p> <p><b>EMBEBIDO</b> : 4 DIAS</p>
--	--



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
 Ricardo Aron Acero  
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y CONTROL DE CALIDAD  
 CIP. 109930

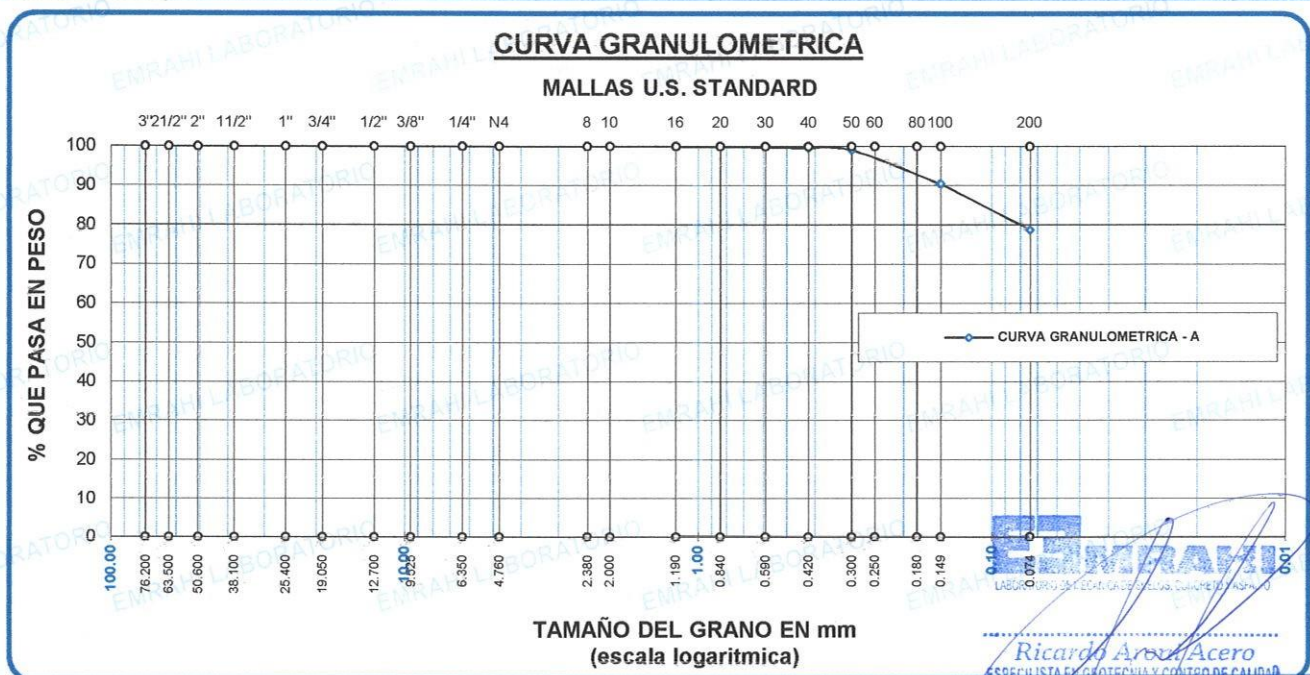
## ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

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

**TESIS** : "ADICIÓN DE CENIZA DE ASERRÍN PARA ESTABILIZAR LA SUBRASANTE DE UN SUELO COHESIVO EN UNA VÍA URBANA HUANCANÉ - PUNO, 2022"  
**SOLICITANTE** : BACH. CCALLA PORTILLO, MARY CARMEN  
**UBICACIÓN** : PROVINCIA DE HUANCANÉ - PUNO  
**COORDENADA** : 19L 418292 8319565  
**CALICATA** : C - 03  
**MUESTRA** : MUESTRA PATRON  
**PROFUNDIDAD** : 2.00 m.  
**FECHA** : sábado, 23 de abril de 2022



TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF. % Pasa En Peso	TAMAÑO MAXIMO: DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200						P.I.= 700.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00		P.L.= 148.46
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00		P.P.= 551.54
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00		% W = 26.87
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00		<b>LIMITES DE CONSISTENCIA:</b> L.L.= 33.28 L.P.= 17.12 I.P.= 16.16
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00		
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00		
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00		
1/4"	6.350						<b>CARACT. GRANULOMETRICAS:</b> D10= ---- Cu= ---- D30= ---- Cc= ---- D60= ----
No4	4.760	0.00	0.00	0.00	100.00		
No8	2.380						
No10	2.000	0.08	0.01	0.01	99.99		
No16	1.190						<b>CLASIFICACION:</b>  SUCS : CL AASHTO : A - 4
No20	0.840	0.77	0.11	0.12	99.88		
No30	0.590						
No40	0.420	2.02	0.29	0.41	99.59		
No 50	0.300	3.55	0.51	0.92	99.08		<b>OBSERVACIONES:</b>
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.149	60.03	8.58	9.49	90.51		
No200	0.074	82.01	11.72	21.21	78.79		
<b>BASE</b>		551.54	78.79	100.00	0.00		
<b>TOTAL</b>		700.00	100.00				
<b>% PERDIDA</b>		78.79					



**ENSAYO DE LIMITE LIQUIDO Y PLASTICO (ASTM D-4318)**

**TESIS** : "ADICIÓN DE CENIZA DE ASERRÍN PARA ESTABILIZAR LA SUBRASANTE DE UN SUELO COHESIVO EN UNA VÍA URBANA HUANCANÉ – PUNO, 2022"  
**SOLICITANTE** : BACH. CCALLA PORTILLO, MARY CARMEN  
**UBICACIÓN** : PROVINCIA DE HUANCANÉ – PUNO  
**COORDENADA** : 19L 418292 8319565  
**CALICATA** : C - 03  
**MUESTRA** : MUESTRA PATRON  
**PROFUNDIDAD** : 2.00 m.  
**FECHA** : sábado, 23 de abril de 2022



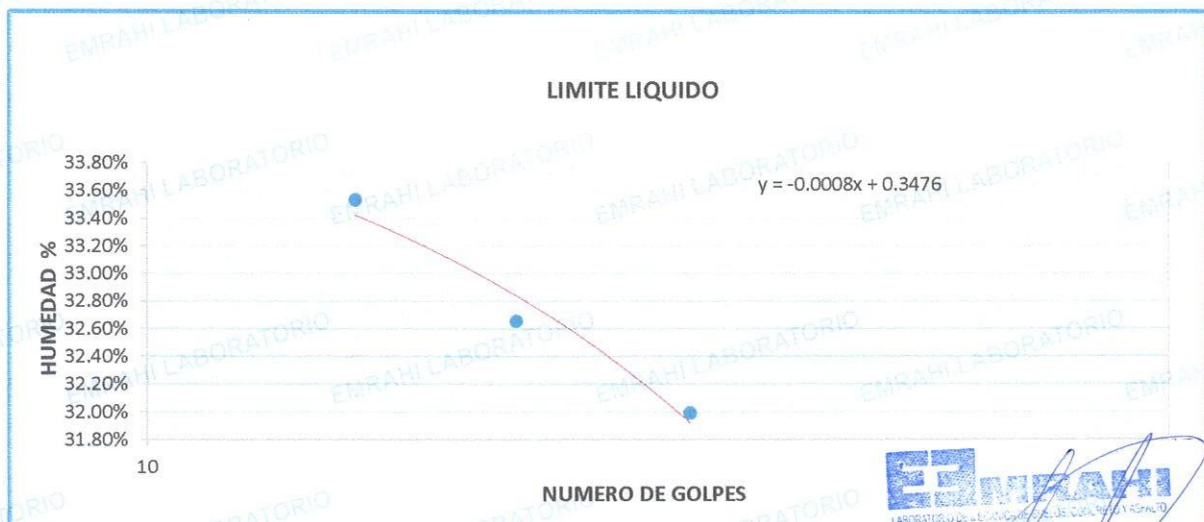
**LIMITE LIQUIDO**

ENSAYO	No	1	2	3
CAPSULA	No	D	7	M
CAPSULA + SUELO HUMEDO	gr.	37.43	36.96	37.53
CAPSULA + SUELO SECO	gr.	33.52	32.95	33.32
AGUA	gr.	3.91	4.01	4.21
PESO DE LA CAPSULA	gr.	21.86	20.67	20.16
PESO DEL SUELO SECO	gr.	11.66	12.28	13.16
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	33.53%	32.65%	31.99%
NUMERO DE GOLPES	N	16	23	34

**LIMITE PLASTICO**

ENSAYO	No	1	2
CAPSULA	No	O	E
CAPSULA + SUELO HUMEDO	gr.	26.83	26.67
CAPSULA + SUELO SECO	gr.	26.04	25.92
AGUA	gr.	0.79	0.75
PESO DE LA CAPSULA	gr.	20.8	20.6
PESO DEL SUELO SECO	gr.	5.27	5.32
LIMITE PLASTICO	%	14.99%	14.10%

LIMITE LIQUIDO	32.67
LIMITE PLASTICO	14.54
INDICE DE PLASTICIDAD	18.13



**Ricardo Azari Acero**  
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y CONTROL DE CALIDAD  
 CIP. 109936

## ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-698 D-1557 AASHTO T-99 T-180

**PROYECTO** : "ADICCIÓN DE CENIZA DE ASERRIN PARA ESTABILIZAR LA SUBRASANTE DE UN SUELO COHESIVO EN UNA VIA URBANA HUANCANE -PUNO 2022"  
**SOLICITANTE** : Bach. MARY CARMEN CALLA PORTILLO  
**UBICACIÓN** : PROVINCIA DE HUANCANE - PUNO  
**MUESTRA** : C-3 - MUESTRA PATRON  
**FECHA** : lunes, 16 de mayo de 2022

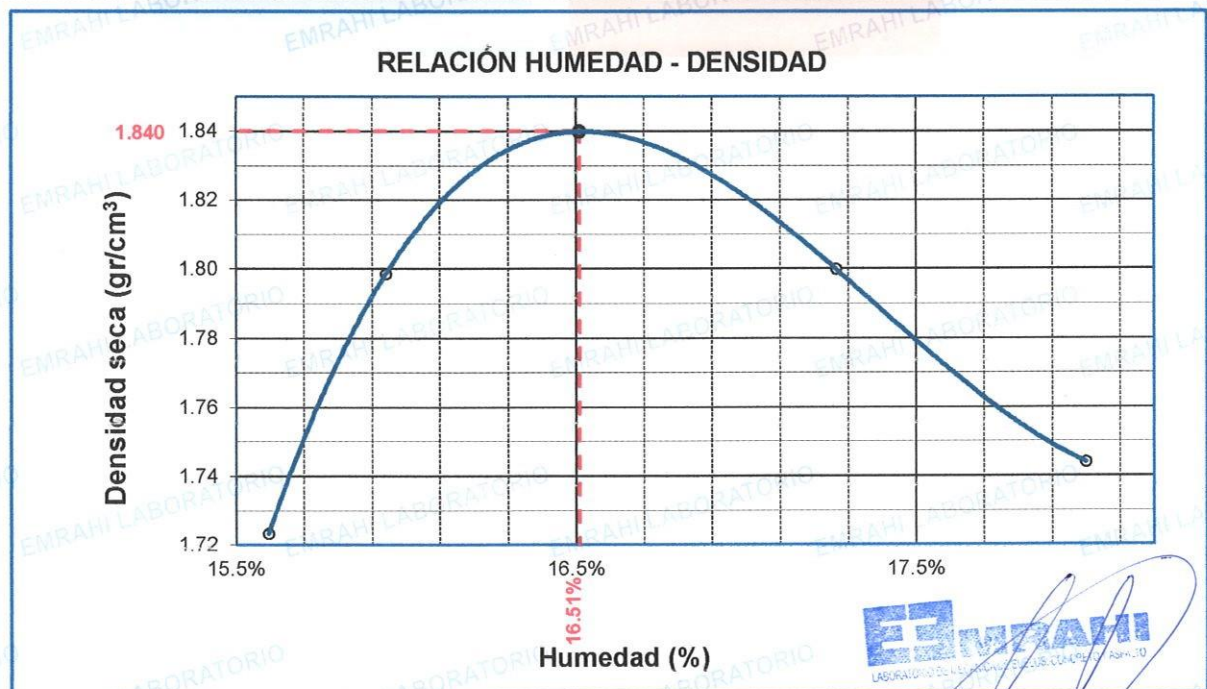


MOLDE No	:	1	VOLUMEN DEL MOLDE	:	2126	cm <sup>3</sup>
No DE CAPAS	:	5	GOLPES POR CAPA	:	56	golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10631	10829	10883	10771
Peso del Molde	gr.	6396	6396	6396	6396
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm <sup>3</sup> .	4235	4433	4487	4375
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm <sup>3</sup> .	1.992	2.085	2.111	2.058

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	125.40	164.45	125.10	110.32	101.80	113.20	114.70	99.35
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	112.00	145.20	111.35	98.26	90.35	99.98	102.00	88.78
Peso del Agua	gr.	13.40	19.25	13.75	12.06	11.45	13.22	12.70	10.57
Peso de la Capsula	gr.	24.53	23.89	23.74	23.74	23.74	23.74	30.67	30.68
Peso del Suelo Seco	gr.	87.47	121.31	87.61	74.52	66.61	76.24	71.33	58.10
% de Humedad	%	15.32%	15.87%	15.7%	16.18%	17.19%	17.34%	17.80%	18.19%
<b>Promedio de Humedad</b>	%	15.59%		15.94%		17.26%		18.00%	
<b>Densidad del Suelo Seco</b>	%	1.723		1.799		1.800		1.744	

METODO:	ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"	MAXIMA DENSIDAD SECA	:	1.84	gr/cm <sup>3</sup>
		HUMEDAD OPTIMA	:	16.5%	



Ricardo Ayala Azevedo  
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y CONTROL DE CALIDAD  
 CIP. 109065

## RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR - CBR

**PROYECTO** : "ADICCIÓN DE CENIZA DE ASERRIN PARA ESTABILIZAR LA SUBRASANTE DE UN SUELO COHESIVO EN UNA VÍA URBANA HUANCANE - PUNO 2022"  
**SOLICITANTE** : Bach. MARY CARMEN CALLA PORTILLO  
**UBICACIÓN** : PROVINCIA DE HUANCANE - PUNO  
**MUESTRA** : C-3 - MUESTRA PATRON  
**FECHA** : sábado, 21 de mayo de 2022



MOLDE No	III	II	I			
No DE CAPAS	5	5	5			
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12	25	56			
CONDICIONES DE LA MUESTRA	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR

	gr.	12598	12228	12681	12191	12679	12679
Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	8033	8033	8021	8021	8014	8014
Peso del Molde	gr.	4565	4195	4660	4170	4665	4665
Peso del Suelo Humedo	cm3.	2119.43	2119.43	2119.43	2119.43	2119.43	2119.43
Volumen del Suelo	gr/cm3.	2.154	1.979	2.199	1.968	2.201	2.201
Densidad del Suelo Humedo							

Capsula No	No	15	16	17	20	21	22	2	1	3
Suelo Humedo + Capsula	gr.	163.00	147.15	170.95	173.95	171.54	147.55	185.55	189.03	148.63
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	136.00	122.94	150.00	147.73	145.43	130.00	159.90	162.68	131.00
Peso del Agua	gr.	27.00	24.21	20.95	26.22	26.11	17.55	25.65	26.35	17.63
Peso de la Capsula	gr.	20.35	20.50	23.00	30.50	30.54	23.70	26.57	28.54	24.09
Peso del Suelo Seco	gr.	115.65	102.44	127.00	117.23	114.89	106.30	133.33	134.14	106.91
% de Humedad	%	23.35%	23.63%	16.50%	22.37%	22.73%	16.51%	19.24%	19.64%	16.49%
Promedio de Humedad	%	23.49%	16.50%	22.55%	16.51%	19.44%	16.49%			
Densidad del Suelo Seco	gr/cm3.	1.744	1.699	1.794	1.689	1.843	1.889			

### EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansión mm	Expansión %
17/05/2022	9:00: a.m.		150.5	0	0
18/05/2022	9:00: a.m.	24:00:00	208.1	1.46	1.27
19/05/2022	9:00: a.m.	48:00:00	265.7	2.93	2.54
20/05/2022	9:00: a.m.	72:00:00	323.3	4.39	3.81
21/05/2022	9:00: a.m.	96:00:00	380.9	5.85	5.08

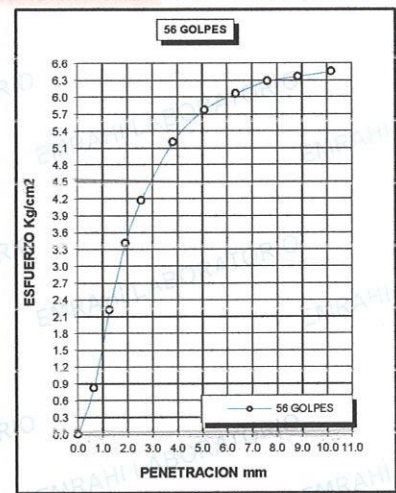
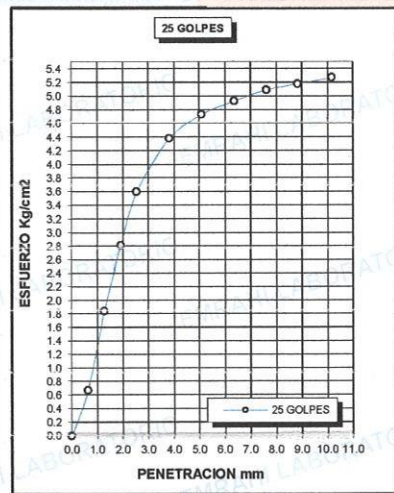
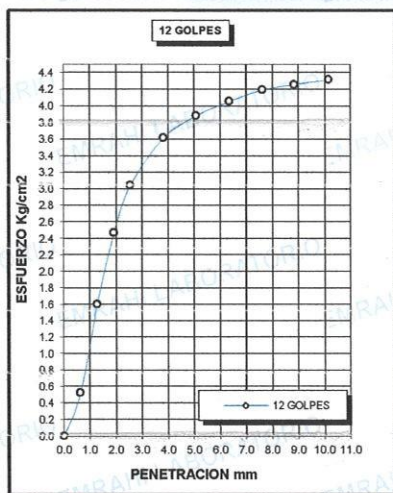
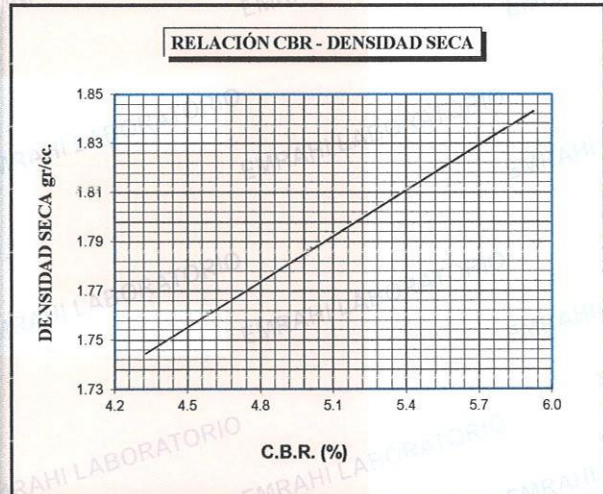
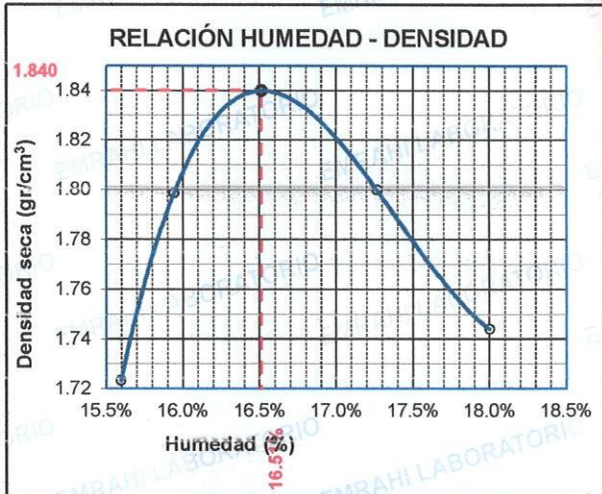
### PENETRACION

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III				MOLDE No II				MOLDE No I			
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0.00	0:00			0.0	0.00		0.0	0.00			0.0	0.00		
0.63	00:30			10.4	0.5		13.2	0.7			16.3	0.8		
1.27	01:00			31.7	1.6		36.4	1.8			43.9	2.2		
1.91	01:30			48.8	2.5		55.7	2.8			67.5	3.4		
2.54	02:00	70.31		60.2	3.0		71.2	3.6			82.4	4.2		
3.81	03:00			71.5	3.6		86.7	4.4			102.9	5.2		
5.09	04:00	105.00		76.8	3.9		93.6	4.7			114.3	5.8		
6.35	05:00			80.2	4.1		97.5	4.9			119.9	6.1		
7.62	06:00			82.9	4.2		100.7	5.1			124.3	6.3		
8.84	07:00			84.2	4.3		102.5	5.2			125.8	6.4		
10.16	08:00			85.4	4.3		104.3	5.3			127.6	6.4		

  
**Nicolás Aroni Acero**  
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA / CENTRO DE CALIDAD  
 CIP. 108836

**ENSAYO DE CBR - GRAFICO DE PENETRACIÓN  
MTC E 132-2000**

<b>PROYECTO</b>	"ADICCIÓN DE CENIZA DE ASERRIN PARA ESTABILIZAR LA SUBRASANTE DE UN SUELO COHESIVO EN UNA VÍA URBANA HUANCANE - PUNO 2022"	<b>METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91</b>
<b>SOLICITANTE</b>	: Bach. MARY CARMEN CALLA PORTILLO	<b>MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm<sup>3</sup>.)</b> 1.84
<b>MUESTRA</b>	: C-3 - MUESTRA PATRON	<b>HUMEDAD OPTIMA (%)</b> 16.5%
<b>UBICACIÓN</b>	: PROVINCIA DE HUANCANE - PUNO	<b>CBR AL 100 DE M.D.S. (%)</b> 5.87
<b>COORDENADA</b>	: 19L 418292 8319565	<b>CBR AL 95% DE M.D.S. (%)</b> 4.38
<b>FECHA</b>	: sábado, 21 de mayo de 2022	<b>CLASIFICACIÓN</b> : CL
		<b>AASHTO</b> : A-4
		<b>EMBEBIDO</b> : 4 DIAS



  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
 Ricardo Araya Acero  
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y CONTROL DE CALIDAD  
 CIP. 109836



# **COMBINACION - M.P. + 8 % C.A**



**ENSAYO DE LIMITE LIQUIDO Y PLASTICO (ASTM D-4318)**

**TESIS** : "ADICIÓN DE CENIZA DE ASERRÍN PARA ESTABILIZAR LA SUBRASANTE DE UN SUELO COHESIVO EN UNA VÍA URBANA HUANCANÉ – PUNO, 2022"  
**SOLICITANTE** : BACH. CCALLA PORTILLO, MARY CARMEN  
**UBICACIÓN** : PROVINCIA DE HUANCANÉ – PUNO  
**COORDENADA** : 19L 418168 8319682  
**CALICATA** : C - 01  
**MUESTRA** : M.P. + 8 % CENIZA DE EUCALIPTO  
**PROFUNDIDAD** : 2.00 m.  
**FECHA** : jueves, 21 de abril de 2022



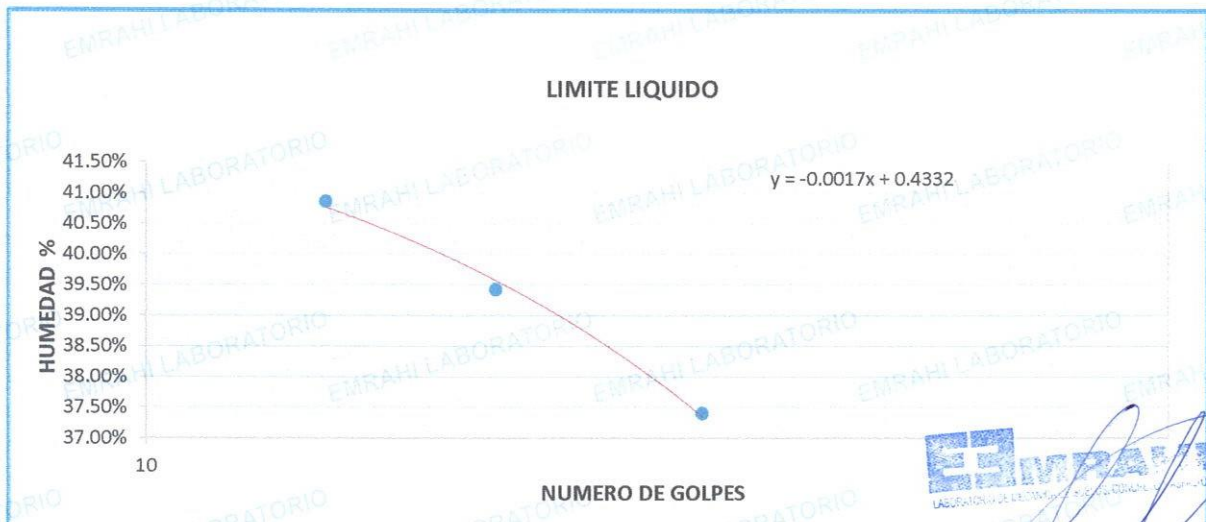
**LIMITE LIQUIDO**

ENSAYO	No	1	2	3
CAPSULA	No	F	6	1
CAPSULA + SUELO HUMEDO	gr.	36.28	36.06	37.8
CAPSULA + SUELO SECO	gr.	32.08	31.53	33.2
AGUA	gr.	4.2	4.53	4.6
PESO DE LA CAPSULA	gr.	21.8	20.04	20.9
PESO DEL SUELO SECO	gr.	10.28	11.49	12.3
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	40.86%	39.43%	37.40%
NUMERO DE GOLPES	N	15	22	35

**LIMITE PLASTICO**

ENSAYO	No	1	2
CAPSULA	No	Z-11	X-2
CAPSULA + SUELO HUMEDO	gr.	145	140.77
CAPSULA + SUELO SECO	gr.	143.55	139.41
AGUA	gr.	1.45	1.36
PESO DE LA CAPSULA	gr.	137.9	134
PESO DEL SUELO SECO	gr.	5.63	5.41
LIMITE PLASTICO	%	25.75%	25.14%

LIMITE LIQUIDO	39.06
LIMITE PLASTICO	25.45
INDICE DE PLASTICIDAD	13.61



**Ricardo Aren Acero**  
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y CONTROL DE CALIDAD  
 CIP. 109836

## ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-698 D-1557 AASHTO T-99 T-180

**PROYECTO** : "ADICIÓN DE CENIZA DE ASERRÍN PARA ESTABILIZAR LA SUBRASANTE DE UN SUELO COHESIVO EN UNA VÍA URBANA HUANCANÉ – PUNO, 2022"  
**SOLICITANTE** : Bach. MARY CARMEN CALLA PORTILLO  
**UBICACIÓN** : PROVINCIA DE HUANCANE - PUNO  
**MUESTRA** : C-1 - M.P + 8 % CENIZA DE ASERRÍN  
**FECHA** : miércoles, 04 de mayo de 2022

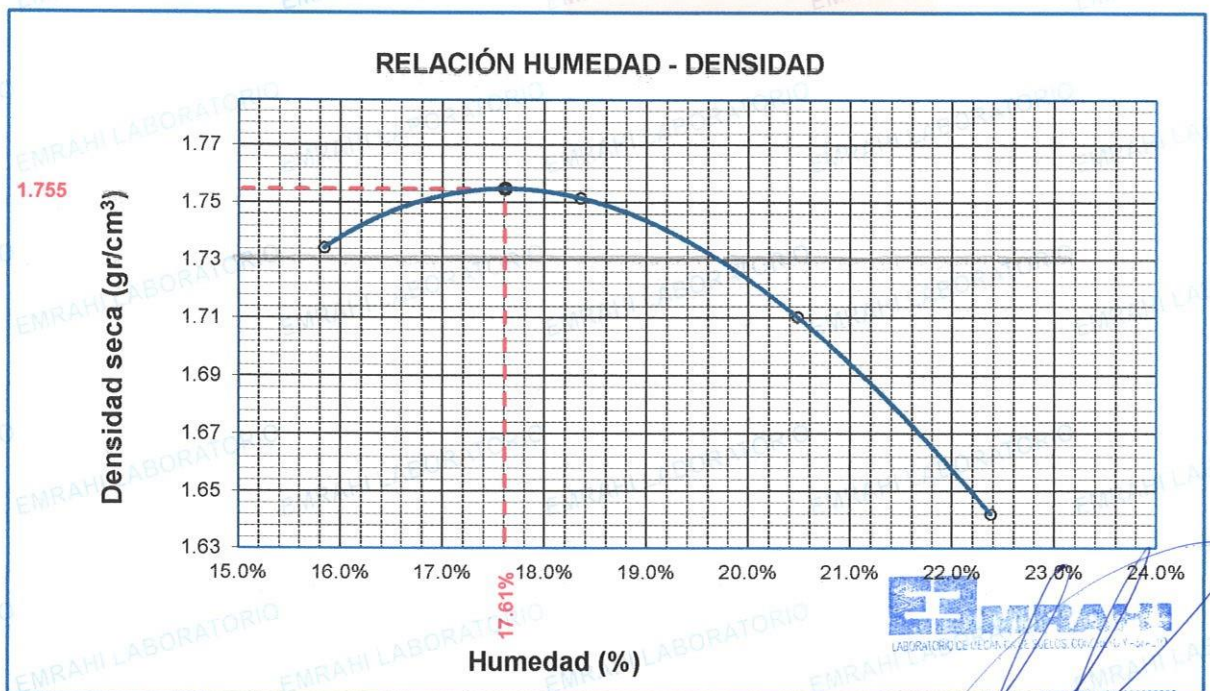


MOLDE No	:	1	VOLUMEN DEL MOLDE	:	2126	cm <sup>3</sup>
No DE CAPAS	:	5	GOLPES POR CAPA	:	56	golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10667	10803	10777	10668
Peso del Molde	gr.	6396	6396	6396	6396
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm <sup>3</sup> .	4271	4407	4381	4272
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm <sup>3</sup> .	2.009	2.073	2.061	2.010

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	102.54	100.24	88.68	91.54	62.99	103.59	97.51	112.54
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	91.49	89.27	78.59	80.34	55.87	89.52	83.12	96.02
Peso del Agua	gr.	11.05	10.97	10.09	11.20	7.12	14.07	14.39	16.52
Peso de la Capsula	gr.	20.75	20.95	21.28	21.68	21.05	20.91	20.16	20.58
Peso del Suelo Seco	gr.	70.74	68.32	57.31	58.66	34.82	68.61	62.96	75.44
% de Humedad	%	15.62%	16.06%	17.6%	19.09%	20.45%	20.51%	22.86%	21.90%
<b>Promedio de Humedad</b>	%	15.84%		18.35%		20.48%		22.38%	
<b>Densidad del Suelo Seco</b>	%	1.734		1.752		1.711		1.642	

METODO:	ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"	MAXIMA DENSIDAD SECA	:	1.75	gr/cm <sup>3</sup>
		HUMEDAD OPTIMA	:	17.6%	



**EMRAHI**  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
 Ricardo Aron Acero  
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y CONTROL DE CALIDAD  
 CIP. 109836

### RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR - CBR

**PROYECTO** : "ADICIÓN DE CENIZA DE ASERRÍN PARA ESTABILIZAR LA SUBRASANTE DE UN SUELO COHESIVO EN UNA VÍA URBANA HUANCANÉ – PUNO, 2022"

**SOLICITANTE** : Bach. MARY CARMEN CALLA PORTILLO

**UBICACIÓN** : PROVINCIA DE HUANCANE - PUNO

**MUESTRA** : C-1 - M.P + 8 % CENIZA DE ASERRÍN

**FECHA** : lunes, 09 de mayo de 2022



MOLDE No	III	II	I			
No DE CAPAS	5	5	5			
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12	25	56			
CONDICIONES DE LA MUESTRA	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR

	gr.	12477	12070	12509	12181	12486	12286
Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	8033	8033	8021	8021	8014	8014
Peso del Molde	gr.	4444	4037	4488	4160	4472	4272
Peso del Suelo Humedo	cm3.	2119.43	2119.43	2119.43	2119.43	2119.43	2119.43
Volumen del Suelo	gr/cm3.	2.097	1.905	2.118	1.963	2.110	2.016
Densidad del Suelo Humedo							

Capsula No	No	O	Q	P	K	L	S	Ñ	J	U
Suelo Humedo + Capsula	gr.	89.36	92.00	86.18	93.60	96.38	96.41	98.47	88.35	84.53
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	75.20	77.18	76.48	80.00	82.00	85.00	85.49	76.71	74.92
Peso del Agua	gr.	14.16	14.82	9.70	13.60	14.38	11.41	12.98	11.64	9.61
Peso de la Capsula	gr.	20.55	20.64	21.40	20.65	20.78	20.16	20.96	20.34	20.27
Peso del Suelo Seco	gr.	54.65	56.54	55.08	59.35	61.22	64.84	64.53	56.37	54.65
% de Humedad	%	25.91%	26.21%	17.61%	22.91%	23.49%	17.60%	20.11%	20.65%	17.58%
<b>Promedio de Humedad</b>	%	<b>26.06%</b>	<b>17.61%</b>	<b>23.20%</b>	<b>17.60%</b>	<b>20.38%</b>	<b>17.58%</b>			
Densidad del Suelo Seco	gr/cm3.	1.663	1.620	1.719	1.669	1.753	1.714			

#### EXPANSIÓN

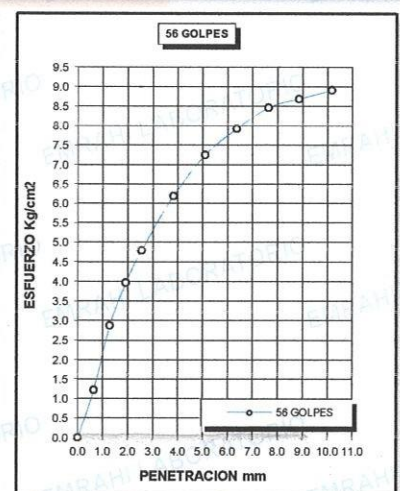
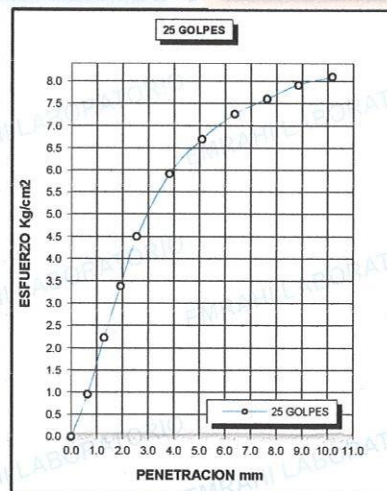
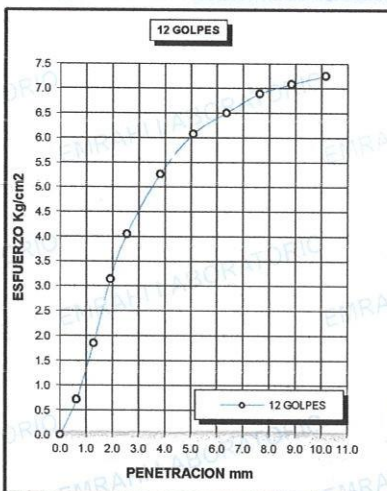
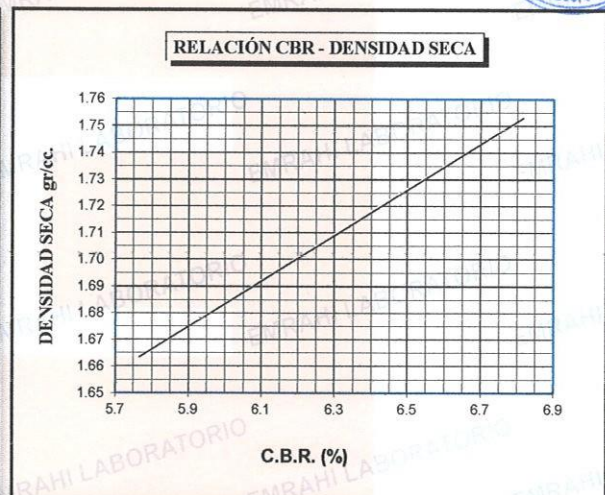
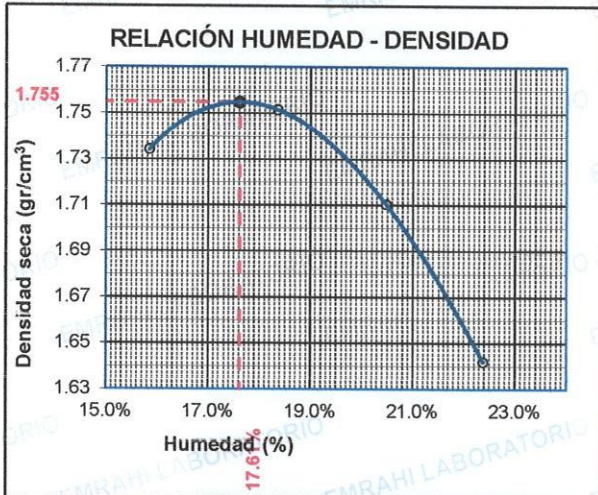
Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansión mm	%
05/05/2022	9:00: a.m.		210.0	0	0
06/05/2022	9:00: a.m.	24:00:00	262.0	1.32	1.15
07/05/2022	9:00: a.m.	48:00:00	314.0	2.64	2.29
08/05/2022	9:00: a.m.	72:00:00	366.0	3.96	3.44
09/05/2022	9:00: a.m.	96:00:00	418.0	5.28	4.58

#### PENETRACION

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III			MOLDE No II			MOLDE No I			
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg
0.00	0.00			0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00	
0.63	00:30			14.2	0.7		18.9	1.0		24.1	1.2	
1.27	01:00			36.7	1.9		44.2	2.2		56.9	2.9	
1.91	01:30			62.1	3.1		67.2	3.4		78.4	4.0	
2.54	02:00	70.31		80.2	4.1		89.1	4.5		94.8	4.8	
3.81	03:00			104.2	5.3		117.2	5.9		122.4	6.2	
5.09	04:00	105.00		120.3	6.1		132.6	6.7		143.5	7.3	
6.35	05:00			128.7	6.5		143.8	7.3		156.8	7.9	
7.62	06:00			136.4	6.9		150.6	7.6		167.5	8.5	
8.84	07:00			140.2	7.1		156.8	7.9		171.9	8.7	
10.16	08:00			143.5	7.3		160.3	8.1		176.3	8.9	

**ENSAYO DE CBR - GRAFICO DE PENETRACIÓN  
MTC E 132-2000**

<b>PROYECTO</b>	"ADICIÓN DE CENIZA DE ASERRÍN PARA ESTABILIZAR LA SUBRASANTE DE UN SUELO COHESIVO EN UNA VÍA URBANA HUANCANÉ - PUNO, 2022"	<b>METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91</b>
<b>SOLICITANTE</b>	: Bach. MARY CARMEN CALLA PORTILLO	<b>MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm<sup>3</sup>.)</b>
<b>MUESTRA</b>	: C-1 - M.P + 8 % CENIZA DE ASERRÍN	<b>HUMEDAD OPTIMA (%)</b>
<b>UBICACIÓN</b>	: PROVINCIA DE HUANCANE - PUNO	<b>CBR AL 100 DE M.D.S. (%)</b>
<b>COORDENADA</b>	: 19L 418168 8319682	<b>CBR AL 95% DE M.D.S. (%)</b>
<b>FECHA</b>	: lunes, 09 de mayo de 2022	<b>CLASIFICACIÓN</b> : ML
		<b>AASHTO</b> : A-4
		<b>EMBEBIDO</b> : 4 DIAS



**ENSAYO DE LIMITE LIQUIDO Y PLASTICO (ASTM D-4318)**

**TESIS** : "ADICIÓN DE CENIZA DE ASERRÍN PARA ESTABILIZAR LA SUBRASANTE DE UN SUELO COHESIVO EN UNA VÍA URBANA HUANCANÉ – PUNO, 2022"  
**SOLICITANTE** : BACH. CCALLA PORTILLO, MARY CARMEN  
**UBICACIÓN** : PROVINCIA DE HUANCANÉ – PUNO  
**COORDENADA** : 19L 418226 8319634  
**CALICATA** : C - 02  
**MUESTRA** : M.P. + 8 % CENIZA DE EUCALIPTO  
**PROFUNDIDAD** : 2.00 m.  
**FECHA** : viernes, 22 de abril de 2022



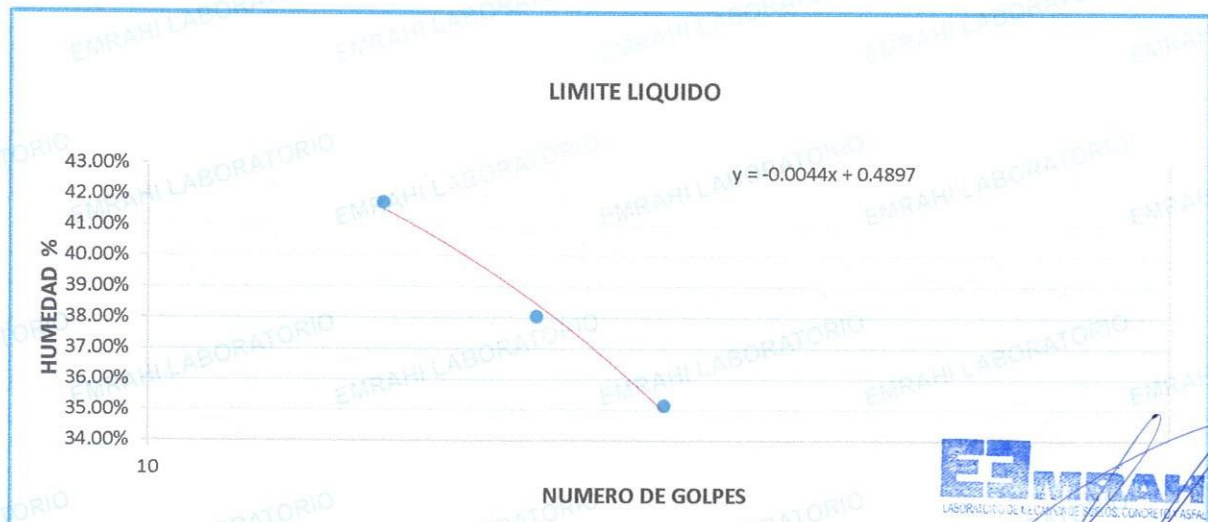
**LIMITE LIQUIDO**

ENSAYO	No	1	2	3
CAPSULA	No	Y	G	F
CAPSULA + SUELO HUMEDO	gr.	51.3	49.1	52.95
CAPSULA + SUELO SECO	gr.	44.2	43.09	46.2
AGUA	gr.	7.1	6.01	6.75
PESO DE LA CAPSULA	gr.	27.19	27.29	26.99
PESO DEL SUELO SECO	gr.	17.01	15.8	19.21
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	41.74%	38.04%	35.14%
NUMERO DE GOLPES	N	17	24	32

**LIMITE PLASTICO**

ENSAYO	No	1	2
CAPSULA	No	2	5
CAPSULA + SUELO HUMEDO	gr.	31.05	29.95
CAPSULA + SUELO SECO	gr.	29	28.3
AGUA	gr.	2.05	1.65
PESO DE LA CAPSULA	gr.	20.3	21.5
PESO DEL SUELO SECO	gr.	8.7	6.8
LIMITE PLASTICO	%	23.56%	24.26%

LIMITE LIQUIDO	38.01
LIMITE PLASTICO	23.91
INDICE DE PLASTICIDAD	14.10



**EMRAHI**  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

*Ricardo Aroni Acero*  
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y CONTROL DE CALIDAD  
CIP. 109936

## ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-698 D-1557 AASHTO T-99 T-180

**TESIS** : "ADICCIÓN DE CENIZA DE ASERRIN PARA ESTABILIZAR LA SUBRASANTE DE UN SUELO COHESIVO EN UNA VIA URBANA HUANCANE -PUNO 2022"

**SOLICITANTE** : Bach. MARY CARMEN CALLA PORTILLO

**UBICACIÓN** : PROVINCIA DE HUANCANE - PUNO

**MUESTRA** : C-2 - M.P + 8 % CENIZA DE ASERRIN

**FECHA** : lunes, 09 de mayo de 2022

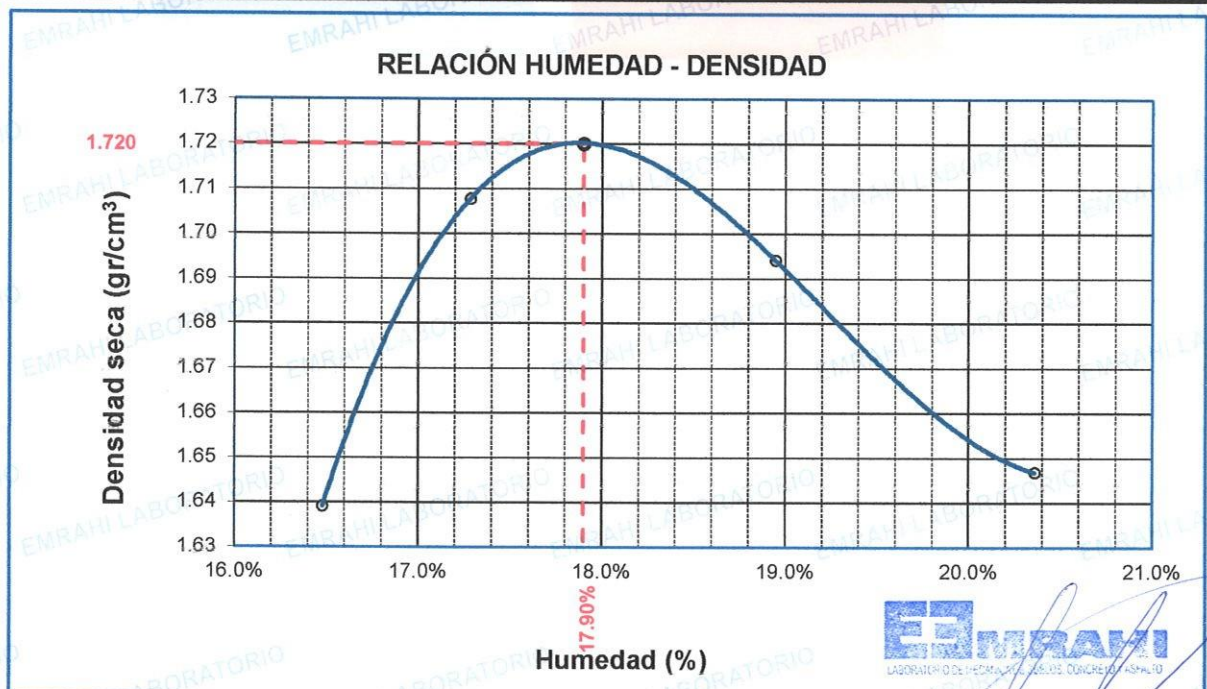


MOLDE No	:	1	VOLUMEN DEL MOLDE	:	2126 ds. cm <sup>3</sup>
No DE CAPAS	:	5	GOLPES POR CAPA	:	56 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10455	10654	10680	10610
Peso del Molde	gr.	6396	6396	6396	6396
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm <sup>3</sup> .	4059	4258	4284	4214
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm <sup>3</sup> .	1.909	2.003	2.015	1.982

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	187.00	184.59	175.20	179.25	189.89	182.90	176.00	189.00
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	164.01	160.99	152.97	155.70	163.11	157.01	150.08	160.21
Peso del Agua	gr.	22.99	23.60	22.23	23.55	26.78	25.89	25.92	28.79
Peso de la Capsula	gr.	21.00	21.20	22.00	21.82	21.14	20.95	21.19	20.50
Peso del Suelo Seco	gr.	143.01	139.79	130.97	133.88	141.97	136.06	128.89	139.71
% de Humedad	%	16.08%	16.88%	17.0%	17.59%	18.86%	19.03%	20.11%	20.61%
<b>Promedio de Humedad</b>	%	16.48%		17.28%		18.95%		20.36%	
<b>Densidad del Suelo Seco</b>	%	1.639		1.708		1.694		1.647	

METODO:	ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"	MAXIMA DENSIDAD SECA	:	1.72 gr/cm <sup>3</sup>
		HUMEDAD OPTIMA	:	17.9%



**EMRAHI**  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

*Ricardo Aron Acero*  
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y CENTRO DE CALIDAD  
CIP. 109836

**RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR - CBR**

**TESIS** : "ADICION DE CENIZA DE ASERRIN PARA ESTABILIZAR LA SUBRASANTE DE UN SUELO COHESIVO EN UNA VIA URBANA HUANCANE -PUNO 2022"

**SOLICITANTE** : Bach. MARY CARMEN CALLA PORTILLO

**UBICACIÓN** : PROVINCIA DE HUANCANE - PUNO

**MUESTRA** : C-2 - M.P + 8 % CENIZA DE ASERRIN

**FECHA** : sábado, 14 de mayo de 2022



<b>MOLDE No</b>	III	II	I
<b>No DE CAPAS</b>	5	5	5
<b>NUMERO DE GOLPES POR CAPA</b>	12	25	56
<b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO

<b>Peso Suelo Humedo + Molde</b>	gr.	12390	11978	12350	12014	12420	12240
<b>Peso del Molde</b>	gr.	8033	8033	8021	8021	8014	8014
<b>Peso del Suelo Humedo</b>	gr.	4357	3945	4329	3993	4406	4226
<b>Volumen del Suelo</b>	cm3.	2119.43	2119.43	2119.43	2119.43	2119.43	2119.43
<b>Densidad del Suelo Humedo</b>	gr/cm3.	2.056	1.861	2.043	1.884	2.079	1.994

<b>Capsula No</b>	No	1	2	3	4	5	6	9	7	8
<b>Suelo Humedo + Capsula</b>	gr.	120.35	123.15	119.91	133.24	137.00	141.00	139.92	141.63	126.75
<b>Peso del Suelo Seco + Capsula</b>	gr.	100.00	102.00	105.00	112.00	115.00	123.00	120.00	121.00	111.00
<b>Peso del Agua</b>	gr.	20.35	21.15	14.91	21.24	22.00	18.00	19.92	20.63	15.75
<b>Peso de la Capsula</b>	gr.	21.52	21.66	21.58	21.00	22.00	22.50	22.80	22.02	23.01
<b>Peso del Suelo Seco</b>	gr.	78.48	80.34	83.42	91.00	93.00	100.50	97.20	98.98	87.99
<b>% de Humedad</b>	%	25.93%	26.33%	17.87%	23.34%	23.66%	17.91%	20.49%	20.84%	17.90%
<b>Promedio de Humedad</b>	%	26.13%	17.87%	23.50%	17.91%	20.67%	17.90%			
<b>Densidad del Suelo Seco</b>	gr/cm3.	1.630	1.579	1.654	1.598	1.723	1.691			

**EXPANSIÓN**

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansión mm	Expansión %
10/05/2022	10:00: a.m.				
11/05/2022	10:00: a.m.	24:00:00	325.5	0	0
12/05/2022	10:00: a.m.	48:00:00	377.9	1.33	1.15
13/05/2022	10:00: a.m.	72:00:00	430.3	2.66	2.31
14/05/2022	10:00: a.m.	96:00:00	482.7	3.99	3.46
			535.1	5.32	4.62

**PENETRACION**

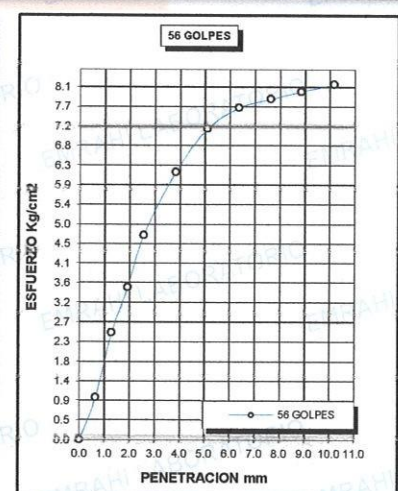
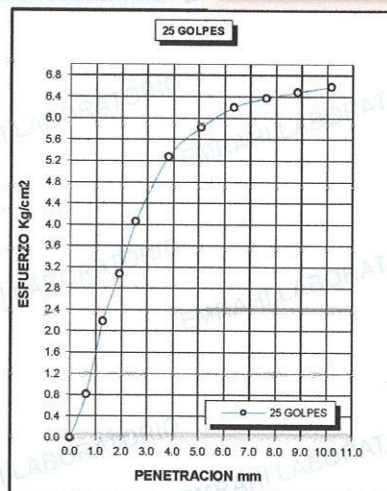
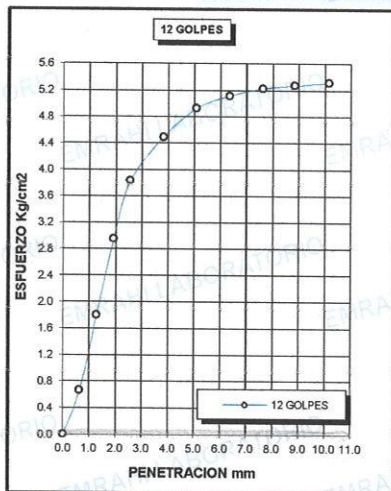
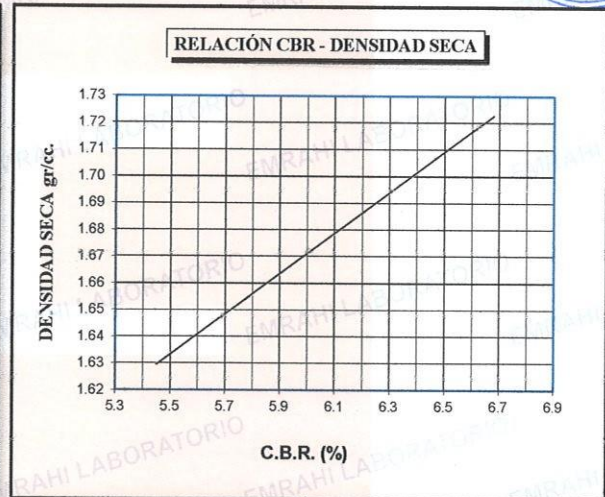
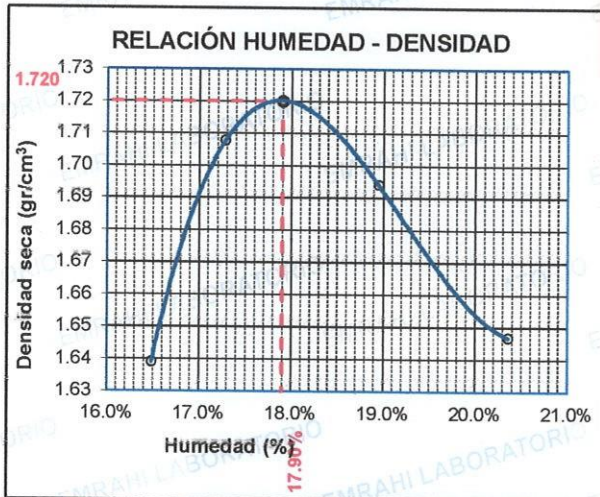
Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III				MOLDE No II				MOLDE No I			
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0.00	0:00			0.0	0.00		0.0	0.00			0.0	0.00		
0.63	00:30			13.2	0.7		16.2	0.8			19.2	1.0		
1.27	01:00			35.6	1.8		43.2	2.2			48.6	2.5		
1.91	01:30			58.4	3.0		60.9	3.1			69.3	3.5		
2.54	02:00	70.31		75.8	3.8		80.3	4.1			92.9	4.7		
3.81	03:00			88.9	4.5		104.4	5.3			121.6	6.1		
5.09	04:00	105.00		97.5	4.9		115.3	5.8			141.2	7.1		
6.35	05:00			101.2	5.1		122.7	6.2			150.8	7.6		
7.62	06:00			103.4	5.2		126.1	6.4			154.7	7.8		
8.84	07:00			104.3	5.3		128.3	6.5			158.2	8.0		
10.16	08:00			105.1	5.3		130.4	6.6			161.4	8.2		



Ricardo Acero  
ESPECIALISTA EN PROTECCION Y CONTROL DE CALIDAD  
C.I.P. 109936

**ENSAYO DE CBR - GRAFICO DE PENETRACIÓN  
MTC E 132-2000**

<b>TESIS</b>	"ADICCIÓN DE CENIZA DE ASERRIN PARA ESTABILIZAR LA SUBRASANTE DE UN SUELO COHESIVO EN UNA VIA URBANA HUANCANE -PUNO 2022"	<b>METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91</b>
<b>SOLICITANTE</b>	: Bach. MARY CARMEN CALLA PORTILLO	<b>MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm<sup>3</sup>.)</b>
<b>MUESTRA</b>	: C-2 - M.P + 8 % CENIZA DE ASERRIN	<b>HUMEDAD OPTIMA (%)</b>
<b>UBICACIÓN</b>	: PROVINCIA DE HUANCANE - PUNO	<b>CBR AL 100 DE M.D.S. (%)</b>
<b>COORDENADA</b>	: 19L 418226 8319634	<b>CBR AL 95% DE M.D.S. (%)</b>
<b>FECHA</b>	: sábado, 14 de mayo de 2022	<b>CLASIFICACIÓN</b> : CL
		<b>AASHTO</b> : A-4
		<b>EMBEBIDO</b> : 4 DIAS



Ricardo Araní Acero  
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y CONTROL DE CALIDAD  
CIP. 109836



**ENSAYO DE LIMITE LIQUIDO Y PLASTICO (ASTM D-4318)**

**TESIS** : "ADICIÓN DE CENIZA DE ASERRÍN PARA ESTABILIZAR LA SUBRASANTE DE UN SUELO COHESIVO EN UNA VÍA URBANA HUANCANÉ – PUNO, 2022"  
**SOLICITANTE** : BACH. CCALLA PORTILLO, MARY CARMEN  
**UBICACIÓN** : PROVINCIA DE HUANCANÉ – PUNO  
**COORDENADA** : 19L 418292 8319565  
**CALICATA** : C - 03  
**MUESTRA** : M.P. + 8 % CENIZA DE EUCALIPTO  
**PROFUNDIDAD** : 2.00 m.  
**FECHA** : sábado, 23 de abril de 2022



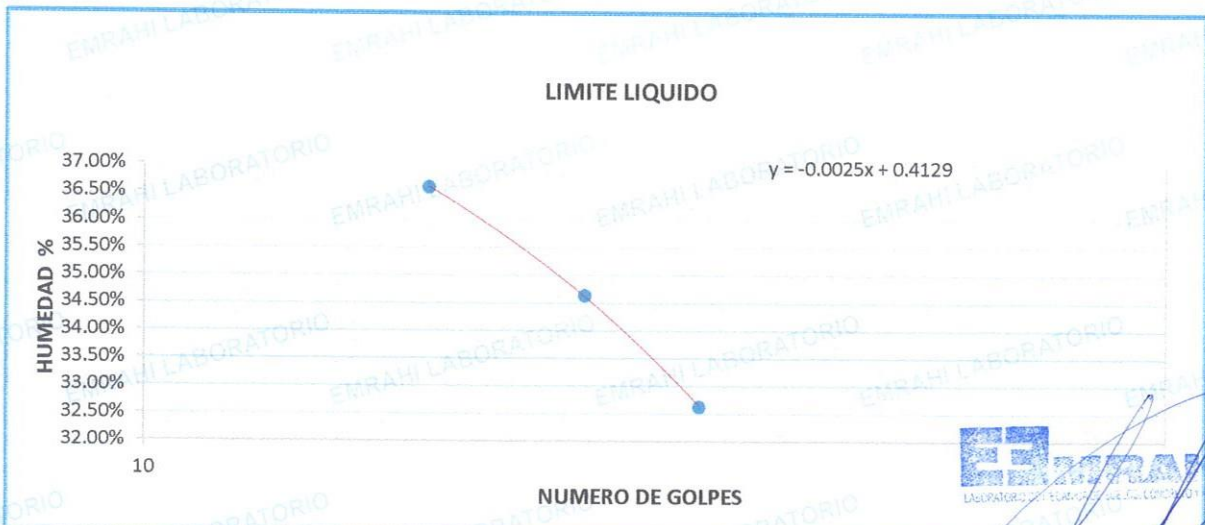
**LIMITE LIQUIDO**

ENSAYO	No	1	2	3
CAPSULA	No	H	6	2
CAPSULA + SUELO HUMEDO	gr.	46.24	44.95	46.12
CAPSULA + SUELO SECO	gr.	39.37	38.54	40.11
AGUA	gr.	6.87	6.41	6.01
PESO DE LA CAPSULA	gr.	20.59	20.03	21.69
PESO DEL SUELO SECO	gr.	18.78	18.51	18.42
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	36.58%	34.63%	32.63%
NUMERO DE GOLPES	N	19	27	35

**LIMITE PLASTICO**

ENSAYO	No	1	2
CAPSULA	No	M	N
CAPSULA + SUELO HUMEDO	gr.	31.41	32
CAPSULA + SUELO SECO	gr.	29.54	30.17
AGUA	gr.	1.87	1.83
PESO DE LA CAPSULA	gr.	20.18	20.74
PESO DEL SUELO SECO	gr.	9.36	9.43
LIMITE PLASTICO	%	19.98%	19.41%

LIMITE LIQUIDO	35.11
LIMITE PLASTICO	19.69
INDICE DE PLASTICIDAD	15.41



Laboratorio de Estudios de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto  
**Ricardo Aroni Acero**  
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y CONTROL DE CALIDAD  
 CIP. 109936

## ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-698 D-1557 AASHTO T-99 T-180

**PROYECTO** : "ADICCIÓN DE CENIZA DE ASERRIN PARA ESTABILIZAR LA SUBRASANTE DE UN SUELO COHESIVO EN UNA VIA URBANA HUANCANE -PUNO 2022"  
**SOLICITANTE** : Bach. MARY CARMEN CALLA PORTILLO  
**UBICACIÓN** : PROVINCIA DE HUANCANE - PUNO  
**MUESTRA** : C-3 - M.P + 8 % CENIZA DE ASERRIN  
**FECHA** : lunes, 16 de mayo de 2022

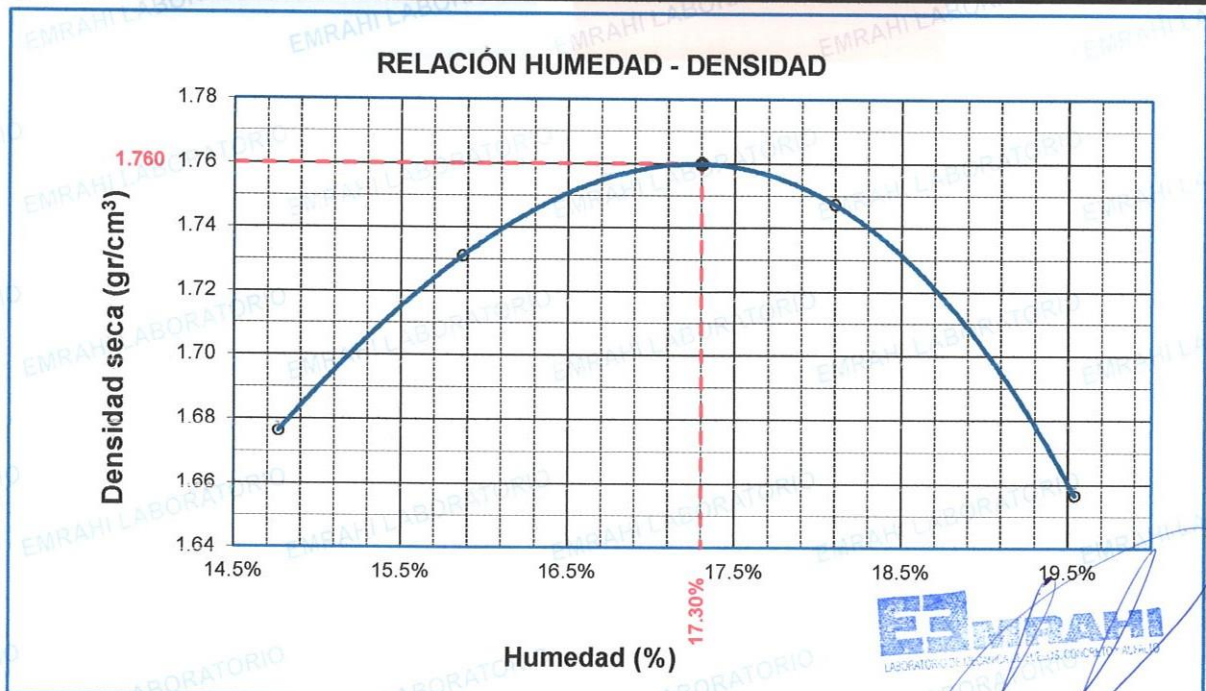


MOLDE No	:	1	VOLUMEN DEL MOLDE	:	2126	cm <sup>3</sup>
No DE CAPAS	:	5	GOLPES POR CAPA	:	56	golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10486	10660	10783	10606
Peso del Molde	gr.	6396	6396	6396	6396
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm <sup>3</sup> .	4090	4264	4387	4210
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm <sup>3</sup> .	1.924	2.006	2.064	1.980

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	117.20	118.40	122.70	117.20	132.50	115.75	118.20	120.80
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	105.30	106.00	109.00	104.42	115.87	101.49	102.91	104.52
Peso del Agua	gr.	11.90	12.40	13.70	12.78	16.63	14.26	15.29	16.28
Peso de la Capsula	gr.	23.72	23.03	23.26	23.33	23.37	23.20	22.89	22.99
Peso del Suelo Seco	gr.	81.58	82.97	85.74	81.09	92.50	78.29	80.02	81.53
% de Humedad	%	14.59%	14.95%	16.0%	15.76%	17.98%	18.21%	19.11%	19.97%
<b>Promedio de Humedad</b>	%	14.77%		15.87%		18.10%		19.54%	
<b>Densidad del Suelo Seco</b>	%	1.676		1.731		1.747		1.657	

METODO:	ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"	MAXIMA DENSIDAD SECA	:	1.76	gr/cm <sup>3</sup>
		HUMEDAD OPTIMA	:	17.30%	



**EMRAHI**  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
 Ricardo Ayala Acero  
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y CONTROL DE CALIDAD  
 CIP. 109836

### RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR - CBR

**PROYECTO** : "ADICION DE CENIZA DE ASERRIN PARA ESTABILIZAR LA SUBRASANTE DE UN SUELO COHESIVO EN UNA VIA URBANA HUANCANE -PUNO 2022"  
**SOLICITANTE** : Bach. MARY CARMEN CALLA PORTILLO  
**UBICACIÓN** : PROVINCIA DE HUANCANE - PUNO  
**MUESTRA** : C-3 - M.P + 8 % CENIZA DE ASERRIN  
**FECHA** : sábado, 21 de mayo de 2022



MOLDE No	III	II	I
No DE CAPAS	5	5	5
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12	25	56
5	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
			SIN SATURAR

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	12470	12030	12566	12236	12492	12282
Peso del Molde	gr.	8033	8033	8021	8021	8014	8014
Peso del Suelo Humedo	gr.	4437	3997	4545	4215	4478	4268
Volumen del Suelo	cm3.	2119.43	2119.43	2119.43	2119.43	2119.43	2119.43
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm3.	2.093	1.886	2.144	1.989	2.113	2.014

Capsula No	No	14	15	16	18	19	20	22	23	24
Suelo Humedo + Capsula	gr.	114.50	118.48	111.32	112.25	115.09	108.91	113.66	117.42	112.28
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	96.22	99.34	96.76	95.46	97.87	96.34	99.04	102.14	99.45
Peso del Agua	gr.	18.28	19.14	12.56	16.79	17.22	12.57	14.62	15.28	12.83
Peso de la Capsula	gr.	23.98	24.88	25.10	20.38	22.56	22.43	24.58	25.76	24.12
Peso del Suelo Seco	gr.	72.24	74.46	73.66	75.08	75.31	73.91	74.46	76.38	75.33
% de Humedad	%	25.30%	25.71%	17.05%	22.36%	22.87%	17.01%	19.63%	20.01%	17.03%
Promedio de Humedad	%	25.50%	17.05%	22.61%	17.01%	19.82%	17.03%			
Densidad del Suelo Seco	gr/cm3.	1.668	1.611	1.749	1.700	1.763	1.721			

#### EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansión	
				mm	%
17/05/2022	10:00 a.m.		210.4	0	0
18/05/2022	10:00 a.m.	24:00:00	261.7	1.30	1.13
19/05/2022	10:00 a.m.	48:00:00	313.0	2.61	2.26
20/05/2022	10:00 a.m.	72:00:00	364.3	3.91	3.39
21/05/2022	10:00 a.m.	96:00:00	415.6	5.21	4.52

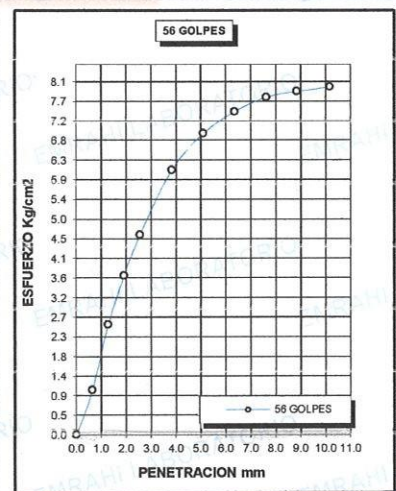
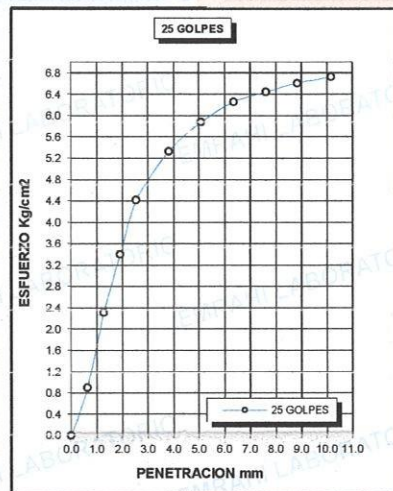
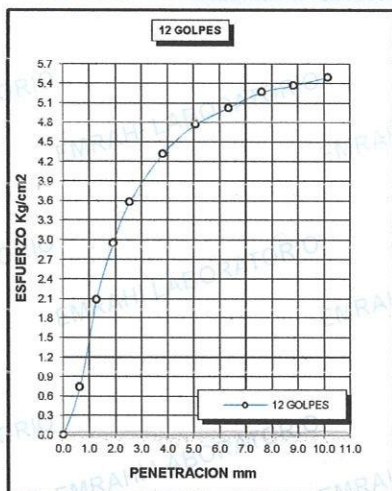
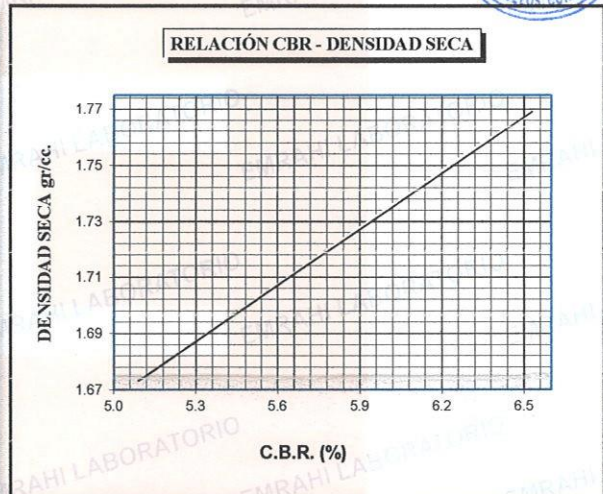
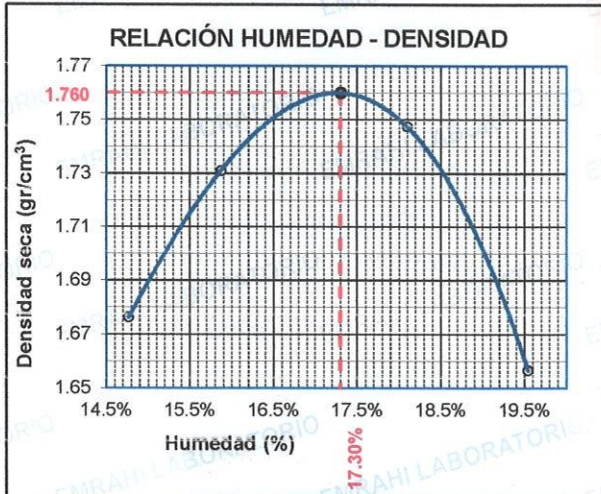
#### PENETRACION

Penetracion mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III				MOLDE No II				MOLDE No I			
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0.00	0:00			0.0	0.00		0.0	0.00			0.0	0.00		
0.63	00:30			14.7	0.7		17.9	0.9			20.3	1.0		
1.27	01:00			41.3	2.1		45.7	2.3			50.1	2.5		
1.91	01:30			58.4	3.0		67.3	3.4			72.4	3.7		
2.54	02:00	70.31		70.8	3.6		87.4	4.4			90.8	4.6		
3.81	03:00			85.4	4.3		105.5	5.3			120.1	6.1		
5.09	04:00	105.00		94.3	4.8		116.3	5.9			136.7	6.9		
6.35	05:00			99.4	5.0		123.8	6.3			146.8	7.4		
7.62	06:00			104.2	5.3		127.5	6.4			153.2	7.7		
8.84	07:00			106.2	5.4		130.8	6.6			155.8	7.9		
10.16	08:00			108.7	5.5		133.1	6.7			158.0	8.0		

  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
 Ricardo Araní Acero  
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y CONTROL DE CALIDAD  
 CIP. 109936

**ENSAYO DE CBR - GRAFICO DE PENETRACIÓN  
MTC E 132-2000**

<b>PROYECTO</b>	"ADICCIÓN DE CENIZA DE ASERRIN PARA ESTABILIZAR LA SUBRASANTE DE UN SUELO COHESIVO EN UNA VIA URBANA HUANCANE - PUNO 2022"	<b>METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91</b>
<b>SOLICITANTE</b>	: Bach. MARY CARMEN CALLA PORTILLO	<b>MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm<sup>3</sup>.)</b> 1.76
<b>MUESTRA</b>	: C-3 - M.P + 8 % CENIZA DE ASERRIN	<b>HUMEDAD OPTIMA (%)</b> 17.3%
<b>UBICACIÓN</b>	: PROVINCIA DE HUANCANE - PUNO	<b>CBR AL 100 DE M.D.S. (%)</b> 6.46
<b>COORDENADA</b>	: 19L 418292 8319565	<b>CBR AL 95% DE M.D.S. (%)</b> 5.15
<b>FECHA</b>	: sábado, 21 de mayo de 2022	<b>CLASIFICACIÓN</b> : CL
		<b>AASHTO</b> : A-4
		<b>EMBEBIDO</b> : 4 DIAS



**EMRAHI**  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
Ricardo Aroni Acero  
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y CENTRO DE CALIDAD  
CIP. 109866

**Norma Técnica NTP 400.022 – 2002**

**TESIS** : "ADICIÓN DE CENIZA DE ASERRÍN PARA ESTABILIZAR LA SUBRASANTE DE UN SUELO COHESIVO EN UNA VÍA URBANA HUANCANÉ – PUNO, 2022"

**SOLICITADO** : Bach. CCALLA PORTILLO, MARY CARMEN

**MUESTRA** : CENIZA DE ASERRIN

**FECHA** : JUEVES 21 DE ABRIL DEL 2022



**Peso Específico Método del Picnómetro**

A	-Peso de muestra secada al horno	294.20
B	-Peso de muestra saturada seca (SSS)	500.00
Wc	-Peso del picnómetro con agua	1459.50
W	-Peso del Pic. + muestra + agua	1613.20

**PESO ESPECIFICO**

$$Wc+B = 1960 \qquad Wc+B-W = 346$$

$$Pe = \frac{B}{Wc+ B - W} = 1.44 \text{ g/cm}^3$$

**EMRAHI**  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
*Ricardo Amador Acero*  
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y CONTROL DE CALIDAD  
CIF. 109830

## Anexo 7. Certificados de Calibración

**AG4**  
INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L.

# LABORATORIO DE METROLOGÍA

## CERTIFICADO DE CALIBRACION CM-014-2022

<b>Expediente</b>	<b>S-0023-2022</b>
<b>Solicitante</b>	<b>EMRAHI CONTRATISTAS E.I.R.L.</b>
<b>Dirección</b>	<b>JR. JAUREGUI NRO. 644 URB. CERCADO - PUNO - SAN ROMAN - JULIACA</b>
<b>Equipo de Medición</b>	<b>BALANZA NO AUTOMÁTICA</b>
<b>Marca</b>	<b>OHAUS</b>
<b>Modelo</b>	<b>R21PE30ZH</b>
<b>Serie</b>	<b>B847537496</b>
<b>Identificación</b>	<b>NO INDICA</b>
<b>Procedencia</b>	<b>CHINA</b>
<b>Capacidad Máxima</b>	<b>30000 g</b>
<b>División de escala ( d )</b>	<b>1 g</b>
<b>División de verificación ( e )</b>	<b>10 g</b>
<b>Tipo</b>	<b>ELECTRONICA</b>
<b>Ubicación</b>	<b>JR. JOSE ANTONIO ZELA NRO. 311 - JULIACA</b>
<b>Fecha de Calibración</b>	<b>2022-02-03</b>

**Método de Calibración**  
Comparación Directa. Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y Clase IIII. PC - 001 del SNM-INDECOPI, Tercera Edición enero 2010.

**Condiciones Ambientales**

	Inicial	Final
Temperatura	21.0 °C	22.0 °C
Humedad Relativa	53 %	54 %

---

Sello	Fecha de emisión	Jefe de Metrología
-------	------------------	--------------------



2022-02-07



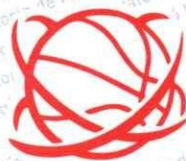
Luigi Asenjo G.

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.

Página 1 de 4  
FM001-01

☎ 01 622 5224☎ 997 045 343✉ ventasag4ingenieria@gmail.com🌐 www.ag4ingenieria.com

☎ 961 739 849✉ ventas@ag4im.com☎ 955 851 191



# CERTIFICADO DE CALIBRACION

## CM-014-2022

### Observaciones

Los Errores Máximos Permitidos (emp) mostrados en este documento corresponden a los emp para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud III según NMP:003:2009 - 2da Edición

Los resultados del presente documento, son válidos únicamente para el objeto calibrado y se refieren al momento y a las condiciones en que fueron ejecutadas las mediciones, al solicitante le corresponde definir la frecuencia de calibración en función al uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición.

Automático; el límite inferior (capacidad mínima) de medida para esta balanza no debe ser menor a 20 g

### 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 la 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 %.

### 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
Patrón de referencia	Pesa de 20 Kg	0890-LM-2021
Patrón de referencia	Pesa de 10 Kg	0889-LM-2021
Patrón de referencia	Pesa de 5 Kg	0888-LM-2021
Patrón de referencia	Juego de pesas	0932-LM-2021 // 0259-CLM-2021

### INSPECCIÓN VISUAL

Ajuste de cero	TIENE	Escala	NO TIENE
Oscilación Libre	TIENE	Cursor	NO TIENE
Plataforma	TIENE	Nivelación	TIENE
Sistema de traba	TIENE		

Fecha de Calibración	2022-02-03
Identificación de la balanza	NO INDICA
Ubicación de la balanza	JR. JOSE ANTONIO ZELA NRO. 311 - JULIACA JR. JOSE ANTONIO ZELA NRO. 311 - JULIACA



PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGÍA S.R.L.



**CERTIFICADO DE CALIBRACION  
CM-014-2022**

**Resultados de la Medición**

**ENSAYO DE REPETIBILIDAD**

Carga L1= 15,000 g			Carga L2= 30,000 g		
I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
14,999	0.4	-0.9	30,000	0.5	0.0
14,999	0.4	-0.9	30,000	0.5	0.0
14,999	0.4	-0.9	30,000	0.5	0.0
14,999	0.4	-0.9	30,000	0.5	0.0
14,999	0.4	-0.9	30,000	0.5	0.0
14,999	0.4	-0.9	30,000	0.5	0.0
14,999	0.4	-0.9	30,000	0.5	0.0
14,999	0.4	-0.9	30,000	0.5	0.0
14,999	0.4	-0.9	30,000	0.5	0.0
14,999	0.4	-0.9	30,000	0.5	0.0
Δ Emáx (g)		0.0	Δ Emáx (g)		0.0
emp (g)		20	emp (g)		30

**ENSAYO DE PESAJE**

Carga (g)	CARGA CRECIENTE				CARGA DECRECIENTE				emp ±(g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
10	10	0.5	0.0						
20	20	0.5	0.0	0.0	20	0.5	0.0	0.0	10
100	99	0.5	-1.0	-1.0	99	0.5	-1.0	-1.0	10
500	499	0.5	-1.0	-1.0	500	0.5	0.0	0.0	10
1,000	1,000	0.5	0.0	0.0	1,000	0.5	0.0	0.0	10
5,000	4,999	0.5	-1.0	-1.0	5,000	0.5	0.0	0.0	10
10,000	10,000	0.5	0.0	0.0	9,999	0.5	-1.0	-1.0	20
15,000	15,000	0.5	0.0	0.0	15,000	0.5	0.0	0.0	20
20,000	19,999	0.5	-1.0	-1.0	20,000	0.5	0.0	0.0	20
25,000	24,999	0.5	-1.0	-1.0	25,000	0.5	0.0	0.0	30
30,000	29,999	0.5	-1.0	-1.0	29,999	0.5	-1.0	-1.0	30



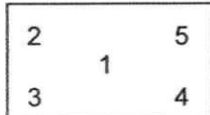
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGÍA S.R.L.





**CERTIFICADO DE CALIBRACION  
CM-014-2022**

**ENSAYO DE EXCENTRICIDAD**



VISTA FRONTAL

N°	Determinación del Eo				Determinación del Error corregido Ec					
	Carga (g)	I (g)	ΔL (g)	Eo (g)	Carga (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	emp (g)
1	10	10	0.5	0.0	10,000	10,000	0.4	0.1	0.1	20
2		10	0.5	0.0		10,000	0.4	0.1	0.1	
3		10	0.5	0.0		10,000	0.4	0.1	0.1	
4		10	0.5	0.0		10,000	0.4	0.1	0.1	
5		10	0.5	0.0		10,000	0.4	0.1	0.1	

- emp **Error Máximo Permitido**
- I **Indicación del instrumento**
- E **Error encontrado**
- Ec **Error corregido**
- Eo **Error en cero**
- ΔL **Carga incrementada**

Los emp para balanzas en uso de funcionamiento no automático de Capacidad Máxima: 30000 g, División de verificación ( e ): 10 g y clase de exactitud III, según Norma Metrológica: Instrumento de Funcionamiento No Automático NMP:003:2009 - 2da Edición, es:

Intervalo		emp	
0 g	a	5000 g	10 g
5000 g	a	20000 g	20 g
20000 g	a	30000 g	30 g

**LECTURA CORREGIDA E INCERTIDUMBRE DE LA BALANZA**

**Lectura corregida =  $R + 0.00002315663 \times R$**

**Incertidumbre Expandida =  $2 \times \sqrt{0.25000 \text{ g}^2 + 0.00000000063622 \times R^2}$**

R Lectura, cualquier indicación obtenida después de la calibración.



PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**CL-164-2022**

**Expendiente** : S-0038-2022

**Solicitante** :

**Dirección** :

**Instrumento de Medición** : MARTILLO PROCTOR MODIFICADO

**Marca** : NO INDICA

**Modelo** : NO INDICA

**Serie** : NO INDICA

**Identificación** : MM-1

**Procedencia** : NO INDICA

**Lugar de Calibración** : JR. JOSE A. ZELA NRO. 311 - PUNO - SAN ROMAN - JULIACA

**Fecha de Calibración** : 2022-02-04

**Fecha de Emisión** : JR. JAUREGUI NRO. 644 URB. CERCADO - PUNO  
- SAN ROMAN JULIACA

**Método de Calibración Empleado**

Tomando como referencia el manual de ensayo de materiales (EM 2000) Compactación de suelos en el Laboratorio utilizando una energía standard MTC E115 - 2000 Y LA NORMA ASTM D 1557.

**Resultados de las Mediciones**

Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en las siguientes páginas del presente documento.

**Condiciones Ambientales:**

	Inicial	Final
Temperatura	20.1 °C	20.5 °C
Humedad Relativa	52 %	52 %

**Observaciones**

• Se colocó una etiqueta con la indicación "CALIBRADO".  
Los resultados indicados en el presente documento son validos en el momento de la calibración y se refieren exclusivamente al instrumento calibrado, no debe usarse como certificado de conformidad de producto.

AG4 INGENIERIA & METROLOGIA, no se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado de este instrumento y tampoco de interpretaciones incorrectas o indebidas del presente documentos.

El usuario es responsable de la recalibracion de sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso, conservación y mantenimiento del mismo y de acuerdo con las disposiciones legales vigentes.

El presente documento carece de valor sin firmas y sellos.

Luis Gerardo Asenjo G.  
Jefe de Metrología

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.



## TRAZABILIDAD

Los resultados de la calibración realizada son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales del Instituto Nacional de Calidad - INACAL en concordancia con el sistema Internaciones de Unidades de Medida (SI) y el sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

## PATRONES DE REFERENCIA:

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patron de referencia	Pie de rey	L-0458-2021
Patron de referencia	Cinta Metrica	L-0459-2021

Peso promedio Medido (kg)	Incertidumbre (kg)	Desviación mínima y máximo permitidos (kg)
4,520.0	0.003	4,530 a 4,550
Altura de caída promedio Medido (mm)	Incertidumbre (mm)	Desviación mínima y máximo permitidos (mm)
457.2	0.4	455,6 a 458,8
Diámetro promedio Medido (mm)	Incertidumbre (mm)	Desviación mínima y máximo permitidos (mm)
50.73	0.02	50,67 a 50,93

## INCERTIDUMBRE

La incertidumbre de medición reportada ha sido calculada de acuerdo con la guía OIML G1-100-en: 2008 (JCGM 100:2008) y OIML g1-104-en: 2009 (JCGM 104:2009) "Guía para la expresión de la incertidumbre en las mediciones", la cual sugiere desarrollar un modelo matemático que tome en cuenta los factores de influencia durante la calibración.

La Incertidumbre indicada no incluye una estimación de las variaciones a largo plazo.

La incertidumbre de medición reportada se denomina Incertidumbre Expandida (U) y se obtiene de la multiplicación de la incertidumbre Estándar Combinada (u) por el factor de cobertura (k). Generalmente se expresa un factor k=2 para un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

  
 Luigi Asenjo G.  
 Jefe de Metrología



PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**CL-165-2022**

**Expendiente** : S-0038-2022

**Solicitante** :

**Dirección**

**EMRAHI CONTRATISTAS**

**Instrumento de Medición** : MOLDE PROCTOR MODIFICADO

**Marca** : NO INDICA

**Modelo** : NO INDICA

**Serie** : NO INDICA

**Identificación** : M-2

**Procedencia** : NO INDICA JR. JAUREGUI NRO. 644 URB. CERCADO - PUNO

**Lugar de Calibración** : JR. JOSE A. ZELA NRO. 311 - PUNO - SAN ROMAN - JULIACA

**Fecha de Calibración** : 2022-02-04

**Fecha de Emisión** : 2022-02-07

**Método de Calibración Empleado**

Tomando como referencia el manual de ensayo de materiales (EM 2000) COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA STANDARD 600 kN-m/m3 MTC E 116 - 2000 Y LA NORMA ASTM D 698.

**Resultados de las Mediciones**

Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en las siguientes páginas del presente documento.

La incertidumbre de la medición que se presenta esta basada en una incertidumbre estándar multiplicado por un factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95 %.

**Condiciones Ambientales:**

	Inicial	Final
Temperatura	20.1 °C	20.5 °C
Humedad Relativa	52 %	52 %

**Observaciones:**

- Se colocó una etiqueta con la indicación "CALIBRADO".
  - La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento.
- (\*) Código asignado por AG4 Ingeniería & Metrología

  
Luigi Asenjo  
Jefe de Metrología



PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.



**PATRONES DE REFERENCIA:**

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patron de referencia	Pie de rey	L-0458-2021

Diametro promedio Medido (mm)	Incertidumbre (mm)	Desviación mínima y máximo permitido (mm)
152.46	0.03	151.7 a 153.1

Altura promedio Medido (mm)	Incertidumbre (mm)	Desviación mínima y máximo permitido (mm)
116.45	0.03	115.9 a 116.9

La incertidumbre de medición reportada ha sido calculada de acuerdo con la guía OIML G1-100-en: 2008 (JCGM 100:2008) y OIML g1-104-en: 2009 (JCGM 104:2009) "Guía para la expresión de la incertidumbre en las mediciones", la cual sugiere desarrollar un modelo matemático que tome en cuenta los factores de influencia durante la calibración.

La Incertidumbre indicada no incluye una estimación de las variaciones a largo plazo

La incertidumbre de medición reportada se denomina Incertidumbre Expandida (U) y se obtiene de la multiplicación de la incertidumbre Estándar Combinada (u) por el factor de cobertura (k). Generalmente se expresa un factor k=2 para un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

  
Luigi Aserio G.  
Jefe de Metrología



PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.



**CERTIFICADO DE CALIBRACION  
CM-015-2022**

**Expediente** S-0023-2022

**Solicitante** EMRAHI CONTRATISTAS E.I.R.L.

**Dirección** JR. JAUREGUI NRO. 644 URB. CERCADO - PUNO - SAN ROMAN - JULIACA

**Equipo de Medición** BALANZA NO AUTOMÁTICA

**Marca** ELECTRONIC BALANCE

**Modelo** NO INDICA

**Serie** 8076357

**Identificación** NO INDICA

**Procedencia** NO INDICA

**Capacidad Máxima** 200 g

**División de escala ( d )** 0.01 g

**División de verificación ( e )** 0.1 g

**Tipo** ELECTRONICA

**Ubicación** JR. JOSE ANTONIO ZELA NRO. 311 - JULIACA

**Fecha de Calibración** 2022-02-03

**Método de Calibración**

Comparación Directa. Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y Clase IIII. PC - 001 del SNM-INDECOPI, Tercera Edición enero 2010.

**Condiciones Ambientales**

	Inicial	Final
Temperatura	21.2 °C	21.0 °C
Humedad Relativa	55 %	55 %

Sello

Fecha de emisión

Jefe de Metrología



2022-02-03



*[Signature]*  
Luis Asenjo G.

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.





# CERTIFICADO DE CALIBRACION CM-015-2022

### Observaciones

Los Errores Máximos Permitidos (emp) mostrados en este documento corresponden a los emp para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud III según NMP:003:2009 - 2da Edición

Los resultados del presente documento, son válidos únicamente para el objeto calibrado y se refieren al momento y a las condiciones en que fueron ejecutadas las mediciones, al solicitante le corresponde definir la frecuencia de calibración en función al uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición.

Automático; el límite inferior (capacidad mínima) de medida para esta balanza no debe ser menor a 0.2 g

### 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 la 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 %.

### 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
Patron de referencia	Juego de pesas	0932-LM-2021 // 0259-CLM-2021

### INSPECCIÓN VISUAL

Ajuste de cero	TIENE	Escala	NO TIENE
Oscilación Libre	TIENE	Cursor	NO TIENE
Plataforma	TIENE	Nivelación	TIENE
Sistema de traba	TIENE		

Fecha de Calibración	2022-02-03
Identificación de la balanza	NO INDICA
Ubicación de la balanza	JR. JOSE ANTONIO ZELA NRO. 311 - JULIACA JR. JOSE ANTONIO ZELA NRO. 311 - JULIACA



PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.



**CERTIFICADO DE CALIBRACION  
CM-015-2022**

**Resultados de la Medición**

**ENSAYO DE REPETIBILIDAD**

Carga L1= 100.00 g			Carga L2= 200.00 g		
I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
99.99	0.01	0.0	199.98	0.01	0.0
100.00	0.01	0.0	199.98	0.01	0.0
100.00	0.01	0.0	199.98	0.01	0.0
99.99	0.01	0.0	199.98	0.01	0.0
99.99	0.01	0.0	199.98	0.01	0.0
99.99	0.01	0.0	199.98	0.01	0.0
99.99	0.01	0.0	199.98	0.01	0.0
100.00	0.01	0.0	199.98	0.01	0.0
99.99	0.01	0.0	199.98	0.01	0.0
99.99	0.01	0.0	199.98	0.01	0.0
Δ Emáx (g)		0.0	Δ Emáx (g)		0.0
emp (g)		0.2	emp (g)		0.2

**ENSAYO DE PESAJE**

Carga (g)	CARGA CRECIENTE				CARGA DECRECIENTE				emp ±(g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
0.10	0.09	0.01	0.0						
0.50	0.50	0.01	0.0	0.0	0.50	0.01	0.0	0.0	0.1
10.00	9.98	0.01	0.0	0.0	10.00	0.01	0.0	0.0	0.1
20.00	19.99	0.01	0.0	0.0	20.00	0.01	0.0	0.0	0.1
50.00	50.00	0.01	0.0	0.0	50.01	0.01	0.0	0.0	0.1
100.00	100.00	0.01	0.0	0.0	100.00	0.01	0.0	0.0	0.2
120.00	120.00	0.01	0.0	0.0	120.00	0.01	0.0	0.0	0.2
150.00	150.01	0.01	0.0	0.0	150.00	0.01	0.0	0.0	0.2
160.00	160.00	0.01	0.0	0.0	160.00	0.01	0.0	0.0	0.2
180.00	179.99	0.01	0.0	0.0	180.00	0.01	0.0	0.0	0.2
200.00	200.00	0.01	0.0	0.0	200.00	0.01	0.0	0.0	0.2



PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.





**CERTIFICADO DE CALIBRACION**  
**CM-015-2022**

**ENSAYO DE EXCENTRICIDAD**



VISTA FRONTAL

N°	Determinación del Eo				Determinación del Error corregido Ec					
	Carga (g)	I (g)	ΔL (g)	Eo (g)	Carga (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	emp (g)
1	0.10	0.09	0.01	0.0	50.00	50.00	0.01	0.0	0.0	0.1
2		0.09	0.01	0.0		50.00	0.01	0.0	0.0	
3		0.09	0.01	0.0		50.00	0.01	0.0	0.0	
4		0.09	0.01	0.0		50.00	0.01	0.0	0.0	
5		0.09	0.01	0.0		50.00	0.01	0.0	0.0	

- emp Error Máximo Permitido
- I Indicación del instrumento
- E Error encontrado
- Ec Error corregido
- Eo Error en cero
- ΔL Carga incrementada

Los emp para balanzas en uso de funcionamiento no automático de Capacidad Máxima: 200 g, División de verificación ( e ): 0.1 g y clase de exactitud III, según Norma Metrológica: Instrumento de Funcionamiento No Automático NMP:003:2009 - 2da Edición, es:

Intervalo			emp
0 g	a	50 g	0.1 g
50 g	a	200 g	0.2 g

**LECTURA CORREGIDA E INCERTIDUMBRE DE LA BALANZA**

**Lectura corregida** =  $R - 0.00006196451 \times R$

**Incertidumbre Expandida** =  $2 \times \sqrt{0.00007 \text{ g}^2 + 0.00000000035145 \times R^2}$

R Lectura, cualquier indicación obtenida después de la calibración.



PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CT-013-2022

Página 1 de 5

**Expediente** : S-0038-2022

**Solicitante** : GRUPO GEOCALI & CONS E.I.R.L.

**Dirección** : EMRAHI CONTRATISTAS E.I.R.L.

**Equipo de Medición** : JR. JAUREGUI NRO. 644 URB. CERCADO - PUNO - SAN ROMAN JULIACA

**Marca** : ROMAN JULIACA

**Modelo** : STHJX-A1

**Procedencia** : NO INDICA

**Código de Ident.** : NO INDICA

**Número de Serie** : 200621

**T° de trabajo** : 110 °C ± 10 °C

**Ventilación** : Forzada

**Lugar de Calibración** : JR. JOSE A. ZELA NRO. 311 - PUNO - SAN ROMAN - JULIACA

**Fecha de Calibración** : 2022-02-04

**Fecha de Emisión** : 2022-02-07

Nombre	Marca	Modelo	Código de Identificación	Alcance de indicación	División mínima	Tipo de Indicación
Termometro controlador	NO INDICA	NO INDICA	NO INDICA	300°C	1°C	Digital

### Método de Calibración Empleado

La calibración se realizó tomando como referencia el Método de Comparación entre las indicaciones de lectura del termometro controlador del equipo a calibrar y con un Termometro digital con 10 termopares utilizando el "PC-018 "Procedimiento para la calibracion o caracterizacion de medios isoterms con aire como medio termostatico". INDECOPI-Segunda Edicion - junio 2009.

### Observaciones

- (\*) Identificación grabada en una etiqueta adherida en el instrumento.
- Se colocó una etiqueta con la indicación "CALIBRADO".
- La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento.

(\*) Código asignado por AG4 INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L.

Luigi Asenjo G  
Jefe de Metrología



PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.



## CERTIFICADO DE CALIBRACION CT-013-2022

Página 2 de 5

**Condiciones Ambientales:**

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	21.2	21.9
Humedad (%)	65	66

**Resultados de la calibración:**

### CALIBRACIÓN PARA 110 °C ± 10 °C

TIEMPO ( min. )	T ind. ( °C ) Termómetro del equipo	TEMPERATURA EN LAS POSICIONES DE MEDICION ( °C )										T prom. ( °C )	Tmax-Tmin. ( °C )
		NIVEL SUPERIOR					NIVEL INFERIOR						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00	110	111.1	114.4	111.1	107.6	109.6	107.6	113.5	112.0	109.6	110.4	110.7	6.8
02	110	110.7	114.4	111.1	107.2	110.8	105.8	113.5	112.0	109.6	111.6	110.7	8.6
04	110	111.4	114.3	111.0	107.9	110.7	105.8	113.4	111.9	109.5	111.5	110.7	8.5
06	110	111.4	114.3	111.0	107.9	110.7	105.8	113.4	111.9	109.5	111.5	110.7	8.5
08	110	111.2	114.3	111.0	107.7	110.7	105.8	113.4	111.9	109.3	111.5	110.7	8.5
10	110	110.5	114.3	111.0	107.0	109.5	105.9	113.4	111.9	109.5	110.3	110.3	8.4
12	110	110.2	114.3	111.0	106.7	110.7	106.2	113.4	111.9	109.5	111.5	110.5	8.1
14	110	110.5	114.3	111.0	107.0	110.7	106.1	113.4	111.9	109.5	111.5	110.6	8.2
16	110	110.5	114.3	111.0	107.0	110.7	106.1	113.4	111.9	109.5	111.5	110.6	8.2
18	110	110.7	114.4	111.1	107.2	110.8	106.2	113.5	112.0	109.4	111.6	110.7	8.2
20	110	110.7	114.4	111.1	107.2	109.6	106.2	113.5	112.0	109.6	110.4	110.5	8.2
22	110	110.9	114.4	111.1	107.4	110.8	106.2	113.5	112.0	109.6	111.6	110.8	8.2
24	110	111.0	114.4	111.1	107.5	110.8	106.2	113.5	112.0	109.6	111.6	110.8	8.2
26	110	110.7	114.4	111.1	107.2	110.8	106.2	113.5	112.0	109.6	111.6	110.7	8.2
28	110	110.5	114.4	111.1	107.0	110.8	106.3	113.5	112.0	109.4	111.6	110.7	8.1
30	110	110.9	114.2	110.9	107.4	109.4	108.3	113.3	111.8	109.4	110.2	110.6	6.8
32	110	111.4	114.5	111.2	107.9	110.9	110.3	113.6	112.1	109.7	111.7	111.3	6.6
34	110	111.1	115.0	111.7	107.6	111.4	110.8	114.1	112.6	110.2	112.2	111.7	7.4
36	110	110.9	114.8	111.5	107.4	111.2	110.6	113.9	112.4	110.0	112.0	111.5	7.4
38	110	111.3	114.7	111.4	107.8	111.1	110.5	113.8	112.3	109.7	111.9	111.5	6.9
40	110	111.2	114.2	110.9	107.7	109.4	108.3	113.3	111.8	109.4	110.2	110.6	6.5
42	110	111.1	114.1	110.8	107.6	110.5	109.9	113.2	111.7	109.3	111.3	111.0	6.5
44	110	110.7	113.9	110.6	107.2	110.3	109.7	113.0	111.5	109.1	111.1	110.7	6.7
46	110	110.9	113.7	110.4	107.4	110.1	109.5	112.8	111.3	108.9	110.9	110.6	6.3
48	110	111.4	113.9	110.6	107.9	110.3	109.7	113.0	111.5	108.9	111.1	110.8	6.0
50	110	110.5	114.1	110.8	107.0	109.3	105.9	113.2	111.7	109.3	110.1	110.2	8.2
52	110	109.9	114.3	111.0	106.4	110.7	106.2	113.4	111.9	109.5	111.5	110.5	8.1
54	110	110.4	114.5	111.2	106.9	110.9	106.1	113.6	112.1	109.7	111.7	110.7	8.4
56	110	110.9	114.6	111.3	107.4	111.0	106.1	113.7	112.2	109.8	111.8	110.9	8.5
58	110	110.7	114.7	111.4	107.2	111.1	106.2	113.8	112.3	109.7	111.9	110.9	8.5
60	110	111.0	114.9	111.6	107.5	111.3	106.7	114.0	112.5	110.0	112.1	111.2	8.2
<b>T.PROM</b>	110	110.8	114.4	111.1	107.3	110.5	107.3	113.5	112.0	109.5	111.3	110.8	
<b>T.MAX</b>	110	111.4	115.0	111.7	107.9	111.4	110.8	114.1	112.6	110.2	112.2		
<b>T.MIN</b>	110	109.9	113.7	110.4	106.4	109.3	105.8	112.8	111.3	108.9	110.1		

*[Signature]*  
Luigi Asenjo G  
Jefe de Metrología



PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CT-013-2022

Página 3 de 5

### PATRONES DE REFERENCIA:

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patron de referencia	Termometro de indicación Digital con sensores	CTM-001-2021
Patron de referencia	Termometro de indicación digital	T-1174-2021

PARÁMETRO	Valor (°C)	Incertidumbre Expandida (°C)
Máxima Temperatura Medida	115.0	0.3
Mínima Temperatura Medida	105.8	0.3
Desviación de Temperatura en el Tiempo	5	0.1
Desviación de Temperatura en el Espacio	7.0	0.3
Estabilidad	± 2.50	0.04
Uniformidad	8.6	0.3

T.PROM.: Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.

T.prom. : Promedio de la temperatura 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.

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

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

Incertidumbre expandida de las indicaciones del termometro propio del medio isoterma: **0.6 °C**

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

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

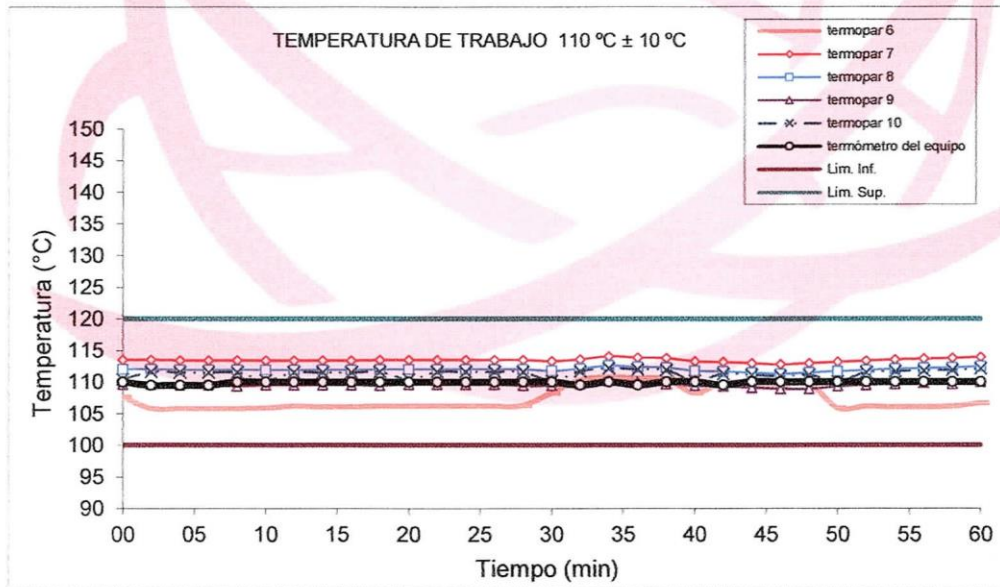
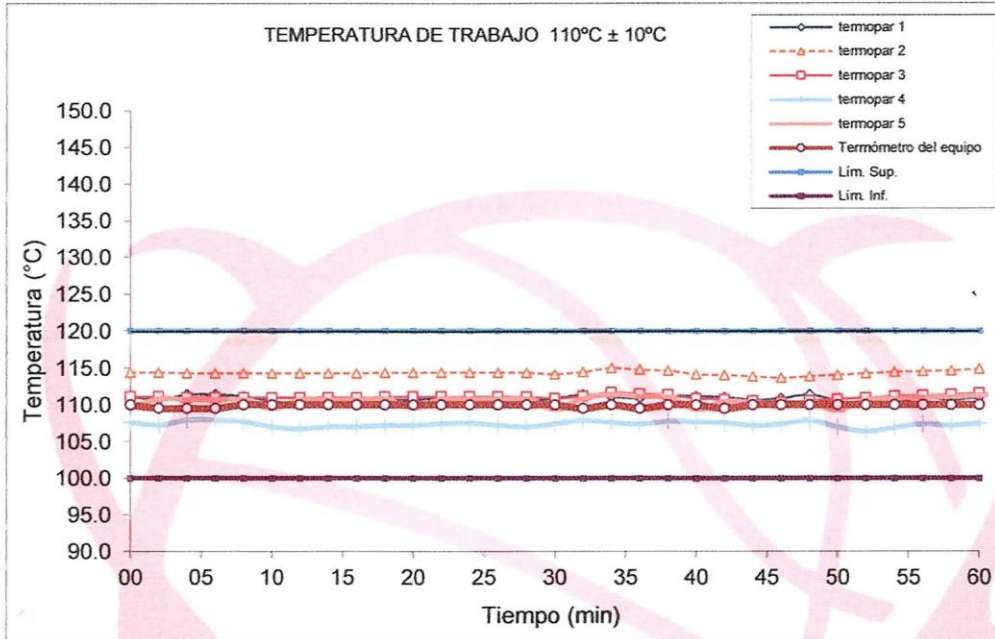
  
Luigi Asenjo G.  
Jefe de Metrología



PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**CT-013-2022**



*Luigi Asenjo*  
Jefe de Metrología.



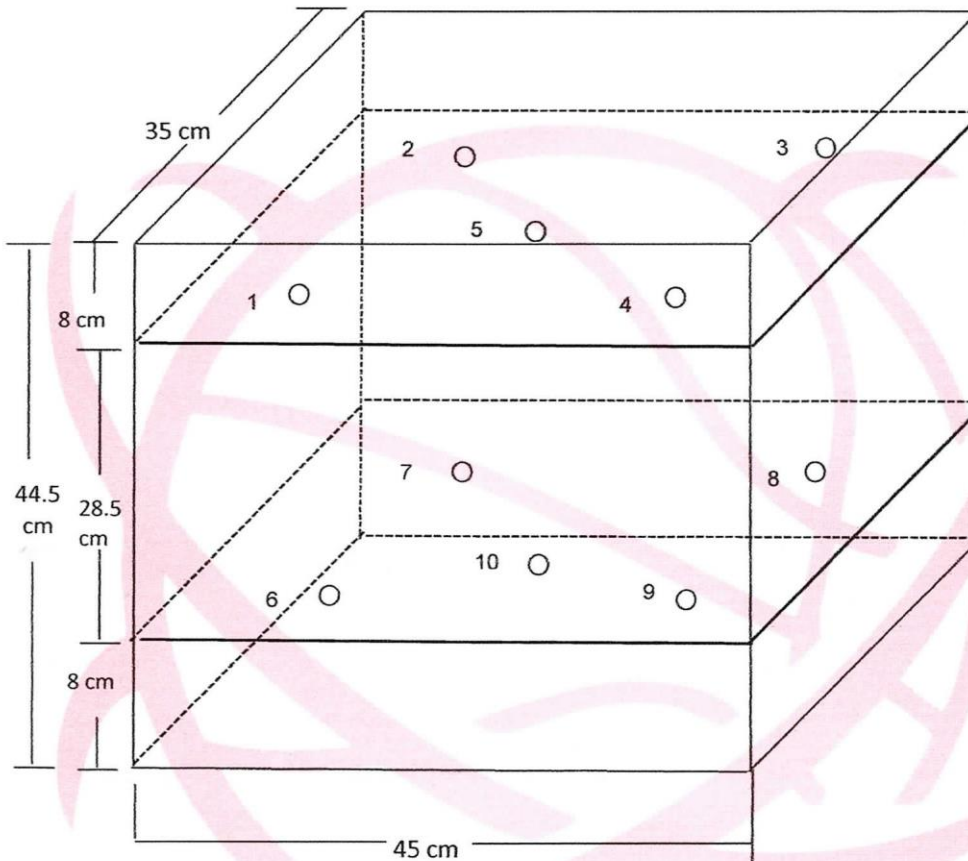
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
CT-013-2022**

Página 5 de 5

**DISTRIBUCIÓN DE LOS TERMOPARES**



Los termopares 5 y 10 están ubicados en el centro de los planos inferior y superior.

Los termopares del 1 al 4 y del 6 al 10 están ubicados a 6 cm de las paredes laterales.

Los termopares del 1 al 4 y del 6 al 9 están ubicados a 6 cm y a 8 cm respectivamente de la parte superior e inferior del horno tal como se muestra en el dibujo.

Luigg Asenjo G.  
Jefe de Metrología



PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**

**CF-008-2022**

Pág. 1 de 3

**Expediente:** S-0038-2022

**OBJETO DE PRUEBA:** MAQUINA DE ENSAYOS C.B.R.

**Capacidad** 5 000 kgf

**Dirección de carga** Ascendente

**FABRICANTE** KAIZACORP

**Modelo** NO INDICA

**Serie** 508

**Indicador Digital** (modelo // Serie) NO INDICA

**Celda de Carga** (modelo // Serie) ZEMIC//H3-C3/VC146299

**Ubicación** JR. JOSE A. ZELA NRO. 311 - JULIACA

**Codigo Identificacion** NO INDICA

**Norma utilizada** ASTM E4 // ISO 7500-1

**Temperatura de prueba** °C  

Inicial	22.9	Final	23.2
---------	------	-------	------

**Inspección general** La prensa se encuentra en buen estado de funcionamiento

**Intervalo calibrado** De 500 a 5000 kgf 10% al 100%

**Solicitante** GRUPO L.

**Dirección** N -

**PATRON(ES) UTILIZADO(S)** Tipo / Modelo CELDA DE CARGA  
 INF-LE N° 168-21 PUCP  
 EMRAHI CONTRATISTAS E.I.R.L.

**Unidades de medida** Sistema Internacional de Unidades (SI)

**FECHA DE CALIBRACION** JR. JAUREGUI NRO. 644 URB. CERCADO -  
 2022/02/04  
 PUNOSAN ROMAN - JULIACA

**FECHA DE EMISION** 2022/02/07

**FIRMAS AUTORIZADAS**

Jefe de Metrologia

Luiggi Asenjo G.



PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L.



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

**CF-008-2022**

Pág. 2 de 3

Método de calibración : FUERZA INDICADA CONSTANTE

### DATOS DE CALIBRACIÓN

ESCALA : 49.03 kN Resolución: 0.001 kN Dirección de la carga: Ascendente  
 5000.0 kgf 0.1 kgf Factor de conversión: 0.00981 kN/kgf

Indicación de la máquina (F <sub>i</sub> )			Indicaciones del patrón (series de mediciones)				
%	kN	kgf	0°	120°	No aplica	240°	Accesorios
			kN	kN	kN	kN	kN
10	4.90	500	4.95	4.94	No aplica	4.96	No aplica
20	9.81	1 000	9.90	9.89	No aplica	9.90	No aplica
30	14.71	1 500	14.76	14.79	No aplica	14.79	No aplica
40	19.61	2 000	19.64	19.64	No aplica	19.64	No aplica
50	24.52	2 500	24.47	24.49	No aplica	24.51	No aplica
60	29.42	3 000	29.32	29.34	No aplica	29.34	No aplica
70	34.32	3 500	34.17	34.18	No aplica	34.18	No aplica
80	39.23	4 000	39.01	39.02	No aplica	39.02	No aplica
90	44.13	4 500	43.91	43.91	No aplica	43.92	No aplica
100	49.03	5 000	48.80	48.80	No aplica	48.81	No aplica
Indicación después de carga :			0.00	0.00	0.00	0.00	No aplica

ESCALA : 049.03 kN Incertidumbre del patrón 0.096 %

Indicación de la máquina (F <sub>i</sub> )			Cálculo de errores relativos				Resolución
%	kN	kgf	Exactitud	Repetibilidad	Reversibilidad	Accesorios	
			q (%)	b (%)	v (%)	Acces. (%)	a (%)
10	4.90	500	-0.92	<b>0.54</b>	No aplica	No aplica	0.02
20	9.81	1 000	-0.90	0.13	No aplica	No aplica	0.01
30	14.71	1 500	-0.47	0.19	No aplica	No aplica	0.01
40	19.61	2 000	-0.13	0.04	No aplica	No aplica	0.01
50	24.52	2 500	0.11	0.14	No aplica	No aplica	0.00
60	29.42	3 000	0.30	0.08	No aplica	No aplica	0.00
70	34.32	3 500	0.43	0.05	No aplica	No aplica	0.00
80	39.23	4 000	<b>0.53</b>	0.03	No aplica	No aplica	0.00
90	44.13	4 500	0.50	0.03	No aplica	No aplica	0.00
100	49.03	5 000	0.47	0.03	No aplica	No aplica	0.00

Error de cero fo (%)	0,000	0,000	0,000	No aplica	Err máx.(0) = 000
----------------------	-------	-------	-------	-----------	-------------------

### FIRMAS AUTORIZADAS

Jefe de Metrologia  
**Luiggi Asenjo G.**



PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.



01 622 5224



997 045 343

961 739 849

955 851 191



ventasag4ingenieria@gmail.com

ventas@ag4im.com



www.ag4ingenieria.com





## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CF-008-2022

Pág. 3 de 3

### CLASIFICACIÓN DE

### MAQUINA DE ENSAYOS C.B.R.

ESCALA	5 000	kgf			
Error de exactitud		<b>0.53 %</b>	Error de cero		0
Error de repetibilidad		<b>0.54 %</b>	Error por acces		0 %
Error de Reversibilidad	No aplica		Resolución		0.01 En el 20 %

De acuerdo con los datos anteriores y según las prescripciones de la norma. ISO 7500-1.

**ESCALA 5 000 kgf Ascendente**

### TRAZABILIDAD

AG4 INGENIERIA & METROLOGIA SRL, asegura el mantenimiento y la trazabilidad de sus patrones de trabajo utilizados en las mediciones, los cuales han sido calibrados y certificados por la Pontificia Universidad Católica de Peru.

### OBSERVACIONES.

1. Los cartas de calibración sin las firmas no tienen validez .
- 2.El usuario es responsable de la recalibración de los instrumentos de medición. "El tiempo entre dos verificaciones depende del tipo de máquina de ensayo, de la norma de mantenimiento y de la frecuencia de uso. A menos que se especifique lo contrario, se recomienda que se realicen verificaciones a intervalos no mayores a 12 meses." (ISO 7500-1).
3. "En cualquier caso, la máquina debe verificarse si se realiza un cambio de ubicación que requiera desmontaje, o si se somete a ajustes o reparaciones importantes." (ISO 7500-1).
- 4.Este informe expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas No podrá ser reproducido parcialmente, excepto cuando se haya obtenido permiso previamente por escrito del laboratorio que lo emite.
5. Los resultados contenido parcialmente en este informe se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos .

### FIRMAS AUTORIZADAS

Jefe de Metrologia  
Luiggi Aseño G.



PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.



01 622 5224



997 045 343  
961 739 849  
955 851 191



ventasag4ingenieria@gmail.com  
ventas@ag4im.com



www.ag4ingenieria.com



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CL-161-2022

**Expediente** : S-0023-2022

**Solicitante** : EMRAHI CONTRATISTAS E.I.R.L.

**Dirección** : JR. JAUREGUI NRO. 644 URB. CERCADO - PUNO - SAN ROMAN - JULIACA

**Instrumento de Medición** : COPA CASA GRANDE

**Marca** : METROTEST

**Modelo** : MS-53

**Serie** : 132

**Identificación** : NO INDICA

**Procedencia** : PERU

**Contador** : NO APLICA

**División mínima** : 1 V

**Lugar de Calibración** : JR. JOSE ANTONIO ZELA NRO. 311 - JULIACA

**Fecha de Calibración** : 2022-02-03

**Fecha de Emisión** : 2022-02-07

### Método de Calibración Empleado

La calibración se realizó por comparación directa usando un tacómetro y un Cronómetro Patrón certificados, empleando el método de comparación entre las indicaciones de lectura del equipo Casagrande a calibrar versus las revoluciones por minuto medidas con el tacómetro patrón en un tiempo determinado.

Tomando Como referencia la Norma ASTM D 4318 y el Manual de Ensayos de Materiales (EM2000) Determinación de Limite Liquido de los Suelos MTC E 110 - 2000.

### Observaciones:

- Se colocó una etiqueta con la indicación "CALIBRADO".
- Base endurecida Cumple con su referencia a rebote Seco

Los errores encontrados son menores a los Errores Máximos Permitidos (e.m.p) para su Clase de Exactitud.

Los resultados indicados en el presente documentos son validos en el momento de la calibración y se refieren exclusivamente al instrumento calibrado, no debe utilizarse como certificado de conformidad de producto.

AG4 INGENIERIA. No se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado de este instrumento y tampoco de interpretaciones incorrectas o indebidas del presente documento.

El usuario es responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso, conservación y mantenimiento del mismo y de acuerdo con las disposiciones legales vigentes.

El presente documento carece de valor sin firmas y sellos.

- (\*) Código inscrito en una etiqueta adherida al instrumento.



  
Luiggi Asenjo G.  
Jefe de Metrología



PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.



**Condiciones Ambientales:**

	Inicial	Final
Temperatura	25.1 °C	25.2 °C
Humedad Relativa	73 %	73 %

**PATRONES DE REFERENCIA:**

Los resultados de la calibración realizada son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales del Instituto Nacional de Calidad - INACAL en concordancia con el sistema Internaciones de Unidades de Medida (SI) y el sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patron de referencia	Pie de rey	L-0458-2021

**RESULTADOS**

**APARATO DE LIMITE LIQUIDO**

Descripción	Metrico	Dimensiones				
		Tolerancia	Ingles	Tolerancia		
		(mm)	(mm)	(in)	(in)	
<b>Conjunto de la cazuela</b>	Radio de la copa	A	54.324	54 ±0.5	2.14	0.020
	Espesor de la copa	B	2.062	2 ±0.1	0.08	0.004
	Profundidad de la copa	C	27.43	27 ±0.5	1.08	0.020
<b>Base</b>	Copa desde la guía del elevador hasta la base	N	48.598	47 ±1	1.91	0.039
	Espesor	K	50.37	50 ±2	1.98	0.08
	Largo	L	150.87	150 ±2	5.94	0.08
	Ancho	M	125.362	125 ±2	4.94	0.08

**RANURADOR**

Espesor	a	9.58	0.1	0.38	0.004
Borde Cortante	b	3.224	0.1	0.13	0.004
Ancho	c	14.822	0.1	0.58	0.004



Luigi Aserjo G.  
Jefe de Metrología

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.