



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Adición de ceniza de madera en impermeabilización y propiedades físico-mecánicas en tratamiento superficial monocapa Chucuito-Puno 2023

TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR:

Vasquez Alvarez, Salvador (orcid.org/0009-0009-9091-9494)

ASESOR:

Dr. Cancho Zuñiga, Gerardo Enrique (orcid.org/0000-0002-0684-5114)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA – PERÚ

2024

DEDICATORIA

A todos aquellos que han contribuido a mi desarrollo profesional: educadores, organizaciones, empresas, agencias gubernamentales, supervisores, asociados, asociados de capacitación, familiares y amigos, sin cuyo apoyo moral no podría haber logrado una de mis metas.

AGRADECIMIENTO

Siempre a mi familia: mi esposa, mis hijos, mis hermanos y especialmente, mis padres A&L.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, CANCHO ZUÑIGA GERARDO ENRIQUE, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, asesor de Tesis titulada: "ADICIÓN DE CENIZA DE MADERA EN IMPERMEABILIZACIÓN Y PROPIEDADES FÍSICO - MECANICAS EN TRATAMIENTO SUPERFICIAL MONOCAPA CHUCUITO-PUNO 2023", cuyo autor es VASQUEZ ALVAREZ SALVADOR, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 12.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

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

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

LIMA, 15 de Marzo del 2024

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
CANCHO ZUÑIGA GERARDO ENRIQUE DNI: 07239759 ORCID: 0000-0002-0684-5114	Firmado electrónicamente por: CANCHOZUNIGA el 19-03-2024 13:22:49

Código documento Trilce: TRI - 0740207



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, VASQUEZ ALVAREZ SALVADOR estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "ADICIÓN DE CENIZA DE MADERA EN IMPERMEABILIZACIÓN Y PROPIEDADES FÍSICO - MECANICAS EN TRATAMIENTO SUPERFICIAL MONOCAPA CHUCUITO-PUNO 2023", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

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

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

Nombres y Apellidos	Firma
VASQUEZ ALVAREZ SALVADOR DNI: 43549470 ORCID: 0009-0009-9091-9494	Firmado electrónicamente por: SALVADORV el 19-03- 2024 08:56:29

Código documento Trilce: INV - 1596142

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR.....	iv
DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DEL AUTOR.....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	16
3.1. Tipología y diseño de la investigación	16
3.2. Variables y operacionalización	17
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis.....	18
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	19
3.5. Procedimientos	19
3.6. Método de análisis de datos	20
3.7. Aspectos éticos.....	20
IV. RESULTADO.....	21

4.1. Objetivo específico 1.....	21
4.2. Objetivo específico 2.....	28
4.3. Objetivo específico 3.....	33
V. DISCUSIÓN.....	37
VI. CONCLUSIONES.....	39
VII. RECOMENDACIONES.....	41

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Análisis granulométrico del tratamiento superficial monocapa N° 01</i>	21
Tabla 2. <i>Análisis granulométrico del tratamiento superficial monocapa N° 02</i>	22
Tabla 3. <i>Tratamiento de dos capas</i>	23
Tabla 4 <i>Análisis del porcentaje de caras fracturadas en agregados ASTM D-5821</i>	25
Tabla 5 <i>BS – 812 Análisis de Índice Laminar</i>	26
Tabla 6. <i>ASTM D 4791 Análisis de Determinación de Partículas Planas y Alargadas</i>	26
Tabla 7 <i>Análisis de gravedad específica de agregados gruesos ASTM C 127</i>	27
Tabla 8 <i>ASTM C 29 Análisis de peso unitario de agregados gruesos</i>	28
Tabla 9 <i>Adhesivo por placa NLT – 313 vialit</i>	29
Tabla 10 <i>Adherencia por NLT placa de carretera 313, añadiendo un 1% de cenizas de madera</i>	30
Tabla 11 <i>adherencia por NLT – placa de carretera 313, añadiendo un 3% de cenizas de madera</i>	31
Tabla 12 <i>Adherencia por NLT – placa de carretera 313, añadiendo un 5% de cenizas de madera</i>	32
Tabla 13 <i>Influencia de las cenizas de madera en la infiltración a una temperatura de 8 °C, ASTM C 1701</i>	33
Tabla 14 <i>Influencia de las cenizas de madera en la infiltración a 25°C Temperatura ASTM C 1701</i>	34

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura.1 Horno de ladrillos hecho a mano.....	5
Figura. 2 Diagrama del proceso de recolección de cenizas	6
Figura. 3 Cenizas ubicadas dentro del horno de ladrillos	7
Figura. 4 Rodillo compactador.....	8
Figura. 5 Tratamiento de una sola capa o tratamiento superficial simple.....	11
Figura. 6 Tratamiento de dos capas o tratamiento de doble superficie,	12
Figura. 7 Tratamiento previo al grano de dos capas	13
Figura. 8 Tratamiento de tres capas o tratamiento de triple superficie.....	13
Figura. 9 Curva de deterioro del pavimento	14
Figura. 10 Curva de tamaño de partícula	24
Figura. 11	29
Figura. 12	29
Figura. 13	30
Figura. 14	30
Figura. 15 Infiltración a 8 ° C.....	34
Figura. 16 Infiltración a 25 ° C	36

RESUMEN

La investigación se desarrolló en la región de Chucuito-Puno durante el año 2023. El foco del estudio fue evaluar la efectividad de las cenizas de madera en mejorar las propiedades físico-mecánicas de tratamientos superficiales monocapa para carreteras, con un especial énfasis en su capacidad de impermeabilización. El objetivo principal fue determinar si la inclusión de cenizas de madera podía ofrecer una solución eficaz para los problemas causados por el congelamiento del agua en las vías, un desafío significativo en esa región. Metodológicamente, la investigación adoptó un enfoque cuantitativo y experimental, utilizando técnicas de observación directa y el análisis de datos a través de herramientas como Excel para comparar los efectos de diferentes proporciones de cenizas de madera en los tratamientos superficiales. Las hipótesis formuladas se enfocaron en evaluar la eficacia de la ceniza de madera como agente impermeabilizante y en determinar las proporciones óptimas para su uso. El estudio, de carácter aplicado y didáctico, buscó establecer relaciones claras de causa y efecto entre las variables estudiadas, proporcionando soluciones prácticas para mejorar la durabilidad y seguridad de las carreteras en Puno. Se puso especial atención en los aspectos éticos, asegurando la integridad y la confiabilidad de los resultados. Esta investigación no solo aportó conocimientos técnicos relevantes para la ingeniería civil, sino que también propuso soluciones innovadoras y sostenibles para los desafíos de la infraestructura vial en la región de Chucuito-Puno.

Palabras clave: Cenizas de madera, Propiedades físico-mecánicas, Seguridad vial, Impermeabilizantes, Sostenibilidad, Residuos.

ABSTRACT

The research was conducted in the Chucuito-Puno region during the year 2023. The focus of the study was to evaluate the effectiveness of wood ash in improving the physical-mechanical properties of single-layer surface treatments for roads, with a special emphasis on their waterproofing capability. The main objective was to determine if the inclusion of wood ash could offer an effective solution to the problems caused by water freezing on the roads, a significant challenge in that region. Methodologically, the research adopted a quantitative and experimental approach, using techniques of direct observation and data analysis through tools like Excel to compare the effects of different proportions of wood ash in surface treatments. The hypotheses formulated focused on evaluating the efficacy of wood ash as a waterproofing agent and determining the optimal proportions for its use. The study, of an applied and didactic nature, sought to establish clear cause-and-effect relationships between the variables studied, providing practical solutions to improve the durability and safety of roads in Puno. Special attention was paid to ethical aspects, ensuring the integrity and reliability of the results. This research not only contributed relevant technical knowledge for civil engineering but also proposed innovative and sustainable solutions for the challenges of road infrastructure in the Chucuito-Puno region.

Keywords: Wood ash, Physical-mechanical properties, Road safety, Waterproofing, Sustainability, Waste.

I. INTRODUCCIÓN

Situación problemática

La integración de cenizas de madera en una monocapa, en proporciones y cantidades específicas, presenta el potencial de mejorar sus propiedades físico-mecánicas, transformándola en una posible solución impermeabilizante a nivel internacional. Por lo tanto, el enfoque central de esta investigación se dirige hacia la evaluación exhaustiva de estas características (Deighton et al. 2021).

Dada la devastadora capacidad del agua al congelarse en carreteras y calles, provocando daños visibles o incluso lesiones, resulta imperativo abordar la impermeabilización. El impacto de las lluvias y nevadas invernales se infiltra y congela en la capa de la banda de rodadura del pavimento, generando grietas que comprometen la capacidad de la carretera para soportar las cargas vehiculares. La humedad excesiva durante las estaciones propicias permite que el agua se filtre a través de la monocapa superficial y, eventualmente, alcance la capa base granular, debilitándola y causando hundimientos que resultan en depresiones y/o irregularidades. La investigación sobre la integración de cenizas de madera en monocapas presenta un potencial revolucionario a nivel internacional. Dada la creciente preocupación global por la sostenibilidad y la mejora de la infraestructura vial, esta solución impermeabilizante podría ofrecer beneficios significativos en diversas partes del mundo. La comunidad internacional se beneficiaría al adoptar prácticas innovadoras que no solo fortalezcan las carreteras, sino que también aborden preocupaciones medioambientales (Błońska et al. 2023). En el contexto nacional peruano, la investigación cobra vital importancia. Con las condiciones climáticas y topográficas únicas del país, la impermeabilización de carreteras se convierte en una necesidad apremiante. La aplicación de cenizas de madera como solución podría no solo mejorar la durabilidad de las carreteras peruanas, sino también aliviar los desafíos específicos que enfrenta la infraestructura vial en esta región geográfica (Valdivia 2023). A nivel local, en la región de Puno, la implementación de esta solución adquiere un carácter más personal y directo. Con condiciones climáticas particulares y una red de carreteras esencial para la vida cotidiana, la introducción de cenizas de madera como agente impermeabilizante

podría tener un impacto inmediato en la preservación de las carreteras locales, mejorando la movilidad y la calidad de vida de la población punteña (Perez 2023).

Problema general Por lo tanto, surge la siguiente problemática global: ¿Cómo mejorará la adición de ceniza de madera las propiedades impermeabilizantes y físico-mecánicas en el tratamiento superficial de la monocapa Chucuito-Puno 2023?, Se plantearon tres cuestiones específicas: ¿Serán adecuadas las propiedades físico-mecánicas en el tratamiento superficial monocapa Chucuito - Puno 2023?, ¿Cuál será la porción óptima de ceniza de madera para el tratamiento superficial de la monocapa Chucuito - Puno 2023?, ¿En qué medida influirá la ceniza de madera en la impermeabilización del tratamiento superficial monocapa Chucuito - Puno 2023? **Justificación: teórica, práctica y metodológica**

Teóricamente, este estudio incorpora cenizas de madera en la monocapa como método de impermeabilización; Prácticamente, analiza los efectos de la ceniza de madera en diversas superficies; y, por último, se justifica en la práctica porque los resultados ayudarán a determinar las dosis, cantidades y porcentajes adecuados necesarios para la impermeabilización en tratamientos superficiales monocapa. Es importante conocer e investigar nuevos procedimientos de impermeabilización que utilicen diversos tipos de elementos y materiales no estudiados, por lo que es metodológicamente justificable. **Objetivo general y específico** El propósito general que se propuso: Analizar si la adición de cenizas de madera en la impermeabilización y atributos que son físicos y mecánicos del tratamiento superficial monocapa Chucuito - Puno 2023;

Como objetivos específicos, determinar las propiedades físico-mecánicas del tratamiento superficial monocapa Chucuito - Puno 2023, Determinar la cantidad óptima de cenizas de madera para el tratamiento superficial monocapa Chucuito - Puno 2023, Determinar la influencia de las cenizas de madera en la impermeabilización del tratamiento superficial monocapa Chucuito - Puno 2023. **Hipótesis generales y específicas** Para ello, se formuló la hipótesis principal: la adición de ceniza de madera influirá significativamente en la impermeabilización y en las propiedades físico-mecánicas del tratamiento superficial monocapa Chucuito - Puno 2023; y como hipótesis específicas hay tres, Las propiedades físico-mecánicas no serán aptas para el tratamiento superficial de monocapa Chucuito - Puno 2023, Las cantidades óptimas

de ceniza de madera para el tratamiento superficial de monocapa influirán significativamente Chucuito - Puno 2023, La influencia de la ceniza de madera permitirá la impermeabilización en el tratamiento superficial monocapa Chucuito - Puno 2023.

II. MARCO TEÓRICO

Antecedentes internacionales

Desde una perspectiva global, Salas et al., (2019) mostró cómo el compuesto hecho de cáscara de arroz afecta la estructura granular del suelo es el objetivo principal de esta investigación. Utilizando enfoques cualitativos y cuantitativos muestra que las tasas de sellado de las muestras granulares pueden aumentar hasta en un 33% cuando se agregan cáscaras de arroz. De acuerdo con Velásquez y Fernández (2020) este estudio experimental y cuantitativo tiene como objetivo conocer cómo la capa granular del suelo pavimentado se ve afectada por las cenizas de cascarilla de arroz. Según los investigadores, las propiedades de impermeabilización se mantuvieron cuando se sustituyó el 80% de agregado fino en una muestra granular, lo que resultó en un valor de CBR del 71,04%, que es un 8,96% más bajo que la muestra inicial. (Araujo Baron y Rodriguez Cruz 2019) Este estudio cuantitativo y experimental tiene como objetivo conocer cómo los residuos de bagazo de caña de azúcar afectan la capa granular del suelo. Cuando se agregó ceniza de bagazo de caña de azúcar a muestras granulares a diferentes concentraciones (0, 25, 50 y 75 por ciento), el CBR aumentó alrededor del 50% en comparación con las muestras de control.

El contexto nacional es el siguiente: (Tafur Chicoma 2020) El propósito de esta tesis es mostrar cómo las cenizas de caña de azúcar y la cascarilla de arroz afectan las bases granulares del pavimento. Se utilizan técnicas cuantitativas, explicativas y aplicadas. Los resultados muestran que cuando se agregan cenizas a la muestra de base granular, el valor de CBR cae del 6,6% al 5,8%, aumenta del 20,0% al 6,9% y luego aumenta un 7,5% cuando el valor de CBR alcanza el 30%.

Neyra (2020) Su tesis tiene como objetivo principal mostrar, utilizando medios experimentales, explicativos y cuantitativos, cómo la ceniza de caña de azúcar afecta la base granular de los pavimentos. Aunque el autor señala que tanto el valor de CBR como los valores máximos de densidad seca disminuyen con porcentajes crecientes, los hallazgos demuestran que agregar un 2% de ceniza de caña de azúcar a la muestra granular aumenta el valor de CBR hasta en un 10%.

Lapa (2019) Los efectos del caucho reciclado sobre la base granular del pavimento se mostrarán en su tesis. Este resultado es producto del uso de enfoques

cuantitativos y experimentales. La plasticidad del suelo y el contenido de humedad se mejoran, como lo muestran los hallazgos de una muestra de 6.0 kg de base granular mezclada con caucho reciclado en porcentajes de 1.0%, 2.0% y 3.0%. Además, la investigación muestra que el uso de cantidades de 1%, 2% y 4% produce los mejores valores de contenido de humedad. El valor de CBR puede aumentarse al 39,89 por ciento a través de aumentos del 1,36 %, 9,46 % y 39 %, respectivamente.

Bases teóricas

Cenizas

La combustión, que generalmente ocurre a temperaturas que oscilan entre 250 y 800 grados centígrados, produce desechos minerales, que están compuestos de sílice y alúmina (Yaphary et al. 2023).

- Según la terminología utilizada en ASTM C 618-03, las cenizas se clasifican de la siguiente manera: Las cenizas de erupciones volcánicas o la piedra pómez, la pizarra, el horsteno, la arcilla, la pizarra y otros materiales que se someten a calcinación para obtener las cualidades deseadas forman parte de las cenizas de Clase N.
- La calcinación de carbones bituminosos o antárticos produce cenizas volantes de clase F, que tiene características puzolánicas.
- Las cenizas volantes de clase C tienen características puzolánicas y básicas y están hechas de carbones subbituminosos o lignitos calcinosos.



Figura.1 Horno de ladrillos hecho a mano

Fuente: ladrillo.wordpress.com

Como ejemplo de un producto de desecho sólido que surge durante la fabricación, la grava está compuesta por fragmentos de ladrillo quemado y cenizas de combustible sólido. Las cenizas son esparcidas primero alrededor de los hornos, y luego la precipitación o el viento las arrastra a los barrancos. Algunas personas utilizan estas cenizas en sus mezclas (Coveña et al. 2020).

Galarza (2020) mencionan que las cenizas de fondo, las cenizas volantes y las cenizas mixtas constituyen los tres tipos principales de cenizas que se producen cuando se quema carbón térmico. Las cenizas volantes se consideran un subproducto habitual de la combustión del carbón y consisten en partículas con un tamaño superior a 0,075 mm (malla n.º 200). Debido a su limitado potencial puzolánico, su uso se restringe principalmente a aplicaciones experimentales. Por otro lado, las cenizas de fondo, que provienen de la precipitación en los calentadores, tienen un diámetro de no más de 0,075 mm (paso de malla n.º 200).

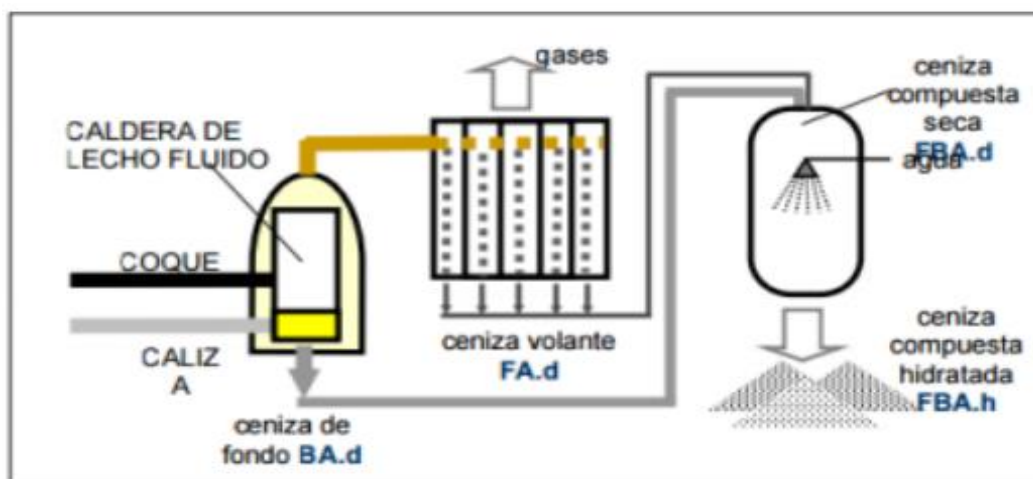


Figura. 2 Diagrama del proceso de recolección de cenizas

Fuente: bibliotecadigital.usb.edu.co

Muñoz, Vallejos y Pérez (2023) mencionan que la dispersión de la ceniza de madera y sus supuestas cualidades puzolánicas en la fabricación de hormigón ha sido objeto de mucha investigación académica. Se han identificado varios usos comunes, como la utilización en cemento Portland, agregados ligeros, mezclas asfálticas y la estabilización de suelos. Con frecuencia, se emplea la ceniza en el proceso de hormigonado.



Figura. 3 Cenizas ubicadas dentro del horno de ladrillos

Fuente: Elaboración propia

Debido a que contiene materiales cementosos que incluyen óxido de calcio (CaO) y óxido de sílice, la ceniza de madera tiene varios usos en la industria de la construcción (SiO₂). Dada la gran cantidad de materiales utilizados en el muestreo de suelos, es crucial utilizar cenizas como relleno; De esta manera, se reduciría la acumulación de residuos sólidos y se mejorarían las condiciones ambientales Teker et al. (2023).

Martínez et al. (2022) mencionan que la estabilización de cenizas de madera reduce los costos de transporte mediante la reutilización del material de cantera y la reconstrucción de la subrasante, que es la ganancia financiera más notable. Debido a que preserva el gasto de medios, elementos de origen y materias primas, el uso de cenizas en concreto y cemento también representa una cantidad ambiental adicional.

Uno de los inconvenientes del uso de cenizas de madera es que es imposible examinar todas sus propiedades debido a su variabilidad. Un sitio de construcción a menudo requiere muchos lotes de cenizas debido al hecho de que cada lote tiene sus propias características de compactación únicas en términos de humedad ideal y densidad sexual. La ceniza debe compactarse con una humedad relativa cercana a la ideal especificada en tales casos. Además, el viento y el agua dañan las superficies de este diminuto componente El viento causa problemas durante los procedimientos de carga, reserva, compactación y pavimentación. El tamaño de las

partículas y la falta de conexión son el conocimiento de la delicadeza para usar el elemento (Souza et al. 2022).

Tratamiento superficial de monocapa (una sola capa)

Con el propósito de mejorar las características funcionales, como la impermeabilización, la textura y la durabilidad, se realiza un tratamiento superficial en una superficie asfáltica. Este tratamiento implica la aplicación alternada de uno o varios ligantes asfálticos, como cemento asfáltico, asfalto diluido o emulsión catiónica, junto con árido pétreo de tamaño uniforme, como grava. Esto se lleva a cabo sobre una base granular o un pavimento preexistente (Stachurski et al. 2023).

Sánchez, Capote y Patiño (2023) mencionan que el enfoque de un tratamiento superficial está en la utilidad más que en la capacidad estructural. Como capa de sellado impermeable a la penetración del agua, preserva las capas subyacentes y también proporciona una superficie firme y antideslizante. Un tratamiento de superficie debe poder servir como una cubierta impermeable para la capa base, tener una alta resistencia al desgaste, ser antideslizante y ser una superficie asequible y duradera para carreteras de poco tráfico.



Figura. 4 Rodillo compactador

Fuente: imagenesdemaquinariapesada.com

En esta sección, se procederá a definir los tratamientos superficiales, a describir sus componentes y a revisar algunas de sus aplicaciones. Se evitarán los detalles

excesivos sobre recubrimientos de emulsión y grava, entre otros elementos. En cambio, se enfocará en informar sobre los tratamientos superficiales de grava utilizados para el riego, incluyendo sus usos, beneficios, limitaciones y situaciones en las que no son la mejor elección (Yaphary et al. 2023).

De los tres tratamientos superficiales más comunes (riego de imprimación, riego por adherencia y riego por grava), se pondrá el énfasis en este último, dada su relativa falta de visibilidad y su capacidad para proporcionar ahorros inmediatos y beneficios sostenidos a largo plazo. Con el objetivo de asegurar la adecuada interacción entre la mezcla bituminosa caliente y la capa superficial granular, que suele ser grava artificial, se procede a aplicar una imprimación de riego entre ambas. El riego por adherencia persigue el mismo propósito que el riego por cebado, que es la unión de las dos capas de mezcla bituminosa en caliente, aunque difieren en sus propiedades (Johansen et al. 2021).

Riego con grava:

A diferencia de los tratamientos previamente mencionados que operan como una capa continua, el riego con grava funciona de manera independiente. A pesar de que el riego con grava proporciona una superficie de rodadura adecuada para los vehículos y protege la carretera de los efectos del agua, no otorga capacidad de carga a la superficie de la carretera; en su lugar, transfiere las cargas del vehículo a las capas inferiores (Yepes 2019). El riego con grava, como su nombre sugiere, implica la aplicación de capas de grava junto con emulsión u otro aglutinante hasta que la grava quede completamente cubierta por la emulsión. En el proceso de trabajar con múltiples capas, como se detallará en los diversos tratamientos, la grava de una capa se mezcla con la de la siguiente y así sucesivamente. Esto se debe a que a menudo se emplea grava con un tamaño de grano más grande en las capas más profundas y gradualmente más delgadas (Zhao et al. 2022).

Ventajas del riego con grava:

- Más baratos que las mezclas bituminosas calientes, tienen una excelente relación calidad-precio.
- Se pueden configurar rápidamente.

- Por las razones anteriores, este es un enfoque con un consumo mínimo de energía:
- El calentamiento de los agregados es innecesario, a diferencia de las mezclas bituminosas calientes.
- A diferencia de las mezclas bituminosas calientes, que requieren betún calentado a temperaturas entre 150 y 180 °C, el aglutinante se calienta a temperaturas no superiores a 100 °C.
- En el sitio, la mezcla se prepara en el sitio.
- Esto se traduce en una disminución del uso de energía y, por extensión, de las emisiones de dióxido de carbono.
- Permite el uso de áridos cercanos, eliminando la necesidad de enviar este material desde lejos.
- En comparación con la mezcla bituminosa en caliente o los pavimentos de hormigón, las reparaciones de riego con grava son mucho más económicas.
- El uso de grava para el riego garantiza la seguridad, ya que permite crear una macrotextura que se puede ajustar en función del tamaño de los áridos, algo que no se puede conseguir con ningún otro método.
- Aplicabilidad a casi todos los tipos de pavimentos debido a su excepcional versatilidad.
- En comparación con la instalación de mezclas bituminosas calientes, el equipo necesario para realizar el riego con grava es más ligero.
- Aunque no ofrece directamente capacidad portante, la protección de la superficie tratada asegura la estanqueidad del pavimento, lo que a su vez optimiza la capacidad portante de las capas inferiores.

Desventajas del riego con grava:

- Debes reducir la velocidad por dos razones:
 - Por razones de seguridad, porque todavía hay grava suelta.
 - Porque la emulsión se adhiere completamente al agregado y no se rompe por completo hasta que han pasado unos días. Esta es la razón por la que barrer una vez que se completa el riego con grava tampoco es una opción.

- No se utilizan para nivelar el suelo.
- Su diseño excluye cualquier capacidad de carga sustancial para el pavimento.
- Especialmente vulnerable durante los primeros meses tras la ejecución debido a la sensibilidad climática.
- El volumen es obviamente más audible que otros métodos debido a su enorme textura macro. Hay situaciones en las que esta habilidad se puede utilizar favorablemente, como cuando hay problemas con la seguridad vial.

Puede utilizar el riego de grava de tres maneras principales:

1-º Tratamiento Superficial Simple (o Tratamiento Monocapa), a veces abreviado como STS

Los tratamientos STS más básicos incluyen dos capas de grava y un aglutinante.



A: árido

L: aglutinante

Figura. 5 Tratamiento de una sola capa o tratamiento superficial simple

Fuente: Elaboración propia

Se necesitan varios meses para completar estas terapias.

(Liu et al. 2022) mencionan que, para aplicaciones a corto plazo, el riego con grava tiene la ventaja de retrasar la degradación de las capas granulares. Por ejemplo, cuando se trabaja en áreas con una superficie de grava artificial larga y se anticipa que no se podrá aplicar la mezcla bituminosa caliente en un futuro cercano, el uso de riego con grava, conocido como STS, permite mantener la transitabilidad y prevenir el deterioro del pavimento. En situaciones en las que se requiere una conservación a largo plazo, no es suficiente que la terapia de una sola capa tenga una duración de solo unos meses; es necesario preservar el pavimento durante muchos años. Tome en consideración un pavimento desgastado que aún puede soportar peso, pero ha perdido su capacidad de adherencia a los neumáticos. Esta

situación puede ser revitalizada mediante la aplicación de una sola capa de terapia, utilizando grava de alta resistencia al desgaste, preferiblemente de origen silíceo, ya que esta resistencia determinará la durabilidad del tratamiento.

Ventajas:

- Se coloca sobre la misma superficie y es una solución muy asequible.
- No es necesario renovar la bionda ni el molino debido a su espesor muy fino.
- Se puede aplicar rápidamente.

Desventajas:

- Durante unos días después de la terapia, debe conducir a un ritmo reducido.
- Es crucial colocar señales y hacer cumplir las restricciones de velocidad para evitar accidentes causados por grava suelta que permanece en la carretera durante unos días después de que se complete el tratamiento.

Otro nombre para este proceso es "tratamiento de doble superficie" (o "tratamiento de dos capas").

Se aplican dos capas de aglutinante intercalando dos capas de grava es de lo que se trata DTS.



Figura. 6 Tratamiento de dos capas o tratamiento de doble superficie,

A: árido

L: aglutinante

Tiene una vida útil de unos diez años.

Para las carreteras T42 de bajo tráfico, existen estándares alternativos a las mezclas bituminosas contemplados en la NORMA 6.1-IC "Secciones de pavimento". Estos estándares representan una mejora significativa en comparación con las soluciones de monocapa, especialmente debido a la prolongada vida útil del DTS. Dicho método resulta efectivo, similar al asfalto, para aplicaciones en caminos rurales, caminos de servicio y otras vías de bajo tráfico(Bikoko 2021).

3.-Tratamiento de pre-grava de dos capas.

La única diferencia entre los tratamientos dobles y los tratamientos bicapa previos a la grava es la adición de una capa de grava seca antes de la bicapa.



Figura. 7 Tratamiento previo al grano de dos capas

A: árido

L: aglutinante

Tiene una vida útil de unos diez años*.

Este método permite pavimentar cualquier tipo de camino rural o de servicio, similar a los tratamientos de dos capas. A diferencia de la bicapa, estos se aplican sobre suelos impermeables para mejorar la estructura del tratamiento. Este enfoque incrementa la resistencia del tratamiento a los esfuerzos tangenciales y mejora su durabilidad bajo condiciones de tráfico pesado (Šerović et al. 2023).

4.-También conocido como Triple Tratamiento Superficial o Tratamiento Tricapa, se utiliza el acrónimo TTS.

Los tratamientos superficiales triples, a diferencia de los tratamientos bicapa pregravitados, incluyen la inclusión de una tercera capa de unión.

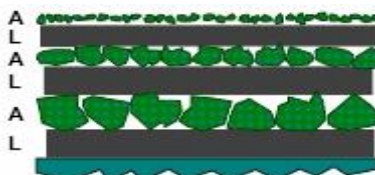


Figura. 8 Tratamiento de tres capas o tratamiento de triple superficie

A: árido

L: aglutinante

El producto tiene una vida útil de unos diez años.*

Pizza (2020) el uso a corto plazo del TTS ayuda a ralentizar la degradación de las capas granulares. Por ejemplo, en proyectos donde se trabaja con grava artificial larga y no es posible esparcir la mezcla bituminosa caliente de inmediato, el TTS permite hacer transitable el firme y evitar su deterioro. Sin embargo, en contextos donde se requiere un período de muchos años, una terapia de una sola capa que dure solo unos meses no es suficiente. También es esencial preservar la durabilidad a largo plazo. En situaciones donde el pavimento está desgastado, pero

aún puede soportar peso, aunque ha perdido su capacidad de adherirse a los neumáticos, se puede revitalizar aplicando una sola capa de tratamiento. Para esto, es crucial utilizar grava con alta resistencia al desgaste, preferentemente de origen silíceo. La durabilidad del tratamiento dependerá significativamente de esta resistencia al desgaste.

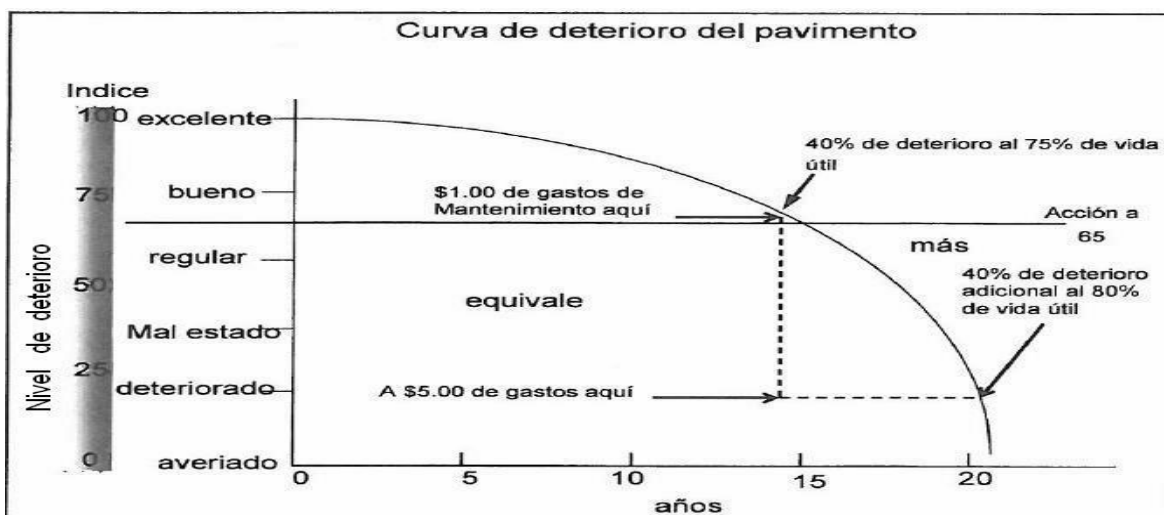


Figura. 9 Curva de deterioro del pavimento

Mal uso del riego con grava.

El uso del riego con grava en carreteras presenta desafíos cuando estas poseen superficies o cimientos inadecuados o inexistentes. Esta situación es frecuente en caminos rurales, donde a menudo se carece de cualquier tipo de superficie trabajada, ya sea de tierra o grava, y también se omite la presencia de zanjas o taludes transversales para la recolección de escorrentía proveniente de campos cercanos o tormentas. Debido a que el riego con grava no proporciona capacidad portante ni contribuye a regularizar la superficie, no es recomendable aplicarlo directamente sobre estas superficies problemáticas, aunque esto suceda más a menudo de lo deseable. Para garantizar la efectividad y durabilidad del riego de grava, es fundamental realizarlo de manera adecuada. Asimismo, resulta esencial preparar debidamente la superficie antes de aplicar la grava. De no hacerse así, la superficie se deteriorará rápidamente, desarrollando una sucesión de baches. Estos problemas, cabe destacar, no se deben tanto al riego de grava en sí, sino a la inadecuada preparación de los cimientos (Yang et al. 2023).

Inicialmente, es primordial garantizar un drenaje adecuado de las lluvias nivelando la carretera y construyendo zanjas con salidas de agua, lo que facilitará el flujo del agua lejos de la vía. Se asume comúnmente que las carreteras rurales, debido a su bajo volumen de tráfico, no requieren una pavimentación extensa y pueden ser adecuadamente mantenidas utilizando tierra cuidadosamente seleccionada o grava natural. Un aspecto crucial a considerar es la capacidad de la capa granular para adherirse durante el proceso de riego con grava. Sin la presencia de una capa de grava artificial, aunque sea delgada, el método no será efectivo. Aunque la degradación ocurre de manera gradual, esta reduce significativamente la vida útil del sistema de riego de grava, provocando la formación de baches en las carreteras, especialmente durante tormentas. Tras aplicar el riego con grava, es vital limitar la velocidad o, preferentemente, restringir el tráfico en la carretera durante algunos días (Zhang et al. 2023). Esto se debe a que la emulsión no alcanza su máxima resistencia sino hasta después de unas horas, y las presiones tangenciales causadas por la aceleración, el frenado y los giros del tráfico pueden separar la emulsión de la grava, dejando expuesto el betún. Es decir, para asegurar la efectividad del riego con grava, es esencial drenar adecuadamente el agua de la superficie y aplicar una base de grava artificial (Su et al. 2023).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipología y diseño de la investigación

Tipo de investigación

Muchos propósitos de investigación diferentes hacen uso de él. Este es el caso cada vez que los investigadores intentan resolver problemas de una manera práctica o aprender algo nuevo (Alvarez, 2020). Con el fin de comprender mejor un campo en particular y satisfacer las necesidades de las personas y las comunidades, los investigadores aplicados buscan identificar formas prácticas de aplicar el conocimiento teórico (Armijos et al. 2023).

Además, este estudio utilizó un enfoque cuantitativo debido a su diseño secuencial y probatorio, la recolección de datos y la representación numérica de las dimensiones variables.

La medición y el cálculo de las magnitudes de los fenómenos definen la investigación cuantitativa; En estos estudios se utilizan procedimientos secuenciales y probatorios, y los valores son representaciones numéricas de los hallazgos de estos cálculos (García et al. 2023)

Este nivel tuvo un carácter didáctico porque su objetivo es explicar el efecto de la ceniza de madera en los tratamientos superficiales que constan de una sola capa. El objetivo de desarrollar hipótesis en este nivel de investigación es establecer un vínculo causa-efecto mediante la observación de variables independientes (causa) y dependientes (efecto). Esclarecer la asociación entre las variables es un sello distintivo del nivel de indagación antes mencionado. Este nivel tendrá un carácter didáctico porque su objetivo es explicar el efecto de la ceniza de madera en los tratamientos superficiales que constan de una sola capa. (Arias Gonzáles y Covinos Gallardo 2021)

Este nivel de investigación tiene como objetivo construir hipótesis con el objetivo de establecer un vínculo causa-efecto a través de la observación de variables independientes (causa) y dependientes (efecto). Entre los requisitos para esta fase de investigación se encuentra la necesidad de definir la relación entre las variables (Medina et al. 2023).

Diseño de la investigación

La investigación aquí es de carácter puramente exploratorio.

Para medir el efecto de una variable o tratamiento sobre otra variable, los investigadores utilizan diseños experimentales. Con este diseño, el investigador puede cambiar la variable independiente y ver cómo afecta a la variable dependiente (Ugalde Binda y Balbastre-Benavent 2022)

El diseño de este estudio es puramente experimental, consistiendo en un grupo control (tratamiento regular monocapa) y tres grupos experimentales. La cantidad de cenizas de madera en la variable independiente afecta las cualidades físicas y mecánicas de la variable dependiente (incorporación de 1 por ciento, 3 por ciento y 5 por ciento de cenizas de madera).

3.2. Variables y operacionalización

Variable 1: Ceniza de madera

La combustión de restos de madera orgánicos y libres de químicos produce cenizas, un subproducto sólido.

Con el uso de este material se consiguen mejores cualidades del hormigón, como la durabilidad, los niveles de pH, la resistencia a la tracción y a la compresión, entre otras, gracias a sus características pusilánimes (Yaphary et al. 2023).

Variable 2: Propiedades físicas y mecánicas del tratamiento superficial de una sola capa

El laminado se utiliza para el tratamiento superficial de una capa de pavimento flexible que se coloca sobre la base. Las fuerzas generadas por la trayectoria de la banda de rodadura son las que está diseñada para comunicar. Cada capa de pavimento, incluida esta, debe cumplir con los requisitos mínimos de resistencia de las normas.

Las variables que se incluyen en el tratamiento superficial monocapa van más allá del contenido de humedad, la clasificación del suelo, la granulometría, la densidad seca máxima y el valor relativo de apoyo (CBR) (Lee et al. 2023)

3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis

Población

Al observar la población en general, queda claro que cada persona tiene sus propios rasgos únicos y puede estar en cualquier lugar de la región definida por el estudio (Iliyasu y Etikan 2021)

En Chucuito, el tratamiento superficial monocapa conformará la población para esta investigación.

Muestra:

El espécimen comprende muestras de tratamiento superficial monocapa que tuvieron un tratamiento de cenizas de madera en las siguientes proporciones: 1% de cenizas de madera, 3% de cenizas de madera y 5% de cenizas de madera. Se han establecido dosis de cenizas de madera.

Muestreo:

El muestreo es un método estadístico que implica la selección de una parte representativa de una población más amplia con el propósito de realizar observaciones, mediciones o análisis. En lugar de estudiar toda la población, se examina y se recopila información de una muestra, que es un subconjunto cuidadosamente seleccionado. La validez de las conclusiones obtenidas a partir de la muestra depende de la representatividad y la aleatoriedad en la selección, permitiendo generalizaciones a la población completa con un margen de error conocido. El muestreo es una herramienta esencial en investigación científica, encuestas, análisis de datos y diversas disciplinas para obtener resultados significativos de manera más eficiente y práctica (Berndt 2020).

Como consecuencia de la discreción del investigador en la selección de la muestra, se utilizará una muestra de conveniencia en lugar de una muestra probabilística para esta investigación.

Unidad de análisis:

La información y los datos utilizados para el análisis se obtienen del sujeto de investigación, que a veces se denomina unidad de análisis. (Miller et al. 2020).

Los tratamientos superficiales monocapa servirán como unidades de análisis.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas

En esta indagación, observaremos directamente los fenómenos causados por el uso de cenizas de madera como tratamiento superficial para una capa. Registraremos los datos que adquiramos para realizar los análisis asociados.

Con el fin de recopilar la mayor cantidad de datos posible, la investigación se basa en gran medida en el enfoque de observación directa (Farrall 2021).

Este estudio empleará la observación directa para investigar los fenómenos causados por el tratamiento superficial de una sola capa que incluye cenizas de madera. Documentaremos todos los datos que obtengamos a lo largo de este procedimiento para poder analizarlos posteriormente.

Los investigadores deben tratar de recopilar la mayor cantidad de información posible viendo las cosas de primera mano si quieren que su estudio proporcione resultados válidos.

Instrumentos

Cuando un elemento determinado tiene que ser evaluado, mediado o analizado, se utiliza una hoja de observación. Para cuantificar una población predefinida se utilizan fichas de observación. Las cualidades del objeto investigado dictan los criterios de valoración y validez del expediente (Bostley 2019).

Este estudio empleará hojas de observación para evaluar los resultados del tratamiento superficial de los ensayos de laboratorio de monocapas.

Con el fin de realizar pruebas de mecánica de suelos y recopilar y analizar datos de los hallazgos, se dispone de una amplia variedad de tipos y clasificaciones de equipos de prueba.

3.5. Procedimientos

El lugar de estudio debe ubicarse antes de que se pueda recolectar una muestra de pavimento flexible para determinar los espesores del tratamiento superficial de una sola capa.

Se diseñará un ensayo de granulometría y límites de consistencia para determinar las cualidades físicas y mecánicas del pavimento flexible que se utilizará para el tratamiento superficial monocapa.

A continuación, se recogerá la ceniza de madera para preparar la muestra para el tratamiento superficial monocapa.

Se requiere una mayor investigación sobre las propiedades de los tratamientos superficiales con una sola capa.

3.6. Método de análisis de datos

Para el análisis y transcripción de los datos obtenidos de las pruebas de laboratorio se utilizará Excel. Esta aplicación creará datos tabulares y representaciones gráficas. Estos serán examinados para que podamos lograr nuestros objetivos y comparar los resultados de diferentes adiciones de cenizas de madera con el tratamiento superficial de una capa de pavimento flexible.

3.7. Aspectos éticos

La integridad es clave en todas las líneas de trabajo porque establece confianza en lo que las personas están haciendo. Por lo tanto, alude a estudios actuales extraídos de una amplia variedad de trabajos académicos, incluidos artículos, libros, disertaciones y guías escritas por expertos en el campo. Los documentos serán revisados por grupos de expertos. La necesidad de lograr un equilibrio entre la moral y la ética es un resultado inevitable. Se han proporcionado las citas adecuadas para este estudio, que incluye la herramienta TURNITIN.

IV. RESULTADO

4.1. Objetivo específico 1

Los siguientes hallazgos se obtuvieron luego de los experimentos mecánicos de suelo realizados para determinar los parámetros físico-mecánicos del tratamiento superficial monocapa Chucuito-Puno 2023:

Para realizar el análisis granulométrico se utilizaron las siguientes normas: MTC E-107/ASTM D 422 y C-117.

Tabla 1.

Análisis granulométrico del tratamiento superficial monocapa N° 01

MALLAS	GRANULOMETRIA ASTM D 422		ESPECIFICACIONES EG 2013 (SECCION 418) TRATAMIENTOS SUPERFICIALES				
	% QUE PASA		5	6	7	8	9
	1ª CAPA	2ª CAPA					
1 1/2"			100				
1"			90- 100	100			
3/4"			20 - 55	90 - 100	100		
1/2"	90.7		0 - 10	20 - 55	90 - 100	100	
3/8"	53.0		0 - 5	0 - 15	40 - 70	85 - 100	100
# 4	6.9			0 - 5	0 - 15	10 - 30	85 - 100
# 8	0.1				0 - 5	0 - 10	10 - 40
# 16	0.1					0 - 5	0 - 10
# 50							0 - 5

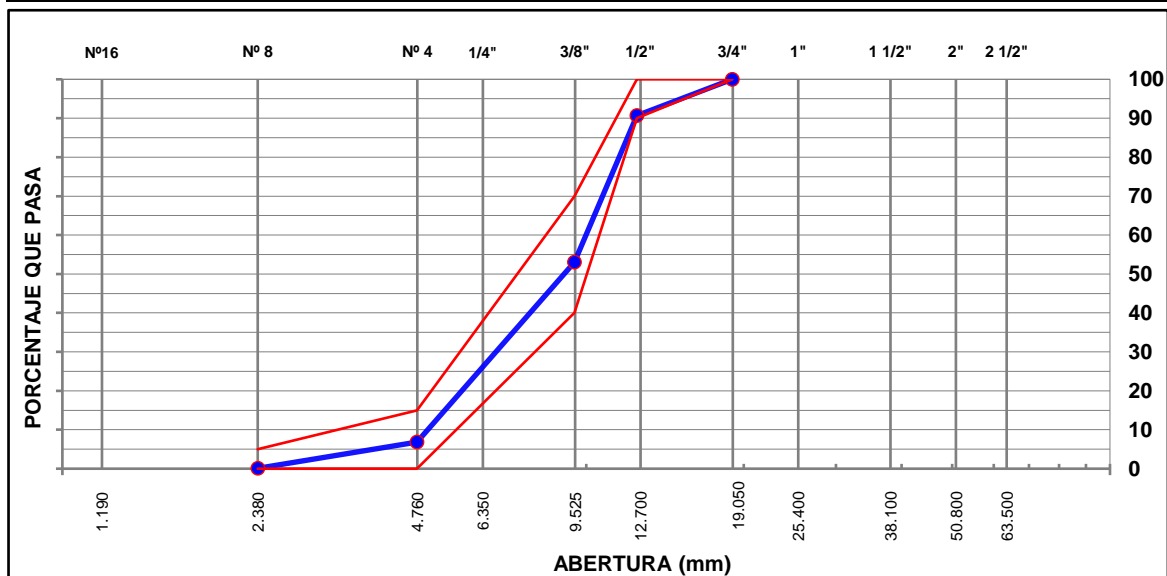
Interpretación

De acuerdo con los resultados de la tabla de análisis de tamaño de partícula, el material cumple con los estándares establecidos por EG 2013, la clasificación ASTM 422 y la clasificación HUSO (7 u 8). También contiene un 6,9% de grava y un 90,7% de piedra triturada (sección 418).

Tabla 2.

Análisis granulométrico del tratamiento superficial monocapa N° 02

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM C136)				EG 2013	
MALLAS	ABERTURA (mm)	% RETENIDO	% QUE PASA	HUSO "7"	
1"	25.000				
3/4"	19.000		100.0	100	100
1/2"	12.500	9.3	90.7	90	100
3/8"	9.500	37.7	53.0	40	70
1/4"	6.350	28.4	24.6		
# 4	4.750	17.8	6.9	0	15
# 8	2.360	6.8	0.1	0	5
# 16	1.180				



Ensayo	Resultado	Especificación
Peso unitario del agregado en estado suelto ASTM C-29 (kg/m ³)	1539.5	.-
Peso específico de la masa (Bulk specific gravity) ASTM C-127	2.757	.-
Adhesividad mediante la placa Vialit NLT 313 (%)	90	.-

Aplicación del Agregado

Tamaño máximo Agregado grueso triturado

Tamaño medio del agregado (mm)

$$TM = 10^{\wedge} (((\text{LOG } D1 - \text{LOG } D2) * (50 - P2)) / (P1 - P2)) + \text{LOG } D2$$

Índice Laminar (Manual del instituto de asfalto MS-19 Apéndice D)

Peso unitario del agregado en estado suelto (kg/m³)

Peso específico bruto (Bulk specific gravity) (g/cm³)

Promd. menor dimensión (Manual del instituto de asfalto MS-19 Apéndice D)

$$H = TM / (1.09 + (0.118 * IL))$$

Vacios en el agregado pétreo,

$$V = 1 - W / (1000 * G)$$

TM	3/4
	9.1

IL	7.6
W	1539.5
G	2.757
H	7.7

V	0.44
---	------

Los resultados del análisis granulométrico de áridos por tamizado (ASTM C-136) revelan que el material satisface las especificaciones establecidas por EG 2013 (Sección 418). Todas las fracciones retenidas en los tamices, así como las partículas que pasan a través de ellos, cumplen con los límites requeridos. La composición predominante consiste en partículas de 1/2" y 3/8", con porcentajes de 90.7% y 53.0%, respectivamente. Las partículas más finas también cumplen con las especificaciones. En general, el material demuestra una distribución de tamaños adecuada para su aplicación en tratamientos superficiales, confirmando su conformidad con las normas EG 2013 y sugiriendo su idoneidad para su uso según la Sección 418.

Tabla 3.

Tratamiento de dos capas según ASTM C- 136

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS POR TAMIZADO (ASTM C-136)							
MALLAS							
SERIE	ABERTURA	PESO RET.	RET. PAR.	RET. AC.	PASA	ESPECIFICACIÓN EG 2013 (SECCION 418)	
AMERICANA	(mm)	%	%	%	%		
3"	76.200						
2 1/2"	63.000						
2"	50.000						
1 1/2"	37.500						
1"	25.000						
3/4"	19.000				100.0	100	100
1/2"	12.500	206.8	9.3	9.3	90.7	90	100
3/8"	9.500	836.0	37.7	47.0	53.0	40	70
1/4"	6.350	631.0	28.4	75.4	24.6		
# 4	4.750	394.0	17.8	93.1	6.9	0	15
# 8	2.360	150.0	6.8	99.9	0.1	0	5
# 16	1.180						
< # 16		2.2	0.1	100.0	0.0		
TRATAMIENTO BICAPA							
GRADACIÓN TIPO :		7					
CARACTERIZACIÓN DEL AGREGADO							
Peso inicial		: 2220.0 gr					
P.U.S.		: 1539.5 Kg/m3					
P.E. MASA		: 2.690 g/cm3					
P.E. SSS		: 2.714 g/cm3					

P.E. APAR.	:	2.757 g/cm ³
ABS	:	0.9 %

Interpretación

La tabla 3 presenta la caracterización de agregados para un tratamiento de dos capas con un tipo de gradación especificado como 7. El peso inicial del material es de 2220.0 gramos. La densidad aparente inicial (P.U.S.) se registra en 1539.5 Kg/m³, con una masa de partículas equivalente (MASA P.E.) de 2.690 g/cm³. Las densidades SSS y APAR. se indican como 2.714 g/cm³ y 2.757 g/cm³, respectivamente. Se observa una absorción (ABS) del 0.9%. La observación adicional señala que la granulometría sigue el proyecto establecido. En resumen, estos datos proporcionan información detallada sobre la composición y densidad de los agregados, confirmando la conformidad con la gradación especificada para el tratamiento de dos capas

CURVA DE TAMAÑO DE PARTÍCULA

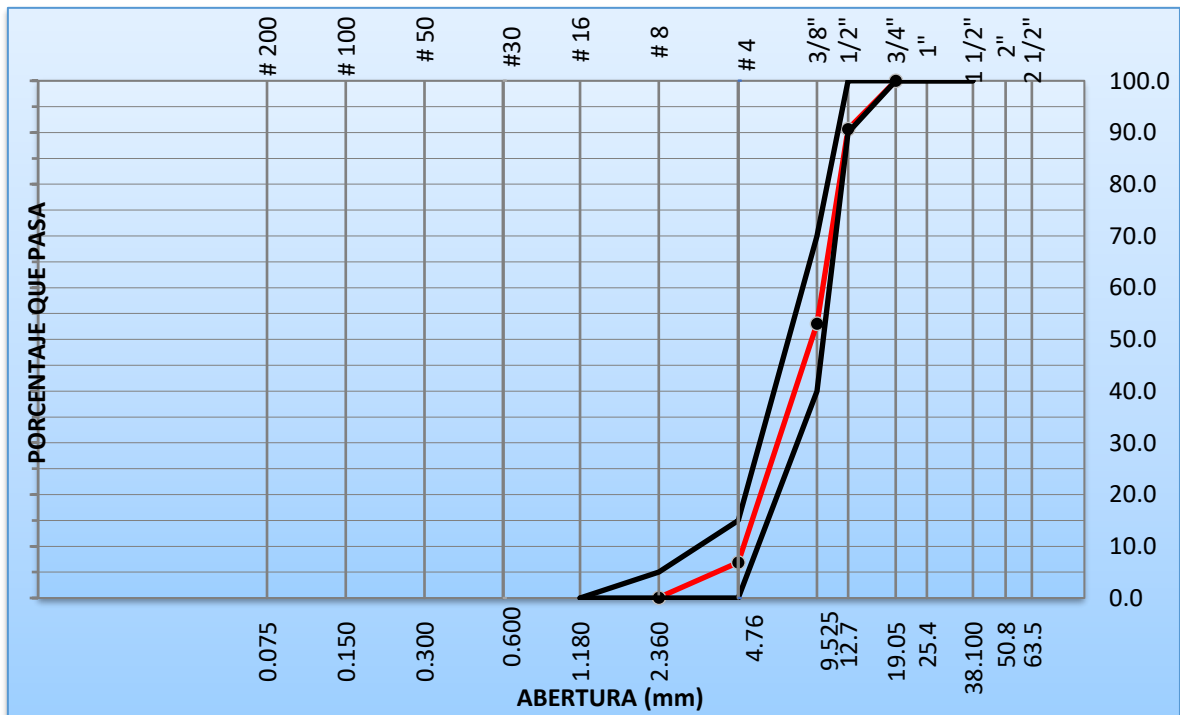


Figura. 10 Curva de tamaño de partícula

Interpretación

El agregado SMA tiene una granulometría discontinua, con un pico en el rango de 2 a 4 milímetros. Esto indica que el agregado está compuesto principalmente por partículas gruesas y finas.

Tabla 4

Análisis del porcentaje de caras fracturadas en agregados ASTM D-5821

A) CON UNA CARA FRACTURADA A MÁS							
ABERTURA MALLA		PESO DE LA FRACCIÓN DE ENSAYO (g)	NÚMERO DE PARTÍCULAS	PARTÍCULAS FRACTURADAS (g)	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS (%)	GRADACIÓN ORIGINAL RETENIDO	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS
PASA (%)	RET. (%)						
1 1/2"	1"						
1"	3/4"						
3/4"	1/2"						
1/2"	3/8"	258.6		230.5	89.1	48.6	43.3
3/8"	1/4"	273.3		258.4	94.5	51.4	48.6
				TOTAL		100.0	91.9
PORCENTAJE DE PARTÍCULAS CON UNA CARA DE FRACTURA							91.9 %
B) CON DOS A MÁS CARAS FRACTURADAS							
ABERTURA MALLA		PESO DE LA FRACCIÓN DE ENSAYO (g)	NÚMERO DE PARTÍCULAS	PARTÍCULAS FRACTURADAS (g)	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS (%)	GRADACIÓN ORIGINAL RETENIDO	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS
PASA (%)	RET. (%)						
1 1/2"	1"						
1"	3/4"						
3/4"	1/2"						
1/2"	3/8"	258.6		209.0	80.8	48.6	39.3
3/8"	1/4"	273.3		217.3	79.5	51.4	40.8
				TOTAL		100.0	80.1
PORCENTAJE DE PARTÍCULAS CON DOS A MÁS CARAS DE FRACTURA							80.1

Interpretación

La tabla 4 muestra los resultados del análisis del porcentaje de caras fracturadas en agregados según la norma ASTM D-5821. El ensayo se realizó en un agregado con un tamaño máximo nominal de 1 1/2". El agregado tiene un alto porcentaje de partículas fracturadas, lo que puede reducir su resistencia y durabilidad

Tabla 5*BS – 812 Análisis de Índice Laminar*

ABERTURA MALLA		PESO RETENIDO (g)	PESO QUE PASA (g)	LAMINARIDAD POR TAMIZ (%)	GRANULOMETRIA ORIGINAL RETENIDO	PROMEDIO LAMINARIDAD
PASA (%)	RET. (%)					
1 1/2"	1"					
1"	3/4"					
3/4"	1/2"					
1/2"	3/8"	258.6	16.3	6.3	48.6	3.1
3/8"	1/4"	273.3	24.4	8.9	51.4	4.6
				TOTAL	100.0	7.6
PORCENTAJE DE INDICE DE LAMINARIDAD						7.6

Interpretación

La tabla 5 muestra los resultados del análisis del índice de laminaridad de un agregado con un tamaño máximo nominal de 1 1/2". El índice de laminaridad total es del 7.6%. Este índice indica que el agregado tiene una distribución granulométrica relativamente heterogénea. Esto puede tener un impacto negativo en las propiedades del agregado, como la resistencia y la durabilidad.

Tabla 6.*ASTM D 4791 Análisis de Determinación de Partículas Planas y Alargadas*

TAMAÑO DEL AGREGADO		PESO RETENIDO (g)	PESO QUE PASA (g)	CHATAS Y ALARGADAS (%)	GRANULOMETRIA ORIGINAL RETENIDO	PROMEDIO CHATAS Y ALARGADAS
PASA (%)	RETENIDO (%)					
1 1/2"	1"					
1"	3/4"					
3/4"	1/2"					
1/2"	3/8"	258.6	27.5	10.63	48.62	5.2
3/8"	1/4"	273.3	16.8	6.15	51.38	3.2
				TOTAL	100.0	8.3
PORCENTAJE DE PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS						8.3

Interpretación

La Tabla 6 muestra los resultados del análisis del porcentaje de partículas planas y alargadas en agregados según la norma ASTM D-4791. El ensayo se realizó en un agregado con un tamaño máximo nominal de 1 1/2". Los resultados de la tabla indican que el agregado tiene un porcentaje relativamente bajo de partículas planas y alargadas. El porcentaje total de partículas planas y alargadas es del 8.3%, y el porcentaje total de partículas planas y alargadas con relación a la granulometría original es del 10.63%.

Tabla 7

Análisis de gravedad específica de agregados gruesos ASTM C 127

AGREGADO GRUESO	ENSAYO		PROMEDIO
	1	2	
A) Peso Material Saturado Superficialmente Seco (en el aire) gr.	1196.2	1126.5	
B) Peso Material Saturado Superficialmente Seco (en agua) gr.	755.5	711.4	
C) Volumen de Masa + Volumen de Vacios (= A-B)	440.7	415.1	
D) Peso de Material Seco gr.	1185.2	1116.7	
E) Volumen de Masa (= C- (A-D))	429.7	405.3	
P.E Bulk (base seca) (= D/C)	2.689	2.690	2.690
P.E Bulk (base saturada) (= A/C)	2.714	2.714	2.714
P.E Aparente (base seca) (= D/E)	2.758	2.755	2.757
% Absorción $=((A-D)/D) \times 100$	0.9	0.9	0.9

Interpretación

La Tabla 7 muestra los resultados del análisis de la gravedad específica de agregados gruesos según la norma ASTM C-127. El ensayo se realizó en dos muestras de agregados gruesos con un tamaño máximo nominal de 1 1/2".

Tabla 8*ASTM C 29 Análisis de peso unitario de agregados gruesos*

AGREGADO GRUESO	PESO UNITARIO SUELTO		
PRUEBA N°	1	2	3
PESO MATERIAL + MOLDE (gr.)	18773.0	18759.0	18763.0
PESO DE MOLDE (gr.)	10240.0	10240.0	10240.0
PESO NETO DE MATERIAL (gr.)	8533.0	8519.0	8523.0
VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	5537.5	5537.5	5537.5
PESO UNITARIO SUELTO (gr/cm ³)	1540.9	1538.4	1539.1
PROMEDIO DE PESO UNITARIO (gr/cm³)	1539.5		

Interpretación

Los resultados de la tabla indican que el peso unitario suelto promedio del agregado es de 1539.5 gramos por centímetro cúbico. Este peso unitario es relativamente alto, lo que indica que el agregado es denso y compacto. Un peso unitario suelto alto es importante para aplicaciones en las que se requiere que el agregado sea estable y no se compacte fácilmente. Por ejemplo, el agregado con un peso unitario suelto alto es adecuado para la construcción de pavimentos, carreteras y puentes.

4.2. Objetivo específico 2

Con respecto a la Meta Específica N° 2 Se determinó la concentración ideal de cenizas de madera para el tratamiento de la superficie de la monocapa Chucuito-Puno 2023 mediante la realización de pruebas con una placa vialit que incluyó muestras de cenizas de madera al 1%, 3% y 5%:

Tabla 9

Adhesivo por placa NLT – 313 vialit

TAMAÑO DEL AGREGADO		NÚMERO DE PARTÍCULAS A ENSAYAR	NÚMERO DE PARTÍCULAS ADHERIDAS	NÚMERO DE PARTÍCULAS LIBERADAS	NÚMERO DE PARTÍCULAS NO TEÑIDAS CON LIGANTE ASFÁLTICO	ADHESIVIDAD (%)
APTO (%)	RETENIDO (%)					
1/2"	3/8"	100.0	94.0	6.00	0.0	100.0
3/8"	1/4"	100.0	95.0	5.00	0.0	100.0
1/4"	#4	100.0	95.0	5.00	0.0	100.0
			TOTAL			100.0
		PORCENTAJE DE PARTÍCULAS NO TEÑIDAS CON LIGANTE ASFÁLTICO				0.0
		PORCENTAJE DE PARTÍCULAS TEÑIDAS CON LIGANTE ASFÁLTICO				100.0



Figura. 12

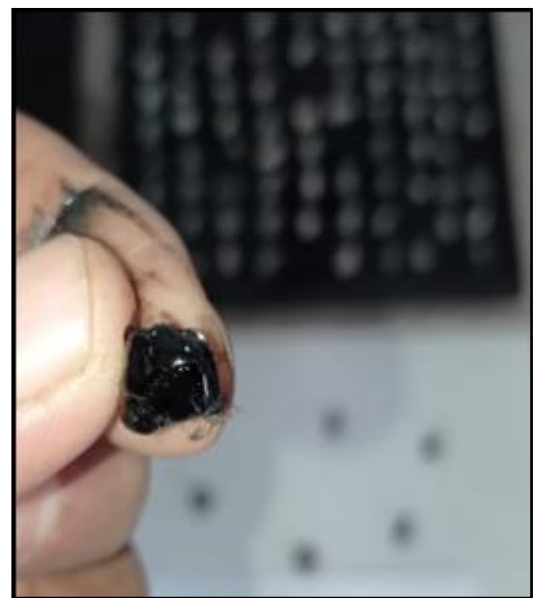


Figura. 11

Interpretación:

Los resultados de la tabla indican que el agregado tiene una buena adhesividad con el ligante asfáltico. El porcentaje de partículas adheridas es de 94 a 95 para todas las fracciones de tamaño. Esto significa que el 94 a 95% de las partículas de agregado se adhieren al ligante asfáltico cuando se someten al ensayo de adhesividad por placa NLT-313 Vialiti.

Tabla 10

Adherencia por NLT – placa de carretera 313, añadiendo un 1% de cenizas de madera

		NÚMERO DE PARTÍCULAS A ENSAYAR	NÚMERO DE PARTÍCULAS ADHERIDAS	NÚMERO DE PARTÍCULAS LIBERADAS	NRO DE PARTÍCULAS NO TEÑIDAS CON LIGANTE ASFÁLTICO	ADHESIVIDAD (%)
APTO (%)	RETENIDO (%)					
1/2"	3/8"	100.0	94.0	5.00	0.0	100.0
3/8"	1/4"	100.0	95.0	5.00	0.0	100.0
1/4"	#4	100.0	95.0	3.00	0.0	100.0
			TOTAL			100.0
PORCENTAJE DE PARTÍCULAS NO TEÑIDAS CON LIGANTE ASFÁLTICO						0.0
PORCENTAJE DE PARTÍCULAS TEÑIDAS CON LIGANTE ASFÁLTICO						100.0



Figura. 14



Figura. 13

La Tabla 10 muestra los resultados del análisis de adhesividad por placa NLT-313 Vialiti. El ensayo se realizó en tres muestras de agregados gruesos con un tamaño máximo nominal de 1 1/2". A las muestras se les añadió un 1% de cenizas de madera. Los resultados de la tabla indican que el agregado tiene una buena adhesividad con el ligante asfáltico, incluso después de añadir un 1% de cenizas de madera. El porcentaje de partículas adheridas es de 94 a 95 para todas las fracciones de tamaño. Esto significa que el 94 a 95% de las partículas de agregado se adhieren al ligante asfáltico cuando se someten al ensayo de adhesividad por placa NLT-313 Vialiti.

Tabla 11

adherencia por NLT – placa de carretera 313, añadiendo un 3% de cenizas de madera

		NÚMERO DE PARTÍCULAS A ENSAYAR	NÚMERO DE PARTÍCULAS ADHERIDAS	NÚMERO DE PARTÍCULAS LIBERADAS	NÚMERO DE PARTÍCULAS NO TEÑIDAS CON LIGANTE ASFÁLTICO	ADHESIVIDAD (%)
APTO (%)	RETENIDO (%)					
1/2"	3/8"	100.0	94.0	5.00	0.0	100.0
3/8"	1/4"	100.0	95.0	5.00	0.0	100.0
1/4"	#4	100.0	95.0	3.00	0.0	100.0
			TOTAL			100.0
PORCENTAJE DE PARTÍCULAS NO TEÑIDAS CON LIGANTE ASFÁLTICO						0.0
PORCENTAJE DE PARTÍCULAS TEÑIDAS CON LIGANTE ASFÁLTICO						100.0

La Tabla 11 muestra los resultados del análisis de adhesividad por placa NLT-313 Vialiti. El ensayo se realizó en tres muestras de agregados gruesos con un tamaño máximo nominal de 1 1/2". Los resultados de la tabla indican que el agregado tiene una buena adhesividad con el ligante asfáltico, incluso después de añadir un 3% de cenizas de madera. El porcentaje de partículas adheridas es de 94 a 95 para

todas las fracciones de tamaño. Esto significa que el 94 a 95% de las partículas de agregado se adhieren al ligante asfáltico cuando se someten al ensayo de adhesividad por placa NLT-313 Vialiti.

Tabla 12

Adherencia por NLT – placa de carretera 313, añadiendo un 5% de cenizas de madera

APTO (%)	RETENIDO (%)	NÚMERO DE PARTÍCULAS A ENSAYAR	NÚMERO DE PARTÍCULAS ADHERIDAS	NÚMERO DE PARTÍCULAS LIBERADAS	NÚMERO DE PARTÍCULAS NO TEÑIDAS CON LIGANTE ASFÁLTICO	ADHESIVIDAD (%)
3/8"	1/4"	100.0	95.0	5.00	0.0	100.0
1/4"	#4	100.0	95.0	3.00	0.0	100.0
			TOTAL			100.0
PORCENTAJE DE PARTÍCULAS NO TEÑIDAS CON LIGANTE ASFÁLTICO						0.0
PORCENTAJE DE PARTÍCULAS TEÑIDAS CON LIGANTE ASFÁLTICO						100.0

Interpretación

La Tabla 12 muestra los resultados del análisis de adhesividad por placa NLT-313 Vialiti. El ensayo se realizó en tres muestras de agregados gruesos con un tamaño máximo nominal de 1 1/2". A las muestras se les añadió un 5% de cenizas de madera. Los resultados de la tabla indican que el agregado tiene una buena adhesividad con el ligante asfáltico, incluso después de añadir un 5% de cenizas de madera. El porcentaje de partículas adheridas es de 94 a 95 para todas las fracciones de tamaño. Esto significa que el 94 a 95% de las partículas de agregado se adhieren al ligante asfáltico cuando se someten al ensayo de adhesividad por placa NLT-313 Vialiti.

4.3. Objetivo específico 3

Para objetivo específico 3: determinar la influencia de la ceniza de madera en la impermeabilización del tratamiento superficial monocapa Chucuito - Puno 2023.

Tabla 13

Influencia de las cenizas de madera en la infiltración a una temperatura de 8 °C, ASTM C 1701

número	Fecha de moldeo	Fecha del juicio	Horas de curado	Identificación	T °C	Cuerpo de agua	Diámetro del anillo	Tiempo de infiltración	Infiltración	Observación
						Kg	Milímetro	Sec	mm/h	mm/h
01	5/10/2023	6/10/2023	24 horas	Madera monocapa sin cenizas	8.0	0.200	150.00	0.0		No presenta
02	5/10/2023	6/10/2023	24 horas	Madera monocapa sin cenizas	8.0	0.200	150.00	0.0		
03	5/10/2023	6/10/2023	24 horas	Madera monocapa sin cenizas	8.0	0.200	150.00	0.0		
04	5/10/2023	6/10/2023	24 horas	Monocapa con 3,0% de ceniza de madera	8.0	0.200	150.00	0.0		No presenta
05	5/10/2023	6/10/2023	24 horas	Monocapa con 3,0% de ceniza de madera	8.0	0.200	150.00	0.0		
06	5/10/2023	6/10/2023	24 horas	Monocapa con 3,0% de ceniza de madera	8.0	0.200	150.00	0.0		
07	5/10/2023	6/10/2023	28 días	Monocapa con 5,0% de ceniza de madera	8.0	0.200	150.00	0.0		No presenta
08	5/10/2023	6/10/2023	28 días	Monocapa con 5,0% de ceniza de madera	8.0	0.200	150.00	0.0		

09	5/10/2023	6/10/2023	28 días	Monocapa con 5,0% de ceniza de madera	8.0	0.20	150.0	0.0		
----	-----------	-----------	---------	---------------------------------------	-----	------	-------	------------	--	--

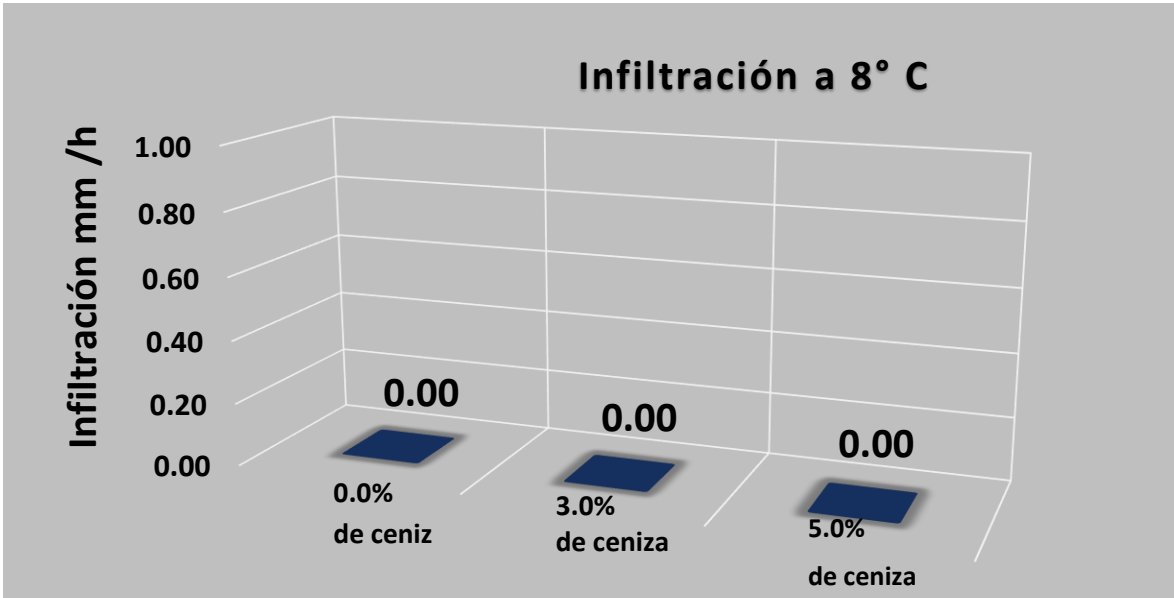


Figura. 15 Infiltración a 8 ° C

La Tabla 13 muestra los resultados del ensayo de infiltración según la norma ASTM C 1701. El ensayo se realizó en tres muestras de pavimentos monocapa de hormigón asfáltico con un contenido de cenizas de madera del 0% y del 5%, curados durante 24 horas y 28 días. Los resultados de la tabla indican que el agregado con un contenido de cenizas de madera del 0% y del 5% tiene una infiltración muy baja a una temperatura de 8 °C. El agua no se filtró a través de ninguna de las muestras en los 150 segundos de duración del ensayo.

Tabla 14

Influencia de las cenizas de madera en la infiltración a 25°C Temperatura ASTM C 1701

número	Fecha de moldeo	Fecha del juicio	Horas de curado	Identificación	T °C	Cuerpo de agua	Diámetro del anillo	Tiempo de infiltración	Infiltración	Observación
						Kg	Milímetro	Sec	mm/h	mm/h

01	5/10/2023	6/10/2023	24 horas	Madera monocapa sin cenizas	8.0	0.20 0	150.0 0	0.0		No presenta
02	5/10/2023	6/10/2023	24 horas	Madera monocapa sin cenizas	8.0	0.20 0	150.0 0	0.0		
03	5/10/2023	6/10/2023	24 horas	Madera monocapa sin cenizas	8.0	0.20 0	150.0 0	0.0		
04	5/10/2023	6/10/2023	24 horas	Monocapa con 3,0% de ceniza de madera	8.0	0.20 0	150.0 0	0.0		No presenta
05	5/10/2023	6/10/2023	24 horas	Monocapa con 3,0% de ceniza de madera	8.0	0.20 0	150.0 0	0.0		
06	5/10/2023	6/10/2023	24 horas	Monocapa con 3,0% de ceniza de madera	8.0	0.20 0	150.0 0	0.0		
07	5/10/2023	6/10/2023	28 días	Monocapa con 5,0% de ceniza de madera	8.0	0.20 0	150.0 0	0.0		No presenta
08	5/10/2023	6/10/2023	28 días	Monocapa con 5,0% de ceniza de madera	8.0	0.20 0	150.0 0	0.0		
09	5/10/2023	6/10/2023	28 días	Monocapa con 5,0% de ceniza de madera	8.0	0.20 0	150.0 0	0.0		

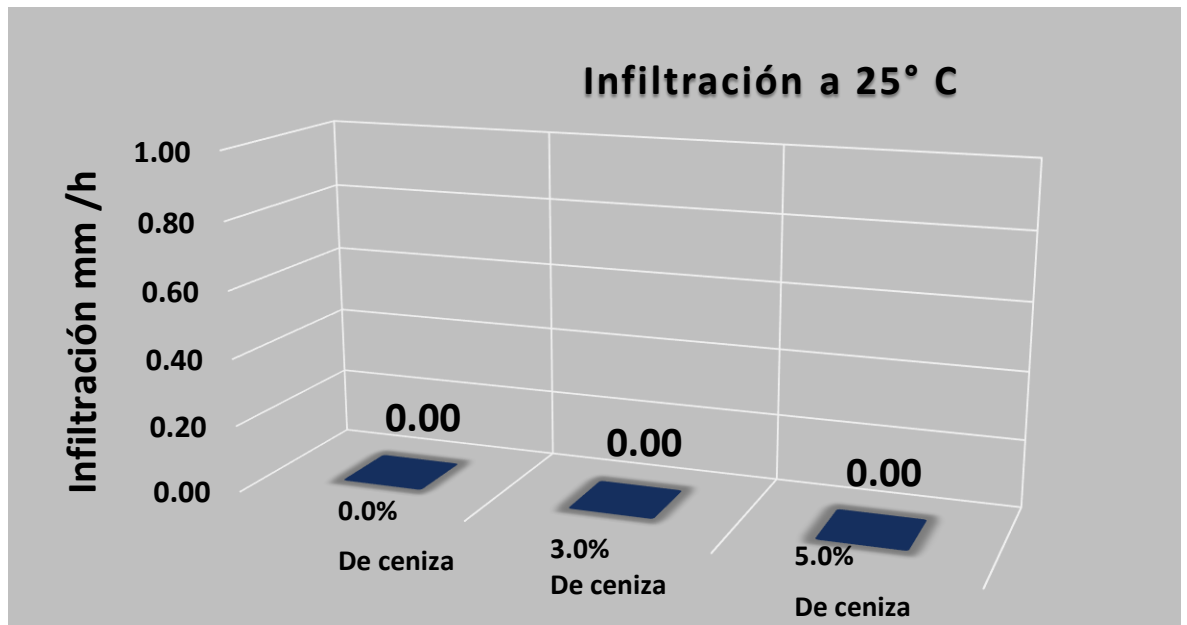


Figura. 16 Infiltración a 25 ° C

La Tabla 14 muestra los resultados del ensayo de infiltración según la norma ASTM C 1701. El ensayo se realizó en tres muestras de pavimentos monocapa de hormigón asfáltico con un contenido de cenizas de madera del 0% y del 5%, curados durante 24 horas y 28 días. Los resultados de la tabla indican que el agregado con un contenido de cenizas de madera del 0% y del 5% tiene una infiltración muy baja a una temperatura de 25 °C. El agua no se filtró a través de ninguna de las muestras en los 150 segundos de duración del ensayo.

V. DISCUSIÓN

El análisis exhaustivo realizado sobre las características físico-mecánicas del tratamiento superficial monocapa, siguiendo estándares internacionales como AASHTO y ASTM, así como los estándares peruanos NTP y MTC, reflejó un enfoque meticuloso y detallado en la evaluación de las propiedades de suelos y agregados. La incorporación de criterios normativos como MTC E-107/ASTM D-422 y C-117 para el análisis granulométrico, y ASTM C-136 para la granulometría de agregados, demostró una rigurosidad metodológica acorde con prácticas internacionales consolidadas, asegurando así la fiabilidad y comparabilidad de los resultados obtenidos a nivel global, lo cual fue crucial para la validación y aplicabilidad universal de las conclusiones.

Comparativamente, el estudio se alineó con investigaciones anteriores, como las realizadas por Salas et al. y Fernández y Velásquez, quienes también basaron sus trabajos en normativas internacionales como INVE, INVÍAS y ASTM. Sin embargo, los resultados del estudio difirieron en ciertos aspectos, atribuibles a variaciones en las condiciones locales, las características específicas de los materiales estudiados y las metodologías empleadas. Esta discrepancia no solo resaltó la importancia de la adaptabilidad local en la ingeniería civil, sino que también subrayó la necesidad de contextualizar las normas internacionales dentro de las realidades regionales.

En lo que respecta al análisis de los agregados, la determinación del índice de laminaridad y la proporción de caras fracturadas según ASTM D-5821 y BS-812 ofreció una comprensión integral de las características del material. Estos parámetros fueron fundamentales para predecir el comportamiento de los agregados en aplicaciones prácticas, como la construcción de carreteras y pavimentos. Al comparar estos resultados con investigaciones previas, como las de Neyra y Lapa, se observó una coherencia en la metodología, aunque con variaciones en los resultados, lo que pudo atribuirse a la diversidad en los tipos de agregados y las condiciones de prueba utilizadas.

La evaluación de partículas planas o alargadas (ASTM D-4791), el peso unitario (ASTM C-29) y la gravedad específica (ASTM C-127) de los agregados proporcionaron una visión completa y esencial para la correcta selección y uso de materiales en proyectos de ingeniería civil. Los métodos empleados para determinar el contenido de humedad y los límites de consistencia, siguiendo MTC E-108/ASTM D-2216 y MTC E-111/ASTM D-4318, respectivamente, fueron cruciales para comprender las propiedades de compactación y estabilidad del suelo. Estos factores fueron críticos, especialmente en las pruebas Proctor modificadas (ASTM D-1557, MTC E-115) y la evaluación CBR (MTC E 132, ASTM D-1883), que indicaron la capacidad de carga y la resistencia del suelo.

En relación con el Objetivo Específico 2, el estudio sobre la concentración óptima de cenizas de madera para el tratamiento superficial en Chucuito-Puno fue de especial relevancia. La exploración de diferentes porcentajes de cenizas de madera y su impacto en las propiedades de los agregados, como se evidenció en las pruebas de adhesividad (NLT-313 Vialit), representó un importante avance en la búsqueda de alternativas sostenibles y eficientes para materiales de construcción. Comparando con estudios anteriores, como el de Lapa, que analizó los efectos de la integración de cenizas de madera en diferentes proporciones, el estudio aportó nuevos insights sobre el uso de materiales reciclados en la ingeniería civil, enfocándose en cenizas de madera.

Finalmente, en el objetivo específico 03, la evaluación del impacto de las cenizas de madera en la impermeabilización del tratamiento superficial ofreció una perspectiva valiosa sobre la viabilidad de estos materiales en aplicaciones de ingeniería civil. La disminución en la permeabilidad del suelo con el aumento de la proporción de cenizas de madera fue un hallazgo notable. Este resultado se alineó con estudios anteriores, como el de Arauja y Rodríguez, y amplió el conocimiento sobre el uso de materiales alternativos en la construcción de carreteras y pavimentos. La comparación con estudios como el de Fernández y Velásquez sobre el impacto de la ceniza de cáscara de arroz en la capa granular del suelo del pavimento, reforzó la idea de que las cenizas de madera pueden ser un aditivo efectivo para mejorar las propiedades de impermeabilización de los suelos en aplicaciones de construcción.

VI. CONCLUSIONES

Conclusión general:

El estudio realizado en Chucuito - Puno evidenció la importancia de mejorar la monocapa, tanto en términos de propiedades físico-mecánicas como de impermeabilización. Se destacó que la optimización de la monocapa, mediante la incorporación de cenizas de madera, es clave para mejorar la durabilidad y eficacia de los pavimentos, abriendo posibilidades para el uso innovador de materiales reciclados y sostenibles en la ingeniería civil.

Hipótesis 1:

Se demostró en Chucuito - Puno que el tratamiento superficial monocapa no alcanzó las propiedades físico-mecánicas ideales, en particular en lo que respecta al valor de soporte relativo (CBR). Los valores de CBR obtenidos, que se situaron por debajo del 80% deseado, destacaron la necesidad urgente de mejorar las técnicas de construcción y de optimizar la composición de monocapa para asegurar pavimentos flexibles más eficientes y duraderos.

Hipótesis 2:

Se llega a la conclusión de que la incorporación de cenizas de madera al 1%, 3%, y 5% en el tratamiento superficial de la monocapa Chucuito-Puno 2023 no afecta negativamente la adhesividad del agregado al ligante asfáltico, manteniendo un porcentaje constante del 100.0%. Sin embargo, se destaca que estos resultados podrían no reflejar completamente el desempeño en condiciones reales, y se propone realizar un seguimiento prolongado in situ para obtener una evaluación más completa. A pesar de la estabilidad observada en el laboratorio, se advierte la necesidad de cautela y un monitoreo continuo en condiciones reales para comprender totalmente el rendimiento de las mezclas con cenizas de madera en el tratamiento superficial de la monocapa.

Hipótesis 3:

Se llega a la conclusión de que, al examinar la influencia de la ceniza de madera en la impermeabilización del tratamiento superficial monocapa Chucuito - Puno 2023, los ensayos de infiltración a temperaturas de 8 °C y 25 °C, según la norma ASTM C 1701, indican una mínima infiltración en muestras sin cenizas y con un 5% de ceniza de madera. En ambos casos, el agua no se filtra a través de

ninguna muestra durante los 150 segundos del ensayo, sugiriendo una resistencia efectiva a la infiltración en condiciones de temperatura evaluadas. No obstante, dada la limitación de observación en el laboratorio, se sugiere realizar pruebas adicionales in situ para una evaluación más completa de la impermeabilización de las mezclas con cenizas de madera en el tratamiento superficial monocapa.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda la incorporación de un 3% de ceniza de madera en el tratamiento superficial monocapa para mejorar significativamente su impermeabilidad. Esta proporción ha demostrado ser eficaz en aumentar la resistencia a la penetración del agua, lo que es especialmente beneficioso en áreas propensas a la humedad o con problemas de drenaje.
- Para construcciones de pavimentos flexibles en regiones en temporadas de lluvias intensas y niveles freáticos altos, se aconseja utilizar un 5% de cenizas como acelerante de fraguado. Esta medida puede ayudar a acortar los tiempos de construcción y mejorar la resistencia temprana del pavimento, garantizando una mayor durabilidad y eficiencia en el proceso constructivo.
- Se sugiere la adición de entre un 3% y un 5% de cenizas al tratamiento superficial monocapa para promover un fraguado más rápido. Esta práctica es particularmente útil para minimizar los tiempos de inactividad en la construcción y para asegurar una rápida puesta en servicio de las carreteras, mejorando así la eficiencia en proyectos de pavimentación.
- Al aplicar cenizas para mejorar la impermeabilización, es crucial monitorizar y controlar el impacto en las capas adyacentes del pavimento flexible. Es importante asegurarse de que la adición de cenizas de madera no comprometa la integridad estructural ni la funcionalidad de las capas inferiores o superiores del pavimento. Una evaluación detallada y un diseño cuidadoso son necesarios para prevenir posibles deterioros o daños derivados de cambios en las propiedades del material.

REFERENCIAS

- ALVAREZ-RISCO, A., 2020. Clasificación de las investigaciones. ,
- ARAUJO BARON, Y. y RODRIGUEZ CRUZ, C.E., 2019. Evaluación de biomasa de ceniza de bagazo de caña como una alternativa sostenible para la estabilización de una base granular. [en línea]. [consulta: 27 diciembre 2023]. Disponible en: <https://repository.ucc.edu.co/items/c373ee28-c499-42bb-9257-49b67a521296>.
- ARIAS GONZÁLES, J.L. y COVINOS GALLARDO, M., 2021. *Diseño y metodología de la investigación*. S.l.: s.n. vol. 6.
- ARMIJOS, R., JÁCOME, S., SANTAMARIA, T., TOBAR, G., DUQUE, F., SALCEDO, D., ORTIZ, D., DELGADO, N., WONG, D., TRUJILLO, M., BRAVO, F. y VERA, V., 2023. *Metodologías y Estrategias didácticas en programas de formación tecnólogos administrativos*. S.l.: s.n.
- BERNDT, A.E., 2020. Sampling Methods. *Journal of Human Lactation*, vol. 36, no. 2, ISSN 15525732. DOI 10.1177/0890334420906850.
- BIKOKO, T.G.L.J., 2021. A cameroonian study on mixing concrete with wood ashes: Effects of 0-30% wood ashes as a substitute of cement on the strength of concretes. *Revue des Composites et des Materiaux Avances*, vol. 31, no. 5, ISSN 19585799. DOI 10.18280/rcma.310502.
- BŁOŃSKA, E., PRAŻUCH, W., BORÓN, P. y LASOTA, J., 2023. Effects of wood ash on the soil properties and fungal community structure in a beech forest in Poland. *Geoderma Regional*, vol. 34, ISSN 23520094. DOI 10.1016/j.geodrs.2023.e00676.
- BOSTLEY, M.A., 2019. Basics of research design: A guide to selecting appropriate research design. *International Journal of Contemporary Applied Researches*, vol. Vol. 6, No, no. 5,

- COVEÑA, A., CEVALLOS, J., CHANCAY, D. y CEDEÑO, J., 2020. Uso de la grava y su incidencia en la ingeniería civil. *ResearchGate*, vol. 1,
- DEIGHTON, H.D., REID, C., BASILIKO, N., HAZLETT, P.W. y WATMOUGH, S.A., 2021. Soil Water Responses to Wood Ash Addition to Acidic Upland Soils: Implications for Combatting Calcium Decline in Lakes. *Water, Air, and Soil Pollution*, vol. 232, no. 5, ISSN 15732932. DOI 10.1007/s11270-021-05146-8.
- FARRALL, S., 2021. Research Designs and Research Methods. *Critical Criminological Perspectives*. S.l.: s.n.,
- GALARZA VIERA, J.L., 2020. Fábrica de tierra estabilizada con adición de fibra del bagazo de caña aplicado a viviendas rurales = Earth manufacture stabilized with bagasse sugarcane fiber applied to rural housing. [en línea], [consulta: 28 diciembre 2023]. DOI 10.20868/UPM.THESIS.66501. Disponible en: <http://oa.upm.es/66501/>.
- GARCÍA, E.R.E., GARCÍA, C.E.E., GARCÍA, M.Y.E., GARCÍA, F.M.E., SALGUERO, J.E.E., GAIBOR, C.G.E., GAIBOR, E.M.E., ARAÚJO, K.A. y CARRENO, M.P.R., 2023. *Metodología de la investigación científica y educativa*. S.l.: s.n.
- ILYASU, R. y ETIKAN, I., 2021. Comparison of quota sampling and stratified random sampling. *Biometrics & Biostatistics International Journal*, vol. 10, no. 1, DOI 10.15406/bbij.2021.10.00326.
- JOHANSEN, J.L., NIELSEN, M.L., VESTERGÅRD, M., MORTENSEN, L.H., CRUZ-PAREDES, C., RØNN, R., KJØLLER, R., HOVMAND, M., CHRISTENSEN, S. y EKELUND, F., 2021. The complexity of wood ash fertilization disentangled: Effects on soil pH, nutrient status, plant growth and cadmium accumulation. *Environmental and Experimental Botany*, vol. 185, ISSN 00988472. DOI 10.1016/j.envexpbot.2021.104424.

- LAPA RAMOS, C.E., 2019. Estabilización de bases granulares con fibra de caucho reciclado tallado. *Universidad Continental* [en línea], [consulta: 27 diciembre 2023]. Disponible en: <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/5122>.
- LEE, J., CHOI, J., SHIN, Y. y SIM, S.H., 2023. Estimation of Water Stagnation in Asphalt-Overlaid Bridges Using Ground-Penetrating Radar. *Structural Control and Health Monitoring*, vol. 2023, ISSN 15452263. DOI 10.1155/2023/7280555.
- LIU, Q., LI, W., ZHAO, G., JIA, Z., AN, W., WANG, J. y MU, M., 2022. Effects of gravel-sand mulching and irrigation on soil hydrothermal conditions and fruit yield in ecological jujube forests on degraded field. *Journal of Agricultural Resources and Environment*, vol. 39, no. 5, ISSN 20956819. DOI 10.13254/j.jare.2022.0133.
- MARTÍNEZ-GARCÍA, R., JAGADESH, P., ZAID, O., ŞERBĂNOIU, A.A., FRAILE-FERNÁNDEZ, F.J., DE PRADO-GIL, J., QAIDI, S.M.A. y GRĂDINARU, C.M., 2022. *The Present State of the Use of Waste Wood Ash as an Eco-Efficient Construction Material: A Review*. 2022. S.l.: s.n.
- MEDINA, M., ROJAS, R., BUSTAMANTE, W., LOAIZA, R., MARTEL, C. y CASTILLO, R., 2023. *Metodología de la investigación: Técnicas e instrumentos de investigación*. S.l.: s.n.
- MILLER, A.C., ROHLOFF, P., BLAKE, A., DHAENENS, E., SHAW, L., TUIZ, E., GRANDESSO, F., MENDOZA MONTANO, C. y THOMSON, D.R., 2020. Feasibility of satellite image and GIS sampling for population representative surveys: a case study from rural Guatemala. *International Journal of Health Geographics*, vol. 19, no. 1, ISSN 1476072X. DOI 10.1186/s12942-020-00250-0.
- MUÑOZ PEREZ, S.P., VALLEJOS PELTROCHE, D.G. y PÉREZ VILLANUEVA, J.A., 2023. Revisión sistemática de las propiedades físico-mecánicas del hormigón con

- incorporación de Ceniza de Madera. *INGENIERÍA Y COMPETITIVIDAD*, vol. 25, no. 2, ISSN 0123-3033. DOI 10.25100/iyv.v25i2.11825.
- NEYRA LEÓN, M.L., 2020. *Efecto de la incorporación de las cenizas de caña de azúcar en subrasantes areno-limosas* [en línea]. 1 junio 2020. S.l.: Universidad de Piura. [consulta: 27 diciembre 2023]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/11042/4478>.
- PEREZ SALDAÑA, J., 2023. Alerta en Puno: Fuerte granizada y lluvias torrenciales dejan las calles completamente inundadas - Infobae. [en línea]. [consulta: 28 diciembre 2023]. Disponible en: <https://www.infobae.com/peru/2023/12/07/alerta-en-puno-fuerte-granizada-y-lluvias-torrenciales-dejan-las-calles-completamente-inundadas/>.
- SALAS PÉREZ, C., COY CASTRO, D., ACUÑA RAMÍREZ, K., PÁEZ CUERVO, L. y UPEGUI, E., 2019. Crecimiento urbano e impermeabilización del suelo alrededor de la Reserva Forestal Thomas van der Hammen, en la ciudad de Bogotá. *Ambiente y Desarrollo*, vol. 23, no. 44, ISSN 0121-7607. DOI 10.11144/JAVERIANA.AYD23-44.CUIS.
- SÁNCHEZ-CRUZ, M.L., CAPOTE RODRIGUEZ, G. y PATIÑO-QUIAZUA, J.P., 2023. Influencia del tipo de fibras y del tratamiento superficial de las fibras en las propiedades físicas y mecánicas de compuestos reforzados con fibras vegetales. *Ingeniería*, vol. 28, no. Suppl, ISSN 0121-750X. DOI 10.14483/23448393.18852.
- ŠEROVIĆ, R.M., JELIĆ, I. V., MATIĆ, B.I. y SAVIĆ, A.R., 2023. Utilization of solidified industrial hazardous waste in construction: A case study. *Hemjska Industrija*, vol. 77, no. 2, ISSN 22177426. DOI 10.2298/HEMIND222610001S.
- SOUZA, P.C., NASCIMENTO, E.S.S., MELO, L., OLIVEIRA, H.A., ALMEIDA, V.G.O. y MELO, F.M.C., 2022. Study for the incorporation of wood ash in soil-cement brick.

Ceramica, vol. 68, no. 385, ISSN 16784553. DOI 10.1590/0366-69132022683853052.

STACHURSKI, W., JANICA, J., JANUSZEWICZ, B., PAWŁOWSKI, W. y SAWICKI, J., 2023. Effect of grinding conditions of gears made of 20MnCr5 steel after single-piece flow heat treatment on the condition of the surface layer of the tooth working surface. *Archives of Materials Science and Engineering*, vol. 120, no. 2, ISSN 18972764. DOI 10.5604/01.3001.0053.6921.

SU, C., TAO, Y., XIE, X., PAN, H., YAN, F., ZENG, H., GAO, S. y HUANG, H., 2023. Novel physical techniques for soil salinization restoration based on gravel: performance and mechanism. *Journal of Soils and Sediments*, vol. 23, no. 3, ISSN 16147480. DOI 10.1007/s11368-022-03412-8.

TAFUR CHICOMA, A.S., 2020. Incorporación de cenizas de cáscara de arroz y caña de azúcar en la subrasante, Avenida Separadora Agroindustrial, Lima 2021. *Repositorio Institucional - UCV* [en línea], [consulta: 27 diciembre 2023]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/81660>.

TEKER ERCAN, E.E., ANDREAS, L., CWIRZEN, A. y HABERMEHL-CWIRZEN, K., 2023. *Wood Ash as Sustainable Alternative Raw Material for the Production of Concrete—A Review*. 2023. S.l.: s.n.

UGALDE BINDA, N. y BALBASTRE-BENAVENT, F., 2022. INVESTIGACIÓN CUANTITATIVA E INVESTIGACIÓN CUALITATIVA: BUSCANDO LAS VENTAJAS DE LAS DIFERENTES METODOLOGÍAS DE INVESTIGACIÓN. *Revista de Ciencias Económicas*, vol. 31, no. 2, ISSN 0252-9521. DOI 10.15517/rce.v31i2.12730.

- VALDIVIA BLUME, D., 2023. Nevada en Ticlio provoca despiste de tráiler y bloqueo de la Carretera Central: miles de vehículos y pasajeros varados - Infobae. [en línea]. [consulta: 28 diciembre 2023]. Disponible en:
<https://www.infobae.com/peru/2023/05/09/nevada-en-ticlio-provoca-despiste-de-trailer-y-bloqueo-de-la-carretera-central-miles-de-vehiculos-y-pasajeros-varados/>.
- VELÁSQUEZ BURITICA, A.M. y FERNÁNDEZ BAUTISTA, E.J., 2020. Análisis de la resistencia de una base granular reemplazando su material fino por ceniza de cascarilla de arroz. [en línea], [consulta: 27 diciembre 2023]. Disponible en:
<http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/7454>.
- VÍCTOR YEPES, 2019. Riegos con gravilla – El blog de Víctor Yepes. [en línea]. [consulta: 28 diciembre 2023]. Disponible en:
<https://victoryepes.blogs.upv.es/2019/04/05/riegos-con-gravilla/>.
- YANG, Z., TAN, J., WANG, X. y MA, R., 2023. Effect of Dripping Rate on Soil Water and Salt Redistribution and Growth and Yield of Watermelon in Gravel-mulched Field. *Journal of Irrigation and Drainage*, vol. 42, no. 4, ISSN 16723317. DOI 10.13522/j.cnki.ggps.2022324.
- YAPHARY, Y.L., HE, M., LU, G., ZOU, F., LIU, P., TSANG, D.C.W. y LENG, Z., 2023. Experiment and multiscale molecular simulations on the Cu absorption by biochar-modified asphalt: An insight into removal capability and mechanism of heavy metals from stormwater runoff. *Chemical Engineering Journal*, vol. 462, ISSN 13858947. DOI 10.1016/j.cej.2023.142205.
- ZHANG, X., TANG, B., CAO, X., YANG, X., TANG, N. y ZHU, H., 2023. *Research Progress on VOCs Release Characteristics and Inhibition Strategies of Road Asphalt Materials*. 2023. S.l.: s.n.

ZHAO, W., WANG, Y., HU, J., LI, Z., ZHAO, Y. y QI, G., 2022. Changes in soil-water content and heat transport under different simulated systems of drip irrigation in gravel-mulched fields. *Water Supply*, vol. 22, no. 1, ISSN 16070798. DOI 10.2166/ws.2021.262.

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	Metodología
Problema General:	Objetivo general:	Hipótesis general:					
¿Cómo mejorará la adición de ceniza de madera las propiedades impermeabilizantes y físico-mecánicas en el tratamiento superficial de la monocapa Chucuito-Puno 2023?	Analizar si la adición de cenizas de madera en la impermeabilización y atributos que son físicos y mecánicos del tratamiento superficial monocapa Chucuito - Puno 2023	La adición de ceniza de madera influirá significativamente en la impermeabilización y en las propiedades físico-mecánicas del tratamiento superficial monocapa Chucuito - Puno 2023	Ceniza de madera	Dosificación	Porcentaje de adición de ceniza de madera: 1 %, 3 % y 5 %		Tipo de investigación Aplicada Enfoque de investigación Cuantitativa El diseño de la investigación Experimental cuasi experimental
Problemas Específicos:	Objetivos específicos:	Hipótesis específicas:					
¿Serán adecuadas las propiedades físico-mecánicas en el tratamiento superficial monocapa Chucuito - Puno 2023?	Determinar las propiedades físico-mecánicas del tratamiento superficial monocapa Chucuito - Puno 2023	Las propiedades físico-mecánicas no serán aptas para el tratamiento superficial de monocapa Chucuito - Puno 2023	Propiedades físicas y mecánicas del tratamiento superficial de una sola capa	Propiedades	Granulometría, contenido de humedad, límites de consistencia, clasificación del suelo, contenido óptimo de humedad, máxima densidad seca, CBR	Fichas de registro de datos	El nivel de la investigación: Correlacional Población: Bases del pavimento granular. Muestra: Muestra de tratamiento superficial de la monocapa que tuvieron tratamiento de ceniza de madera Muestreo: No probabilístico
¿Cuál será la porción óptima de ceniza de madera para el tratamiento superficial de la monocapa Chucuito - Puno 2023?	Determinar la cantidad óptima de cenizas de madera para el tratamiento superficial monocapa Chucuito - Puno 2023	Las cantidades óptimas de ceniza de madera para el tratamiento superficial de monocapa influirán significativamente Chucuito - Puno 2023					
¿En qué medida influirá la ceniza de madera en la impermeabilización del tratamiento superficial monocapa Chucuito - Puno 2023?	Determinar la influencia de las cenizas de madera en la impermeabilización del tratamiento superficial monocapa Chucuito - Puno 2023.	La influencia de la ceniza de madera permitirá la impermeabilización en el tratamiento superficial monocapa Chucuito - Puno 2023.					

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LM-068-2023

Página 1 de 4

- Expediente** 0380
- Solicitante** TECNOLOGÍA CONTROL DE CALIDAD
LABORATORIO GEOTECNIA S.A.C.
- Dirección** JR. JUAN CHACORNAL NRO. 211 URB. EL
PACIFICO ET. DOS - LIMA - LIMA - SAN
MARTIN DE PORRES
- Instrumento calibrado** **BALANZA ELECTRÓNICA**
Marca OHAUS
Modelo NVT6201ZH
N° de serie 8342450053
Identificación No indica
Procedencia China
Capacidad máxima: 6200 g
División de escala (d) 0,1 g
Div. de verificación (e) 1 g
Capacidad mínima 2 g
Clase de exactitud III
- Fecha de calibración** 2023-06-08

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

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

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

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

2023-06-10



Firmado digitalmente por:
ASTETE SORIANO LUCIO FIR
42817545 hard
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 10/08/2023 10:38:27-0500

Jefe de Laboratorio



Revis

RT03-F01

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LM-068-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 2 de 4

6. Método de calibración:

La calibración se realiza por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones siguiendo el procedimiento PC-001 "Procedimiento para la calibración de instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático clase III y IIII (Edición 01) del INACAL - DM

7. Lugar de calibración

Laboratorio de suelos, concreto y asfalto de TCL GEOTECNIA S.A.C. ubicado en Mz. 12 Lt. 15 Calle La Madrid - Asociación San Francisco de Cayran III Etapa - San Martín de Porres - Lima

8. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	25,4 °C	25,6 °C
Humedad relativa	70 %	70 %

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
PESATEC	Juego de pesas de 1 mg a 2 kg de clase M1	1492-MPES-C-2022
TOTAL WEIGHT	Pesa de 5 kg de clase M2	CM-4235-2022

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- En el caso de ser necesario, ajustar la indicación en cero antes de cada medición.
- Se realizó el ajuste de las indicaciones de la balanza antes de la calibración. (Para la carga de 6000 g la balanza indicaba 6000,5 g)
- El valor de "e", capacidad mínima y la clase de exactitud se encuentran indicados en la balanza.
- Los resultados declarados en el presente certificado, se relacionan solamente con el ítem calibrado indicado en la página 1.
- En coordinación con el cliente, la variación de temperatura es 7 °C
- Se ha considerado como coeficiente de deriva de temperatura a $0,00001\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ según el procedimiento PC-001 "Procedimiento para la calibración de instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático clase III y IIII (Edición 01) del INACAL - DM.
- El cliente no cuenta con pesas patrones para realizar el ajuste de la balanza.
- El cliente no cuenta con la información de los certificados anteriores para la balanza a calibrar. Por lo tanto, la contribución de la incertidumbre de la deriva de la balanza no será considerada.

Revis

RT03-F01

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LM-068-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 3 de 4

11. Inspección Visual

Ajuste a cero	Tiene	Escala	No tiene
Oscilación libre	Tiene	Cursor	No tiene
Plataforma	Tiene	Nivelación	Tiene
Sistema de traba	Tiene		

12. Resultados de la medición

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

	Inicial	Final
Temperatura	25,5 °C	25,5 °C

	Inicial	Final
Humedad	69,0 %	69,0 %

Carga L1	3 000,00 g	
I	ΔL	E
g	g	g
3 000,0	0,07	-0,02
3 000,0	0,05	0,00
3 000,0	0,10	-0,05
3 000,1	0,06	0,09
3 000,0	0,09	-0,04
3 000,0	0,05	0,00
3 000,0	0,10	-0,05
3 000,0	0,08	-0,03
3 000,0	0,06	-0,01
3 000,1	0,07	0,08
Dif Máx. Encontrada	0,14	
EMP	3,0	

Carga L2	6 000,31 g	
I	ΔL	E
g	g	g
6 000,0	0,09	-0,35
6 000,1	0,07	-0,23
6 000,0	0,10	-0,36
6 000,0	0,08	-0,34
6 000,0	0,05	-0,31
6 000,0	0,06	-0,32
6 000,1	0,10	-0,26
6 000,0	0,09	-0,35
5 999,9	0,06	-0,42
6 000,0	0,08	-0,34
Dif Máx. Encontrada	0,19	
EMP	3,0	

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

3	4
2	5

	Inicial	Final
Temperatura	25,5 °C	25,6 °C

	Inicial	Final
Humedad	69,0 %	69,0 %

Pos. Carga	Determinación del Error en Cero E ₀				Determinación del Error Corregido E _c				
	C. mínima g	I g	ΔL g	E ₀ g	Carga L g	I g	ΔL g	E g	E _c g
1	1,00	1,0	0,09	-0,04	2 000,00	2 000,0	0,09	-0,04	0,00
2		1,0	0,05	0,00		2 000,0	0,07	-0,02	-0,02
3		1,0	0,07	-0,02		2 000,0	0,10	-0,05	-0,03
4		1,0	0,10	-0,05		2 000,1	0,08	0,07	0,12
5		0,9	0,08	-0,13		2 000,0	0,05	0,00	0,13
Error máximo permitido (±)									2,0

Revis

RT03-F01

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LM-068-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 4 de 4

ENSAYO DE PESAJE

Temperatura	Inicial 25,6 °C	Final 25,7 °C	Humedad	Inicial 69,0 %	Final 69,0 %
-------------	--------------------	------------------	---------	-------------------	-----------------

Carga L g	Carga creciente				Carga decreciente				EMP g
	I g	ΔL g	E g	Ec g	I g	ΔL g	E g	Ec g	
E ₀	1,00	1,0	0,10	-0,05					
	2,00	2,0	0,09	-0,04	0,01	2,0	0,10	-0,05	0,00
	600,00	600,0	0,07	-0,02	0,03	600,1	0,09	0,06	0,11
	1 200,00	1 200,0	0,05	0,00	0,05	1 200,0	0,05	0,00	0,05
	1 800,00	1 800,0	0,08	-0,03	0,02	1 800,0	0,07	-0,02	0,03
	2 500,00	2 500,0	0,09	-0,04	0,01	2 500,0	0,08	-0,03	0,02
	3 000,00	3 000,0	0,05	0,00	0,05	2 999,9	0,10	-0,15	-0,10
	4 500,00	4 500,0	0,07	-0,02	0,03	4 500,0	0,06	-0,01	0,04
	5 000,31	5 000,1	0,10	-0,26	-0,21	5 000,0	0,05	-0,31	-0,26
	6 000,31	6 000,1	0,05	-0,21	-0,16	6 000,1	0,07	-0,23	-0,18
	6 200,31	6 200,0	0,09	-0,35	-0,30	6 200,0	0,09	-0,35	-0,30

L: Carga puesta sobre la plataforma de la balanza
I: Lectura de indicación de la balanza
E: Error encontrado
EMP: Error máximo permitido

E₀: Error en cero
Ec: Error corregido
ΔL: Carga incrementada

Incertidumbre expandida de medición

$$U_R = 2 \times \sqrt{0,20 \text{ g}^2 + 0,00000000093 \text{ * R}^2}$$

Lectura corregida de la balanza

$$R_{\text{corregida}} = R + 0,0000030 \text{ * R}$$

R: Indicación de la lectura de la balanza en g

13. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración.

FIN DEL DOCUMENTO

Revis

RT03-F01

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LM-070-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 1 de 4

- Expediente** 0380
- Solicitante** TECNOLOGÍA CONTROL DE CALIDAD
LABORATORIO GEOTECNIA S.A.C.
- Dirección** JR. JUAN CHACORNAL NRO. 211 URB. EL
PACIFICO ET. DOS - LIMA - LIMA - SAN
MARTIN DE PORRES
- Instrumento calibrado** **BALANZA ELECTRÓNICA**
Marca OHAUS
Modelo R2000-30
N° de serie 8342167647
Identificación No indica
Procedencia China
Capacidad máxima: 30000 g
División de escala (d) 1 g
Div. de verificación (e) 10 g
Capacidad mínima 200 g
Clase de exactitud III
- Fecha de calibración** 2023-06-08

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

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

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

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

2023-06-10



Firmado digitalmente por:
ASTETE SORIANO LUCIO FIR
42817545 hard
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 10/08/2023 10:38:53-0500

Jefe de Laboratorio



Revis

RT03-F01

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LM-070-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 2 de 4

6. Método de calibración:

La calibración se realiza por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones siguiendo el procedimiento PC-001 "Procedimiento para la calibración de instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático clase III y IIII (Edición 01) del INACAL - DM

7. Lugar de calibración

Laboratorio de suelos, concreto y asfalto de TCL GEOTECNIA S.A.C. ubicado en Mz. 12 Lt. 15 Calle La Madrid - Asociación San Francisco de Cayran III Etapa - San Martín de Porres - Lima

8. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	25,4 °C	25,5 °C
Humedad relativa	66 %	66 %

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
PESATEC	Juego de pesas de 1 mg a 2 kg de clase M1	1492-MPES-C-2022
TOTAL WEIGHT	Pesa de 5 kg de clase M2	CM-4235-2022
TOTAL WEIGHT	Pesa de 10 kg de clase M2	CM-4188-2022
TOTAL WEIGHT	Pesas de 20 kg de clase M2	CM-4187-2022

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- En el caso de ser necesario, ajustar la indicación en cero antes de cada medición.
- Se realizó el ajuste de las indicaciones de la balanza antes de la calibración. (Para la carga de 30000 g la balanza indicaba 30002 g)
- El valor de "e", capacidad mínima y la clase de exactitud se encuentran indicados en la balanza.
- Los resultados declarados en el presente certificado, se relacionan solamente con el ítem calibrado indicado en la página 1.
- En coordinación con el cliente, la variación de temperatura es 7 °C
- Se ha considerado como coeficiente de deriva de temperatura a 0,00001 °C⁻¹ según el procedimiento PC-001 "Procedimiento para la calibración de instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático clase III y IIII (Edición 01) del INACAL - DM.
- El cliente no cuenta con pesas patrones para realizar el ajuste de la balanza.
- El cliente no cuenta con la información de los certificados anteriores para la balanza a calibrar. Por lo tanto, la contribución de la incertidumbre de la deriva de la balanza no será considerada.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CA-LM-070-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 3 de 4

11. Inspección Visual

Ajuste a cero	Tiene	Escala	No tiene
Oscilación libre	Tiene	Cursor	No tiene
Plataforma	Tiene	Nivelación	Tiene
Sistema de traba	Tiene		

12. Resultados de la medición

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

	Inicial	Final
Temperatura	25,5 °C	25,5 °C

	Inicial	Final
Humedad	65,0 %	65,0 %

Carga L1	15 000,3 g	
I	ΔL	E
g	g	g
15 000	0,7	-0,5
15 000	0,8	-0,6
15 000	0,5	-0,3
15 000	0,7	-0,5
15 001	0,6	0,6
15 000	0,5	-0,3
15 000	0,7	-0,5
15 000	0,5	-0,3
15 001	0,8	0,4
15 000	0,6	-0,4
Dif Máx. Encontrada	1,2	
EMP	20	

Carga L2	30 001,0 g	
I	ΔL	E
g	g	g
30 000	0,8	-1,3
30 000	0,4	-0,9
30 000	0,5	-1,0
30 000	0,7	-1,2
30 001	0,8	-0,3
30 000	0,5	-1,0
30 001	0,7	-0,2
30 000	0,4	-0,9
29 999	0,5	-2,0
30 000	0,7	-1,2
Dif Máx. Encontrada	1,8	
EMP	30	

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

3	4
2	5

	Inicial	Final
Temperatura	25,5 °C	25,6 °C

	Inicial	Final
Humedad	65,0 %	65,0 %

Pos. Carga	Determinación del Error en Cero E ₀				Determinación del Error Corregido E _c				
	C. mínima g	I g	ΔL g	E ₀ g	Carga L g	I g	ΔL g	E g	E _c g
1	100,0	100	0,7	-0,2	10 000,0	10 000	0,5	0,0	0,2
2		100	0,5	0,0		10 000	0,7	-0,2	-0,2
3		100	0,8	-0,3		10 000	0,6	-0,1	0,2
4		100	0,6	-0,1		10 000	0,7	-0,2	-0,1
5		100	0,5	0,0		10 001	0,8	0,7	0,7
Error máximo permitido (±)									20

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LM-070-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 4 de 4

ENSAYO DE PESAJE

Temperatura	Inicial 25,5 °C	Final 25,6 °C	Humedad	Inicial 65,0 %	Final 65,0 %
-------------	--------------------	------------------	---------	-------------------	-----------------

Carga L g	Carga creciente				Carga decreciente				EMP g	
	I g	ΔL g	E g	Ec g	I g	ΔL g	E g	Ec g		
E ₀	100,0	100	0,7	-0,2						
	200,0	200	0,8	-0,3	-0,1	200	0,5	0,0	0,2	10
	3 000,0	3 000	0,5	0,0	0,2	3 000	0,7	-0,2	0,0	10
	6 000,3	6 000	0,7	-0,5	-0,3	6 000	0,6	-0,4	-0,2	20
	9 000,3	9 001	0,4	0,8	1,0	9 000	0,5	-0,3	-0,1	20
	12 000,0	12 000	0,6	-0,1	0,1	12 001	0,8	0,7	0,9	20
	15 000,3	15 000	0,5	-0,3	-0,1	15 000	0,4	-0,2	0,0	20
	17 000,3	17 000	0,8	-0,6	-0,4	17 000	0,7	-0,5	-0,3	20
	20 001,0	20 000	0,6	-1,1	-0,9	20 001	0,5	0,0	0,2	20
	25 001,3	25 001	0,7	-0,5	-0,3	25 000	0,6	-1,4	-1,2	30
	30 001,0	30 000	0,8	-1,3	-1,1	30 000	0,8	-1,3	-1,1	30

L: Carga puesta sobre la plataforma de la balanza
I: Lectura de indicación de la balanza
E: Error encontrado
EMP: Error máximo permitido

E₀: Error en cero
Ec: Error corregido
ΔL: Carga incrementada

Incertidumbre expandida de medición

$$U_R = 2 \times \sqrt{0,79 \text{ g}^2 + 0,000000010 \text{ * R}^2}$$

Lectura corregida de la balanza

$$R_{\text{corregida}} = R + 0,0000069 \text{ * R}$$

R: Indicación de la lectura de la balanza en g

13. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración.

FIN DEL DOCUMENTO

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LT-015-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 1 de 7

- Expediente:** 0380
- Solicitante:** TECNOLOGIA CONTROL DE CALIDAD LABORATORIO GEOTECNIA S.A.C.
- Dirección:** JR. JUAN CHACORNAL NRO. 211 URB. EL PACIFICO ET. DOS - LIMA-LIMA- SAN MARTIN DE PORRES
- Equipo:** **HORNO DE SECADO**
Marca: PERUTEST
Modelo: PT-H76
N° de serie: 196
Procedencia: PERÚ
Identificación: NO INDICA
Ubicación: Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto de TCL GEOTECNIA SAC

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

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

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

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Descripción	Dispositivo de control	Instrumento de medición
Intervalo de indicación	0 °C a 300 °C	0 °C a 300 °C
Resolución	0,1 °C	0,1 °C
Tipo	DIGITAL	DIGITAL

- Fecha de calibración** 2023-06-08

Fecha de Emisión

2023-06-15



Firmado digitalmente por:
BARTOLO CHUQUIBALA JUAN
CARLOS FIR 42443885 hard
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 17/08/2023 12:13:27-0500



Jefe del Laboratorio

Revisión 00

RT03-F01

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LT-015-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 2 de 7

6. Método de calibración

La calibración se efectuó por comparación directa con termómetros calibrados que tiene trazabilidad a la Escala Internacional de Temperatura de 1990 (EIT 90), se utilizó el Procedimiento para la Calibración de Medios Isotérmicos con aire como Medio Termostático PC-018 2da edición.

7. Lugar de calibración

Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto de TCL GEOTECNIA SAC Ubicado en Mz. 12 Lt. 15 Calle la Madrid, Asociación San Francisco de Cayran III etapa San Martín de Porres-Lima

8. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	25,8 °C	26,2 °C
Humedad relativa	72,0 %	72,0 %

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
SAT	Termómetro digital con 10 sensores tipo K (CH01 al CH10) con incertidumbre en el orden de 0,15 °C a 0,16 °C	LT-0417-2023

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento de medición.
- Antes de la calibración no se realizó algún tipo de ajuste.
- La carga para la medición consistió de muestras con muestras.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LT-015-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 3 de 7

11. Resultados de la medición

Temperatura ambiental promedio: 25,8 °C
Tiempo de calentamiento y estabilización del equipo: 2 horas
El controlador se seteo en: 110 °C

TEMPERATURA DE TRABAJO DE 110 °C ± 5 °C

Tiempo min	Term. del equipo °C	TEMPERATURAS EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C)										T. prom °C	T _{máx} - T _{mín} °C
		NIVEL SUPERIOR					NIVEL INFERIOR						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00	110,0	107,0	109,5	109,5	106,5	107,2	113,4	113,9	114,3	114,0	114,5	111,0	8,0
02	110,0	107,2	109,6	109,4	106,8	107,2	113,4	113,9	114,2	113,7	114,5	111,0	7,7
04	110,0	107,2	109,6	109,5	107,0	107,3	113,1	113,9	114,3	114,1	114,6	111,1	7,6
06	110,0	107,1	109,6	109,4	106,7	107,2	113,3	113,8	114,2	114,0	114,5	111,0	7,8
08	110,0	107,1	109,6	109,5	106,8	107,2	113,4	113,8	114,2	114,0	114,4	111,0	7,6
10	110,0	107,1	109,6	109,4	106,9	107,1	113,1	113,8	114,2	113,9	114,5	111,0	7,6
12	110,0	107,2	109,7	109,5	106,6	107,2	113,3	113,8	114,1	114,1	114,5	111,0	7,9
14	110,0	107,1	109,6	109,4	106,6	107,1	113,3	113,8	114,0	113,9	114,4	110,9	7,8
16	110,0	107,2	109,6	109,5	106,6	107,2	113,3	113,9	114,2	114,0	114,6	111,0	8,0
18	110,0	107,1	109,6	109,5	106,7	107,2	113,2	113,9	114,2	114,0	114,4	111,0	7,7
20	110,0	107,2	109,6	109,5	106,6	107,3	113,3	113,7	114,1	114,0	114,4	111,0	7,8
22	110,0	107,1	109,7	109,5	106,7	107,2	113,5	114,0	114,2	114,0	114,5	111,0	7,8
24	110,0	107,2	109,6	109,5	107,0	107,2	113,2	113,8	114,2	113,9	114,4	111,0	7,4
26	110,0	107,2	109,7	109,4	106,6	107,2	113,4	113,9	114,3	114,1	114,6	111,0	8,0
28	110,0	107,3	109,7	109,5	106,6	107,3	113,5	113,9	114,2	114,1	114,6	111,1	8,0
30	110,0	107,2	109,6	109,4	106,7	107,2	113,2	113,8	114,2	113,8	114,6	111,0	7,9
32	110,0	107,2	109,7	109,5	106,8	107,2	113,4	113,8	114,2	113,8	114,4	111,0	7,6
34	110,0	107,2	109,6	109,4	106,5	107,2	113,4	113,8	114,2	113,9	114,5	111,0	8,0
36	110,0	107,2	109,7	109,6	106,5	107,2	113,3	113,9	114,2	114,0	114,6	111,0	8,1
38	110,0	107,2	109,7	109,4	106,7	107,2	113,3	113,7	114,1	113,8	114,4	111,0	7,7
40	110,0	107,2	109,6	109,4	106,7	107,1	113,3	113,7	114,1	114,0	114,3	110,9	7,6
42	110,0	107,2	109,7	109,5	106,7	107,2	113,1	113,8	114,1	113,9	114,4	111,0	7,7
44	110,0	107,2	109,7	109,5	106,4	107,2	113,2	113,8	114,2	114,1	114,6	111,0	8,2
46	110,0	107,2	109,7	109,5	106,7	107,3	113,6	113,8	114,1	113,9	114,4	111,0	7,7
48	110,0	107,1	109,6	109,4	106,7	107,1	113,5	113,8	114,0	113,6	114,5	110,9	7,8
50	110,0	107,2	109,6	109,4	107,0	107,2	113,5	113,8	114,2	113,8	114,4	111,0	7,4
52	110,0	107,2	109,7	109,5	106,8	107,2	113,4	113,9	114,3	114,1	114,6	111,1	7,8
54	110,0	107,2	109,6	109,4	106,5	107,1	113,4	113,8	114,2	113,7	114,3	110,9	7,8
56	110,0	107,1	109,6	109,5	106,8	107,2	113,2	114,0	114,1	113,7	114,6	111,0	7,8
58	110,0	107,2	109,7	109,6	106,5	107,2	113,6	113,9	114,1	113,9	114,5	111,0	8,0
60	110,0	107,2	109,7	109,5	106,9	107,2	113,4	113,9	114,2	113,9	114,3	111,0	7,4
T. PROM		107,2	109,6	109,5	106,7	107,2	113,3	113,8	114,2	113,9	114,5	111,0	
Temp. máxima		107,3	109,7	109,6	107,0	107,3	113,6	114,0	114,3	114,1	114,6		
Temp. mínima		107,0	109,5	109,4	106,4	107,1	113,1	113,7	114,0	113,6	114,3		
DTT		0,3	0,2	0,2	0,6	0,2	0,5	0,3	0,3	0,5	0,3		

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LT-015-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 4 de 7

PARÁMETROS	Valor °C	Incertidumbre °C
Máxima Temperatura medida	114,6	0,3
Mínima Temperatura medida	106,4	0,4
Desviación de Temperatura en el Tiempo	0,6	0,1
Desviación de Temperatura en el Espacio	7,7	0,4
Estabilidad medida	0,30	0,05
Uniformidad medida	8,2	0,4

- T. PROM : Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.
- T. prom : Promedio de las temperaturas en la diez posiciones de medición para un instante dado.
- T_{MAX} : Temperatura máxima.
- T_{MIN} : Temperatura mínima.
- DTT : Desviación de Temperatura en el Tiempo.

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

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

Incertidumbre expandida de las indicaciones del termómetro propio del Medio Isotermo : 0,06 °C

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

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

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

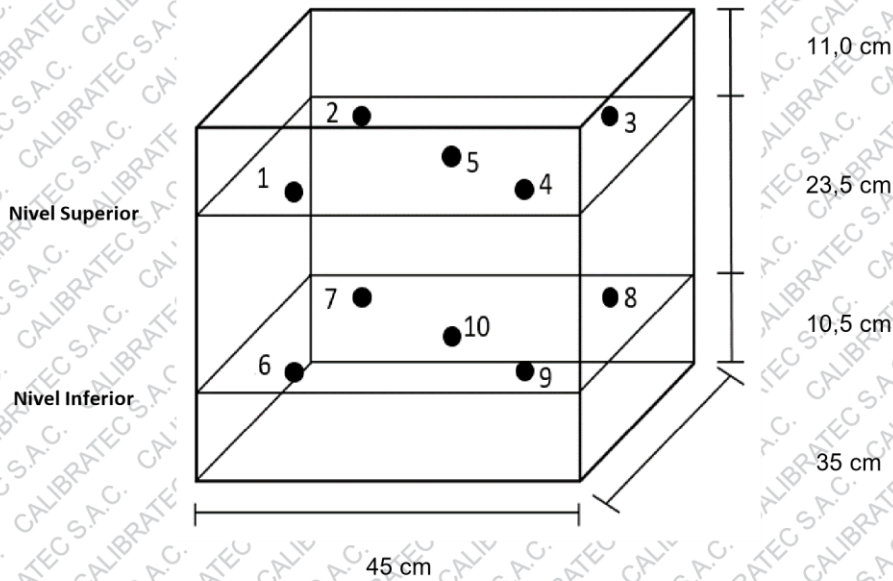
**Durante la calibración y bajo las condiciones en que ésta ha sido hecha, el medio isotermo
CUMPLE con los límites especificados de temperatura**

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LT-015-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 5 de 7

DISTRIBUCIÓN DE LOS SENSORES DEL EQUIPO



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

Los sensores del 1 al 5 están ubicados a 1,5 cm por encima de la carga más alta

Los sensores del 6 al 10 están ubicados a 1,5 cm por debajo de la parrilla inferior

Los sensores del 1 al 4 y 6 al 9 están ubicados 8 cm de las paredes laterales y a 8 cm del frente y fondo del equipo.

Incertidumbre

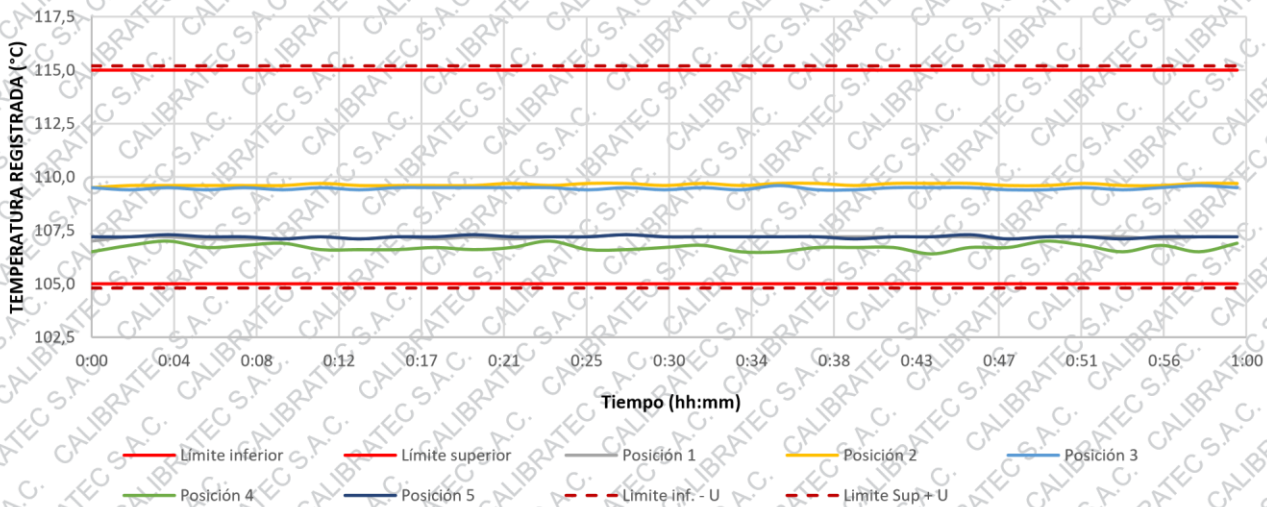
La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-LT-015-2023

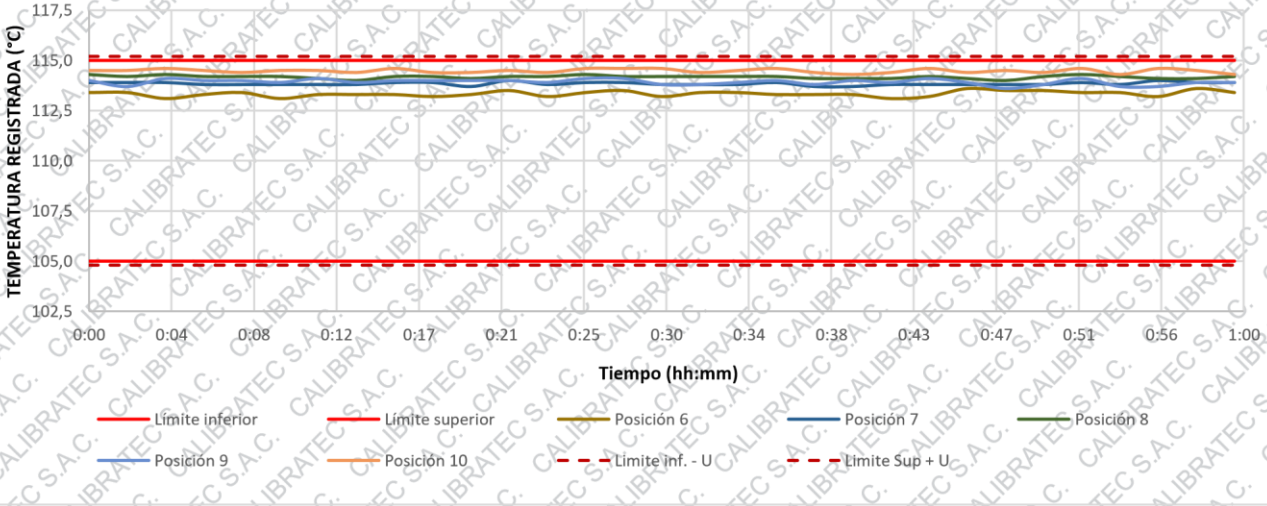
Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

TEMPERATURA DE TRABAJO DE 110 °C ± 5 °C

NIVEL SUPERIOR



NIVEL INFERIOR



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-LT-015-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 7 de 7

FOTOGRAFÍA INTERNA DEL EQUIPO



FIN DEL DOCUMENTO

La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad – INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, **OTORGA** el presente certificado de Acreditación a:

CALIBRATEC S.A.C.

Laboratorio de Calibración

En su sede ubicada en: Av. Chillón Lote 50 B Urb. Chacaracero, distrito de Comas, provincia de Lima y departamento de Lima.

Con base en la norma

NTP-ISO/IEC 17025:2017 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración

Facultándolo a emitir Certificados de Calibración con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-acr-06P-22F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número del registro indicado líneas abajo.

Fecha de Acreditación: 26 de mayo de 2023

Fecha de Vencimiento: 25 de mayo de 2026



Firmado digitalmente por AGUILAR
RODRIGUEZ Lidia Patricia FAU
20600283015 soft
Fecha: 2023-06-21 17:08:44
Motivo: Soy el Autor del Documento

PATRICIA AGUILAR RODRÍGUEZ

Directora (d.t.), Dirección de Acreditación - INACAL

Fecha de emisión: 19 de junio de 2023



Cédula N° : 159-2023-INACAL/DA
Contrato N°: : 029-2023/INACAL-DA
Registro N° : LC - 071

El presente certificado tiene validez con su correspondiente Alcance de Acreditación y cédula de notificación dado que el alcance puede estar sujeto a ampliaciones, reducciones, actualizaciones y suspensiones temporales. El alcance y vigencia debe confirmarse en la página web www.inacal.gob.pe/acreditacion/categoria/acreditados y/o a través del código QR al momento de hacer uso del presente certificado.

La Dirección de Acreditación del INACAL es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Multilateral (MLA) de Inter American Accreditation Cooperation (IAAC) e International Accreditation Forum (IAF) y del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo con la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC).

**TAMIZ CERTIFICADO PARA ENSAYO
TEST SIEVE CERTIFICATED**

GRAN TEST



Manufactured by **PINZUAR**

CONFORME CON LA NORMA

ACCORDING TO STANDARD

ASTM E11

	TRAMA SHUTE	URDIMBRE WARP	UNIDAD UNIT
ABERTURA PROMEDIO (+/- Y) AVERAGE OPENING	4,78	4,77	mm
ABERTURA MÁXIMA (+ X) MAXIMUM OPENING	5,01	4,94	mm
DESVIACIÓN ESTANDAR STANDARD DEVIATION	0,09	0,11	mm
DIÁMETRO PROMEDIO AVERAGE DIAMETER	1,50	1,48	mm
NÚMERO DE ABERTURAS MEDIDAS NUMBER OF MEASURED OPENINGS	15,00	15,00	N.A.
NÚMERO DE DIÁMETRO MEDIDOS DIAMETER NUMBER MEASURED	15,00	15,00	N.A.

MALLA No. 4
MESH No.

SERIE No. 96814
SERIAL No.

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN ± 10,55 µm
UNCERTAINTY OF MEASUREMENT

FECHA 2023 / 03 / 23
DATE

FIRMA
SIGN



ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Planta:

Km 2 vía Puente Piedra
Parque Industrial **San Isidro**
Bodega **C1**
Madrid, Cund.
Tel.: (57 1) 745 4555
www.pinzuar.com.co

PINZUAR
WWW.PINZUAR.COM.CO




**TAMIZ CERTIFICADO PARA ENSAYO
TEST SIEVE CERTIFICATED**

GRAN TEST



Manufactured by **PINZUAR**
CONFORME CON LA NORMA
ACCORDING TO STANDARD
ASTM E11

	TRAMA SHUTE	URDIMBRE WARP	UNIDAD UNIT
ABERTURA PROMEDIO (+/- Y) AVERAGE OPENING	2357,27	2391,36	µm
ABERTURA MÁXIMA (+ X) MAXIMUM OPENING	2445,13	2422,76	µm
DESVIACIÓN ESTANDAR STANDARD DEVIATION	40,90	29,28	µm
DIÁMETRO PROMEDIO AVERAGE DIAMETER	965,64	963,60	µm
NÚMERO DE ABERTURAS MEDIDAS NUMBER OF MEASURED OPENINGS	20,00	20,00	N.A.
NÚMERO DE DIÁMETRO MEDIDOS DIAMETER NUMBER MEASURED	20,00	20,00	N.A.
MALLA No. MESH No.	8		
SERIE No. SERIAL No.	99188		
INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN UNCERTAINTY OF MEASUREMENT	± 21,05	µm	
FECHA DATE	2023 / 07 / 17	FIRMA SIGN	

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Planta:
Km 2 vía Puente Piedra
Parque Industrial **San Isidro**
Bodega C1
Madrid, Cund.
Tel.: (57 1) 745 4555
www.pinzuar.com.co

PINZUAR.
WWW.PINZUAR.COM.CO



**TAMIZ CERTIFICADO PARA ENSAYO
TEST SIEVE CERTIFICATED**

GRAN TEST



Manufactured by **PINZUAR**
CONFORME CON LA NORMA
ACCORDING TO STANDARD
ASTM E11

	TRAMA SHUTE	URDIMBRE WARP	UNIDAD UNIT
ABERTURA PROMEDIO (+/- Y) AVERAGE OPENING	1199,07	1193,77	µm
ABERTURA MÁXIMA (+ X) MAXIMUM OPENING	1295,08	1268,29	µm
DESVIACIÓN ESTANDAR STANDARD DEVIATION	26,78	28,89	µm
DIÁMETRO PROMEDIO AVERAGE DIAMETER	569,22	590,44	µm
NÚMERO DE ABERTURAS MEDIDAS NUMBER OF MEASURED OPENINGS	40,00	40,00	N.A.
NÚMERO DE DIÁMETRO MEDIDOS DIAMETER NUMBER MEASURED	40,00	40,00	N.A.

MALLA No. 16
MESH No.

SERIE No. 96753
SERIAL No.

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN ± 13,97 µm
UNCERTAINTY OF MEASUREMENT

FECHA 2023 / 03 / 21
DATE

FIRMA
SIGN

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Planta:
Km 2 vía Puente Piedra
Parque Industrial **San Isidro**
Bodega **C1**
Madrid, Cund.
Tel.: (57 1) 745 4555
www.pinzuar.com.co

PINZUAR
WWW.PINZUAR.COM.CO

DISÑO DEL TRATAMIENTO SUPERFICIAL SIMPLE - MONOCAPA
MÉTODO DEL INSTITUTO DEL ASFALTO

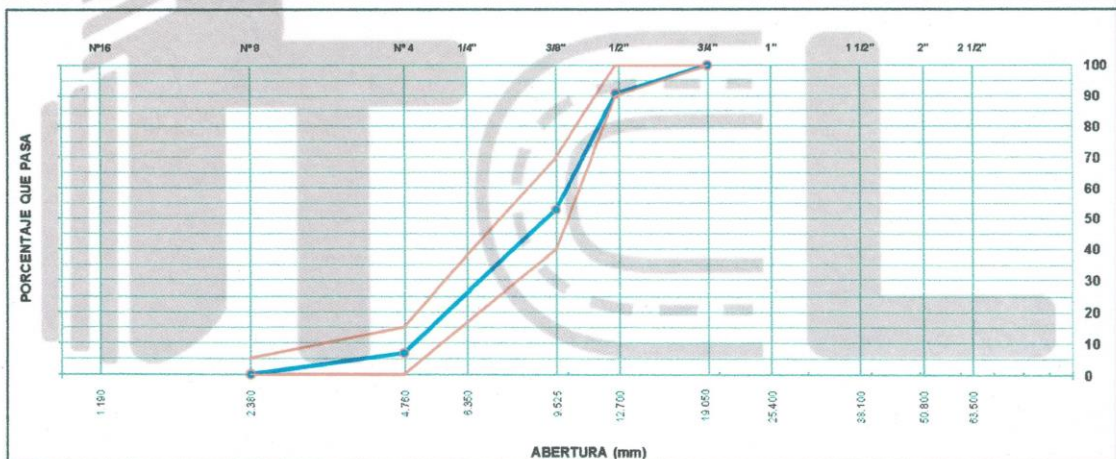
SOLICITANTE : Salvador Vásquez Alvarez
 TESIS : Adición de ceniza de madera en impermeabilización y propiedades físico - mecánicas en tratamiento superficial monocapa Chucuito - Puno 2023
 UBICACIÓN : Chucuito - Puno
 FECHA : 29 de Setiembre de 2023

1.- CARACTERIZACIÓN DEL AGREGADO GRUESO

CANTERA : Río Ilave
 DESCRIPCIÓN : PIEDRA TRITURADA T.M. 1/2"

2.- PRIMERA CAPA

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM C136)				EG 2013	
MALLAS	ABERTURA (mm)	% RETENIDO	% QUE PASA	HUSO "7"	
1"	25.000				
3/4"	19.000		100.0	100	100
1/2"	12.500	9.3	90.7	90	100
3/8"	9.500	37.7	53.0	40	70
1/4"	6.350	28.4	24.6		
# 4	4.750	17.8	6.9	0	15
# 8	2.360	6.8	0.1	0	5
# 16	1.180				



Ensayo	Resultado	Especificación
Peso unitario del agregado en estado suelto ASTM C-29 (kg/m3)	1539.5	--
Peso específico de la masa (Bulk specific gravity) ASTM C-127 (g/cm3)	2.757	--
Adhesividad mediante la placa Vialit NLT 313 (%)	90	--

2a.- Aplicación del Agregado

Tamaño máximo Agregado grueso triturado
 Tamaño medio del agregado (mm)
 $TM = 10^A \cdot ((\text{LOG } D1 - \text{LOG } D2) \cdot (50 - P2) / (P1 - P2)) + \text{LOG } D2$

	3/4
TM	9.1

Índice Laminar (Manual del instituto de asfalto MS-19 Apéndice D)
 Peso unitario del agregado en estado suelto (kg/m3)
 Peso específico bruto (Bulk specific gravity) (g/cm3)
 Promd. menor dimensión (Manual del instituto de asfalto MS-19 Apéndice D)
 $H = TM / (1.09 + (0.118 \cdot IL))$

IL	7.6
W	1539.5
G	2.757
H	7.7

Vacios en el agregado pétreo,
 $V = 1 - W / (1000 \cdot G)$

V	0.44
---	------

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
<p>Jefe de Laboratorio</p>	<p>TCL GEOTECNIA S.A.C. Suelos Concreto y Asfalto</p> <p>Raniero Pasayco Ganoza INGENIERO CIVIL CIP N° 251338</p> <p>Ingeniero de Suelos y Pavimentos</p>	<p>TCL GEOTECNIA S.A.C.</p> <p>CONTROL DE CALIDAD</p> <p>Control de Calidad TCL GEOTECNIA</p>

CONSTRUCCIÓN Y ADMINISTRACIÓN S.A.
PLANTA DE EMULSIONES ASFALTICAS
LABORATORIO DE EMULSIONES ASFALTICAS

DISEÑO DEL TRATAMIENTO SUPERFICIAL MONOCAPA
MÉTODO DEL INSTITUTO DEL ASFALTO

Factor de tránsito
 Corrección por textura (lt/m²)
 Factor de merma
 Corrección por absorción del agregado
 Asfalto residual, R = 60 %
 Factor de evaluación
 Factor de evaluación

T	0.85
S	0.0
E	1.06
A	0.05
R	0.6
M	1.0
K	0.9

2b.- Aplicación de la Emulsion Asfáltica (CRS-1)

B	1.81
---	------

$$B = K \left[\frac{(0.40HTV+S+A)}{R} \right]$$

2c.- Distribución del agregado



C	18.5
---	------

$$C = M [(1-0.4V) H G E]$$

RESUMEN	CALCULADO	
	L/m ²	AGREGADO PÉTREO Kg/m ²
TRATAMIENTO SUPERFICIAL SIMPLE - MONOCAPA	1.81	18.5

3.- OBS.:

- Las tasas de emulsion asfáltica (CRS-1) y agregado deberán ser ajustados de acuerdo al tramo de prueba en obra.
- La temperatura de aplicación se sugiere en un rango de 50 a 75 °C, y variara de acuerdo a la viscosidad del producto y las condiciones de aplicación en obra.
- Se tomo como referencia la granulometria enviado por el proyecto para la elaboracion del diseño.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
	TCL GEOTECNIA S.A.C. Suelos Concreto y Asfalto  ----- Raniro Tasayco Ganoza INGENIERO CIVIL CIP N° 261398	TCL GEOTECNIA S.A.C.  ----- CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad TCL GEOTECNIA

INFORME DE ENSAYO

TESIS : Adición de ceniza de madera en impermeabilización y propiedades físico - mecánicas en tratamiento superficial monocapa Chucuito - Puno 2023
 UBICACIÓN : Chucuito - Puno
 SOLICITANTE : Salvador Vásquez Álvarez
 REFERENCIA : TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA
 FECHA : 29 de Setiembre de 2023

REFERENCIAS DE LA MUESTRA
 IDENTIFICACIÓN : Cantera Río llave
 DESCRIPCIÓN : Grava triturada

MALLAS	GRANULOMETRIA ASTM D 422		ESPECIFICACIONES EG 2013 (SECCION 418) TRATAMIENTOS SUPERFICIALES					
	1º CAPA	2º CAPA	5	6	7	8	9	
1 1/2"								
1"		100						
3/4"		90 - 100		100				
1/2"	90.7	20 - 55		90 - 100	100			
3/8"	53.0	0 - 10		20 - 55	40 - 70	100		
# 4	6.9	0 - 5		0 - 15	0 - 15	85 - 100		100
# 8	0.1	0 - 5		0 - 5	0 - 5	10 - 30		85 - 100
# 16	0.1				0 - 5	0 - 10		10 - 40
# 50						0 - 5		0 - 10
								0 - 5

NOTA:

- 1.- El material para la primera capa debe cumplir con la gradación del HUSO (5 ó 6)
- 2.- El material para la segunda capa debe cumplir con la gradación del HUSO (7 ó 8)

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
	 Raniero Lasayco Ganoza INGENIERO CIVIL CIP Nº 21336	 CONTROL DE CALIDAD TCL GEOTECNIA S.A.C.
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad TCL GEOTECNIA

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Salvador Vásquez Alvarez
 UBICACIÓN : Chucuito - Puno
 TESIS : Adición de ceniza de madera en impermeabilización y propiedades físico - mecánicas en tratamiento superficial monocapa Chucuito - Puno 2023
 REFERENCIA : TRATAMIENTO SUPERFICIAL MONOCAPA
 FECHA : 29 de Setiembre de 2023

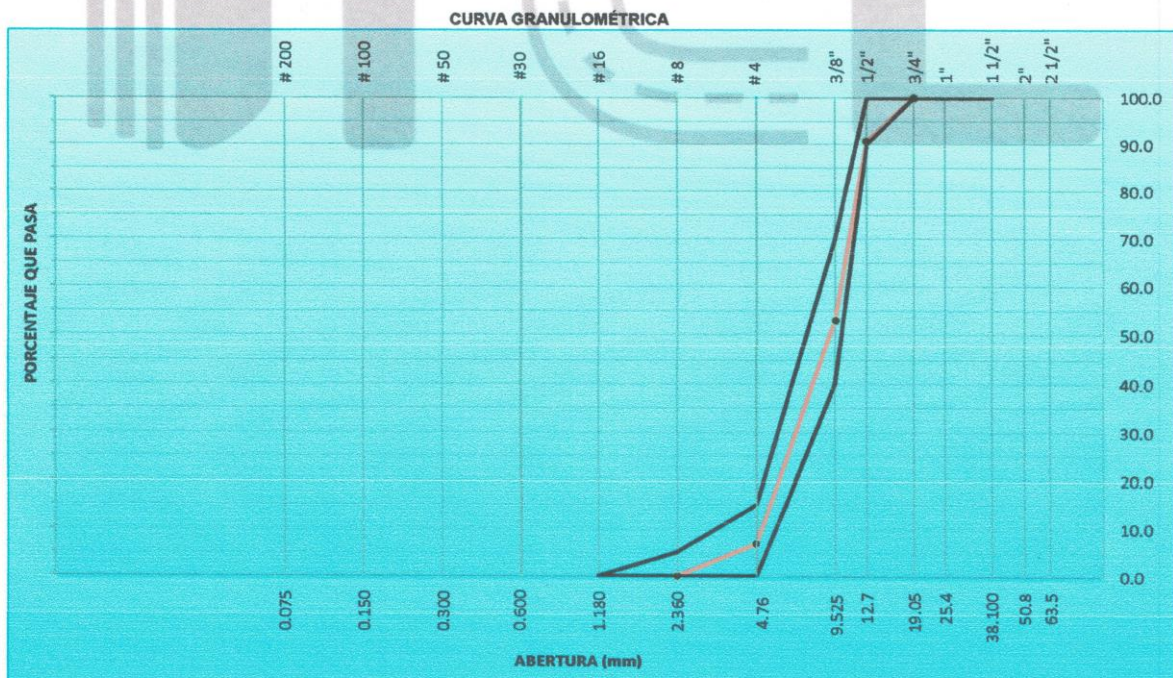
REFERENCIA DE LA MUESTRA

IDENTIFICACION : Cantera Rio llave
 DESCRIPCION : GRAVA TRITURADA

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS POR TAMIZADO (ASTM C-136)						
MALLAS						
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)	PESO RET. %	RET. PAR. %	RET. AC. %	PASA %	ESPECIFICACIÓN EG 2013 (SECCION 418)
3"	76.200					
2 1/2"	63.000					
2"	50.000					
1 1/2"	37.500					
1"	25.000					
3/4"	19.000				100.0	100
1/2"	12.500	206.8	9.3	9.3	90.7	90
3/8"	9.500	836.0	37.7	47.0	53.0	40
1/4"	6.350	631.0	28.4	75.4	24.6	70
# 4	4.750	394.0	17.8	93.1	6.9	0
# 8	2.360	150.0	6.8	99.9	0.1	0
# 16	1.180					
< # 16		2.2	0.1	100.0	0.0	

TRATAMIENTO BICAPA	
GRADACIÓN TIPO :	7

CARACTERIZACIÓN DEL AGREGADO	
Peso inicial	: 2220.0 gr
P.U.S.	: 1539.5 Kg/m ³
P.E. MASA	: 2.690 g/cm ³
P.E. SSS	: 2.714 g/cm ³
P.E. APAR.	: 2.757 g/cm ³
ABS	: 0.9 %
OBS:	



Elaborado por: Jefe de Laboratorio	Revisado por: TCL GEOTECNIA S.A.C. Suelos Concreto y Asfalto Rainero Tasayco Ganoza INGENIERO CIVIL GIP N° 261338 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por: TCL GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad TCL GEOTECNIA
---	--	---

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Salvador Vásquez Alvarez
 UBICACIÓN : Chucuito - Puno
 TESIS : Adición de ceniza de madera en impermeabilización y propiedades físico - mecánicas en tratamiento superficial monocapa Chucuito - Puno 2023
 REFERENCIA : TRATAMIENTO SUPERFICIAL MONOCAPA
 FECHA : 29 de Setiembre de 2023

REFERENCIA DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : Cantera Rio llave
 DESCRIPCIÓN : GRAVA TRITURADA

PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS ASTM D- 5821

A) CON UNA CARA FRACTURADA A MÁS


ABERTURA MALLA		PESO DE LA FRACCIÓN DE ENSAYO (g)	NÚMERO DE PARTÍCULAS	PARTÍCULAS FRACTURADAS (g)	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS (%)	GRADACIÓN ORIGINAL RETENIDO	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS
PASA (%)	RET. (%)						
1 1/2"	1"						
1"	3/4"						
3/4"	1/2"						
1/2"	3/8"	258.6		230.5	89.1	48.6	43.3
3/8"	1/4"	273.3		258.4	94.5	51.4	48.6
TOTAL						100.0	91.9

PORCENTAJE DE PARTÍCULAS CON UNA CARA DE FRACTURA 91.9 %

B) CON DOS A MÁS CARAS FRACTURADAS

ABERTURA MALLA		PESO DE LA FRACCIÓN DE ENSAYO (g)	NÚMERO DE PARTÍCULAS	PARTÍCULAS FRACTURADAS (g)	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS (%)	GRADACIÓN ORIGINAL RETENIDO	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS
PASA (%)	RET. (%)						
1 1/2"	1"						
1"	3/4"						
3/4"	1/2"						
1/2"	3/8"	258.6		209.0	80.8	48.6	39.3
3/8"	1/4"	273.3		217.3	79.5	51.4	40.8
TOTAL						100.0	80.1

PORCENTAJE DE PARTÍCULAS CON DOS A MÁS CARAS DE FRACTURA 80.1

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	TCL GEOTECNIA S.A.C. Suelos Concreto y Asfalto Raniero Tasayco Ganoza INGENIERO CIVIL SIP N° 261338 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	TCL GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad TCL GEOTECNIA

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Salvador Vásquez Alvarez
 UBICACIÓN : Chucuito - Puno
 TESIS : Adición de ceniza de madera en impermeabilización y propiedades físico - mecánicas en tratamiento superficial monocapa Chucuito - Puno 2023
 REFERENCIA : TRATAMIENTO SUPERFICIAL MONOCAPA
 FECHA : 29 de Setiembre de 2023

REFERENCIA DE LA MUESTRA




IDENTIFICACIÓN : Cantera Rio llave
 DESCRIPCIÓN : GRAVA TRITURADA

DETERMINACIÓN DE PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS ASTM D 4791

A.- PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS

TAMAÑO DEL AGREGADO		PESO RETENIDO (g)	PESO QUE PASA (g)	CHATAS Y ALARGADAS (%)	GRANULOMETRIA ORIGINAL RETENIDO	PROMEDIO CHATAS Y ALARGADAS
PASA (%)	RETENIDO (%)					
1 1/2"	1"					
1"	3/4"					
3/4"	1/2"					
1/2"	3/8"	258.6	27.5	10.63	48.62	5.2
3/8"	1/4"	273.3	16.8	6.15	51.38	3.2
TOTAL					100.0	8.3

PORCENTAJE DE PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS	8.3
---	------------

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	TCL GEOTECNIA S.A.C. Suelos Concreto y Asfalto  Raniero Tasayco Ganoza INGENIERO CIVIL CIP N° 251336 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	TCL GEOTECNIA S.A.C.  CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad TCL GEOTECNIA

INFORME DE ENSAYO


SOLICITANTE : Salvador Vásquez Alvarez
 UBICACIÓN : Chucuito - Puno
 TESIS : Adición de ceniza de madera en impermeabilización y propiedades físico - mecánicas en tratamiento superficial monocapa Chucuito - Puno 2023
 REFERENCIA : TRATAMIENTO SUPERFICIAL MONOCAPA
 FECHA : 29 de Setiembre de 2023

REFERENCIA DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : Cantera Rio llave
 DESCRIPCIÓN : GRAVA TRITURADA

INDICE LAMINAR (BS 812)

ABERTURA MALLA		PESO RETENIDO (g)	PESO QUE PASA (g)	LAMINARIDAD POR TAMIZ (%)	GRANULOMETRIA ORIGINAL RETENIDO	PROMEDIO LAMINARIDAD
PASA (%)	RET. (%)					
1 1/2"	1"					
1"	3/4"					
3/4"	1/2"					
1/2"	3/8"	258.6	16.3	6.3	48.6	3.1
3/8"	1/4"	273.3	24.4	8.9	51.4	4.6
			TOTAL		100.0	7.6
PORCENTAJE DE INDICE DE LAMINARIDAD						7.6

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 JEFE DE LABORATORIO	TCL GEOTECNIA S.A.C. Suelos Concreto y Asfalto Raniero Tasayco Ganoza INGENIERO CIVIL CIP N° 261336 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	TCL GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad TCL GEOTECNIA

INFORME DE ENSAYO


SOLICITANTE : Salvador Vásquez Alvarez
 UBICACIÓN : Chucuito - Puno
 TESIS : Adición de ceniza de madera en impermeabilización y propiedades físico - mecánicas en tratamiento superficial monocapa Chucuito - Puno 2023
 REFERENCIA : TRATAMIENTO SUPERFICIAL MONOCAPA
 FECHA : 29 de Setiembre de 2023

REFERENCIA DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : Cantera Rio llave
 DESCRIPCIÓN : GRAVA TRITURADA

PESOS UNITARIOS DEL AGREGADO GRUESO ASTM C 29

AGREGADO GRUESO	PESO UNITARIO SUELTO		
	1	2	3
N° DE ENSAYO			
PESO MATERIAL + MOLDE (gr.)	18773.0	18759.0	18763.0
PESO DE MOLDE (gr.)	10240.0	10240.0	10240.0
PESO NETO DE MATERIAL (gr.)	8533.0	8519.0	8523.0
VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	5537.5	5537.5	5537.5
PESO UNITARIO SUELTO (gr/cm ³)	1540.9	1538.4	1539.1
PROMEDIO DE PESO UNITARIO (gr/cm ³)	1539.5		

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	TCL GEOTECNIA S.A.C. Suelos Concreto y Asfalto Raniero Tasayco Ganoza INGENIERO CIVIL CIP N° 251338 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	TCL GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad TCL GEOTECNIA

INFORME DE ENSAYO




SOLICITANTE : Salvador Vásquez Alvarez
 UBICACIÓN : Chucuito - Puno
 TESIS : Adición de ceniza de madera en impermeabilización y propiedades físico - mecánicas en tratamiento superficial monocapa Chucuito - Puno 2023
 REFERENCIA : TRATAMIENTO SUPERFICIAL MONOCAPA
 FECHA : 29 de Setiembre de 2023

REFERENCIA DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : Cantera Rio llave
 DESCRIPCIÓN : GRAVA TRITURADA

GRAVEDAD ESPECÍFICA DEL AGREGADO GRUESO ASTM C 127

AGREGADO GRUESO	ENSAYO		PROMEDIO
	1	2	
A) Peso Material Saturado Superficialmente Seco (en el aire) gr.	1196.2	1126.5	
B) Peso Material Saturado Superficialmente Seco (en agua) gr.	755.5	711.4	
C) Volumen de Masa + Volumen de Vacios (= A-B)	440.7	415.1	
D) Peso de Material Seco gr.	1185.2	1116.7	
E) Volumen de Masa (= C- (A-D))	429.7	405.3	
P.E Bulk (base seca) (= D/C)	2.689	2.690	2.690
P.E Bulk (base saturada) (= A/C)	2.714	2.714	2.714
P.E Aparente (base seca) (= D/E)	2.758	2.755	2.757
% Absorción $=((A-D)/D) \times 100$	0.9	0.9	0.9

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	TCL GEOTECNIA S.A.C. Suelos Concreto y Asfalto  Ranielo Tasayco Ganoza INGENIERO CIVIL CIP Nº 251336 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	TCL GEOTECNIA S.A.C.  CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad TCL GEOTECNIA

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Salvador Vásquez Alvarez
TESIS : Adición de ceniza de madera en impermeabilización y propiedades físico - mecánicas en tratamiento superficial monocapa Chucuito - Puno 2023
UBICACIÓN : Chucuito - Puno
REFERENCIA : TRATAMIENTO SUPERFICIAL MONOCAPA
FECHA : 9 de Octubre de 2023

REFERENCIA DE LA MUESTRA

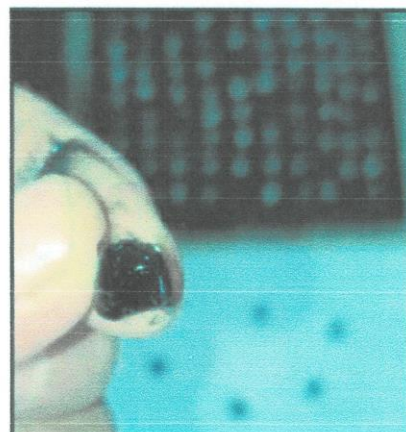
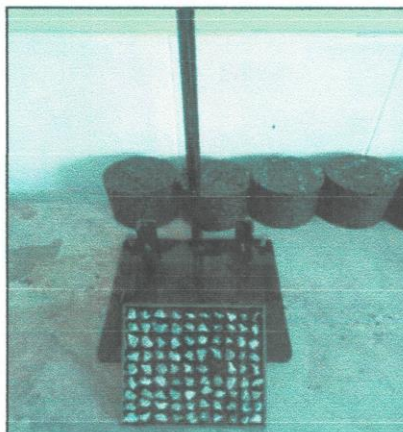
IDENTIFICACIÓN : Cantera Rio llave
DESCRIPCIÓN : Muestra sin ceniza de madera

ADHESIVIDAD MEDIANTE PLACA VIALIT NLT 313

TAMAÑO DEL AGREGADO		NÚMERO DE PARTÍCULAS A ENSAYAR	NÚMERO DE PARTÍCULAS ADHERIDAS	NÚMERO DE PARTÍCULAS DESPRENDIDAS	NÚMERO DE PARTÍCULAS NO MANCHADAS CON LIGANTE ASFÁLTICO	ADHESIVIDAD (%)
PASA (%)	RETENIDO (%)					
1/2"	3/8"	100.0	94.0	6.00	0.0	100.0
3/8"	1/4"	100.0	95.0	5.00	0.0	100.0
1/4"	#4	100.0	95.0	5.00	0.0	100.0
		TOTAL				100.0

PORCENTAJE DE PARTÍCULAS NO MANCHADAS CON LIGANTE ASFÁLTICO	0.0
---	-----

PORCENTAJE DE PARTÍCULAS MANCHADAS CON LIGANTE ASFÁLTICO	100.0
--	-------



Elaborado por: Jefe de Laboratorio	Revisado por: TCL GEOTECNIA S.A.C. Suelos Concreto y Asfalto Raniero Tasayco Ganoza INGENIERO CIVIL CIP N° 251338 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por: TCL GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad TCL GEOTECNIA
---	--	---

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Salvador Vásquez Alvarez
TESIS : Adición de ceniza de madera en impermeabilización y propiedades físico - mecánicas en tratamiento superficial monocapa Chucuito - Puno 2023
UBICACIÓN : Chucuito - Puno
REFERENCIA : TRATAMIENTO SUPERFICIAL MONOCAPA
FECHA : 9 de Octubre de 2023

REFERENCIA DE LA MUESTRA

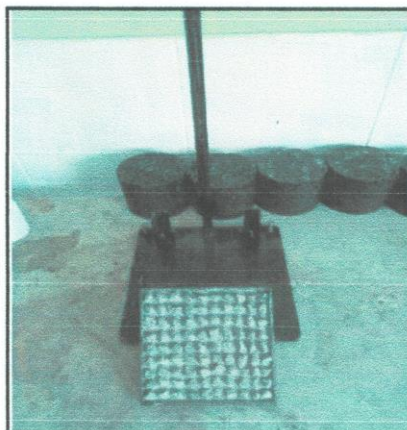
IDENTIFICACIÓN : Cantera Rio llave
DESCRIPCIÓN : Muestra adicionando 3.0% de ceniza de madera

ADHESIVIDAD MEDIANTE PLACA VIALIT NLT 313

TAMAÑO DEL AGREGADO		NÚMERO DE PARTÍCULAS A ENSAYAR	NÚMERO DE PARTÍCULAS ADHERIDAS	NÚMERO DE PARTÍCULAS DESPRENDIDAS	NÚMERO DE PARTÍCULAS NO MANCHADAS CON LIGANTE ASFÁLTICO	ADHESIVIDAD (%)
PASA (%)	RETENIDO (%)					
1/2"	3/8"	100.0	94.0	5.00	0.0	100.0
3/8"	1/4"	100.0	95.0	5.00	0.0	100.0
1/4"	#4	100.0	95.0	3.00	0.0	100.0
		TOTAL				100.0

PORCENTAJE DE PARTÍCULAS NO MANCHADAS CON LIGANTE ASFÁLTICO	0.0
---	-----

PORCENTAJE DE PARTÍCULAS MANCHADAS CON LIGANTE ASFÁLTICO	100.0
--	-------



Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
	TCL GEOTECNIA S.A.C. Suelos Concreto y Asfalto Raniero Tasayco Ganoza INGENIERO CIVIL CIP N° 251338	TCL GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad TCL GEOTECNIA

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Salvador Vásquez Alvarez
TESIS : Adición de ceniza de madera en impermeabilización y propiedades físico - mecánicas en tratamiento superficial monocapa Chucuito - Puno 2023
UBICACIÓN : Chucuito - Puno
REFERENCIA : TRATAMIENTO SUPERFICIAL MONOCAPA
FECHA : 9 de Octubre de 2023

REFERENCIA DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : Cantera Rio llave
DESCRIPCIÓN : Muestra adicionando 5.0% de ceniza de madera

ADHESIVIDAD MEDIANTE PLACA VIALIT NLT 313

TAMAÑO DEL AGREGADO		NÚMERO DE PARTÍCULAS A ENSAYAR	NÚMERO DE PARTÍCULAS ADHERIDAS	NÚMERO DE PARTÍCULAS DESPRENDIDAS	NÚMERO DE PARTÍCULAS NO MANCHADAS CON LIGANTE ASFÁLTICO	ADHESIVIDAD (%)
PASA (%)	RETENIDO (%)					
1/2"	3/8"	100.0	94.0	4.00	0.0	100.0
3/8"	1/4"	100.0	95.0	5.00	0.0	100.0
1/4"	#4	100.0	95.0	4.00	0.0	100.0
		TOTAL				100.0

PORCENTAJE DE PARTÍCULAS NO MANCHADAS CON LIGANTE ASFÁLTICO	0.0
---	-----

PORCENTAJE DE PARTÍCULAS MANCHADAS CON LIGANTE ASFÁLTICO	100.0
--	-------

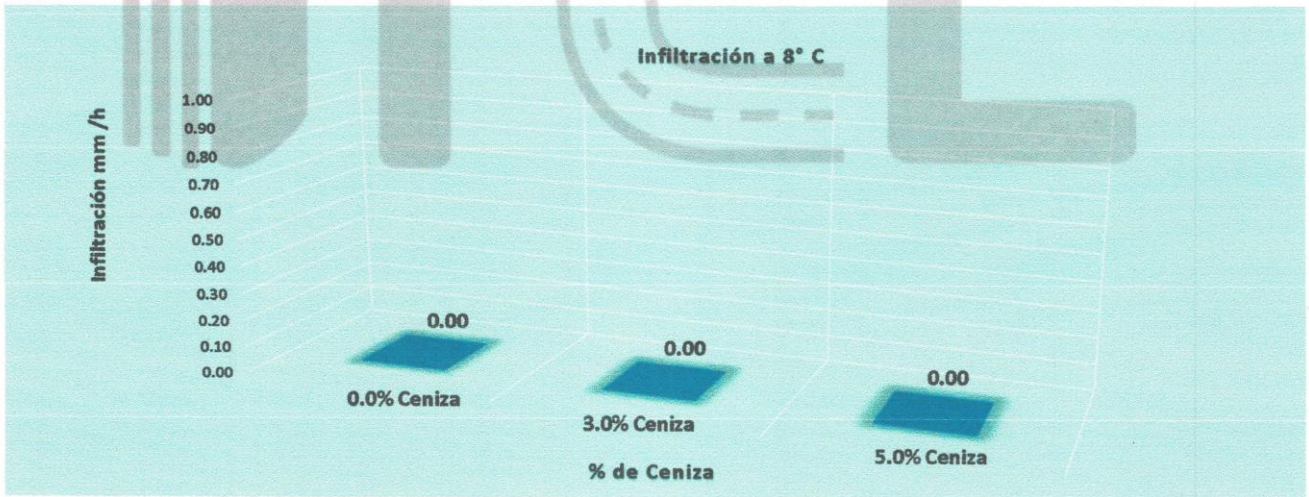


Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
<p>Jefe de Laboratorio</p>	<p>TCL GEOTECNIA S.A.C. Suelos Concreto y Asfalto</p> <p>----- Raniero Tasayco Ganoza INGENIERO CIVIL CIP N° 25133</p> <p>Ingeniero de Suelos y Pavimentos</p>	<p>TCL GEOTECNIA S.A.C.</p> <p>----- CONTROL DE CALIDAD</p> <p>Control de Calidad TCL GEOTECNIA</p>

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	INFORME
	INFILTRACIÓN ASTM C 1701

SOLICITANTE : Salvador Vásquez Alvarez
 UBICACIÓN : Chucuito - Puno
 TESIS : Adición de ceniza de madera en impermeabilización y propiedades físico - mecánicas en tratamiento superficial monocapa Chucuito - Puno 2023
 REFERENCIA : TRATAMIENTO SUPERFICIAL MONOCAPA
 FECHA : 10 de Octubre de 2023

N°	Fecha de moldeo	Fecha de ensayo	Horas de curado	Identificación	T °C	Masa del agua	Diametro del anillo	Tiempo de Infiltración	Infiltración	Observación
						Kg	mm	Seg	mm/h	mm/h
01	5/10/2023	6/10/2023	24 horas	Monocapa sin ceniza de madera	8.0	0.200	150.00	0.0		No presenta
02	5/10/2023	6/10/2023	24 horas	Monocapa sin ceniza de madera	8.0	0.200	150.00	0.0		
03	5/10/2023	6/10/2023	24 horas	Monocapa sin ceniza de madera	8.0	0.200	150.00	0.0		
04	5/10/2023	6/10/2023	24 horas	Monocapa con 3.0% de ceniza de madera	8.0	0.200	150.00	0.0		No presenta
05	5/10/2023	6/10/2023	24 horas	Monocapa con 3.0% de ceniza de madera	8.0	0.200	150.00	0.0		
06	5/10/2023	6/10/2023	24 horas	Monocapa con 3.0% de ceniza de madera	8.0	0.200	150.00	0.0		
07	5/10/2023	6/10/2023	28 días	Monocapa con 5.0% de ceniza de madera	8.0	0.200	150.00	0.0		No presenta
08	5/10/2023	6/10/2023	28 días	Monocapa con 5.0% de ceniza de madera	8.0	0.200	150.00	0.0		
09	5/10/2023	6/10/2023	28 días	Monocapa con 5.0% de ceniza de madera	8.0	0.200	150.00	0.0		

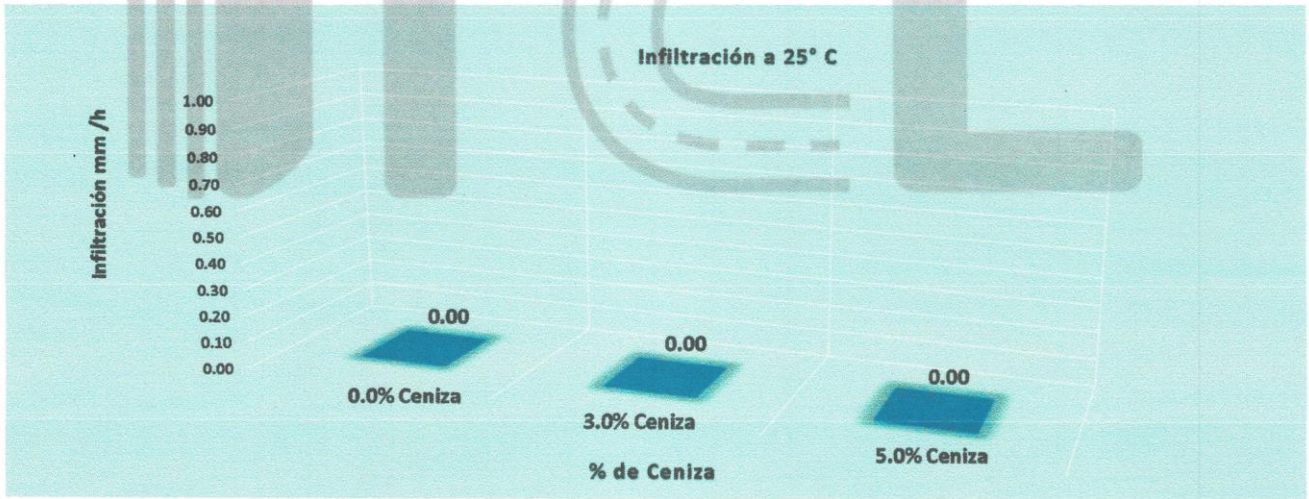


Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
	TCL GEOTECNIA S.A.C. Suelos Concreto y Asfalto Raniero Tasayco Ganoza INGENIERO CIVIL CIP N° 251338	TCL GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad TCL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	INFORME
	INFILTRACIÓN ASTM C 1701

SOLICITANTE : Salvador Vásquez Alvarez
 UBICACIÓN : Chucuito - Puno
 TESIS : Adición de ceniza de madera en impermeabilización y propiedades físico - mecánicas en tratamiento superficial monocapa Chucuito - Puno 2023
 REFERENCIA : TRATAMIENTO SUPERFICIAL MONOCAPA
 FECHA : 10 de Octubre de 2023

N°	Fecha de moldeo	Fecha de ensayo	Horas de curado	Identificación	T °C	Masa del agua	Diametro del anillo	Tiempo de infiltración	Infiltración	Observación
						Kg	mm	Seg	mm/h	mm/h
01	5/10/2023	6/10/2023	24 horas	Monocapa sin ceniza de madera	25.0	0.200	150.00	0.0		No presenta
02	5/10/2023	6/10/2023	24 horas	Monocapa sin ceniza de madera	25.0	0.200	150.00	0.0		
03	5/10/2023	6/10/2023	24 horas	Monocapa sin ceniza de madera	25.0	0.200	150.00	0.0		
04	5/10/2023	6/10/2023	24 horas	Monocapa con 3.0% de ceniza de madera	25.0	0.200	150.00	0.0		No presenta
05	5/10/2023	6/10/2023	24 horas	Monocapa con 3.0% de ceniza de madera	25.0	0.200	150.00	0.0		
06	5/10/2023	6/10/2023	24 horas	Monocapa con 3.0% de ceniza de madera	25.0	0.200	150.00	0.0		
07	5/10/2023	6/10/2023	28 días	Monocapa con 5.0% de ceniza de madera	25.0	0.200	150.00	0.0		No presenta
08	5/10/2023	6/10/2023	28 días	Monocapa con 5.0% de ceniza de madera	25.0	0.200	150.00	0.0		
09	5/10/2023	6/10/2023	28 días	Monocapa con 5.0% de ceniza de madera	25.0	0.200	150.00	0.0		



Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	TCL GEOTECNIA S.A.C. Suelos, Concreto y Asfalto Raniéro Tasayco Ganoza INGENIERO CIVIL CIP N° 251333 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	TCL GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad TCL GEOTECNIA

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Salvador Vásquez Alvarez
TESIS : Adición de ceniza de madera en impermeabilización y propiedades físico - mecánicas en tratamiento superficial monocapa Chucuito - Puno 2023
UBICACIÓN : Chucuito - Puno
REFERENCIA : TRATAMIENTO SUPERFICIAL MONOCAPA
FECHA : 9 de Octubre de 2023

REFERENCIA DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : Cantera Rio llave
DESCRIPCIÓN : Muestra adicionando 1.0% de ceniza de madera




ADHESIVIDAD MEDIANTE PLACA VIALIT NLT 313

TAMAÑO DEL AGREGADO		NÚMERO DE PARTÍCULAS A ENSAYAR	NÚMERO DE PARTÍCULAS ADHERIDAS	NÚMERO DE PARTÍCULAS DESPRENDIDAS	NÚMERO DE PARTÍCULAS NO MANCHADAS CON LIGANTE ASFÁLTICO	ADHESIVIDAD (%)
PASA (%)	RETENIDO (%)					
1/2"	3/8"	100.0	95.0	5.00	0.0	100.0
3/8"	1/4"	100.0	94.0	6.00	0.0	100.0
1/4"	#4	100.0	95.0	5.00	0.0	100.0
		TOTAL				100.0

PORCENTAJE DE PARTÍCULAS NO MANCHADAS CON LIGANTE ASFÁLTICO : 0.0

PORCENTAJE DE PARTÍCULAS MANCHADAS CON LIGANTE ASFÁLTICO : 100.0

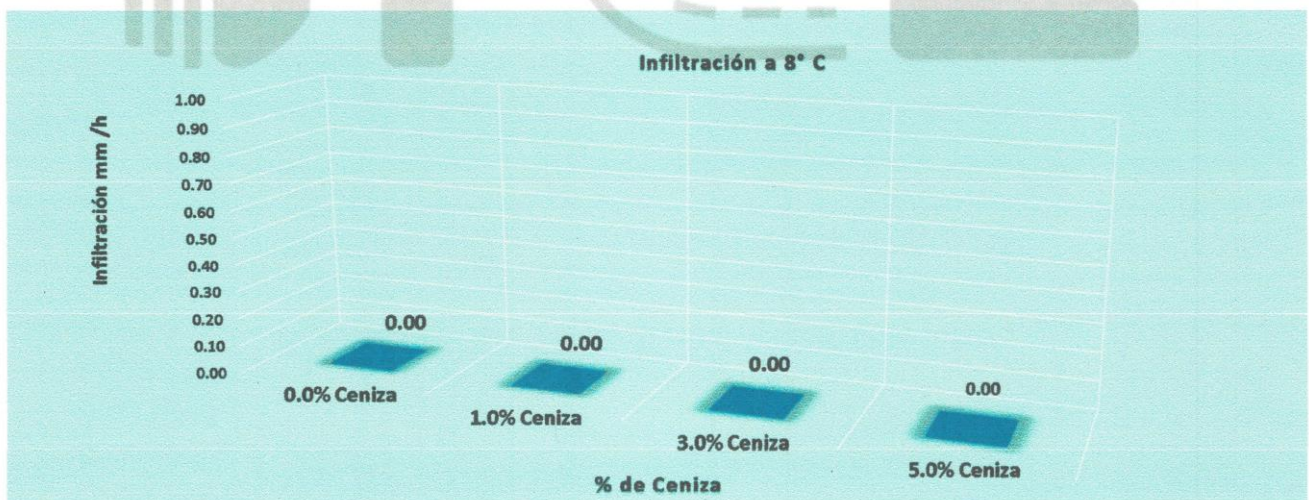


Elaborado por:  Jefe de Laboratorio	Revisado por: TCL GEOTECNIA S.A.C. Suelos Concreto y Asfalto  Raniero Tasayco Ganoza INGENIERO CIVIL CIP N° 251333	Aprobado por: TCL GEOTECNIA S.A.C.  CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad TCL GEOTECNIA
--	---	--

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	INFORME
	INFILTRACIÓN ASTM C 1701

SOLICITANTE : Salvador Vásquez Alvarez
 UBICACIÓN : Chucuito - Puno
 TESIS : Adición de ceniza de madera en impermeabilización y propiedades físico - mecánicas en tratamiento superficial monocapa Chucuito - Puno 2023
 REFERENCIA : TRATAMIENTO SUPERFICIAL MONOCAPA
 FECHA : 10 de Octubre de 2023

N°	Fecha de moldeo	Fecha de ensayo	Horas de curado	Identificación	T °C	Masa del agua	Diametro del anillo	Tiempo de infiltración	Infiltración	Observación
						Kg	mm	Seg	mm/h	mm/h
01	5/10/2023	6/10/2023	24 horas	Monocapa sin ceniza de madera	8.0	0.200	150.00	0.0		No presenta
02	5/10/2023	6/10/2023	24 horas	Monocapa sin ceniza de madera	8.0	0.200	150.00	0.0		
03	5/10/2023	6/10/2023	24 horas	Monocapa sin ceniza de madera	8.0	0.200	150.00	0.0		
04	5/10/2023	6/10/2023	24 horas	Monocapa con 1.0% de ceniza de madera	8.0	0.200	150.00	0.0		No presenta
05	5/10/2023	6/10/2023	24 horas	Monocapa con 1.0% de ceniza de madera	8.0	0.200	150.00	0.0		
06	5/10/2023	6/10/2023	24 horas	Monocapa con 1.0% de ceniza de madera	8.0	0.200	150.00	0.0		
07	5/10/2023	6/10/2023	24 horas	Monocapa con 3.0% de ceniza de madera	8.0	0.200	150.00	0.0		No presenta
08	5/10/2023	6/10/2023	24 horas	Monocapa con 3.0% de ceniza de madera	8.0	0.200	150.00	0.0		
09	5/10/2023	6/10/2023	24 horas	Monocapa con 3.0% de ceniza de madera	8.0	0.200	150.00	0.0		
10	5/10/2023	6/10/2023	28 días	Monocapa con 5.0% de ceniza de madera	8.0	0.200	150.00	0.0		No presenta
11	5/10/2023	6/10/2023	28 días	Monocapa con 5.0% de ceniza de madera	8.0	0.200	150.00	0.0		
12	5/10/2023	6/10/2023	28 días	Monocapa con 5.0% de ceniza de madera	8.0	0.200	150.00	0.0		

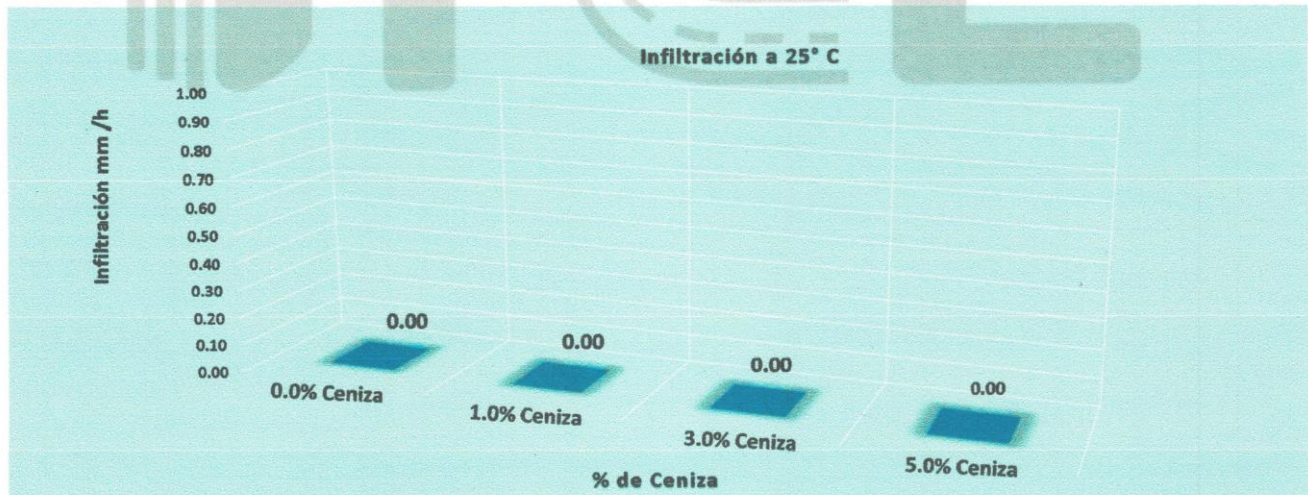


Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	TCL GEOTECNIA S.A.C. Suelos Concreto y Asfalto Raniero Tasayco Ganoza INGENIERO CIVIL CIP N° 251338 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	TCL GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad TCL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	INFORME
	INFILTRACIÓN ASTM C 1701

SOLICITANTE : Salvador Vásquez Alvarez
 UBICACIÓN : Chucuito - Puno
 TESIS : Adición de ceniza de madera en impermeabilización y propiedades físico - mecánicas en tratamiento superficial monocapa Chucuito - Puno 2023
 REFERENCIA : TRATAMIENTO SUPERFICIAL MONOCAPA
 FECHA : 10 de Octubre de 2023

Nº	Fecha de moldeo	Fecha de ensayo	Horas de curado	Identificación	T °C	Masa del agua	Diametro del anillo	Tiempo de infiltración	Infiltración	Observación
						Kg	mm	Seg	mm/h	mm/h
01	5/10/2023	6/10/2023	24 horas	Monocapa sin ceniza de madera	25.0	0.200	150.00	0.0		No presenta
02	5/10/2023	6/10/2023	24 horas	Monocapa sin ceniza de madera	25.0	0.200	150.00	0.0		
03	5/10/2023	6/10/2023	24 horas	Monocapa sin ceniza de madera	25.0	0.200	150.00	0.0		
04	5/10/2023	6/10/2023	24 horas	Monocapa con 1.0% de ceniza de madera	25.0	0.200	150.00	0.0		No presenta
05	5/10/2023	6/10/2023	24 horas	Monocapa con 1.0% de ceniza de madera	25.0	0.200	150.00	0.0		
06	5/10/2023	6/10/2023	24 horas	Monocapa con 1.0% de ceniza de madera	25.0	0.200	150.00	0.0		
07	5/10/2023	6/10/2023	24 horas	Monocapa con 3.0% de ceniza de madera	25.0	0.200	150.00	0.0		No presenta
08	5/10/2023	6/10/2023	24 horas	Monocapa con 3.0% de ceniza de madera	25.0	0.200	150.00	0.0		
09	5/10/2023	6/10/2023	24 horas	Monocapa con 3.0% de ceniza de madera	25.0	0.200	150.00	0.0		
10	5/10/2023	6/10/2023	28 días	Monocapa con 5.0% de ceniza de madera	25.0	0.200	150.00	0.0		No presenta
11	5/10/2023	6/10/2023	28 días	Monocapa con 5.0% de ceniza de madera	25.0	0.200	150.00	0.0		
12	5/10/2023	6/10/2023	28 días	Monocapa con 5.0% de ceniza de madera	25.0	0.200	150.00	0.0		



Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
	TCL GEOTECNIA S.A.C. Suelos Concreto y Asfalto Raniero Tasayco Ganoza INGENIERO CIVIL CIP Nº 261338	TCL GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad TCL GEOTECNIA



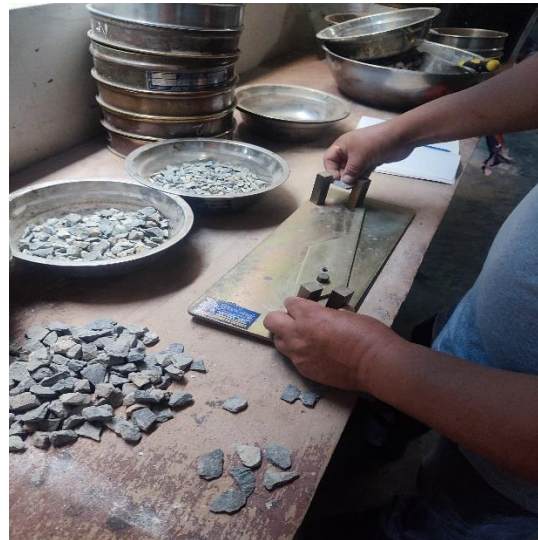
CUARTEO PARA GRANULOMETRIA



CUARTEO PARA PESADO



TAMIZADO DE LA MUESTRA



SELECCIÓN DE CARAS CHATAS



SELECCIÓN DE CARAS ALARGADAS



PESADO DE LA MUESTRA



SECADO DESPUES DE 24 HORAS



PESADO DE LA MUESTRA



SATURADO DE 24 HORAS



SECADO EN HORNO



SACADO DE LA MUESTRA



MUESTRA DE FRACTURACION



MUESTRA DE FRACTURACION



MEDIDA PARA MUESTRA



LIMPIEZA PARALAMUESTRA



COLADODEIMULSION SFALTICA



MUESTRA SIN CENIZA DE MADERA



MUESTRA SIN CENIZA DE MADERA



MUESTRA 3% CENIZA DE MADERA



PESADO 5% CENIZA DE MADERA



COLADO 3% CENIZA DE MADERA



COLADO 5% CENIZA DE MADERA



TEMPERATURA A 25°C



3% CENIZA DE MADERA A T° 25°C



5% CENIZA DE MADERA A T° 25°C



TEMPERATURA A 25°C



3% CENIZA DE MADERA A T° 25°C



3% CENIZA DE MADERA A T° 25°C



MUESTRA DE HORNO A T° 8-25°C



Placa vialiti a 3% ceniza de madera a T° 25°C



Verificación de emulsión asfáltica con ceniza de madera con 5%



Reacción de emulsión asfáltica con 3% ceniza de madera