



Universidad
Señor de Sipán

**FACULTAD DE INGENIERÍA ARQUITECTURA Y
URBANISMO**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS

**ESTUDIO DEL EFECTO DE CAL Y ESCORIAS
SIDERÚRGICAS DE ALTO HORNO EN LA
ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA FINES DE
PAVIMENTACIÓN**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
CIVIL**

Autor

Bach. Melendez Torres Segundo Manuel

<https://orcid.org/0000-0003-3703-2359>

Asesor

Mag. Ruiz Saavedra Nepton David

<https://orcid.org/0000-0001-6847-9829>

Línea de Investigación

**Tecnología e Innovación en el desarrollo de la Construcción y la
Industria en un contexto de Sostenibilidad**

Sublínea de Investigación

**Innovación y Tecnificación en Ciencia de los Materiales, Diseño e
infraestructura**

Pimentel – Perú

2024



Universidad
Señor de Sipán

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Quien suscribe la DECLARACIÓN JURADA, soy egresado del Programa de Estudios de la Escuela de Profesional de **INGENIERÍA CIVIL** de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaro bajo juramento que soy autor del trabajo titulado:

ESTUDIO DEL EFECTO DE CAL Y ESCORIAS SIDERÚRGICAS DE ALTO HORNO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN

El texto de mi trabajo de investigación responde y respeta lo indicado en el Código de Ética del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Señor de Sipán, conforme a los principios y lineamientos detallados en dicho documento, en relación con las citas y referencias bibliográficas, respetando el derecho de propiedad intelectual, por lo cual informo que la investigación cumple con ser inédito, original y auténtico.

En virtud de lo antes mencionado, firma:

Meléndez Torres Segundo Manuel	DNI: 72225490	
--------------------------------	---------------	---

Pimentel, 27 de septiembre del 2024.

18% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 8 palabras)

Fuentes principales

- 16%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 9%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

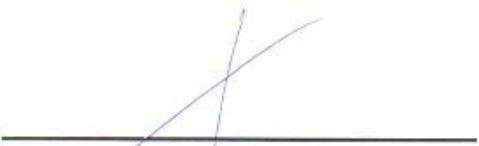
No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

ESTUDIO DEL EFECTO DE CAL Y ESCORIAS SIDERÚRGICAS DE ALTO
HORNO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA FINES DE
PAVIMENTACIÓN

Aprobación del jurado



DR. CORONADO ZULOETA OMAR

Presidente del Jurado de Tesis



DR. MARÍN BARDALES NOE HUMBERTO

Secretario del Jurado de Tesis



MG. BALLENA DEL RIO PEDRO MANUEL

Vocal del Jurado de Tesis

ÍNDICE

Resumen	8
Abstract	9
I. INTRODUCCIÓN.....	10
II. MATERIALES Y MÉTODO.....	21
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
3.1 Resultados	27
3.2 Discusión.....	37
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	38
4.1 Conclusiones	38
4.2 Recomendaciones.....	39
REFERENCIAS.....	40
ANEXOS	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I Comportamiento mecánico de suelos explorados	22
Tabla II Comportamiento mecánico de suelo estabilizado.....	23
Tabla III Distribución granulométrica de suelos explorados.....	27
Tabla IV Límites de Atterberg.....	28
Tabla V Clasificación del suelo.....	28
Tabla VI Caracterización física de la escoria siderúrgica	29
Tabla VII Propiedades químicas destacables de la escoria siderúrgica	30

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Diagrama de flujo de investigación experimental.....	25
Fig. 2. Curva granulométrica de calicatas exploradas	27
Fig. 3. Curva granulométrica de escoria siderúrgica.....	29
Fig. 4. Representación de máxima densidad seca de calicatas exploradas	31
Fig. 5. Representación de humedad del suelo natural.....	31
Fig. 6. Representación de CBR al 95% de las calicatas exploradas	32
Fig. 7. Representación de CBR al 100% de las calicatas exploradas.....	33
Fig. 8. Representación comparativa de suelo con cal y escoria siderúrgica	34
Fig. 9. Representación comparativa de la humedad del suelo estabilizado.....	34
Fig. 10. Comparativo del porcentaje de CBR al 95% en el suelo estabilizado.....	35
Fig. 11. Comparativo del CBR al 100% en el suelo estabilizado	36

ESTUDIO DEL EFECTO DE CAL Y ESCORIAS SIDERÚRGICAS DE ALTO HORNO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN

Resumen

Los suelos con bajo índice de CBR no se consideran aptos para ser pavimentados, para ello se deben estabilizar; los materiales de desecho como la escoria siderúrgica que se acumula en grandes cantidades, esta investigación busca erradicar su acumulación aplicándolo a estos suelos con limitaciones en sus propiedades; ayudando a mantener el ambiente y a mejorar los suelos. El objetivo que se planteó fue evaluar las propiedades del suelo estabilizándolo con cal y escoria siderúrgica. La metodología que se usó es de tipo aplicada, diseño experimental y nivel cuasiexperimental aplicándose porcentajes de 10% de cal y escorias siderúrgicas al 5, 10 y 15%. Los resultados mediante el ensayo de Proctor modificado determina una densidad máxima seca es de 1.946 gr/cm^3 y su contenido de humedad de 13.49%, por la cual se debe estabilizar según el MTC, al agregar el óptimo de la cal al 10% + 5% de escoria nos brinda una densidad seca de 2.021 gr/cm^3 y un contenido de humedad del 13.22%, con el 10% de cal + 10% de escoria una densidad de 2.084 gr/cm^3 y un contenido de humedad de 13.01% y con el 15% de escoria nos brinda una mayor compactación de 2.133 gr/cm^3 y una humedad de 12.78%, el CBR al 95% aumenta en un rango de 112.5 - 284.4% y CBR al 100% en un rango de 71.8 – 208.5%; concluyendo que aplicando cal y escoria siderúrgica si mejora sus propiedades mecánicas para fines de pavimentación con el porcentaje óptimo de 10% Cal +15% escoria siderúrgica.

Palabras Clave: Escorias de acero, ensayo de CBR, estabilización, pavimentación, suelo.

Abstract

Soils with a low CBR index are not considered suitable for paving, so they must be stabilised; waste materials such as steel slag accumulate in large quantities, this research seeks to eradicate their accumulation by applying it to these soils with limitations in their properties; helping to maintain the environment and improve the soils. The objective was to evaluate the properties of the soil by stabilising it with lime and steel slag. The methodology used is of the applied type, experimental design and quasi-experimental level, applying percentages of 10% lime and steel slag at 5, 10 and 15%. The results of the modified Proctor test determine a maximum dry density of 1.946 gr/cm³ and a moisture content of 13.49%, which should be stabilised according to the MTC. The addition of the optimum of 10% lime + 5% slag gives a dry density of 2.021 gr/cm³ and a moisture content of 13.22%, with 10% lime + 10% slag a density of 2.084 gr/cm³ and a moisture content of 13.22%, and with 10% lime + 10% slag a density of 2.084 gr/cm³ and a moisture content of 13.01% and with 15% slag it gives a higher compaction of 2.133 gr/cm³ and a moisture content of 12.78%, the CBR at 95% increases in a range of 112.5 - 284.4% and CBR at 100% in a range of 71.8 - 208.5%; concluding that applying lime and steel slag does improve its mechanical properties for paving purposes with the optimum percentage of 10% lime + 15% steel slag.

Keywords: Steel slags, CBR testing, stabilization, paving, floor.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, se observa una marcada desventaja en las condiciones de mantenimiento del suelo ya que suelen ser deficientes. Las frecuentes precipitaciones son un factor contribuyente al rápido deterioro de las vías no pavimentadas [1]. Este desafío se presenta de manera generalizada en los sectores donde existe escasez de suelo natural de buena calidad, por lo que se ha visto necesario hacer énfasis en soluciones sostenibles, lo cual ha llevado a la ingeniería a explorar y optimizar técnicas para utilizar los suelos disponibles [2].

El concepto de sostenibilidad ha penetrado todos los ámbitos de la ingeniería civil y el tratamiento de suelos no ha sido una excepción [3]. Los suelos que presentan comportamiento plástico generalmente no son aptos para actividades de construcción y requieren estabilización. La cual es una técnica crítica empleada para mejorar las características del suelo, esta se logra utilizando diversos materiales o productos de desecho con propiedades cementosas fortaleciéndolo así para fines de constructivos [4].

Por ende, se considera como una opción viable a la cal como estabilizador de suelos convencionales, pues en la estabilización de suelos es una técnica milenaria utilizada con la finalidad de mitigar problemas causados al suelo [5]. Sin embargo, el tratamiento con cal tiene una serie de desventajas inherentes, como la carbonatación, el ataque de sulfatos y su impacto al medio ambiente. En general, el suelo contaminado con metales pesados se ha convertido en uno de los problemas ambientales más graves y amenaza la salud humana [6].

Por ello, ha sido necesario la búsqueda de soluciones ingeniosas para la estabilización de suelos cuando las condiciones de la vía no son favorables por lo cual una de las opciones son la utilización de escorias de hierro como posible alternativa de solución [7]. Ellas se han utilizado cada vez más en diversas industrias alrededor del mundo porque se consideran un recurso valioso y de bajo costo, se han utilizado principalmente como agregados en el hormigonado, estabilización de suelos y pavimentos [8].

En China, la actividad humana ha ocasionado una considerable contaminación del suelo, aproximadamente el 19,4% de los sitios de muestreo en tierras agrícolas estaban contaminados con contaminantes orgánicos e inorgánicos. Los suelos arcillosos expansivos se han encontrado en abundancia en la región semiárida del sur de Tamil Nadu, sin embargo, son suelos problemáticos sujetos a hinchamiento y contracción debido a cambios en la variación de la humedad. Es por ello, que la estabilización de suelos mejora las características inherentes y las propiedades del suelo débil mediante productos químicos [9].

Con respecto a la escoria de acero, se sabe que es un subproducto descargado de la industria siderúrgica con una tasa de utilización inferior al 25% [10] y se almacena al aire libre, lo cual produce riesgos potenciales para la seguridad y la protección del medio ambiente. En los últimos años, la utilización y aplicación de escoria siderúrgica ha despertado un interés considerable en el país y su uso se ha expandido significativamente en diversas industrias [11]. A su vez, dicho material se utiliza como estabilizador, lo cual es un método innovador de estabilización carbonatada para mejorar el desempeño de los suelos blandos y logra minimizar la interferencia del contenido de materia orgánica en el suelo [12].

En la India, el suelo expansivo cubre casi el 20% de la masa terrestre. Debido a su comportamiento alternativo de contracción, se han llevado a cabo varias investigaciones para estudiar su comportamiento y mejorar sus propiedades para proteger y aumentar la vida útil de la estructura construida sobre ellos [13]. Por lo que, durante la construcción de carreteras, uno de los principales desafíos encontrados es lidiar con suelos de subrasante débiles, específicamente suelos expansivos que experimentan cambios de volumen debido a variaciones en el contenido de humedad [14].

En Australia, se encuentra en grandes sectores suelos arcillosos y un potencial de hinchazón altamente expansivo, debido a su alta susceptibilidad a las variaciones estacionales de humedad. Por ende, la estabilización con cal y escorias siderúrgicas resultan un método ampliamente aceptable para mejorar la estabilidad posterior a la construcción de la pavimentación, ofrecer ahorros de costos y reducir el impacto ambiental [15].

En Iquitos, uno de los retos primordiales hallados es enfrentar terrenos subyacentes frágiles, concretamente terrenos que se expanden y contraen a causa de variaciones en el contenido de humedad, los cuales están compuestos por una capa de rodadura de materiales como arcillas, limo arcilloso y arenas con una alta proporción de arcilla en su estructura, ello origina que se encuentren una cantidad considerable de calles con pavimentos en mal estado y disminuida vida útil a causa del suelo presente en el sector [16].

En Chimbote, se han detectado terrenos de arcilla expansiva en gran cantidad, no obstante, son terrenos problemáticos que experimentan expansión y contracción debido a fluctuaciones en los niveles de humedad. Por esa razón, la mejora de suelos estabiliza las cualidades intrínsecas y las propiedades de suelo débil utilizando sustancias químicas. Por ello, se llevaron a cabo investigaciones para analizar las propiedades de las escorias producidas por Sider Perú en hornos eléctricos para evaluar su influencia en la estabilización de suelos [17].

En Chiclayo, cada año se producen considerables volúmenes de escorias provenientes de la industria del acero. Algunas de estas escorias, originadas en el proceso de fabricación del acero, encuentran una segunda vida al ser reutilizadas en la creación de diversos materiales, como agregados para asfalto en mezclas calientes, rellenos de tuberías, concreto, estabilización de suelos, entre otros usos [18].

Por lo tanto, ante la problemática en la cual se basa este proyecto de investigación, se propone incorporar cal y escorias siderúrgicas de alto horno para la estabilización de suelos para fines de pavimentación, para que de esta manera se logre usar en una mayor proporción los residuos siderúrgicos en el sector constructivo, dando como otra opción el uso de dicho material para obtener un suelo con mejores propiedades físicas, mecánicas y químicas para poder ejecutar la construcción o reparación de pavimentos eficazmente.

Para ello se revisaron distintas investigaciones donde intervienen las escorias siderúrgicas, que por sus características y buen acoplamiento con distintos materiales se busca incluir en los diseños de mezclas del concreto, para potenciar sus propiedades.

Khodaparas et al. [19], en su investigación tuvieron como objetivo evaluar la mejoría del CBR del suelo para pavimentación. La metodología que se aplicó fue adicionar las cal al 10% y EDS en dosificaciones de 10, 14 y 18%. Los resultados evidenciaron un aumento en el CBR de 6.34% con la aplicación óptima de 14% cal y 10% EDS. Se concluyó que el valor CBR para suelos estabilizados con contenido de cal y EDS es muy influyente al considerar la mejoría de suelos no estabilizados.

Kawa et al. [20], en su investigación tuvieron como objetivo evaluar el efecto de las escorias siderúrgicas como subproducto de las propiedades geotécnicas del suelo arcilloso. La metodología que se aplicó fue adicionar las cal al 10% y EDS en dosificaciones de 0,2, 5,5, 10, 15 y 20%. Los resultados evidenciaron una reducción del LL Y IP del 25,4% y 36,3%, respectivamente. Por otra parte, se evidenció un aumento de su densidad seca y CBR del 5.34% y 16% respectivamente con la aplicación óptima de 10% cal y 15% EDS. Se concluyó que la escoria siderúrgica mejoraba con éxito las propiedades geotécnicas de los suelos arcillosos.

Wang et al. [21], en su investigación tuvieron como objetivo explorar la viabilidad de que la escoria siderúrgica reemplace la cal utilizada en el suelo de la subrasante. La metodología que se aplicó fue adicionar las cal al 10% y EDS en dosificaciones de 8 y 15%. Los resultados evidenciaron un aumento en el CBR de 7.64% con la aplicación óptima de 10% cal y 15% EDS. Se concluyó que el valor CBR para suelos estabilizados con contenido EDS es muy influyente por lo que existen mejorías en su resistencia.

Ramakrishna y Gopi [22], en su investigación tuvieron como objetivo estudiar el efecto de la adición de escorias siderúrgicas sobre las propiedades del suelo para pavimentación. La metodología que se aplicó fue adicionar las cal al 10% y EDS en dosificaciones de 10, 15, 20 y 25%. Los resultados evidenciaron un aumento de su densidad seca y CBR del 7.49% y 11.84% respectivamente con la aplicación óptima de 10% cal y 20% EDS. Se concluyó que la adición de cal y EDS suelos no estabilizados mejora significativamente sus propiedades.

Dharini et al. [9], en su investigación tuvieron como objetivo mejorar la resistencia del suelo para pavimentación. La metodología que se aplicó fue adicionar las cal al 10% y EDS en dosificaciones de 8, 13 y 15%. Los resultados evidenciaron un aumento en el CBR de 4.19% con la aplicación óptima de 10% cal y 15% EDS. Se concluyó que el uso de la cal y EDS aumenta considerablemente la resistencia de los suelos expansivos al mejorar sus propiedades mecánicas.

Alemshet et al. [23], en su investigación tuvieron como objetivo investigar el efecto de la escoria siderúrgica en la mejora del suelo de subrasante expansivo. La metodología que se aplicó fue adicionar las cal al 10% y EDS en dosificaciones de 5, 10 y 15%. Los resultados evidenciaron un aumento en el CBR de 16.21% con la aplicación óptima de 10% cal y 10% EDS. Se concluyó que el valor CBR para suelos estabilizados con contenido de cal y EDS mejora su estabilidad.

Diaz et al. [24], en su investigación tuvieron como objetivo evaluar las propiedades mecánicas de los suelos expansivos al adicionar escoria siderúrgica. La metodología que se aplicó fue adicionar las cal al 10% y EDS en dosificaciones de 10, 15, 20, 25 y 30%. Los resultados evidenciaron un aumento en el CBR de 13.27% con la aplicación óptima de 10% cal y 20% EDS. Se concluyó que al adicionar EDS con la finalidad de la estabilización de suelos expansivos se obtienen mejoras significativas con respecto a sus propiedades.

Yangpeng et al. [25], en su investigación tuvieron como objetivo evaluar la viabilidad de la aplicación a gran escala de escoria siderúrgica en la subrasante. La metodología que se aplicó fue adicionar las cal al 10% y EDS en dosificaciones de 8, 10, 12 y 14%. Los resultados evidenciaron un aumento de su densidad seca y CBR del 9.41% y 12.74% respectivamente con la aplicación óptima de 10% cal y 14% EDS. Se concluyó que según los resultados de las propiedades se demostró que el uso de EDS tiene gran potencial para ser usado y así las propiedades de ingeniería de materiales de carreteras mejoren a gran escala.

González et al. [7], en su investigación tuvieron como objetivo evaluar las mejoras derivadas de las combinaciones entre un suelo arcilloso y dos proporciones de cal y escoria siderúrgica. La metodología que se aplicó fue adicionar las cal al 10% y EDS en dosificaciones de 10 y 15%. Los resultados evidenciaron un aumento de su densidad seca y CBR del 8.24% y 10.27% respectivamente con la aplicación óptima de 10% cal y 15% EDS. Se concluyó que mientras más es el porcentaje de EDS el suelo obtendrá mejores propiedades.

Devi et al. [26], en su investigación tuvieron como objetivo evaluar determinar la resistencia al corte y la compresibilidad del suelo sedimentario dragado estabilizado con cal y escoria siderúrgica. La metodología que se aplicó fue adicionar las cal al 10% y EDS en dosificaciones de 11, 14, 17 y 20%. Los resultados evidenciaron un aumento de su densidad seca y CBR del 10.37% y 14.21% respectivamente con la aplicación óptima de 10% cal y 17% EDS. Se concluyó que los resultados demuestran que se logró mejorar las propiedades del suelo expansivo con respecto al patrón.

Gamarra [30], en su investigación tuvo como objetivo examinar las características mecánicas de los suelos arcillosos al añadir cal y escoria de metales. La metodología que se aplicó fue adicionar las cal al 10% y EDS en dosificaciones de 8, 10 y 12%. Los resultados evidenciaron un aumento de su densidad seca y CBR del 6.21% y 10.87% respectivamente con la aplicación óptima de 10% cal y 12% EDS. Se concluyó que estos ajustes contribuyen a la elaboración de un diseño más apropiado.

Moale y Rivera [29], en su investigación tuvieron como objetivo mejorar la capacidad de la base de apoyo de la capa inferior mediante la estabilización con cal y escoria siderúrgica. La metodología que se aplicó fue adicionar las cal al 10% y EDS en dosificaciones de 3, 6, 9, 12 y 15%. Los resultados evidenciaron un aumento de su densidad seca y CBR del 6.49% y 12.08% respectivamente con la aplicación óptima de 10% cal y 15% EDS. Se concluyó que la escoria siderúrgica mejoraba en gran parte las propiedades geotécnicas de los suelos arcillosos expansivos.

Llanos [31], en su investigación tuvo como objetivo evaluar el impacto de la cal y escoria de acero como agente estabilizante de la sub-rasante para mejorar sus propiedades físicas y mecánicas. La metodología que se aplicó fue adicionar las cal al 10% y EDS en dosificaciones de 10, 12, 14 y 16%. Los resultados evidenciaron un aumento de su densidad seca y CBR del 7.35% y 12.60% respectivamente con la aplicación óptima de 10% cal y 16% EDS. Se concluyó que según los resultados de las propiedades se demostró que el uso de EDS tiene gran potencial para ser usado en el diseño de pavimentos y mejora de suelos expansivos.

Herrera [28], en su investigación tuvo como objetivo evaluar la estabilización de subrasantes mediante la utilización de escoria siderúrgica y cal en la vía vecinal Huamanmarca. La metodología que se aplicó fue adicionar las cal al 10% y EDS en dosificaciones de 10, 20 y 30%. Los resultados evidenciaron un aumento de su densidad seca y CBR del 10.87% y 17.39% respectivamente con la aplicación óptima de 10% cal y 20% EDS. Se concluyó que al adicionar EDS con la finalidad de la estabilización de suelos expansivos se obtienen mejoras considerables con respecto al patrón.

Apaza y Quisca [27], en su investigación tuvieron como objetivo determinar las características que presenta en la subrasante de la carretera Umayo antes la adición de cal y escoria siderúrgica. La metodología que se aplicó fue adicionar las cal al 10% y EDS en dosificaciones de 5, 10 y 15%. Los resultados evidenciaron un aumento de su densidad seca y CBR del 7.34% y 11.34% respectivamente con la aplicación óptima de 10% cal y 15% EDS. Se concluyó que estos ajustes contribuyen a la elaboración de un diseño más apropiado para la construcción de pavimentos, destacando la eficacia de la modificación aplicada en el suelo.

Teniendo en cuenta la investigación, la justificación se encuentra basada en métodos nuevos, a mejorar la capacidad de soporte del suelo en la subrasante agregándole cal y escorias de acero de alto horno para mejorar la capacidad portante para que la pavimentación, seguido de una compactación y resistencia. También es de

vital importancia que las carreteras en general tengan una mayor vida útil y óptimo estado, para que de esta manera los componentes que se agregaran no logren afectar de una manera la contaminación del medio ambiente y que se sean no tan costosas y materiales reutilizables.

Para ello esta investigación tiene como **formulación de problema** determinar ¿De qué manera influyen la Cal y Escorias Siderúrgicas de alto horno en la estabilización de suelos para fines de pavimentación?; teniendo como **hipótesis** que el estudio del efecto de la Cal y Escorias Siderúrgicas de alto horno mejoran significativamente la estabilización de suelos para fines de pavimentación.

Se plantea como **objetivo general** Evaluar el estudio del efecto de cal y escorias siderúrgicas de alto horno en la estabilización de suelos para fines de pavimentación; también se planteó como **objetivos específicos**; OE1: Determinar las características físicas del suelo y escoria siderúrgicas, OE2: Determinar el Proctor y CBR del suelo natural, OE3: Evaluar el Proctor y CBR del suelo estabilizado aplicando cal y escoria siderúrgica en porcentajes de 5, 10 y 15%.

Teorías relacionadas

Estabilización de suelos. La estabilización de suelos permite potenciar las propiedades inherentes del suelo en cuestión, lo que a su vez aumenta su vida útil [32]. Además, permite el uso de aditivos que facilitan la clasificación de los suelos, lo que permite determinar la cantidad y tipo óptimos de estabilizantes a utilizar [33].

Existen elementos alternativos que pueden ser utilizados para estabilizar diferentes tipos de suelos. Sin embargo, para considerar estas alternativas viables, es necesario que demuestren una eficiencia comparable a la de los aditivos tradicionales [34, 35].

Estabilización mecánica. El objetivo principal de la estabilización mecánica es mejorar la estructura de los suelos existentes sin alterar su composición subyacente [36]. Para lograr esto, los ensayos de compresión permiten reducir el volumen de poros del suelo, aumentar la resistencia al cizallamiento y la densidad, y mejorar la distribución de las fuerzas de carga en el suelo [37].

Estabilización física. Este procedimiento se utiliza para modificar las propiedades de los suelos de manera selectiva, sin alterar su estructura interna ni sus características geométricas fundamentales [38].

Estabilización química. Este proceso implica modificar las propiedades del suelo mediante la adición de químicos específicos, seleccionados y combinados de acuerdo con las especificaciones proporcionadas por el cliente [39]. La prioridad de este estudio es la aplicación de estabilizadores químicos, con el objetivo de mejorar su eficacia y lograr una calidad óptima [40].

Suelo. El suelo se define como la capa superficial y frágil de la corteza terrestre, donde se produce la descomposición física y química de las rocas. Sin embargo, la transformación del suelo se ve influenciada por la actividad de los seres vivos que habitan en él [41]. Entre los agentes físicos que intervienen en la formación del suelo se encuentran: la radiación solar, el agua, los cambios de temperatura. Por otro lado, los agentes químicos que participan en este proceso son: la oxidación, la carbonatación y la hidratación. Ambos tipos de agentes juegan un papel fundamental en la génesis y evolución de los suelos [42].

Límites de consistencia

Límite Líquido (LL). La humedad del suelo se define como la cantidad de agua presente en el suelo, expresada como un porcentaje de la masa seca del suelo [43]. La determinación de la humedad del suelo se realiza mediante un método estandarizado que utiliza la copa Casagrande. En este método, se mide la humedad del suelo mediante la realización de un surco de aproximadamente 12,7 mm de profundidad, que se cierra con 25 golpes [44].

Límite Plástico (LP). La humedad del suelo se expresa como un porcentaje de agua en relación con el peso seco del suelo, después de secarlo a temperatura controlada. En particular, los suelos arcillosos experimentan un cambio en su consistencia, pasando de un estado semisólido a un estado plástico [45].

Índice de Plasticidad (IP). Se define como la diferencia entre el LL y el LP. Este índice indica el rango de variación en la capacidad de agua en el que el suelo se mantiene flexible o plástico. El valor del IP depende directamente de la cantidad de arcilla presente en el suelo [46].

Contenido de Humedad. La humedad del suelo se expresa como un porcentaje y se refiere a la relación entre la cantidad de vapor de agua presente en el aire y la cantidad de agua que se necesita para saturar la muestra a una temperatura determinada, matemáticamente, se calcula como el cociente entre el peso del agua y el peso del sólido seco en la muestra [47].

Peso Específico. La relación entre el peso de las partículas sólidas y el mismo volumen de aire se conoce como la densidad aparente del suelo. Esta relación se establece a una temperatura y volumen constantes, y se expresa matemáticamente como la razón entre el peso de las partículas sólidas y el volumen ocupado por el suelo. En términos de ingeniería geotécnica, esta relación es fundamental para determinar la estabilidad y el comportamiento mecánico del suelo bajo diferentes condiciones de carga y esfuerzo [48].

CBR. El Valor Relativo de Soporte (C.B.R.) es un parámetro que mide la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo, el cual está influenciado por la compactación y la humedad. La prueba se expresa en porcentaje y se basa en la determinación de la presión necesaria para penetrar un pistón en una muestra de suelo. En términos de ingeniería geotécnica, el C.B.R. es un indicador importante de la capacidad de soporte de un suelo para cargas superficiales y profundas, y se utiliza comúnmente en el diseño de pavimentos, cimentaciones y estructuras de contención [49].

Proctor. La prueba de Proctor es un ensayo de laboratorio que se utiliza para determinar la densidad seca máxima (DSM) de un suelo en función de su contenido de humedad. La prueba de Proctor es un método estándar para evaluar la compactación de un suelo y su relación con la humedad, lo que permite determinar la densidad óptima de compactación para un suelo determinado. En términos de ingeniería geotécnica, la prueba de Proctor es fundamental para diseñar y construir estructuras de tierra, como terraplenes, diques y cimentaciones, ya que permite optimizar la compactación del suelo y minimizar el riesgo de asentamientos y deformaciones [50].

II. MATERIALES Y MÉTODO

Tipo de Investigación. En el contexto de una investigación aplicada, la característica fundamental radica en la utilización de información científica y técnica debidamente evaluada y adquirida de otros estudios previos [51]. El objetivo principal de esta investigación es presentar resultados precisos y confiables que permitan ofrecer una posible solución a la problemática señalada, mediante la evaluación de las propiedades geotécnicas del suelo natural y su modificación mediante la incorporación de cal y escoria siderúrgica.

Diseño de Investigación. El diseño de investigación adoptado en este proyecto es un enfoque experimental cuasiexperimental, ampliamente reconocido y utilizado por la comunidad científica para abordar problemáticas complejas [52]. Este diseño se caracteriza por la manipulación controlada de las variables de investigación, con el objetivo de establecer una relación causal entre las variables independientes y dependientes [53]. En este sentido, el diseño experimental cuasiexperimental permite evaluar la efectividad de la incorporación de cal y escoria siderúrgica en un 5.0, 10.0 y 15.0%, en la modificación de las propiedades geotécnicas del suelo, y encontrar una solución óptima para la problemática planteada.

G ₀	---	---	O ₁
G ₁	C ₁	E ₁	O ₂
G ₂	C ₂	E ₂	O ₃
G ₃	C ₃	E ₃	O ₄

Donde:

G₀ = Muestra control

G_{1,2,3} = Grupos experimentados con los porcentajes indicados respectivamente.

C_{1,2,3} = Variable independiente 1, incorporación de cal al 5.0%, 10.0%, 15.0%.

E_{1,2,3} = Variable independiente 2, incorporación de escoria siderúrgica al 5.0%, 10.0%, 15.0%.

O_{1, 2, 3, 4} = Observación en cada grupo de muestras.

--- = No aplicación de ningún estímulo.

Variables y operacionalización

Variable Independiente. Cal y Escoria Siderúrgica.

Dependiente. Comportamiento mecánico de suelos arcillosos.

Operacionalización. Se realizó la operacionalización de variables para identificar los procedimientos que se realizó para la variable independiente y dependiente como se indica en el Anexo 3. .

Población. El presente proyecto de investigación estará compuesto de muestras de suelos arcillosos, donde posteriormente se incorporarán cal y escoria siderúrgica. Se debe destacar que tendrá en cuenta para dicho estudio la Norma Técnica Peruana.

Muestra. El proyecto estará compuesto de muestras de suelo, para lo cual se realizarán diferentes ensayos para determinar su comportamiento mecánico. Asimismo, en dichas muestras se incorporarán porcentajes de 5%, 10% y 15% de cal y escoria siderúrgica para posteriormente llevarlos a ensayos teniendo en cuenta la NTP.

TABLA I
COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE SUELOS EXPLORADOS

Ensayo	Suelo Natural				Sub Total	Total
	C-1	C-2	C-3	C-4		
Proctor	3	3	3	3	12	24
CBR	3	3	3	3	12	

Nota: Representación del total de muestras de suelo natural para determinar su resistencia mecánica.

TABLA II
COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE SUELO ESTABILIZADO

Suelo estabilizado	Ensayo		Sub Total	Total
	Proctor	CBR		
10% Cal	3	3	6	24
10% Cal + 5% EDS	3	3	6	
10% Cal + 10% EDS	3	3	6	
10% Cal + 15% EDS	3	3	6	

Nota: Representación del total de muestras de suelo estabilizado para determinar su resistencia mecánica.

Técnicas de recolección de datos. Las técnicas metodológicas para el proyecto de investigación consistirán en la observación sistemática y controlada de las propiedades mecánicas del suelo, mediante la realización de ensayos de laboratorio específicos. Estos ensayos permitirán obtener datos precisos y confiables sobre las propiedades mecánicas del suelo. La finalidad de esta investigación es comprender la problemática relacionada con las propiedades mecánicas del suelo y desarrollar soluciones innovadoras y efectivas para mejorar su comportamiento mecánico [54].

Instrumento de recolección de datos. Para el instrumento de recolección de datos, se utilizará una ficha de recolección de datos estandarizada, que permitirá agrupar y organizar de manera sistemática los resultados obtenidos en los diferentes ensayos realizados. Esto permitirá tener un registro ordenado y estructurado de la información, lo que facilitará el análisis y la interpretación de los datos, para tener una visión completa y detallada de las propiedades del suelo ara el instrumento se hará uso de la ficha de recolección de datos para agrupar los resultados obtenidos en los diferentes ensayos realizados, y de esa forma tener un orden en la información [55].

Ensayos de laboratorio. Los ensayos se realizaron en la sede de la universidad Señor de Sipán que cuenta con todas las características para poder dar viabilidad a nuestro proyecto de tesis.

Guía de documentos. Se emplearán las normas ASSTHO, SUCS, NTP, las cuales establecen parámetros apropiados para la elaboración de los diferentes ensayos que se realizaran [56].

Validez y confiabilidad

Validez. Es un instrumento que logra medir y verificar la confiabilidad que se tiene [57], esto se determinará mediante un juicio de expertos, que son ingenieros civiles capacitados y con experiencia en la investigación.

Confiabilidad. Es la condición de un instrumento para adquirir mediciones reales, las cuales se darán a conocer [58], esto se determinará con el software SPS que mide la fiabilidad de los resultados, mediante un análisis estadístico.

Cada ensayo será evaluado con la respectiva norma, si refiere a la confiabilidad de los resultados, en su mayoría los resultados fueron realizados en laboratorio, la confiabilidad de los ensayos depende de la buena calibración de los equipos y el manejo [59].

Procedimiento de análisis de datos.

Diagrama de flujo.

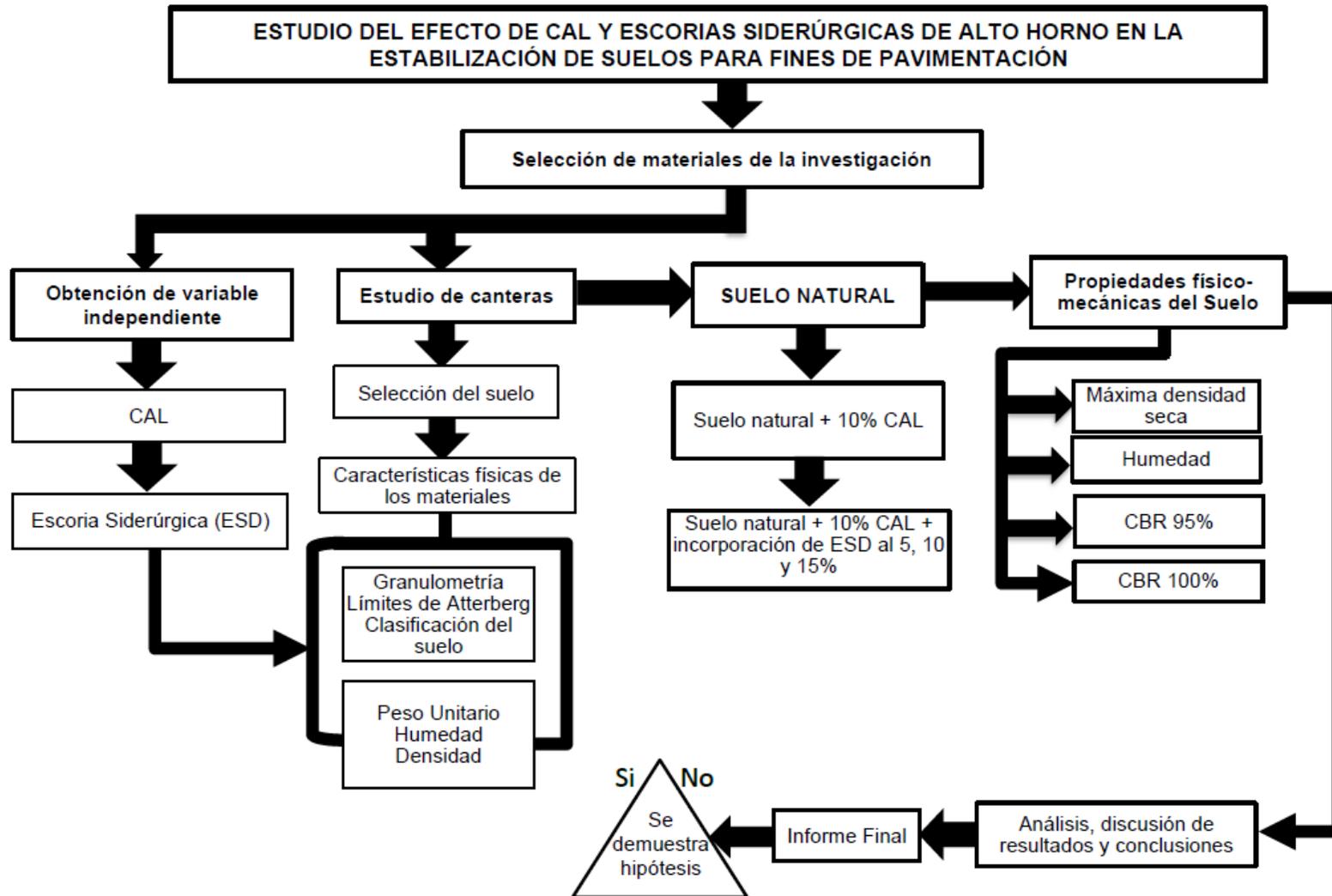


Fig. 1. Diagrama de flujo de investigación experimental

Criterios éticos. Los criterios principales que se aplicarán en este proyecto son la originalidad, la honestidad y la objetividad, garantizando que los datos obtenidos sean confiables y no estén influenciados por factores externos [60]. En cuanto a la rigurosidad científica, se ha seguido un enfoque metodológico sistemático y controlado, basado en la Norma E. 080, que establece los protocolos y procedimientos para la realización de ensayos de laboratorio en suelos. Además, para asegurar la precisión y la fiabilidad de los resultados, se ha utilizado una variedad de técnicas de validación, como la verificación de la consistencia interna y la comparación con resultados de investigaciones previas. También se ha contado con el asesoramiento de expertos en la materia y se han empleado aparatos de laboratorio adecuadamente calibrados y certificados, lo que garantiza la exactitud y la precisión de los resultados obtenidos [61].

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Resultados

Referente a las características del suelo y escoria siderúrgica.

Análisis granulométrico. Se pudo obtener la distribución granulométrica de las calicatas exploradas, para determinar la gradación según el retenido en cada malla en el análisis granulométrico por tamizado que se muestra en la fig. 2.

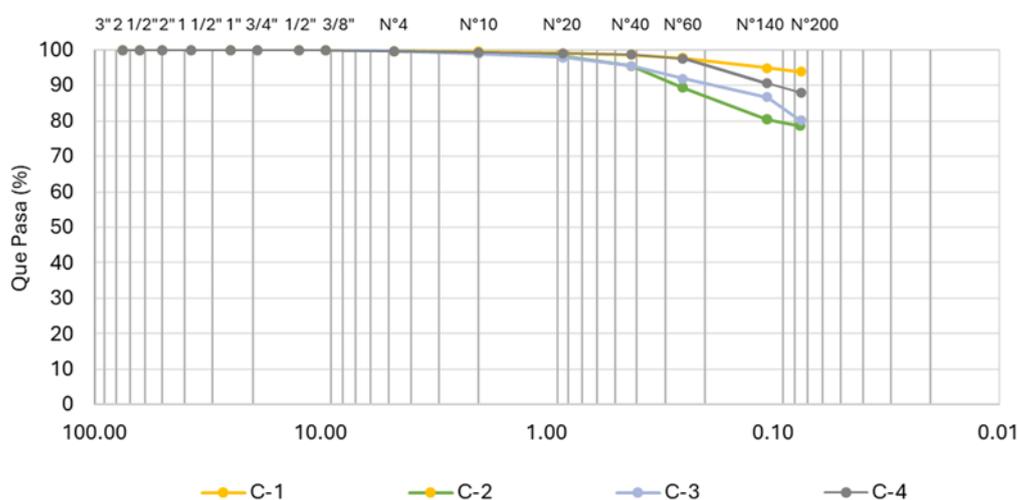


Fig. 2. Curva granulométrica de calicatas exploradas

Nota: Se evidencia la gradación de los suelos explorados, donde se determinó que el mayor porcentaje de material se refleja como arcilla y limo, donde se concentra el material en un mínimo del 78.5 hasta un 93.9%.

**TABLA III
DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA DE SUELOS EXPLORADOS**

Material	Suelo explorado			
	C - 1	C - 2	C - 3	C - 4
Grava (%)	0.2	0.2	0.3	0.2
Arena (%)	5.9	21.3	19.6	11.8
Arcilla y limo (%)	93.9	78.5	80.1	88.0

Nota: Se evidencia la distribución granulométrica de las calicatas exploradas, donde el mínimo porcentaje se encuentra de grava en 0.2 – 0.3%, arena en un 5.9 – 21.3% y arcilla y limo en un 78.5 – 93.8%.

Límites de consistencia y clasificación de suelos. En la tabla IV se muestra los límites de Atterbeg del suelo explorado, donde se determinó su límite líquido, plástico e índice de plasticidad; con la granulometría se determinó la clasificación SUCS del suelo.

TABLA IV
LÍMITES DE ATTERBERG

Ensayo	Suelo explorado			
	C – 1	C – 2	C – 3	C – 4
LL	42.61%	48.03%	41.17%	32.87%
LP	17.59%	21.68%	21.82%	17.59%
IP	25.02%	26.35%	19.34%	15.28%

Nota: Se evidencia que las calcatas exploradas presentan un suelo con un límite líquido se encuentra en un 32.87 – 48.03%, el límite plástico entre un 17.59 – 21.82%, con ello se determinó que el índice de plasticidad está en un rango de 15.28 – 26.35%.

TABLA V
CLASIFICACIÓN DEL SUELO

Clasificación de suelos	Suelo explorado			
	C – 1	C – 2	C – 3	C – 4
Clasificación (S.U.C.S.)	CL			
Descripción del suelo	Arcilla de alta plasticidad	Arcilla de alta plasticidad con arena	Arcilla de plasticidad media con arena	Arcilla de plasticidad media
Clasificación (AASHTO)	A-7-6 (14)	A-7-6 (16)	A-7-6 (12)	A-6 (10)
Descripción	MALO			

Nota: Según la clasificación SUCS, en los suelos explorados se identificó un tipo de suelo CL, que le corresponde una arcilla de plasticidad alta y media; además en la clasificación AASHTO el suelo se encuentra en el grupo A-7-6, determinando que es un suelo malo.

Caracterización de la escoria siderúrgica. Se realizaron ensayos para identificar sus características físicas como granulometría, peso unitario, humedad y densidad; en la fig. 3 y tabla VI se evidencian sus valores.

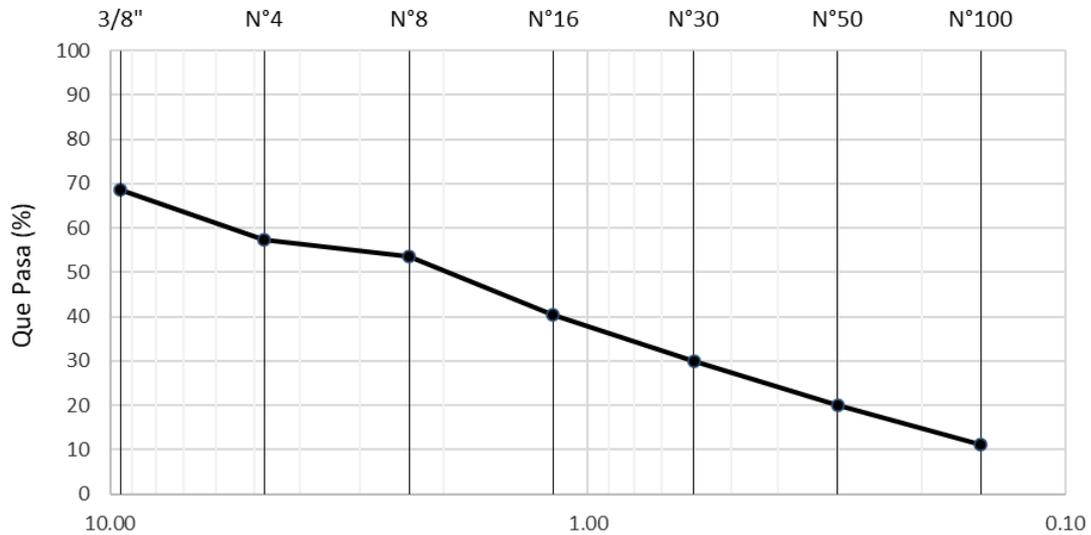


Fig. 3. Curva granulométrica de escoria siderúrgica

Nota: Se evidencia la gradación de la escoria siderúrgica, donde identifica que el mayor retenido se encuentra en la malla N°16.

TABLA VI
CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LA ESCORIA SIDERÚRGICA

Ensayo	Escoria siderúrgica	
	Unidad	Valor
Peso Unitario Suelto	Kg/m ³	2746.92
Peso Unitario Compactado	Kg/m ³	3050.08
Humedad	%	0.04
Densidad	gr/cm ³	2.707

Nota: Se evidencian los valores de las características físicas de la escoria siderúrgica, donde se identificó que su humedad es mínima.

TABLA VII

PROPIEDADES QUÍMICAS DESTACABLES DE LA ESCORIA SIDERÚRGICA

Parámetro (mg/kg)	LCM	ES (mg/kg)
Hierro – Fe	0.023	98547.59
Calcio – Ca	0.124	23566.03
Silicio – Si	0.104	7741.34
Aluminio – Al	0.023	2658.98
Azufre – S	0.091	1897.55
Magnesio – Mg	0.019	1256.96
Cobre – Cu	0.018	788.56
Manganeso – Mn	0.003	566.56
Fósforo - P	0.024	356.78
Cromo – Cr	0.003	119.66
Níquel – Ni	0.006	69.33

Nota: Elementos químicos de la escoria siderúrgica más representantes, determinado con una muestra sometida a digestión acida, para ser determinada por el ensayo de ICP – OES, se evidenció que su máximo elemento químico es el Hierro, seguido del calcio y silicio, evaluados por el límite cuantificable mínimo (LCM).

Referente a las propiedades del suelo natural, compactación del suelo natural.

La figura 4 nos muestra los resultados del ensayo del Proctor, donde se determina la densidad máxima seca del suelo natural, verificado en 4 calicatas exploradas.

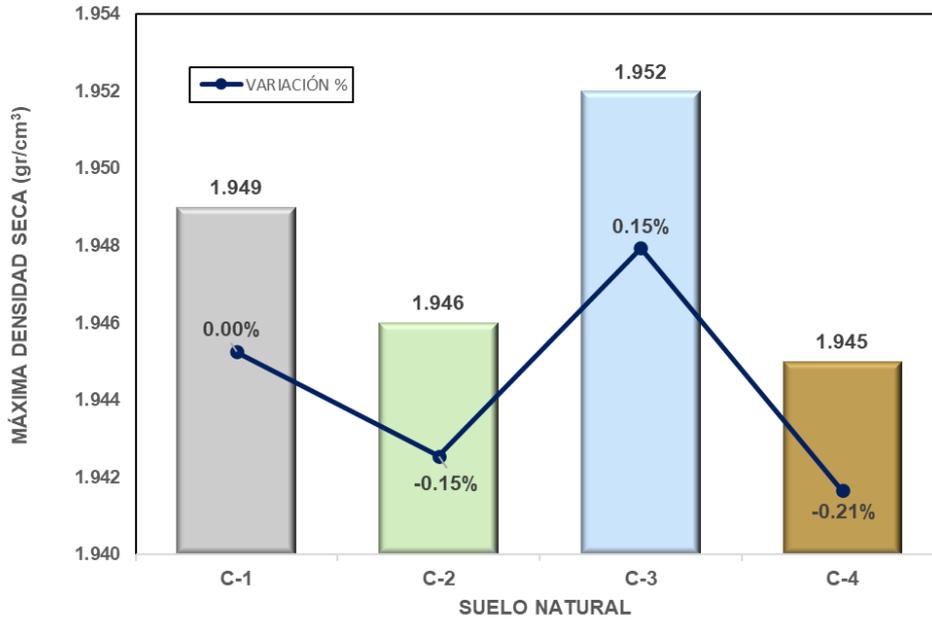


Fig. 4. Representación de máxima densidad seca de calicatas exploradas

Nota: La fig. 4 muestra los valores alcanzados de máxima densidad seca del suelo, donde las 4 calicatas exploradas se mantienen con valores similares, teniendo una variación en un rango de -0.205 - 0.15%.

Humedad del suelo natural. La figura 5 nos muestra los resultados del porcentaje de Humedad del suelo natural, verificado en 4 calicatas exploradas.

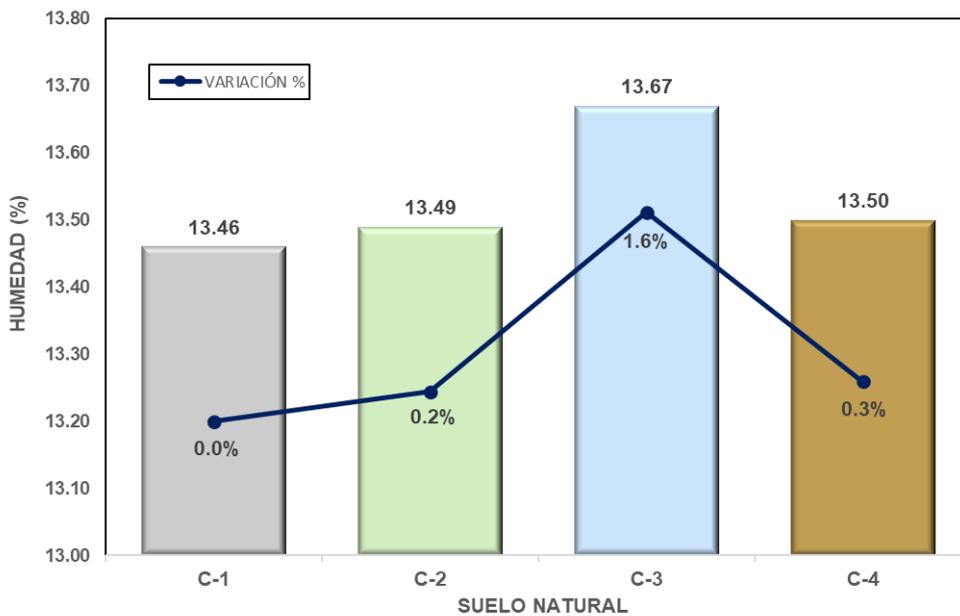


Fig. 5. Representación de humedad del suelo natural

Nota: La fig. 5 muestra los valores alcanzados del porcentaje de humedad de cada calicata explorada, siendo su humedad similar, teniendo un mínimo aumento en un rango de 0.20 - 1.56%, la mayor humedad se alcanzó en la C – 3.

CBR del suelo natural. Los resultados obtenidos del suelo natural, analizados con el ensayo de CBR, determinando el índice de CBR al 95% y 100%, determinados con los lineamientos de la NTP 339.145.

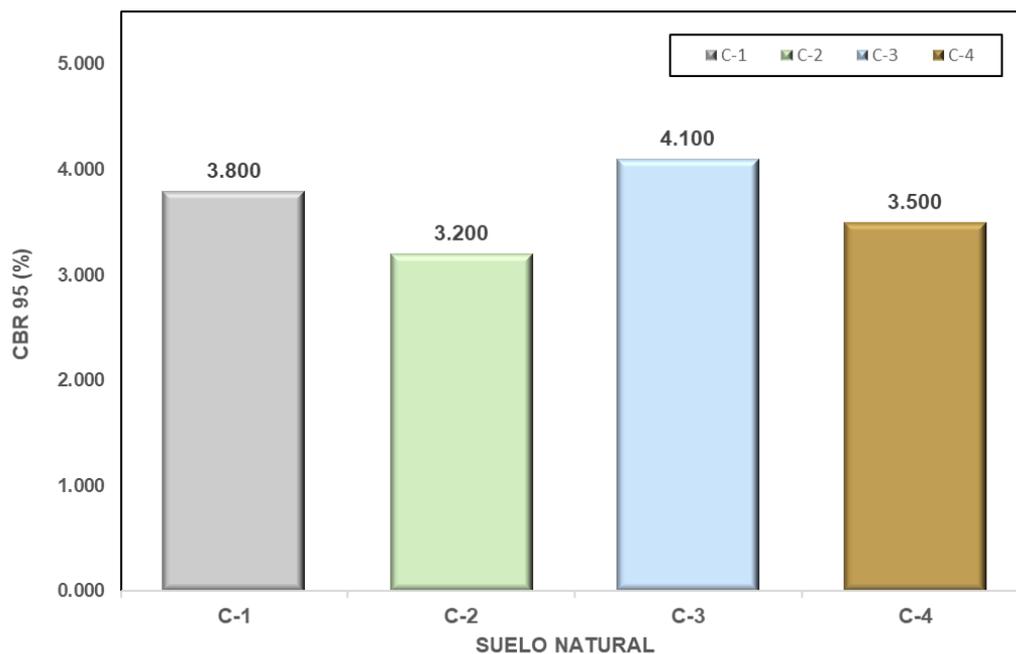


Fig. 6. Representación de CBR al 95% de las calicatas exploradas

Nota: En la fig. 6 se representan los valores que se determinaron en el ensayo de CBR al 95% con una penetración de 1” donde se muestra que la calicata 2, presenta valores desfavorables, respecto a las otras calicatas con un valor de 3.2%, el mayor valor se consiguió en la calicata 3 con un CBR de 4.1%.

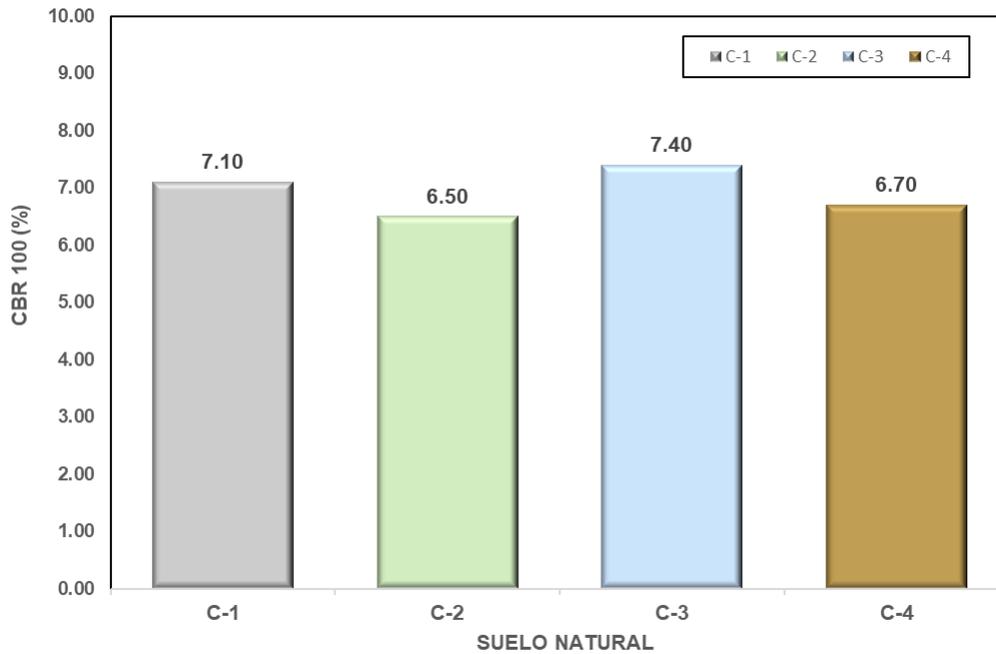


Fig. 7. Representación de CBR al 100% de las calicatas exploradas

Nota: La fig. 7 representa los valores que se determinaron en el ensayo de CBR al 100% con una penetración de 1" donde se muestra que la calicata 3, presenta valores desfavorables, respecto a las otras calicatas con un valor de 6.5%, el mayor valor se consiguió en la calicata 1 con un CBR de 7.4%.

Referente a las propiedades del suelo estabilizado con cal y escoria siderúrgica, compactación del suelo natural. Se muestra los resultados del ensayo del Proctor, donde se alcanzó la máxima densidad seca para la muestra estabilizada con cal al 10% + 15% de ESD con un valor de 2.133 gr/cm³.

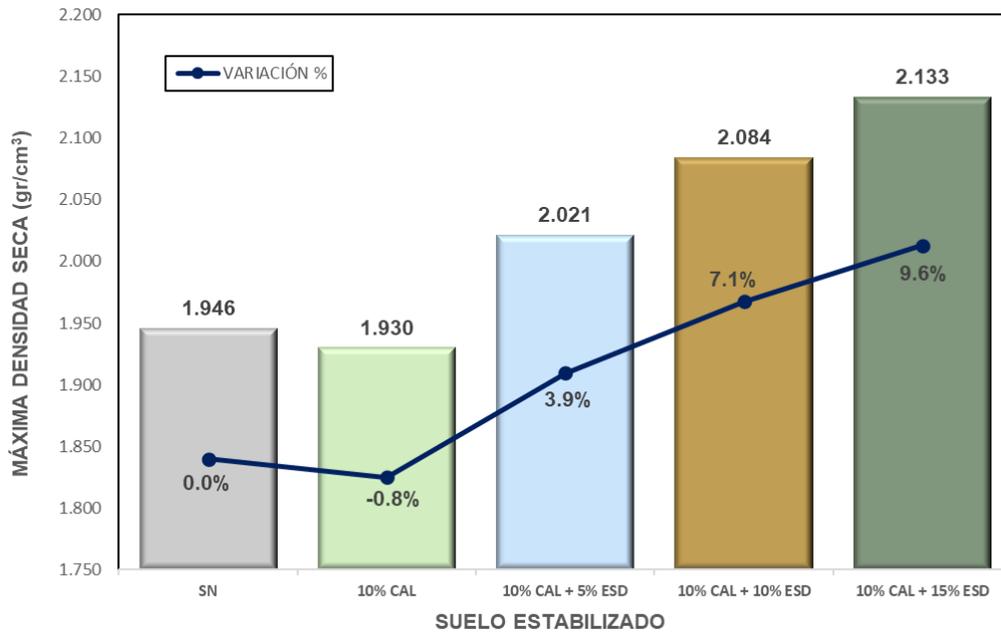


Fig. 8. Representación comparativa de suelo con cal y escoria siderúrgica

Nota: La fig. 8 representa los valores que se determinaron en la máxima densidad seca de las muestras donde las muestras experimentales aumentan su densidad, respecto a la muestra control en un rango de 3.9 – 9.6%, siendo el porcentaje de cal al 10% + 15% ESD el que obtiene el valor máximo con una máxima densidad seca de 2.133 gr/cm³.

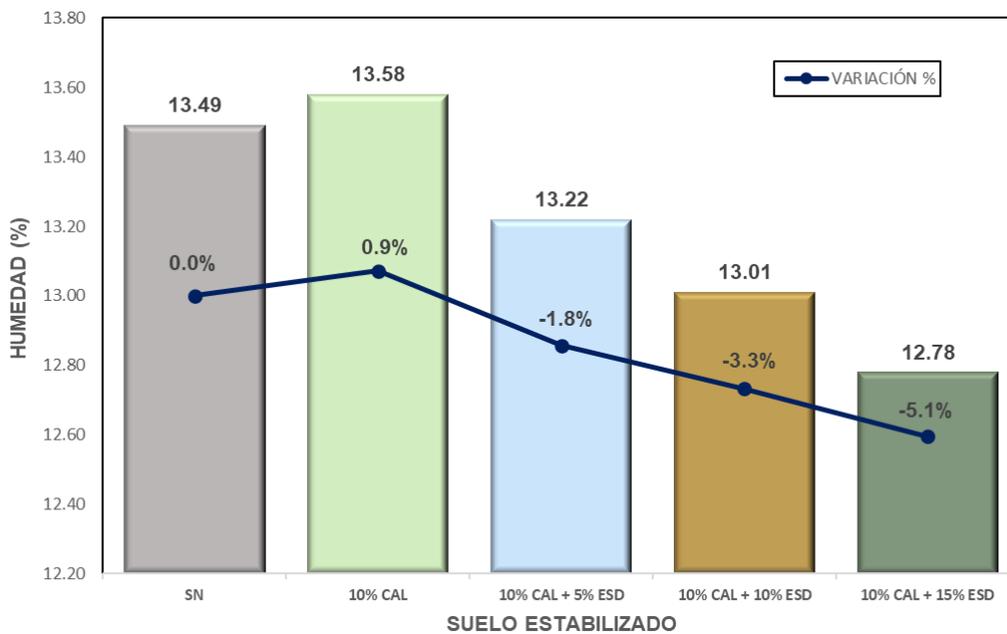


Fig. 9. Representación comparativa de la humedad del suelo estabilizado

Nota: La fig. 9 representan los valores de la humedad que gradualmente va disminuyendo con la aplicación de cal y escoria siderúrgica, siendo menor en un rango 1.8 – 5.1%, el valor más alto se presenta con la aplicación de 10% cal.

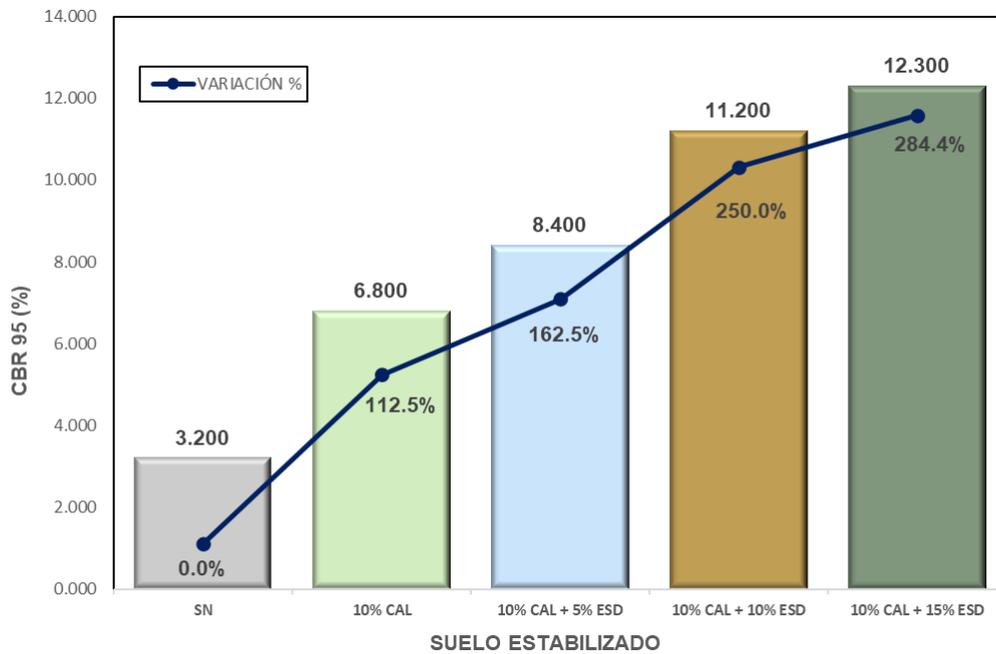


Fig. 10. Comparativo del porcentaje de CBR al 95% en el suelo estabilizado

Nota: La fig.10 representa los valores que se determinaron el porcentaje de CBR al 95% con una penetración de 1", aumentando considerablemente con la aplicación de cal y escoria siderúrgica, el mayor CBR se presentó aplicando 10% de cal + 15% escoria siderúrgica aumentando en un 284.4% con las otras aplicaciones incrementa en un 112.5, 162.5 y 250%.

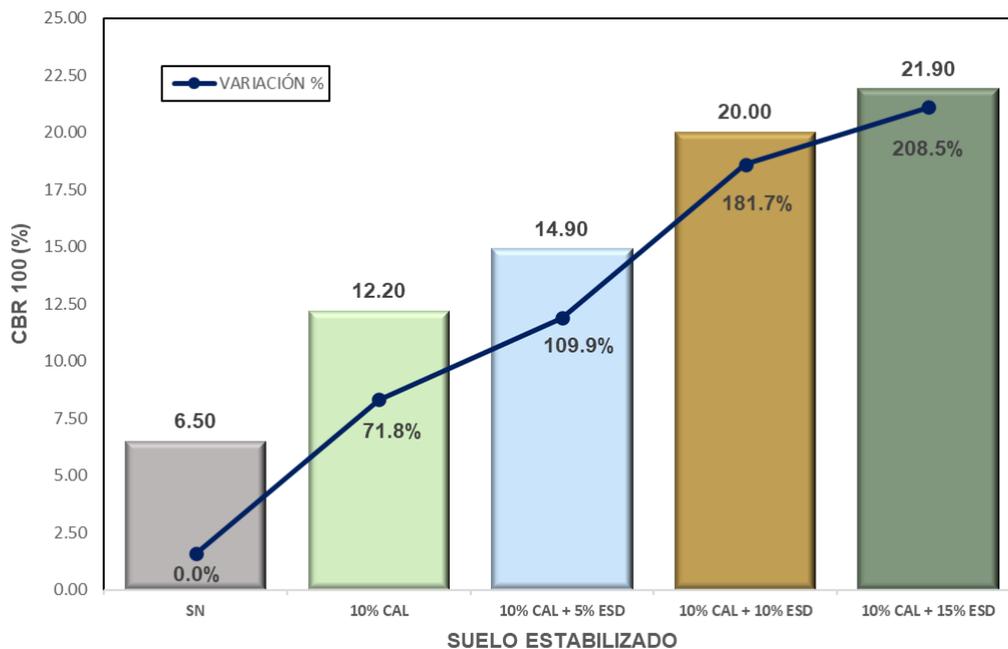


Fig. 11. Comparativo del CBR al 100% en el suelo estabilizado

Nota: La fig.14 representan los valores que se determinaron el porcentaje de CBR al 100% con una penetración de 1", aumentando considerablemente con la aplicación de cal y escoria siderúrgica, el mayor CBR se presentó aplicando 10% de cal + 15% escoria siderúrgica aumentando en un 208.5%, con las otras aplicaciones incrementa en un 71.8%, 109.9% y 181.7%, respectivamente.

3.2 Discusión

OE1: Las características de los agregados se evaluaron mediante la realización de los ensayos de granulometría, límites de Atterberg y humedad en 4 calicatas, donde se presenta un suelo con un índice de plasticidad de 25.68%, la clasificación del suelo es CL una arcilla de baja plasticidad, siendo un suelo Malo, por otra parte, para [20] el valor del índice de plasticidad es del 36.3%, también para Herrera [28], el índice de plasticidad de su suelo + cal 11% tuvo un 21.04%; para [22] cuando analizó su suelo obtuvo un índice de plasticidad de 15.4% con una aplicación de escoria del 12%, teniendo similitud con esta investigación.

OE2: Las propiedades del suelo natural indican valores de la máxima densidad seca y CBR de 1.952 gr/cm² y 7.40 % respectivamente. Por otra parte, para [7 - 22] los valores de densidad máxima y CBR están en el rango de 1.932 – 1.964 gr/cm² y 7.34 - 7.43 % respectivamente, teniendo concordancia con la presente investigación.

OE3: Las propiedades del suelo estabilizado aplicando cal y escoria siderúrgica indican incrementos en los valores de la máxima densidad seca y CBR de 9.6% y 208.5% respectivamente. Por otra parte, para [19-20-21-26-29] los valores de densidad máxima y CBR están en el rango de 7.35% – 10.37% y 198.74 - 250.64% respectivamente, teniendo concordancia con la presente investigación, para Dharini et al., [5], la aplicación de cal al 10% aumenta su CBR en 52%, teniendo concordancia; para Alemshet et al., [16] cuando aplica escoria siderúrgica al 10% aumenta el CBR en un 84.2% destacando que la escoria siderúrgica es gran estabilizador de suelo, compartiendo similares valores con la presente investigación; de la misma manera Kawa et al., [23] aplicando pequeñas proporciones de escoria demuestra que el suelo estabilizado aumenta su CBR en un 4.5% a 16%; también evaluo la máxima densidad seca teniendo un incremento del 5.4% siendo contradictorio con nuestra investigación que demuestra que la aplicación de escoria de acero disminuye la máxima densidad seca.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

En las características de los suelos se determinó un suelo con de la clasificación SUCS, siendo un suelo CL – arcilla de baja plasticidad, por lo tanto, es un suelo malo, presentando un índice de plasticidad en un rango de 13.82 – 25.02.

En las propiedades físicas y mecánicas del suelo se determinó que el suelo natural presentó sus propiedades físicas y mecánicas en los ensayos de Proctor y CBR, con valores mínimos, como se evidencio en la C – 2, siendo necesario una estabilización con cal y escoria siderúrgica.

La cal y escoria siderúrgica influye en sus propiedades, su máxima densidad seca aumenta en la aplicación cal y sus combinaciones con escoria siderúrgica; para sus propiedades mecánicas hay un aumento en el CBR al 95% y CBR al 100%, presentando una estabilización óptima para el suelo de la C-2 con un índice de CBR de 12.2% y 21.9%, respectivamente, incrementándose con su porcentaje óptimo de aplicación de cal al 10% + 15% escoria siderúrgica en un valor de 208.5%.

4.2 Recomendaciones

La exploración de los suelos se debe hacer siguiendo los parámetros del MTC, para poder recoger muestras óptimas sin presentar impurezas, de la misma manera cuando se aplica cal o escoria siderúrgica estos materiales deben tener una previa evaluación de sus características para definir, como actúan en la estabilización de suelos; para la cal se recomienda determinar su PH según los porcentajes que se aplicará.

En la exploración de suelos, cuando se evidencian que sus propiedades físicas y mecánicas son de una baja capacidad resistente, es recomendable aplicar alguna estabilización como indica el manual de carreteras, también se puede aplicar algún otro material alternativo.

Las propiedades físicas y mecánicas del suelo estabilizado con cal y escoria siderúrgica presentaron incremento en el índice de CBR, al igual que su Proctor, por lo tanto, se recomienda solo trabajar con el porcentaje óptimo del 10% y las aplicaciones de 5, 10 y 15% de escoria siderúrgica, o porcentajes de aplicación menores.

REFERENCIAS

- [1] «Estabilización de la Sub rasante de suelos arcillosos, aplicando la cal con cemento en el tramo de san José-Chichizu, Junin 2019,» 2019.
- [2] D. Sundary, M. Reza Pahlevi , A.-H. Nafisah , Munirwansyah, S. Munira y R. Putra Jaya, «Shear strength performance of dredged sediment soil stabilized with lime,» *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, vol. 128, nº 103299, 2022.
- [3] J. James, R. Roshna y S. Santhiya, «Cashew nut shell ash as a supplementary additive in lime stabilized expansive soil composites,» *Materials Today: Proceedings*, vol. 62, nº 2, pp. 644-649, 2022.
- [4] M. Adnan, S. Kumar, N. Garg, K. K. Gupta y S. K. Das, «Soil stabilization using waste “Bagasse ash and lime”: A review,» *Materials Today*, 2023.
- [5] S. Andavan y P. Vamsi Krishna, «A study on soil stabilization by addition of fly ash and lime,» *Materials Today: Proceedings*, vol. 22, nº 3, pp. 1125-1129, 2020.
- [6] Y.-L. Yang, K. R. Reddy, Y.-J. Du y R.-D. Fan, «Short-Term Hydraulic Conductivity and Consolidation Properties of Soil-Bentonite Backfills Exposed to CCR-Impacted Groundwater,» *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, vol. 144, nº 6, 2018.
- [7] R. González, J. Montenegro y P. Lapeña, «Parámetros resistentes y de deformación en mezclas de suelo y escoria blanca obtenidos por medio de ensayos de corte directo y compresión simple,» *universidad Católica de la Santísima Concepción*, 2019.
- [8] J. O'Connor, T. B. Tuyen Nguyen, T. Honeyands, B. Monagham, D. O'dea, R. Jorg, A. Vinu, S. A. Hoang, G. Shing, K. B. y N. Bolan, «Las escorias

se han utilizado cada vez más en diversas industrias alrededor del mundo porque se consideran un recurso valioso y de bajo costo, producidas por la industria siderúrgica y se han utilizado principalmente como agregados en el hormigonado, cons,» *Journal of Hazardous Materials*, vol. 419, nº 126478, pp. 1-17, 2021.

- [9] V. Dharini, M. Balamaheswari y A. N. Presentia, «Enhancing the strength of expansive clayey soil using lime as soil stabilizing agent along with sodium silicate as grouting chemical,» *Materials Today: Proceedings*, nº 2214-7853, 2023.
- [10] B. Zeng, Z. Zhang, S. Yang, L. Mo y F. Jin, «Alkanolamines-activated steel slag for stabilization/solidification of heavy metal contaminated soil,» *Journal of Environmental Chemical Engineering*, vol. 11, nº 3, p. 110301.
- [11] W. Gao, W. Zhou, X. Lyu, X. Liu, H. Su, C. Li y H. Wang, «Comprehensive utilization of steel slag: A review,» *Powder Technology*, vol. 422, nº 118449, 2023.
- [12] Y. Chunyang , C. Chunyi , Y. Wang, J. Zhao y Y. Wu, «Strength performance and microstructural evolution of carbonated steel slag stabilized soils in the laboratory scale,» *Engineering Geology*, vol. 295, nº 106410, 2021.
- [13] R. Razali, A. S. A. Rashid, D. Che Lat, S. Horpibulsuk, M. J. Roshan, N. S. A. Rahman y N. H. Ahmad Rizal, «Shear strength and durability against wetting and drying cycles of lime-stabilised laterite soil as subgrade,» *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, vol. 132, p. 103479, 2023.
- [14] D. Novianto y T. Rochman, «THE EXPERIMENTAL PROCEDURES OF SAND AND LIME AS BASE SOIL STABILIZATION MATERIALS ON THE MODIFIED PROCTOR VALUES FOR FLEXIBLE PAVEMENT CONSTRUCTION,» *MethodsX*, p. 102473, 2023.

- [15] A. Soltani, A. Taheri, A. Deng y O. Brendan, «Stabilization of a highly expansive soil using waste-tire-derived aggregates and lime treatment,» *Case Studies in Construction Materials*, vol. 16, p. 01133, 2022.
- [16] M. Angulo Roldan y C. N. Zavaleta Papa, «“ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS COMO CAPA DE RODADURA EN LA PROLONGACIÓN NAVARRO CAUPER, DISTRITO SAN JUAN – MAYNAS – IQUITOS, 2019”,» 2020.
- [17] J. J. Guevara Tuesta, «“Influencia de la adición de las escorias del horno eléctrico de Sider Perú en la estabilización de subrasante para pavimentos en Chimbote”,» Chimbote, 2022.
- [18] J. Llatas, «Utilización de la escoria siderúrgica para el mejoramiento de las propiedades mecánicas de subrasantes en suelos arcillosos,» Chiclayo, 2023.
- [19] M. Khodaparast, A. Rajabi y M. Mohammadi, «Mechanical properties of silty clay soil treated with a mixture of lime and zinc oxide nanoparticles,» *Construction and Building Materials*, vol. 281, nº 122548, 2021.
- [20] Z. Kawa, N. Bahaaldeen y S. Jabbar , «Using Steel Slag for Stabilizing Clayey Soil in Sulaimani City-Iraq,» *Journal of Engineering* , vol. 26, nº 7, 2020.
- [21] S. Wang, X. Li, K. Ren y C. Liu , «Experimental Research on Steel slag Stabilized Soil and its Application in Subgrade Engineering,» *Geotechnical and Geological Engineering*, vol. 38, p. 4603–4615 , 2020.
- [22] J. Ramakrishna y R. Gopi, «Experimental investigation on partial replacement of cement and coarse aggregate by rice husk ash and steel slag in concrete,» *Materials Today: Proceedings*, 2023.
- [23] D. Alemshet, B. Fayissa, A. Geremew y G. Chala, «Amelioration Effect of

- Fly Ash and Powdered Ground Steel Slag for Improving Expansive Subgrade Soil,» *Journal of Engineering (United Kingdom)*, vol. 2023, nº 1652373, 2023.
- [24] H. Dias, J. Franco, L. Barbosa , F. Pereira, K. Defáveri y R. Fiorotti, «Mechanical performance and resistance to carbonation of steel slag reinforced concrete,» *Construction and Building Materials*, vol. 298, p. 123910, 2021.
- [25] Z. Yangpeng, J. Tinghui, L. Shuyang y W. Wensheng, «Engineering Properties and Environmental Impact of Soil Mixing with Steel Slag Applied in Subgrade,» *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 13, nº 3, p. 1574, 2023.
- [26] D. Devi , R. P. Munirwan, N. Al-Huda, Munirwansyah, M. Sungkar y P. J. Ramadhansyah , «Shear strength performance of dredged sediment soil stabilized with lime,» *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, vol. 128, p. 103299, 2022.
- [27] B. Apaza y R. Quisca, «Modificación de las Propiedades de la Subrasante con Escoria Siderúrgica y Organosilanos en la Carretera Umayo - Atuncolla,» Trujillo, 2022.
- [28] P. Herrera, «Estabilización de subrasantes con escoria siderúrgica y cal mediante técnicas de optimización simplex y gráfico, carretera vecinal Huamanmarca- Huayucachi, Huancayo,» Huamanmarca, 2021.
- [29] A. Moale y E. Rivera, «Estabilización química de suelos arcillosos con cal para su uso como subrasante en vías terrestres de la localidad de Villa Rica,» Lima, 2019.
- [30] B. Gamarra, «Análisis de las propiedades mecánicas de los suelos arcillosos con adición de escoria de metales, Perú 2021,» Trujillo, 2021.
- [31] L. Llanos, «Mejoramiento de la Capacidad Portante del suelo adicionando 5% y 10% de escoria de acero, C.P “Cambio Puente,» Chimbote, 2021.
- [32] M. Mahedi, B. Cetin and D. J. White, "Cement, Lime, and Fly Ashes in

- Stabilizing Expansive Soils: Performance Evaluation and Comparison," *Journal of Materials in Civil Engineering*, vol. 32, no. 7, p. 4020177, 2020.
- [33] J. Alarcon, M. Jimenez and R. Benitez, "Estabilización de suelos mediante el uso de lodos aceitoso.," *Revista ingeniería de construcción.*, vol. 35, no. 1, pp. 5-20, abril 2020.
- [34] A. Ulate Castillo, «Estabilizacion de suelos y materiales granulares en caminos bajo volumen de transito, empleando productos no tradicionales,» *LanammeUCR*, vol. 8, nº 2, p. 1, mayo 2017.
- [35] J. Menon and M. S. Ravikumar, "Strength evaluation of laterite soil stabilized using polymer fibers," *International Journal of Civil Engineering and Technology*, vol. 9, no. 2, pp. 227 - 234, 2018.
- [36] R. Tanzadeh, M. Vafaeian and M. Y. Fard, "The influence of lime powder on the behaviour of clay soil," *Gradjevinar*, vol. 73, no. 9, pp. 907 - 915, 2021.
- [37] M. Angulo Roldan y C. N. Zavaleta Papa, Estabilización de suelos arcillosos con cal para el mejoramiento de las propiedades físico – mecánicas como capa de rodadura en la Prolongación Navarro Cauper, Distrito San Juan – Maynas – Iquitos, 2019, Universidad Científica del Perú, 2020.
- [38] M. Aswathy, U. Salini and V. Gayathri, "Utility of lime and red mud in clay soil stabilization," *Lecture Notes in Civil Engineering*, vol. 16, no. 1, pp. 19 - 26, 2019.
- [39] Y. Cheng, S. Wang, J. Li, X. Huang, C. Li and J. Wu, "Engineering and mineralogical properties of stabilized expansive soil compositing lime and natural pozzolans," *Construction and Building Materials*, vol. 187, no. 3, pp. 1031 - 1038, 2018.
- [40] J. E. Zambrano Cabello, Estabilización química con Cloruro de Magnesio en el diseño del camino -Villa las Orquídeas - Puente Piedra en el 2016,

Universidad César Vallejo, 2017.

- [41] L. C. Dang, H. Khabbaz and B.-J. Ni, "Improving engineering characteristics of expansive soils using industry waste as a sustainable application for reuse of bagasse ash," *Transportation Geotechnics*, vol. 31, no. 1, p. 100637, 2021.
- [42] E. E. Chura Mamani y S. Romero Yupanqu, Estabilización de suelos cohesivos mediante el uso de geomallas, geotextil, cal y cemento con fines de pavimentación en el tramo de acceso del km 00+000 al km 00+750 del campus universitario UPeU Juliaca, UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN, 2017.
- [43] F. A. Kamaruddin, H. Nahazanan, B. K. Huat and V. Anggraini, "Improvement of marine clay soil using lime and alkaline activation stabilized with inclusion of treated coir fibre," *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 10, no. 6, p. 2129, 2020.
- [44] F. M. Gonzales Carpio, «Análisis experimental de suelos estabilizados con ceniza volante, cemento y cal para subrasante mejorada de pavimentos en la ciudad de Puno,» Puno, 2018.
- [45] E. J. Camargo Triana y M. Á. Peralta Melo, «Evaluación del comportamiento de la resistencia de un suelo arcilloso con adición de ceniza de café en el municipio de Viotá cundinamarca,» Colombia, 2020.
- [46] J. James, E. P. B. Graham David, M. Nagarathinam, M. K. Thaniyarasu and J. Madhu, "Pozzolanic benefit of fly ash and steel slag blends in the development of uniaxial compressive strength of lime stabilized soil," *Revista Facultad de Ingeniería*, vol. 27, no. 49, pp. 7-21, 2018.
- [47] MTC, Manual de Carreteras Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos Sección Suelos y Pavimentos, Lima, 2014, pp. 34,35.
- [48] D. Santa Cruz Perales, «ZONIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD

PORTANTE DEL SUELO DE LA LOCALIDAD DE SORITOR DEL DISTRITO DE SORITOR – PROVINCIA DE MOYOBAMBA – REGIÓN SAN MARTÍN,» Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación, Tarapoto, 2018.

- [49] A. Jurado and R. Perez, "Análisis comparativo de métodos destructivos y no destructivos en la determinación de parámetros geotécnicos para estabilización de un talud en la Costa Verde-Miraflores," Repositorio Institucional URP, Lima, 2019.
- [50] P. Zalwango, A. Bazairwe and S. Ainomugisha, "Blending lime with sugarcane bagasse ash for stabilizing expansive clay soils in subgrade," *Journal of Engineering and Technological Sciences*, vol. 53, no. 5, p. 210510, 2021.
- [51] G. Baena, Metodología de Investigación, 3era edición ed., Mexico: Grupo editorial patria, 2017.
- [52] S. Palella and F. Martins, Metodología de la Investigación Cuantitativa, Caracas: Fedupel, 2012.
- [53] E. E. Gallardo, Metodología de la Investigación: manual autoformativo interactivo, Huancayo: Universidad Continental, 2017.
- [54] M. Borja Suárez , «Metodología de la investigación científica para ingenieros,» Chiclayo, 2016.
- [55] E. D. Cabezas, D. Andrade and J. Torres, Introducción a la metodología de la investigación científica, 1era edición ed., Sangolquí: Comisión Editorial de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, 2018.
- [56] C. I. Muñoz, Metodología de la investigación, Mexico: Editorial Progreso S.A de C.V, 2015.
- [57] H. D. Lerma, Metodología de la investigación: Propuesta, anteproyecto y proyecto, Bogotá: Ecoe Ediciones, 2009.
- [58] S. Carrasco, Metodología de la Investigación Científica, Lima: San

Marcos EIRL TDA, 2019, p. 476.

- [59] R. E. Hernández, H. Barrios and A. Ramirez, "Análisis de riesgo por inundación: metodología y aplicación a la cuenca Atemajac," *Tecnología y Ciencias del Agua*, vol. 8, no. 3, pp. 5-25, 2017.
- [60] R. Hernandez, C. Fernández and P. Baptista, *Metodología de la Investigación*, Interamericana Editores, S.A. de C.V, 2018, p. 746.
- [61] U. S. D. S. S.A.C., *CÓDIGO DE ÉTICA EN INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C. VERSIÓN 9*, PIMENTEL, 2023.
- [62] T. Silva, L. Lara, G. Silva, J. Provis and A. Bezerra, "Alkali-activated materials produced using high-calcium, high-carbon biomass ash," *Cement and Concrete Composites*, vol. 132, p. 104646, 2022.

ANEXOS

Anexo 1. Acta de revisión de similitud de la investigación	49
Anexo 2. Acta de aprobación de asesor	50
Anexo 3. Carta o correo de recepción del manuscrito remitido por la revista	51
Anexo 4. Operacionalización de variables.....	52
Anexo 5. Matriz de consistencia	53
Anexo 6. Autorización para uso de laboratorio	54
Anexo 7. Informes de laboratorio de características físicas al suelo	55
Anexo 8. Informes de laboratorio de características físicas a la escoria siderúrgica	59
Anexo 9. Informes de laboratorio de ensayo químico a la escoria siderúrgica	62
Anexo 10. Informes de laboratorio de propiedades físico – mecánicas al suelo natural	64
Anexo 11. Informes de propiedades físico – mecánicas al suelo estabilizado.....	72
Anexo 12. Certificados de calibración de equipos	80
Anexo 13. Validez y confiabilidad por 5 jueces expertos	104
Anexo 14. Análisis estadístico	109
Anexo 15. Análisis económico.....	116
Anexo 16. Panel Fotográfico	119

Anexo 1. Acta de revisión de similitud de la investigación

	ACTA DE SEGUNDO CONTROL DE REVISIÓN DE SIMILITUD DE LA INVESTIGACIÓN	Código:	F3.PP2-PR.02
		Versión:	02
		Fecha:	18/04/2024
		Hoja:	1 de 1

Yo, Dr. Salinas Vasquez Nestor Raul (Coordinador de Investigación), he realizado el segundo control de originalidad de la investigación, el mismo que está dentro de los porcentajes establecidos para el nivel de Pregrado según la Directiva de similitud vigente en USS; además certifico que la versión que hace entrega es la versión final del informe titulado: **ESTUDIO DEL EFECTO DE CAL Y ESCORIAS SIDERÚRGICAS DE ALTO HORNO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN**, elaborado por el Bachiller:

MELENDEZ TORRES SEGUNDO MANUEL

Se deja constancia que la investigación antes indicada tiene un índice de similitud del **22%**, verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el software de similitud TURNITIN.

Por lo que se concluye que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con lo establecido en la Directiva sobre índice de similitud de los productos académicos y de investigación vigente.

Pimentel, 30 de octubre de 2024.

Dr. Salinas Vasquez Nestor Raul
Coordinador de Investigación

Anexo 2. Acta de aprobación de asesor



ACTA DE APROBACIÓN DEL ASESOR

Yo **MG. RUIZ SAAVEDRA NEPTON DAVID** quien suscribe como asesor designado mediante Resolución de Facultad **N°0385-2024/FIAU-USS**, del proyecto de investigación titulado **ESTUDIO DEL EFECTO DE CAL Y ESCORIAS SIDERÚRGICAS DE ALTO HORNO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN**, desarrollado por el estudiante: **MELÉNDEZ TORRES SEGUNDO MANUEL**, del programa de estudios de la Escuela profesional de Ingeniería Civil, acredito haber revisado, y declaro expedito para que continúe con los trámites pertinentes.

En virtud de lo antes mencionado, firma:

MG. Ruiz Saavedra Nepton David	DNI: 16535761	
--------------------------------	---------------	--

Pimentel, 27 de setiembre del 2024

Anexo 3. Carta o correo de recepción del manuscrito remitido por la revista

9/11/24, 18:55

Correo de Universidad Señor de Sipan - [IC] Envío recibido de Ref. 7160



SEGUNDO MANUEL MELENDEZ TORRES <mtorressegundom@uss.edu.pe>

[IC] Envío recibido de Ref. 7160

1 mensaje

Juan Queipo de Llano Moya via Informes de la Construcción

9 de noviembre de 2024,

<administrador.revistas@csic.es>

18:54

Responder a: Juan Queipo de Llano Moya <direccion.informes@ietcc.csic.es>

Para: Segundo Manuel Meléndez Torres <mtorressegundom@uss.edu.pe>

Estimado Segundo Manuel Meléndez Torres,

Gracias por enviarnos su manuscrito "Estudio del efecto de cal y escoria de acero de altas temperaturas pa-ra la estabilización de suelos con fines de pavimentación" a Informes de la Construcción, que ha recibido el número de referencia 7160.

Previo a su evaluación por revisores externos, es el Consejo de Redacción quien decide sobre la adecuación del mismo a la línea editorial y las normas de la Revista. Gracias al sistema de gestión de revistas online que usamos podrá seguir su progreso a través del proceso editorial identificándose en el sitio web de la revista:

URL del manuscrito: <https://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/authorDashboard/submission/7160>

Nombre de usuario: 89manuel98

En cualquier caso la decisión se le comunicará lo antes posible.

Si tiene cualquier pregunta no dude en contactar con nosotros, haciendo mención al número de referencia asignado.

Agradeciéndole el envío de dicho artículo a nuestra redacción, reciba un cordial saludo.

Secretaría, Control y Gestión de Artículos
Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja
Serrano Galvache, 4. 28033 Madrid
Tel.: 91 302 04 40 (Ext 870276)
<http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/>

Informes de la Construcción

<https://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es>

Anexo 4. Operacionalización de variables

Variable de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Items	Instrumento	Tipo de variable	Escala de medición
Evaluación de las propiedades del suelo	Varían significativamente dependiendo de las características de sus componentes.	El suelo se combina con la cal y la escoria siderúrgica con la finalidad de mejorar las propiedades físicas y mecánicas.	Propiedades físicas	Granulometría	cm	Ficha de laboratorio	Dependiente	De razón
				Límites de Atterbeg	%			
				Clasificación SUCS	--			
				Humedad	%			
			Propiedades mecánicas	Proctor		Ficha resultado el laboratorio		
				CBR				
Cal	Se adiciona al suelo natural	La cal se adicionará en porcentajes por el peso del suelo	Dosificación en diferentes porcentajes	5.0	%	Revisión Documentaria	Independiente	De razón
				10.0				
				15.0				
Escoria Siderúrgica	La escoria siderúrgica se incorpora en el suelo [47].	La escoria siderúrgica se adicionará en porcentajes por el peso del suelo	Dosificación en diferentes porcentajes	5.0	%	Revisión Documentaria	Independiente	De razón
				10.0				
				15.0				

Anexo 5. Matriz de consistencia

Título	ESTUDIO DEL EFECTO DE CAL Y ESCORIAS SIDERÚRGICAS DE ALTO HORNO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN					
Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	
¿De qué manera influyen la Cal y Escorias Siderúrgicas de alto horno en la estabilización de suelos para fines de pavimentación?	Evaluar el estudio del efecto de cal y escorias siderúrgicas de alto horno en la estabilización de suelos para fines de pavimentación	El estudio del efecto de la Cal y Escorias Siderúrgicas de alto horno mejoran significativamente la estabilización de suelos para fines de pavimentación.	Independiente	VI ₁ : Ficha Técnica VI ₂ : Características físicas y químicas de la escoria siderúrgica.	a) Características físicas	
			VI ₁ : Cal. VI ₂ : Escoria siderúrgica.		Densidad(gr/cm ³)	
					Granulometría	
					Peso Unitario	
	OE1: Determinar las características físicas del suelo y escoria siderúrgicas. OE2: Determinar el Proctor y CBR del suelo natural. OE3: Evaluar el Proctor y CBR del suelo estabilizado aplicando cal y escoria siderúrgica en porcentajes de 5, 10 y 15%.	El estudio del efecto de la Cal y Escorias Siderúrgicas de alto horno mejoran significativamente la estabilización de suelos para fines de pavimentación.	Estabilización de suelos para pavimentación.	Dependiente	Determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo natural y estabilizado con cal y escoria siderúrgica en aplicaciones de 5%, 10% y 15%.	Propiedades Físicas y Mecánicas del suelo
				1.- Contenido de humedad		
				2.- Máxima densidad seca		
				3.- Proctor		
				4.- CBR		

Anexo 6. Autorización para uso de laboratorio



AUTORIZACIÓN PARA EL RECOJO DE INFORMACIÓN

Pimentel, 06 de octubre de 2023

Quien suscribe:

Sr. Wilson Olaya Aguilar

**REPRESENTANTE LEGAL DE COORDINACIÓN DE LABORATORIO – UNIVERSIDAD
SEÑOR DE SIPAN**

AUTORIZA: Permiso para recojo de información pertinente en función del proyecto
de investigación, denominado:

**ESTUDIO DEL EFECTO DE CAL Y ESCORIAS SIDERÚRGICAS DE ALTAS TEMPERATURAS EN
LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN**

Por el presente, el que suscribe, Wilson Olaya Aguilar representante legal de coordinación del laboratorio UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPAN, AUTORIZO al estudiante: MELÉNDEZ TORRES SEGUNDO MANUEL, identificado con DNI N°72225490, estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, y autor del trabajo de investigación denominado "ESTUDIO DEL EFECTO DE CAL Y ESCORIAS SIDERÚRGICAS DE ALTAS TEMPERATURAS EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN", al uso de dicha información que conforma el proyecto de tesis así como hojas de memorias de cálculos, entre otros como plantillas para efectos exclusivamente académicos de la elaboración de tesis de investigación, enunciada líneas arriba de quien solicita se garantice la absoluta confidencialidad de la información solicitada.

A handwritten signature in blue ink is written over a rectangular stamp. The stamp contains the USS logo and the text: 'Universidad Señor de Sipán', 'Wilson Olaya Aguilar', 'COORDINADOR DE LABORATORIO / TALLERES', 'ESC. INGENIERÍA CIVIL', and 'Atentamente.'

USS Universidad
Señor de Sipán
Wilson Olaya Aguilar
COORDINADOR DE LABORATORIO / TALLERES
ESC. INGENIERÍA CIVIL
Atentamente.

Wilson Olaya Aguilar: DNI N°41437114

Tec. Coordinador de Laboratorio / Talleres

Anexo 7. Informes de laboratorio de características físicas al suelo



Solicitante : MELÉNDEZ TORRES SEGUNDO MANUEL
 Proyecto : Tesis: "ESTUDIO DEL EFECTO DE CAL Y ESCORIAS SIDERÚRGICAS DE ALTAS TEMPERATURAS EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN"
 Ubicación : CAMPUS USS - Km. 5 CARRETERA PIMENTEL - PIMENTEL - CHICLAYO
 Fecha de ensayo : 10/10/2023

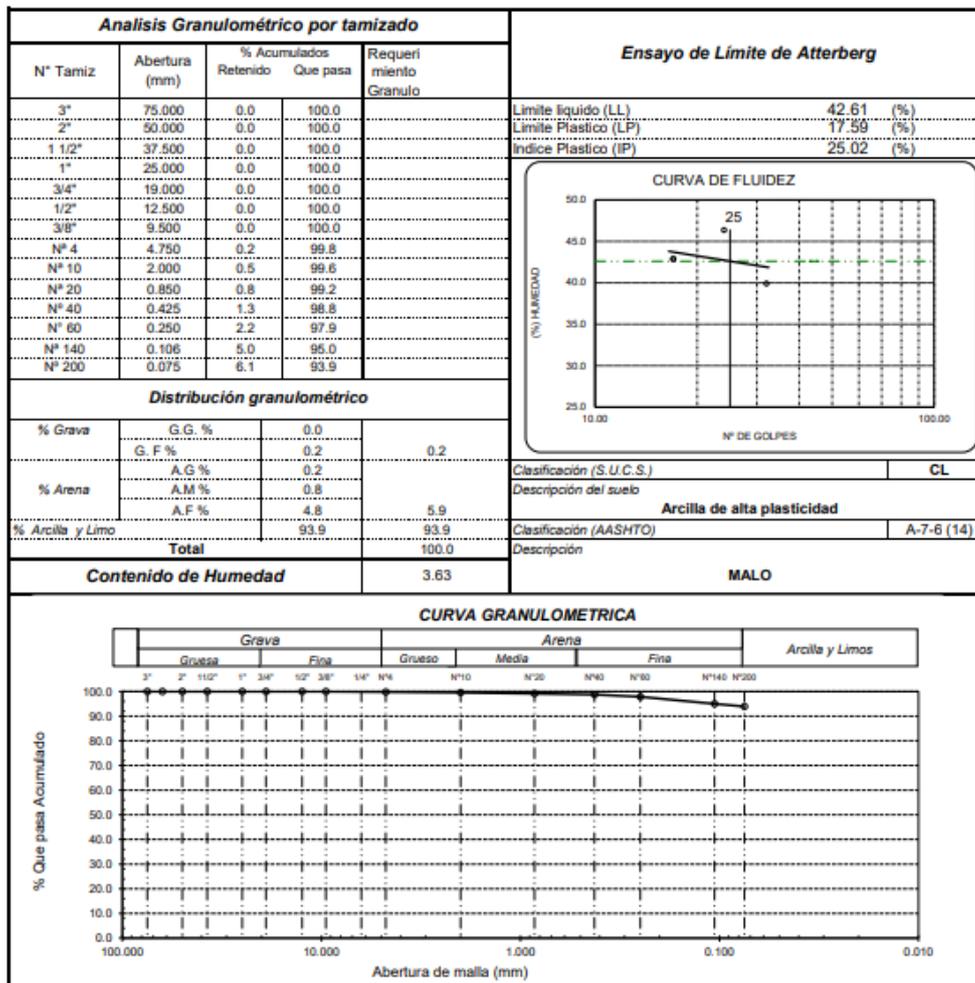
ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico.
 : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.

NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999
 : N.T.P. 399.131
 : N.T.P. 339.127: 1998

Calicata: C - 1

Muestra: M - 1

Profundidad: 0.00m.- 1.50m.



Observaciones:

- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.



Solicitante : MELÉNDEZ TORRES SEGUNDO MANUEL
 Proyecto : Tesis: "ESTUDIO DEL EFECTO DE CAL Y ESCORIAS SIDERÚRGICAS DE ALTAS TEMPERATURAS EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN"
 Ubicación : CAMPUS USS - Km. 5 CARRETERA PIMENTEL - PIMENTEL - CHICLAYO
 Fecha de ensayo : 10/10/2023

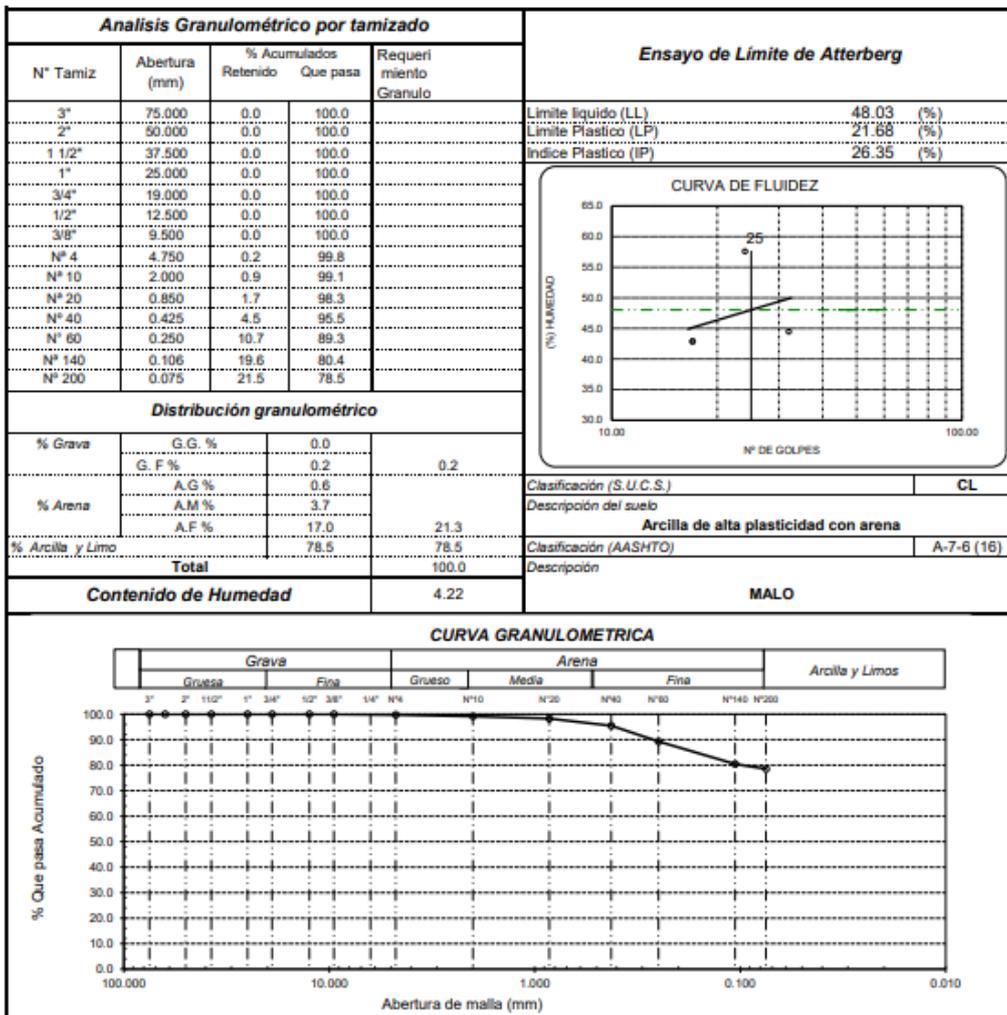
ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico.
 : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.

NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999
 : N.T.P. 399.131
 : N.T.P. 339.127: 1998

Calicata: C - 2

Muestra: M - 1

Profundidad: 0.00m.- 1.50m.



Observaciones:

- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.

Solicitante : MELÉNDEZ TORRES SEGUNDO MANUEL
 Proyecto : Tesis: "ESTUDIO DEL EFECTO DE CAL Y ESCORIAS SIDERÚRGICAS DE ALTAS TEMPERATURAS EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN"
 Ubicación : CAMPUS USS - Km. 5 CARRETERA PIMENTEL - PIMENTEL - CHICLAYO
 Fecha de ensayo : 10/10/2023

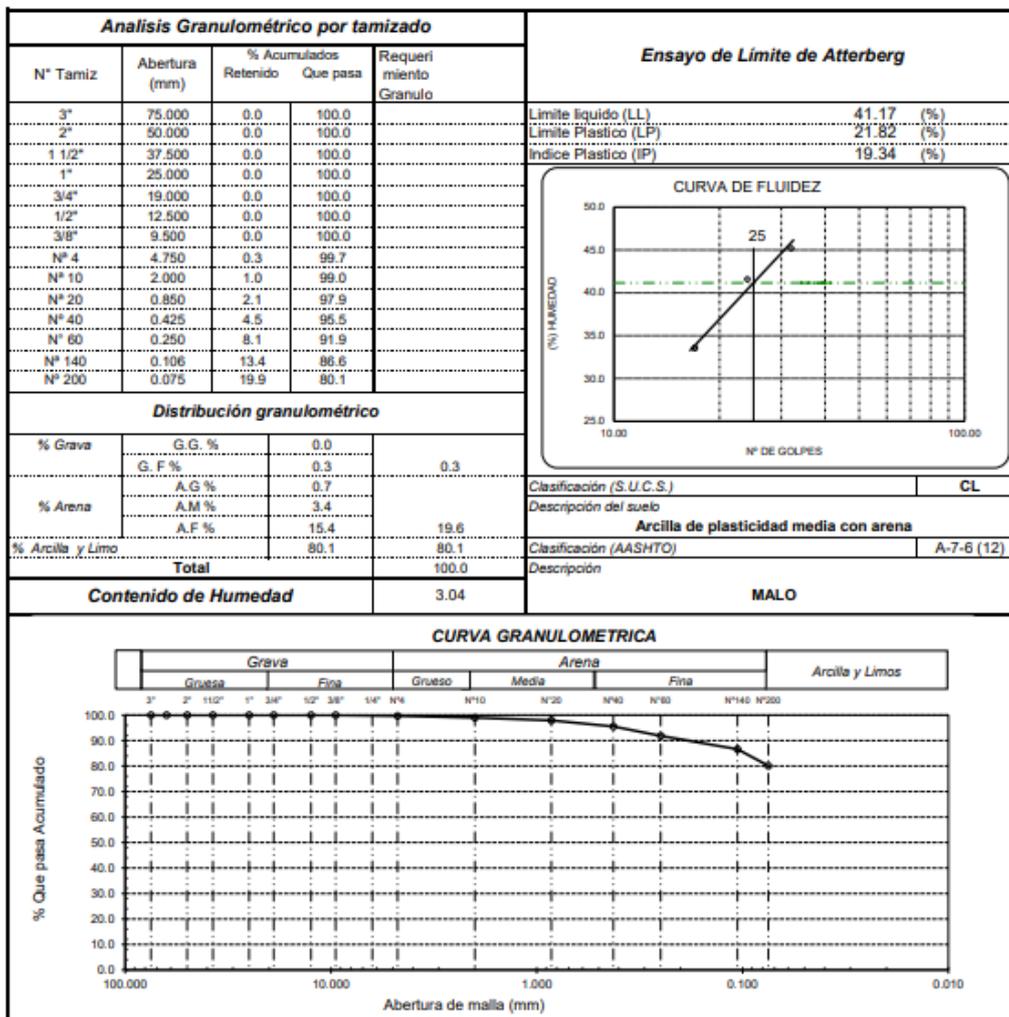
ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico.
 : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.

NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999
 : N.T.P. 399.131
 : N.T.P. 339.127: 1998

Calicata: C - 3

Muestra: M - 1

Profundidad: 0.00m.- 1.50m.



Observaciones:

- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.

Solicitante : MELÉNDEZ TORRES SEGUNDO MANUEL
 Proyecto : Tesis: "ESTUDIO DEL EFECTO DE CAL Y ESCORIAS SIDERÚRGICAS DE ALTAS TEMPERATURAS EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN"
 Ubicación : CAMPUS USS - Km. 5 CARRETERA PIMENTEL - PIMENTEL - CHICLAYO
 Fecha de ensayo : 10/10/2023

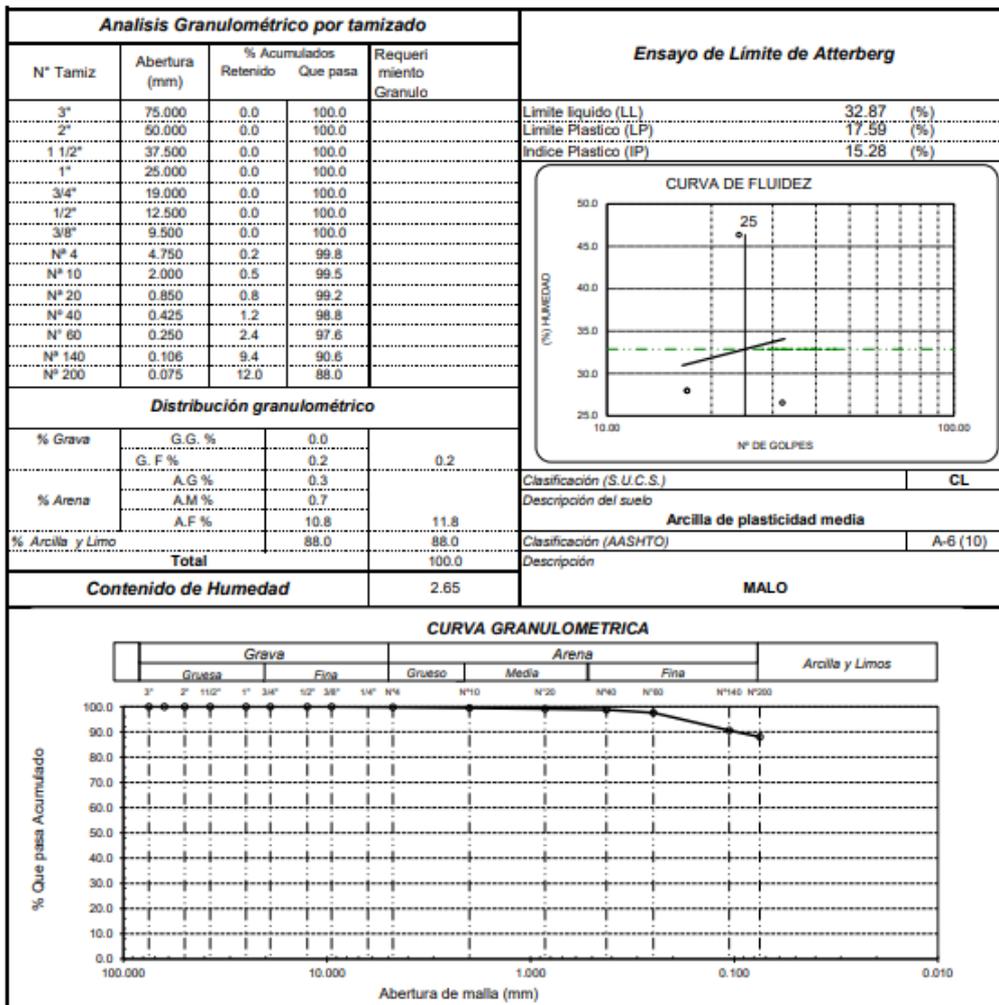
ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico.
 : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.

NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999
 : N.T.P. 399.131
 : N.T.P. 339.127: 1998

Calicata: C - 4

Muestra: M - 1

Profundidad: 0.00m.- 1.50m.



Observaciones:

- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.

Anexo 8. Informes de laboratorio de características físicas a la escoria siderúrgica



Universidad
Señor de Sipán

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO

ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Solicitante : MELÉNDEZ TORRES SEGUNDO MANUEL

Proyecto : Tesis: "ESTUDIO DEL EFECTO DE CAL Y ESCORIAS SIDERÚRGICAS DE ALTAS TEMPERATURAS EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN"

Ubicación : CAMPUS USS - Km. 5 CARRETERA PIMENTEL - PIMENTEL - CHICLAYO

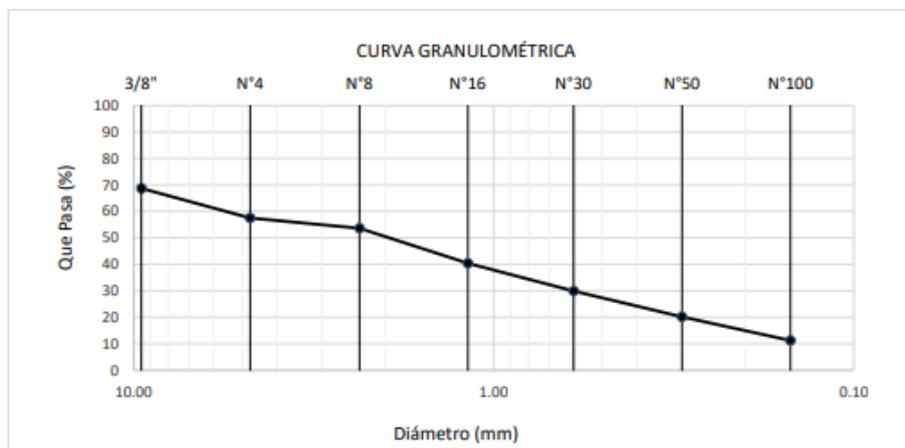
Inicio de Ensayo : 15/10/2023

ENSAYO : AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino. Grueso y global.

NORMA : N.T.P. 400.012

Muestra : ESCORIA SIDERÚRGICA

Malla		% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa Acumulado
Pulg.	(mm.)			
3/8"	9.520	31.3	31.3	68.7
Nº 4	4.750	11.2	42.5	57.5
Nº 8	2.360	3.8	46.3	53.7
Nº 16	1.180	13.3	59.6	40.4
Nº 30	0.600	10.5	70.1	29.9
Nº 50	0.300	9.8	79.8	20.2
Nº 100	0.150	8.9	88.8	11.2



Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

Wilson Olaya Aguilar
 COORDINADOR DE LABORATORIO / TALLERES
 ESC. INGENIERÍA CIVIL

Solicitante : MELÉNDEZ TORRES SEGUNDO MANUEL
 Proyecto : Tesis: "ESTUDIO DEL EFECTO DE CAL Y ESCORIAS SIDERÚRGICAS DE ALTAS TEMPERATURAS EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN"
 Ubicación : CAMPUS USS - Km. 5 CARRETERA PIMENTEL - PIMENTEL - CHICLAYO
 Fecha de ensayo : sábado, 14 de octubre de 2023
 Ensayo : AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados. 3a. Edición (Basada ASTM C 29/C29M-2009)
 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado
 Referencia : NTP 400.017:2011 (revisada el 2016)
 NTP 339.185:2013

Muestra : ESCORIA SIDERÚRGICA

Peso Unitario Suelto Humedo	(kg/m ³)	2748.01
Peso Unitario Suelto Seco	(kg/m ³)	2746.92
Contenido de Humedad	(%)	0.04

Peso Unitario Compactado Humedo	(kg/m ³)	3051.30
Peso Unitario Compactado Seco	(kg/m ³)	3050.08
Contenido de Humedad	(%)	0.04

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.


USS Universidad
 Señor de Sipán
Wilson Olaya Aguilar
 COORDINADOR DE LABORATORIO / TALLERES
 ESC. INGENIERÍA CIVIL

INFORME

Solicitante : MELÉNDEZ TORRES SEGUNDO MANUEL
Proyecto : Tesis: "ESTUDIO DEL EFECTO DE CAL Y ESCORIAS SIDERÚRGICAS DE ALTAS TEMPERATURAS EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA FINES DE
Ubicación : CAMPUS USS - Km. 5 CARRETERA PIMENTEL - PIMENTEL - CHICLAYO
Inicio de Ensayo : 17/10/2023

NORMA : MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINAR LA DENSIDAD DEL CEMENTO PORTLAND

INSTRUMENTOS : Probeta de vidrio de 100ml
Termómetro digital
Balanza digital

MATERIAL : ESCORIA SIDERÚRGICA

Masa de material reciclado	(gr)	9.800
Vol. Final desplazado Líquido	(ml)	3.620
Densidad	(gr/cm ³)	2.707

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.


USS Universidad
Señor de Sipán
Wilson Olaya Aguilar
COORDINADOR DE LABORATORIO / TALLERES
ESC. INGENIERIA CIVIL

Anexo 9. Informes de laboratorio de ensayo químico a la escoria siderúrgica



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y SERVICIOS TÉCNICOS



REPORTE DE ANÁLISIS N° 121 - FIQA

1. DATOS DE TESISTAS : MELÉNDEZ TORRES SEGUNDO MANUEL
2. TESIS : ESTUDIO DEL EFECTO CAL Y ESCORIAS SIDERÚRGICAS DE ALTO HORNO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN.

3. DATOS DE LA MUESTRA
- Número de muestras : 1
- Nombre de la muestra : ESCORIA SIDERÚRGICA (ES)

4. RESULTADOS DE ANÁLISIS

5.

PARÁMETRO (mg/kg)	LCM*	ES (mg/kg)
Plata - Ag	0.019	0.00134
Aluminio - Al	0.023	2658.9802
Arsénico - As	0.005	<LCM
Boro - B	0.026	0.1609
Bario - Ba	0.004	0.6838
Berilio - Be	0.003	0.00011
Bismuto - Bi	0.016	0.000842
Calcio - Ca	0.124	23566.0299
Cadmio - Cd	0.002	0.002552
Cerio - Ce	0.004	<LCM
Cobalto - Co	0.002	0.000566
Cromo - Cr	0.003	119.6647
Cobre - Cu	0.018	788.5567
Hierro - Fe	0.023	98547.5878
Potasio - K	0.051	0.2822
Litio - Li	0.005	0.006442
Magnesio - Mg	0.019	1256.9633
Manganeso - Mn	0.003	566.5581
Molibdeno - Mo	0.002	0.001154
Sodio - Na	0.026	1.6824
Níquel - Ni	0.006	69.3317
Fósforo - P	0.024	356.778
Plomo - Pb	0.004	0.07874
Azufre - S	0.091	1897.5478
Antimonio - Sb	0.005	0.002788
Selenio - Se	0.007	0.011424



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y SERVICIOS TÉCNICOS



Silicio - Si	0.104	7741.3368
Estaño - Sn	0.007	0.008716
Estroncio - Sr	0.003	0.5636
Titanio - Ti	0.004	0.2838
Talio - Tl	0.003	<LCM
Uranio - U	0.004	<LCM
Vanadio - V	0.004	0.03692
Zinc - Zn	0.018	0.4898
Mercurio - Hg	0.003	0.00134
<i>Metodología</i>	<i>EPA 200.7 para la determinación de metales</i>	

*LCM (Límite Cuantificable Mínimo)

6. ALCANCE

- Las muestras de ESCORIA SIDERÚRGICA tamizada, para luego someter a digestión ácida (HCl / HNO₃), de esa forma proceder a lectura por ICP-OES (marca TELEDYNE LEEMAN LABS /modelo PRODIGY 7).

Firma		Firma	 Cristian David Visconde Beltrán INGENIERO QUÍMICO REG. CIP. 111172
Analista	Marilyn Catherine Quinteros Vilchez	V°B°	Ing. Cristian David Visconde Beltrán
Fecha de Reporte	25 de octubre del 2024		

Anexo 10. Informes de laboratorio de propiedades físico – mecánicas al suelo natural



FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Solicitante : MELÉNDEZ TORRES SEGUNDO MANUEL

Proyecto : Tesis: "ESTUDIO DEL EFECTO DE CAL Y ESCORIAS SIDERÚRGICAS DE ALTAS TEMPERATURAS EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN"

Ubicación : CAMPUS USS - Km. 5 CARRETERA PIMENTEL - PIMENTEL - CHICLAYO

Fecha de apertura : Viernes, 06 de octubre del 2023.

Inicio de ensayo : Viernes, 20 de octubre del 2023.

Fin de ensayo : Martes, 24 de octubre del 2023.

Código : N.T.P. 339.145

Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

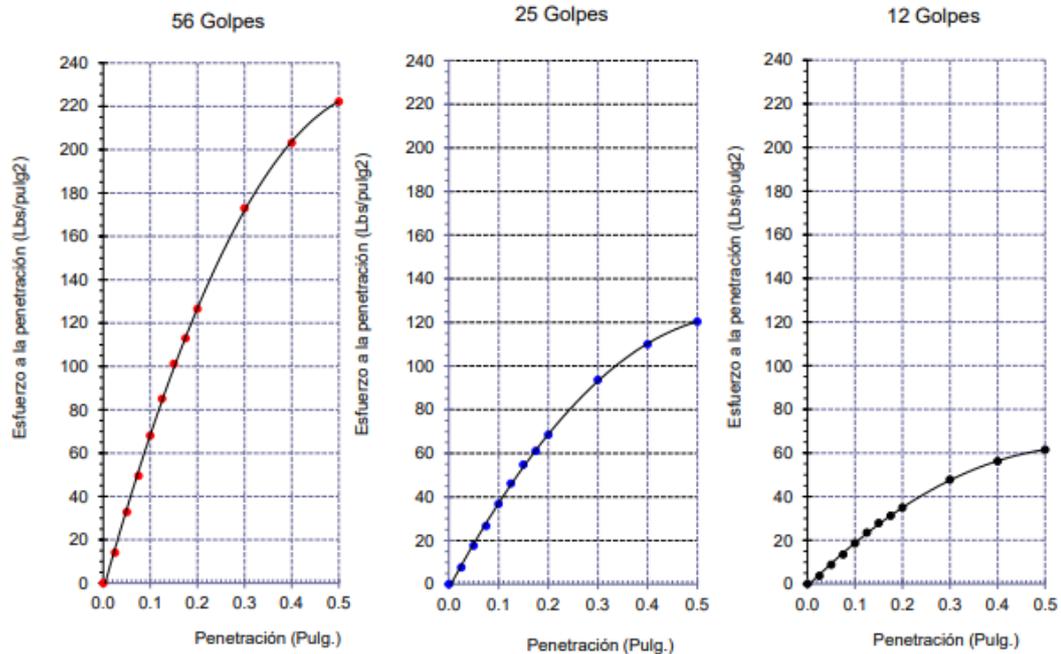
Identificación de la muestra:

Calicata: C - 1

Muestra: M-1

Profundidad: 0.00m - 1.50m.

DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 12 golpes.



OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el solicitante.

USS Universidad Señor de Sipán
Wilson Olaya Aguilar
COORDINADOR DE LABORATORIO / TALLERES
E.G. INGENIERÍA CIVIL

Solicitante : MELÉNDEZ TORRES SEGUNDO MANUEL

Proyecto : Tesis: "ESTUDIO DEL EFECTO DE CAL Y ESCORIAS SIDERÚRGICAS DE ALTAS TEMPERATURAS EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN"

Ubicación : CAMPUS USS - Km. 5 CARRETERA PIMENTEL - PIMENTEL - CHICLAYO

Fecha de apertura : Viernes, 06 de octubre del 2023.

Inicio de ensayo : Viernes, 20 de octubre del 2023.

Fin de ensayo : Martes, 24 de octubre del 2023.

Código : N.T.P. 339.145

Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama del Proctor y CBR

Identificación de la muestra:

Calicata: C - 1

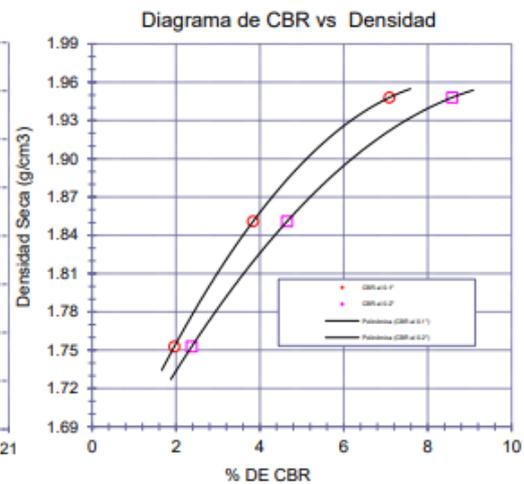
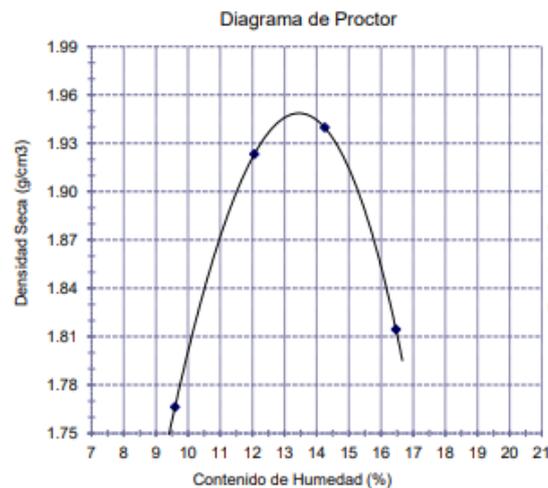
Muestra: M-1

Profundidad: 0.00m - 1.50m.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.949 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	13.46 %

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm ³)	CBR a la penetración (Pu/q)	% de MDS	CBR (%)
01	56	7.1	0.472	1.948	0.1"	100	7.1
02	25	3.8	0.689	1.851	0.1"	95	3.8
03	12	2.0	0.810	1.753	0.2"	100	8.6
					0.2"	95	4.7



OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el solicitante.

USS Universidad Señor de Sipán

Wilson Olaya Aguilar
COORDINADOR DE LABORATORIO / TALLERES
ESC. INGENIERIA CIVIL

Solicitantes : MELÉNDEZ TORRES SEGUNDO MANUEL

Proyecto : Tesis: "ESTUDIO DEL EFECTO DE CAL Y ESCORIAS SIDERÚRGICAS DE ALTAS TEMPERATURAS EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN"

Ubicación : CAMPUS USS - Km. 5 CARRETERA PIMENTEL - PIMENTEL - CHICLAYO

Fecha de apertura : Viernes, 06 de octubre del 2023.

Inicio de ensayo : Viernes, 20 de octubre del 2023.

Fin de ensayo : Martes, 24 de octubre del 2023.

Código : N.T.P. 339.145

Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

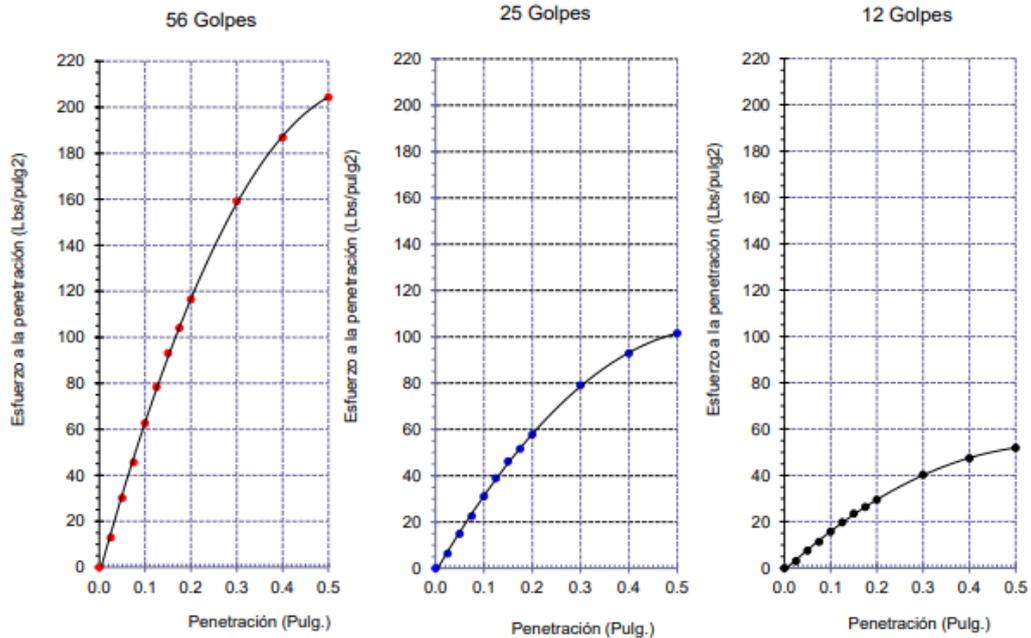
Identificación de la muestra:

Calicata: C - 2

Muestra: M-1

Profundidad: 0.00m - 1.50m.

DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 12 golpes.



OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el solicitante.

USS Universidad Señor de Sipán
 Wilson Olaya Aguilar
 COORDINADOR DE LABORATORIO / TALLERES
 ESC. INGENIERIA CIVIL

Solicitantes : MELÉNDEZ TORRES SEGUNDO MANUEL

Proyecto : Tesis: "ESTUDIO DEL EFECTO DE CAL Y ESCORIAS SIDERÚRGICAS DE ALTAS TEMPERATURAS EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN"

Ubicación : CAMPUS USS - Km. 5 CARRETERA PIMENTEL - PIMENTEL - CHICLAYO

Fecha de apertura : Viernes, 06 de octubre del 2023.

Inicio de ensayo : Viernes, 20 de octubre del 2023.

Fin de ensayo : Martes, 24 de octubre del 2023.

Código : N.T.P. 339.145

Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama del Proctor y CBR

Identificación de la muestra:

Calicata: C - 2

Muestra: M-1

Profundidad: 0.00m - 1.50m.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.946 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	13.49 %

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm ³)	CBR a la penetración (Pu/g)	% de MDS	CBR (%)
01	56	6.5	0.481	1.946	0.1"	100	6.5
02	25	3.2	0.730	1.849	0.1"	95	3.2
03	12	1.7	0.877	1.751	0.2"	100	7.9
					0.2"	95	3.9

Diagrama de Proctor

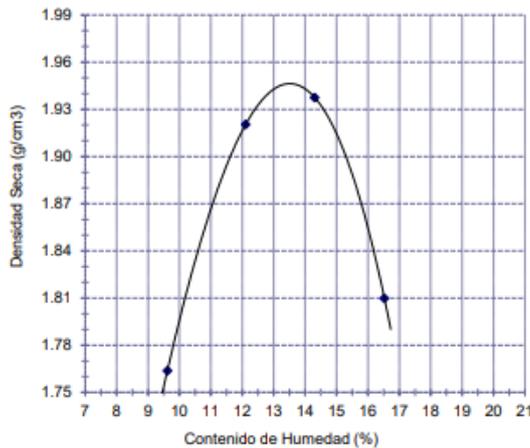
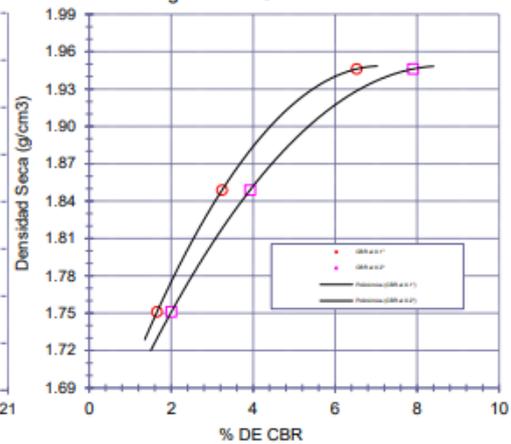


Diagrama de CBR vs Densidad



OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el solicitante.

USS Universidad Señor de Sipán

Wilson Olaya Aguilar
COORDINADOR DE LABORATORIO / TALLERES
ESC. INGENIERIA CIVIL

Solicitantes : MELÉNDEZ TORRES SEGUNDO MANUEL

Proyecto : Tesis: "ESTUDIO DEL EFECTO DE CAL Y ESCORIAS SIDERÚRGICAS DE ALTAS TEMPERATURAS EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN"

Ubicación : CAMPUS USS - Km. 5 CARRETERA PIMENTEL - PIMENTEL - CHICLAYO

Fecha de apertura : Viernes, 06 de octubre del 2023.

Inicio de ensayo : Viernes, 20 de octubre del 2023.

Fin de ensayo : Martes, 24 de octubre del 2023.

Código : N.T.P. 339.145

Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

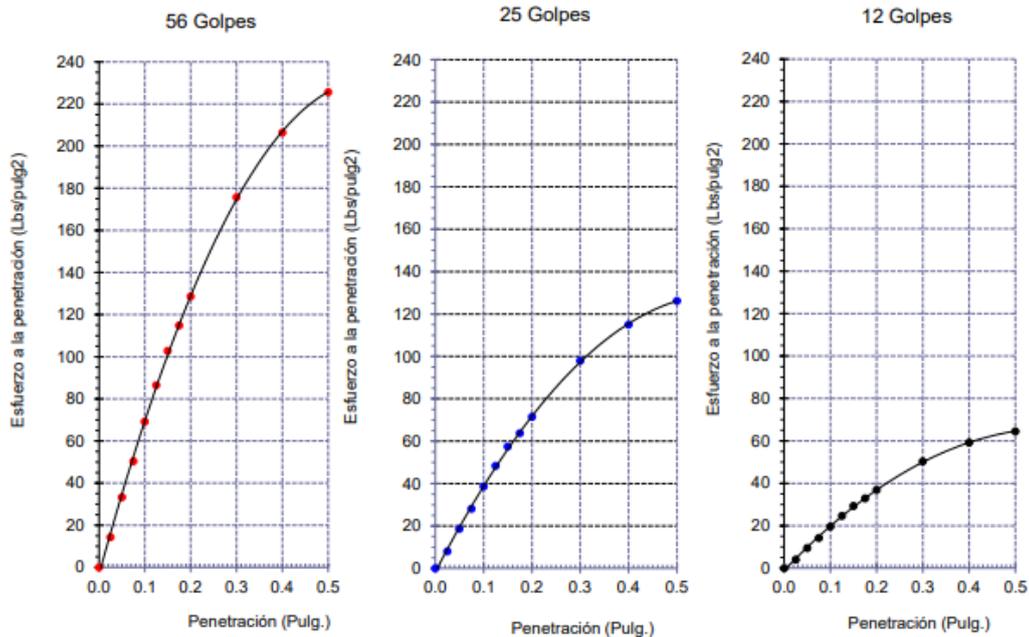
Identificación de la muestra:

Calicata: C - 3

Muestra: M-1

Profundidad: 0.00m - 1.50m.

DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 12 golpes.



OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el solicitante.



Solicitantes : MELÉNDEZ TORRES SEGUNDO MANUEL

Proyecto : Tesis: "ESTUDIO DEL EFECTO DE CAL Y ESCORIAS SIDERÚRGICAS DE ALTAS TEMPERATURAS EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN"

Ubicación : CAMPUS USS - Km. 5 CARRETERA PIMENTEL - PIMENTEL - CHICLAYO

Fecha de apertura : Viernes, 06 de octubre del 2023.

Inicio de ensayo : Viernes, 20 de octubre del 2023.

Fin de ensayo : Martes, 24 de octubre del 2023.

Código : N.T.P. 339.145

Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama del Proctor y CBR

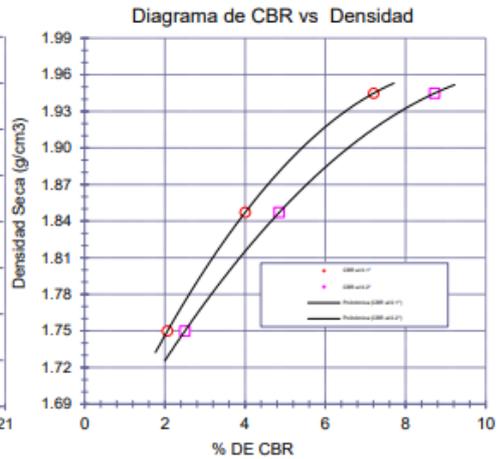
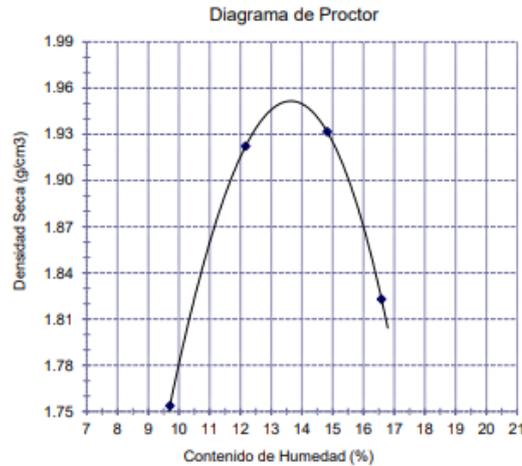
Identificación de la muestra:

Calicata: C - 3 Muestra: M-1 Profundidad: 0.00m - 1.50m.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.952 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	13.67 %

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm ³)	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	7.2	0.444	1.945	0.1"	100	7.4
02	25	4.0	0.674	1.847	0.1"	95	4.1
03	12	2.1	0.792	1.750	0.2"	100	9.0
					0.2"	95	5.0



OBSERVACIONES :
 - Identificación realizado por el solicitante.

USS Universidad Señor de Sipán
Wilson Olaya Aguilar
 COORDINADOR DE LABORATORIO / TALLERES
 ESC. INGENIERÍA CIVIL

Solicitantes : MELÉNDEZ TORRES SEGUNDO MANUEL

Proyecto : Tesis: "ESTUDIO DEL EFECTO DE CAL Y ESCORIAS SIDERÚRGICAS DE ALTAS TEMPERATURAS EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN"

Ubicación : CAMPUS USS - Km. 5 CARRETERA PIMENTEL - PIMENTEL - CHICLAYO

Fecha de apertura : Viernes, 06 de octubre del 2023.

Inicio de ensayo : Viernes, 20 de octubre del 2023.

Fin de ensayo : Martes, 24 de octubre del 2023.

Código : N.T.P. 339.145

Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

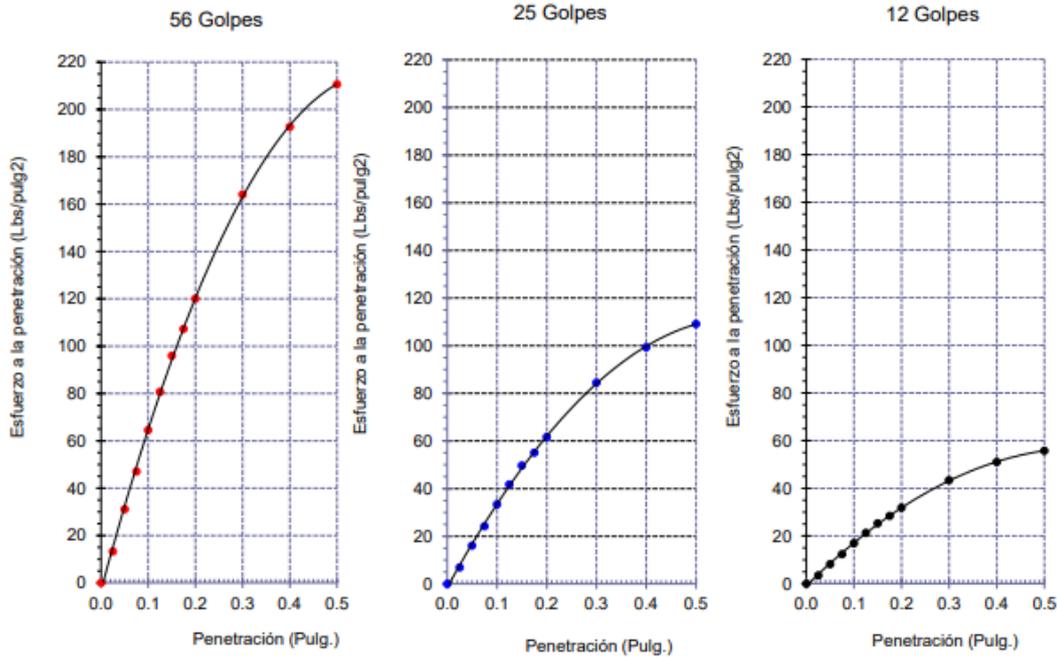
Identificación de la muestra:

Calicata: C - 4

Muestra: M-1

Profundidad: 0.00m - 1.50m.

DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 12 golpes.



OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el solicitante.

USS Universidad
Señor de Sipán

Wilson Olaya Aguilar
COORDINADOR DE LABORATORIO / TALLERES
ESC. INGENIERÍA CIVIL

Solicitantes : MELÉNDEZ TORRES SEGUNDO MANUEL

Proyecto : Tesis: "ESTUDIO DEL EFECTO DE CAL Y ESCORIAS SIDERÚRGICAS DE ALTAS TEMPERATURAS EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN"

Ubicación : CAMPUS USS - Km. 5 CARRETERA PIMENTEL - PIMENTEL - CHICLAYO

Fecha de apertura : Viernes, 06 de octubre del 2023.

Inicio de ensayo : Viernes, 20 de octubre del 2023.

Fin de ensayo : Martes, 24 de octubre del 2023.

Código : N.T.P. 339.145

Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama del Proctor y CBR

Identificación de la muestra:

Calicata: C - 4

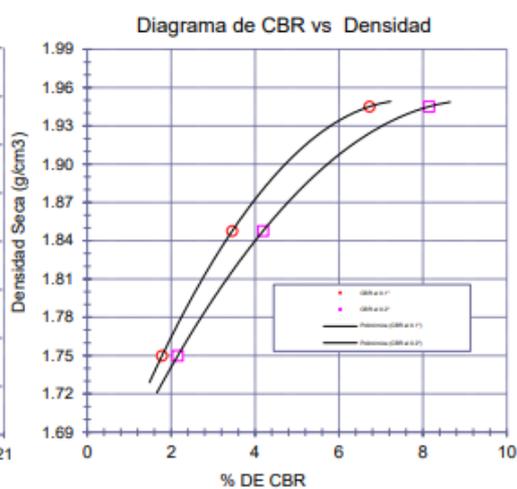
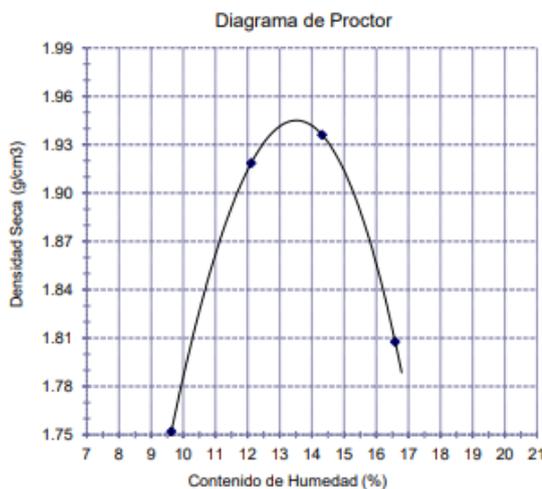
Muestra: M-1

Profundidad: 0.00m - 1.50m.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.945 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	13.50 %

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm ³)	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	6.7	0.441	1.945	0.1"	100	6.7
02	25	3.5	0.663	1.848	0.1"	95	3.5
03	12	1.8	0.777	1.750	0.2"	100	8.2
					0.2"	95	4.2



OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el solicitante.

USS Universidad
Señor de Sipán

Wilson Olaya Aguilar
COORDINADOR DE LABORATORIO / TALLERES
ESC. INGENIERÍA CIVIL

Anexo 11. Informes de propiedades físico – mecánicas al suelo estabilizado



FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Solicitantes : MELÉNDEZ TORRES SEGUNDO MANUEL

Proyecto : Tesis: "ESTUDIO DEL EFECTO DE CAL Y ESCORIAS SIDERÚRGICAS DE ALTAS TEMPERATURAS EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN"

Ubicación : CAMPUS USS - Km. 5 CARRETERA PIMENTEL - PIMENTEL - CHICLAYO

Fecha de apertura : Viernes, 06 de octubre del 2023.

Inicio de ensayo : Viernes, 27 de octubre del 2023.

Fin de ensayo : Martes, 31 de octubre del 2023.

Código : N.T.P. 339.145

Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

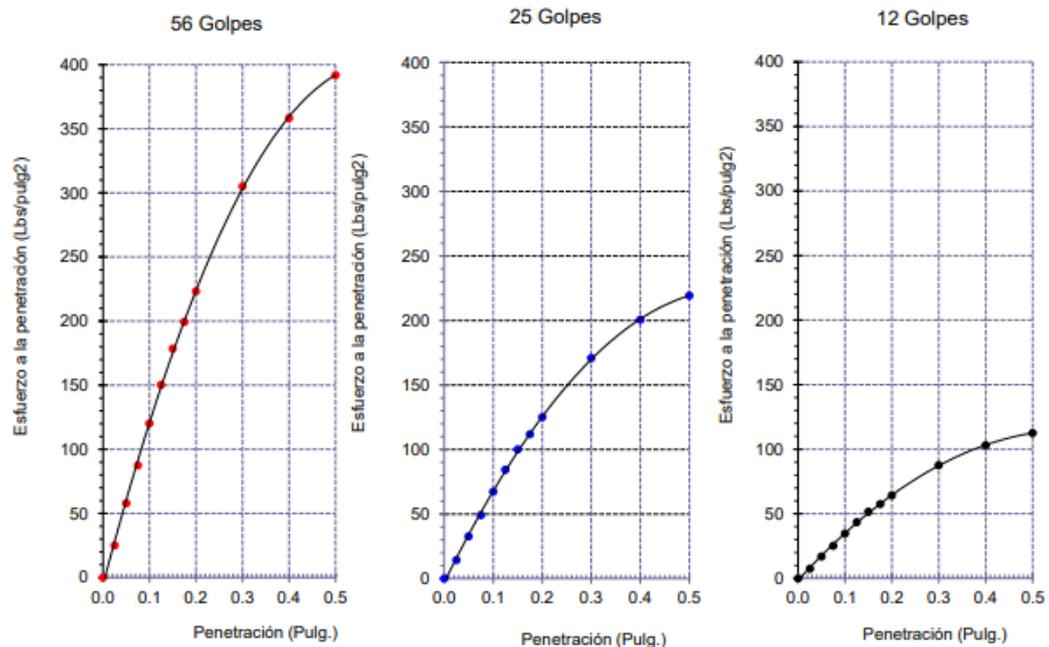
Identificación de la muestra:

Calicata: C - 2

Muestra: M-1 + 10.0% Cal Hidratada.

Profundidad: 0.00m - 1.50m.

DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 12 golpes.



OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el solicitante.



Solicitantes : MELÉNDEZ TORRES SEGUNDO MANUEL

Proyecto : Tesis: "ESTUDIO DEL EFECTO DE CAL Y ESCORIAS SIDERÚRGICAS DE ALTAS TEMPERATURAS EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN"

Ubicación : CAMPUS USS - Km. 5 CARRETERA PIMENTEL - PIMENTEL - CHICLAYO

Fecha de apertura : Viernes, 06 de octubre del 2023.

Inicio de ensayo : Viernes, 27 de octubre del 2023.

Fin de ensayo : Martes, 31 de octubre del 2023.

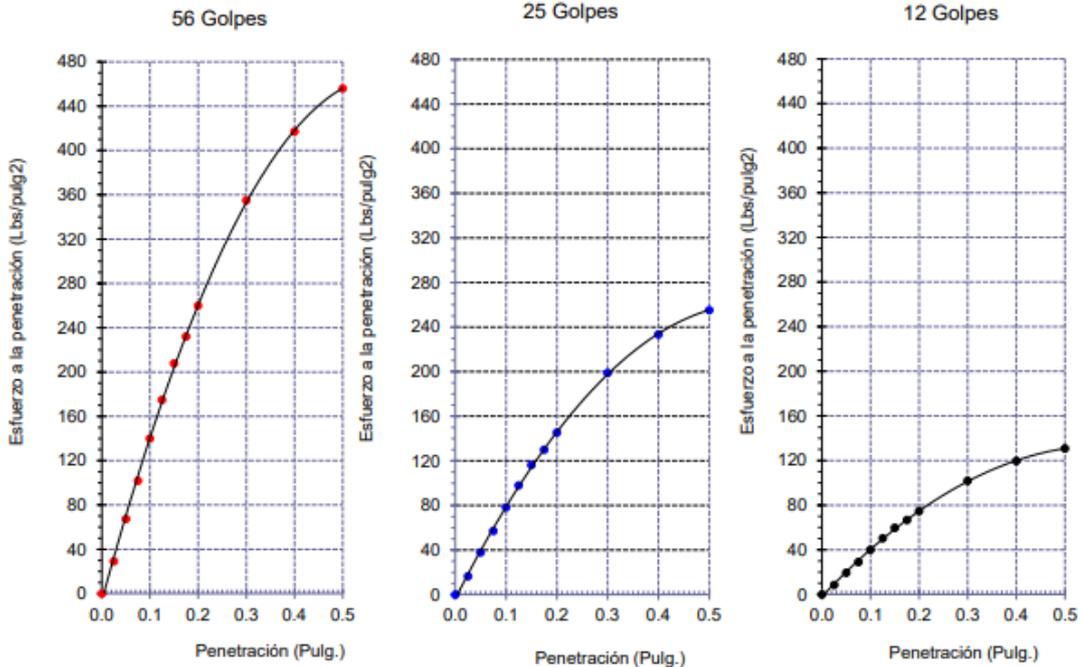
Código : N.T.P. 339.145

Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

Identificación de la muestra:

Calicata: C - 2 Muestra: M-1 + 10.0% Cal Hidratada + 5.0% Escoria Siderúrgica Profundidad: 0.00m - 1.50m.

DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 12 golpes.



OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el solicitante.

USS Universidad Señor de Sipán
Wilson Olaya Aguilar
 COORDINADOR DE LABORATORIO / TALLERES
 ESC. INGENIERÍA CIVIL

Solicitantes : MELÉNDEZ TORRES SEGUNDO MANUEL

Proyecto : Tesis: "ESTUDIO DEL EFECTO DE CAL Y ESCORIAS SIDERÚRGICAS DE ALTAS TEMPERATURAS EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN"

Ubicación : CAMPUS USS - Km. 5 CARRETERA PIMENTEL - PIMENTEL - CHICLAYO

Fecha de apertura : Viernes, 06 de octubre del 2023.

Inicio de ensayo : Viernes, 27 de octubre del 2023.

Fin de ensayo : Martes, 31 de octubre del 2023.

Código : N.T.P. 339.145

Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama del Proctor y CBR

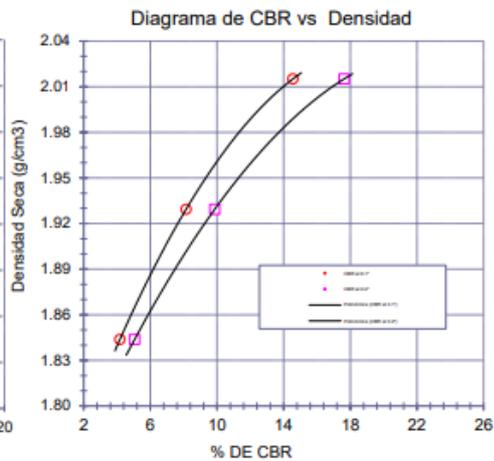
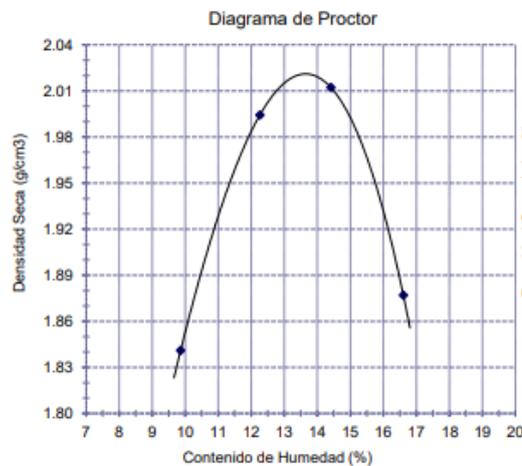
Identificación de la muestra:

Calicata: C - 2 Muestra: M-1 + 10.0% Cal Hidratada + 5.0% Escoria Siderúrgica Profundidad: 0.00m - 1.50m.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	2.021 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	13.22 %

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm ³)	CBR a la penetración (Pu/g)	% de MDS	CBR (%)
01	56	14.6	0.460	1.715	0.1"	100	14.9
02	25	8.1	0.721	1.629	0.1"	95	8.4
03	12	4.2	0.858	1.544	0.2"	100	18.2
					0.2"	95	10.2



OBSERVACIONES :
 - Identificación realizado por el solicitante.

USS Universidad Señor de Sipán
Wilson Olaya Aguilar
 COORDINADOR DE LABORATORIO / TALLERES
 ESC. INGENIERIA CIVIL

Solicitantes : MELÉNDEZ TORRES SEGUNDO MANUEL

Proyecto : Tesis: "ESTUDIO DEL EFECTO DE CAL Y ESCORIAS SIDERÚRGICAS DE ALTAS TEMPERATURAS EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN"

Ubicación : CAMPUS USS - Km. 5 CARRETERA PIMENTEL - PIMENTEL - CHICLAYO

Fecha de apertura : Viernes, 06 de octubre del 2023.

Inicio de ensayo : Viernes, 27 de octubre del 2023.

Fin de ensayo : Martes, 31 de octubre del 2023.

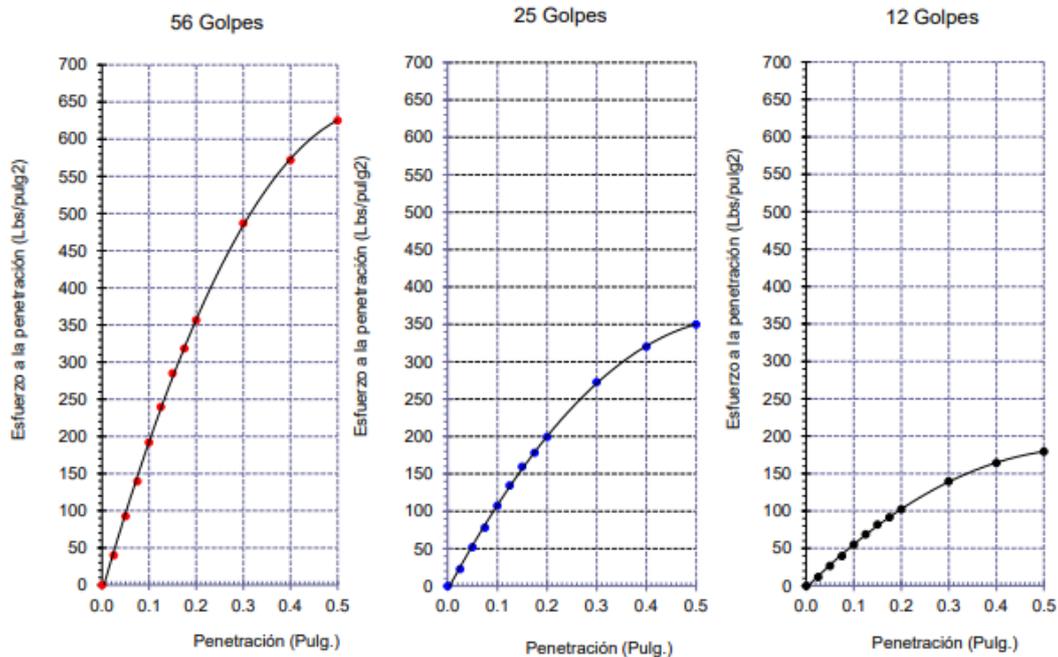
Código : N.T.P. 339.145

Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

Identificación de la muestra:

Calicata: C - 2 Muestra: M-1 + 10.0% Cal Hidratada + 10.0% Escoria Siderúrgica Profundidad: 0.00m - 1.50m.

DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 12 golpes.



OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el solicitante.



Solicitantes : MELÉNDEZ TORRES SEGUNDO MANUEL

Proyecto : Tesis: "ESTUDIO DEL EFECTO DE CAL Y ESCORIAS SIDERÚRGICAS DE ALTAS TEMPERATURAS EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN"

Ubicación : CAMPUS USS - Km. 5 CARRETERA PIMENTEL - PIMENTEL - CHICLAYO

Fecha de apertura : Viernes, 06 de octubre del 2023.

Inicio de ensayo : Viernes, 27 de octubre del 2023.

Fin de ensayo : Martes, 31 de octubre del 2023.

Código : N.T.P. 339.145

Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama del Proctor y CBR

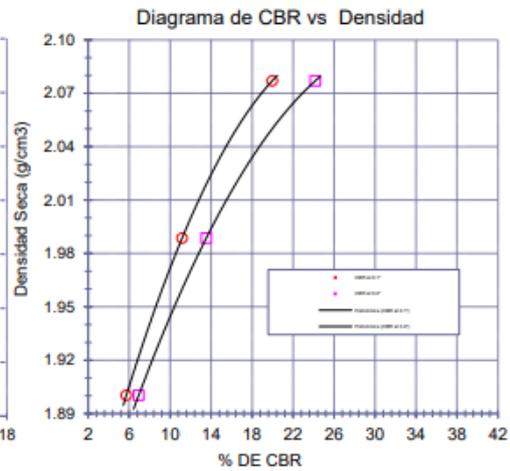
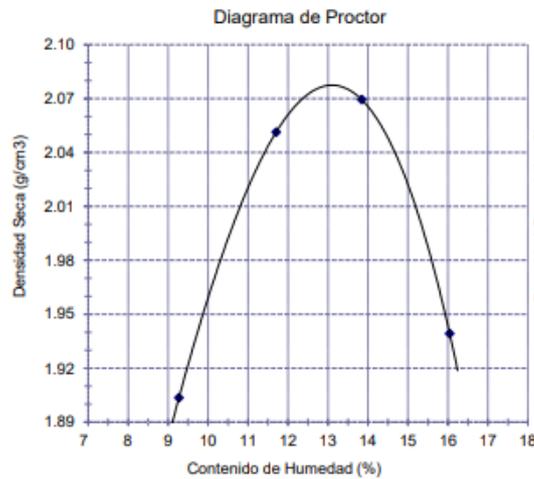
Identificación de la muestra:

Calicata: C - 2 Muestra: M-1 + 10.0% Cal Hidratada + 10.0% Escoria Siderúrgica Profundidad: 0.00m - 1.50m.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	2.084 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	13.01 %

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm ³)	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	20.0	0.372	1.767	0.1"	100	20.0
02	25	11.2	0.549	1.679	0.1"	95	11.2
03	12	5.7	0.668	1.590	0.2"	100	24.2
					0.2"	95	13.6



OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el solicitante.

Solicitante : MELÉNDEZ TORRES SEGUNDO MANUEL

Proyecto : Tesis: "ESTUDIO DEL EFECTO DE CAL Y ESCORIAS SIDERÚRGICAS DE ALTAS TEMPERATURAS EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN"

Ubicación : CAMPUS USS - Km. 5 CARRETERA PIMENTEL - PIMENTEL - CHICLAYO

Fecha de apertura : Viernes, 06 de octubre del 2023.

Inicio de ensayo : Viernes, 27 de octubre del 2023.

Fin de ensayo : Martes, 31 de octubre del 2023.

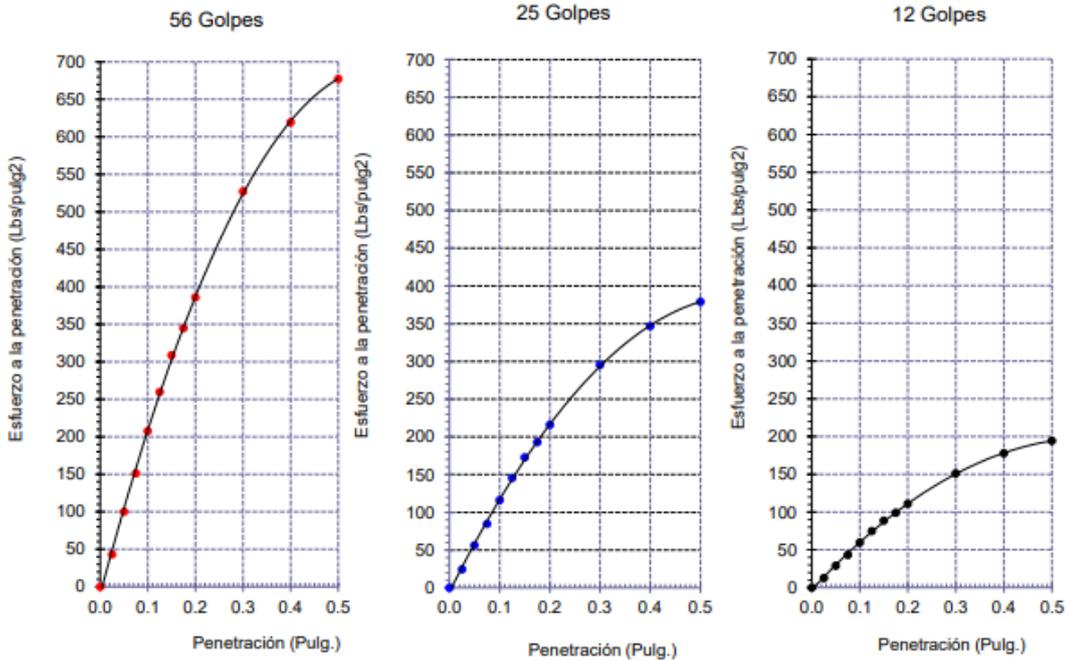
Código : N.T.P. 339.145

Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

Identificación de la muestra:

Calicata: C - 2 Muestra: M-1 + 10.0% Cal Hidratada + 15.0% Escoria Siderúrgica Profundidad: 0.00m - 1.50m.

DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 12 golpes.



OBSERVACIONES :
- Identificación realizado por el solicitante.

USS Universidad
Señor de Sipán

Wilson Olaya Aguilar
COORDINADOR DE LABORATORIO / TALLERES
ESC. INGENIERIA CIVIL

Solicitante : MELÉNDEZ TORRES SEGUNDO MANUEL

Proyecto : Tesis: "ESTUDIO DEL EFECTO DE CAL Y ESCORIAS SIDERÚRGICAS DE ALTAS TEMPERATURAS EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN"

Ubicación : CAMPUS USS - Km. 5 CARRETERA PIMENTEL - PIMENTEL - CHICLAYO

Fecha de apertura : Viernes, 06 de octubre del 2023.

Inicio de ensayo : Viernes, 27 de octubre del 2023.

Fin de ensayo : Martes, 31 de octubre del 2023.

Código : N.T.P. 339.145

Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama del Proctor y CBR

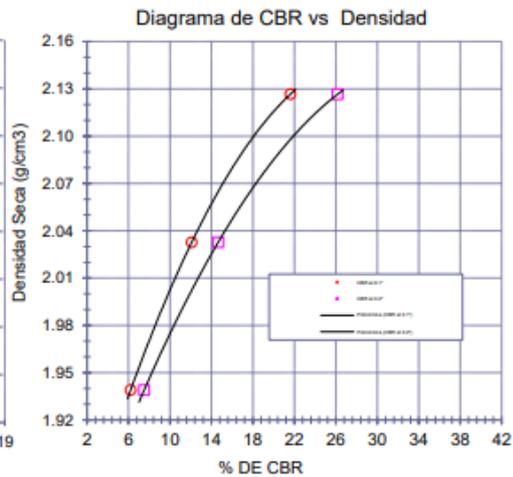
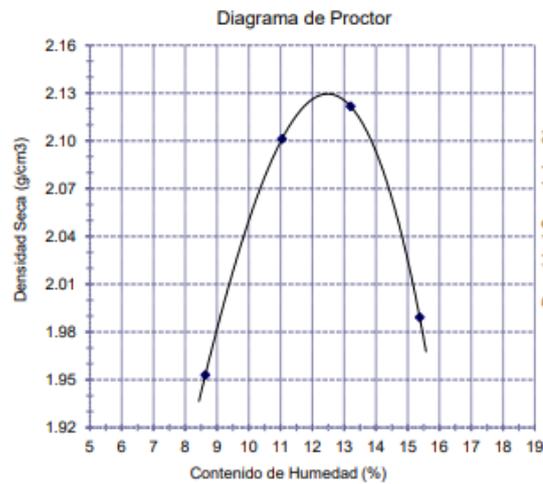
Identificación de la muestra:

Calicata: C - 2 Muestra: M-1 + 10.0% Cal Hidratada + 15.0% Escoria Siderúrgica Profundidad: 0.00m - 1.50m.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	2.133 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	12.78%

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm ³)	CBR a la penetración (Pu/g)	% de MDS	CBR (%)
01	56	21.6	0.459	1.877	0.1"	100	21.9
02	25	12.1	0.726	1.783	0.1"	95	12.3
03	12	6.2	0.849	1.689	0.2"	100	26.5
					0.2"	95	14.9



OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el solicitante.

USS Universidad
Señor de Sipán

Wilson Olaya Aguilar
COORDINADOR DE LABORATORIO / TALLERES
ESC. INGENIERÍA CIVIL

Anexo 12. Certificados de calibración de equipos



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CMI-006-2022

Peticionario : UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPAN S.A.C.

Atención : Wilson Olaya Aguilar

Lugar de calibración : Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos. USS.
Km. 5. Carretera a Pimentel - Chiclayo

Tipo de instrumento : Horno de secado para muestras

Marca : Pinzuar

Nº de serie : 83433

Modelo : No indica

Código USS : 83433

Tipo de Indicación : Indicación analógica

Método de calibración : Procedimiento para la calibración o caracterización de medios isotermos con aire como medio termostático PC 018 - Indecopi: 2º Edición.

Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 22,1 °C / 71%

Temp.(°C) y H.R.(%) final : 22,1 °C / 71%

Patrones de referencia : Patrón utilizado Thermometer mit PT-100, marca MBW Calibration AG, modelo T12, Nº de serie 19-0728, certificado de calibración 3000MBW2021 con trazabilidad SWISS CALIBRATION.

Número de páginas : 4

Fecha de calibración : 2022-09-01

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.

Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.

El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2022-09-08	 Vladimir Tello Torre TECNICO DE LABORATORIO	 JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAPAJA INGENIERO CIVIL Reg. del CIP N° 84266



CELDA EIRL

PARA LA TEMPERATURA DE 110 °C ± 5 °C

Tiempo (min)	Indicador (°C)	TEMPERATURA 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		
0	110	111,2	112,6	113,6	112,4	111,3	110,0	109,2	110,1	109,9	108,4	110,9	5,2
2	110	112,2	113,2	114,1	113,4	112,3	111,1	110,0	111,2	110,9	109,5	111,8	4,6
4	110	113,1	113,8	114,6	114,3	113,2	112,2	111,2	112,1	111,8	110,5	112,7	4,1
6	110	114,1	114,1	114,6	114,3	114,1	113,1	112,0	113,2	112,7	111,4	113,4	3,2
8	110	114,3	114,5	114,7	114,6	114,5	114,0	112,8	113,9	113,5	112,3	113,9	2,4
10	110	114,5	114,6	114,7	114,6	114,6	114,1	112,9	113,8	113,8	112,6	114,0	2,1
12	110	114,5	114,6	114,6	114,3	114,6	113,5	112,4	113,1	113,4	112,3	113,7	2,3
14	110	114,3	114,2	114,2	114,4	114,0	112,3	111,3	112,0	112,5	111,4	113,1	3,1
16	110	113,3	113,7	114,0	114,2	113,9	111,0	110,7	111,1	111,2	110,2	112,3	4,0
18	110	111,9	113,1	113,5	112,8	112,8	109,3	109,7	109,7	109,6	108,8	111,1	4,7
20	110	110,4	111,5	112,8	111,2	111,3	107,4	108,2	108,0	108,1	107,4	109,6	5,4
22	110	108,8	110,0	111,1	109,5	109,7	107,5	108,6	108,1	108,5	107,8	109,0	3,6
24	110	107,3	108,5	109,3	107,9	108,2	107,7	107,0	106,4	107,0	106,3	107,6	3,0
26	110	106,2	107,4	108,1	106,6	106,9	107,6	107,0	106,6	106,8	106,6	107,0	1,9
28	110	105,5	106,9	107,5	105,9	106,1	107,0	106,5	106,3	106,3	105,8	106,4	2,0
30	110	105,5	106,9	107,4	105,8	105,9	107,2	106,3	106,4	106,3	105,6	106,3	1,9
32	110	105,6	107,3	107,8	106,1	106,0	107,9	106,6	106,9	106,7	105,8	106,7	2,3
34	110	106,1	108,0	108,5	106,6	106,4	108,9	107,0	107,6	107,3	106,3	107,3	2,8
36	110	106,8	108,8	109,4	107,4	107,1	110,0	107,8	107,2	108,2	107,0	108,0	3,2
38	110	107,7	109,8	110,4	108,3	107,9	111,0	107,8	108,2	109,3	107,7	108,8	3,3
40	110	108,7	110,8	111,5	109,3	108,8	111,3	108,8	109,1	109,6	107,7	109,6	3,8
42	110	109,6	111,7	112,4	110,3	109,7	112,4	109,7	110,3	110,8	108,6	110,6	3,8
44	110	110,6	112,6	112,6	111,4	110,0	111,5	108,7	109,3	110,0	107,6	110,4	5,0
46	110	111,6	112,8	113,7	112,4	111,6	112,5	109,7	110,3	111,0	108,6	111,4	5,1
48	110	112,5	113,5	114,6	113,4	112,6	113,5	110,4	111,3	111,9	109,7	112,3	4,9
50	110	112,8	114,0	114,6	113,4	113,5	112,5	111,6	112,4	112,7	110,6	112,8	4,0
52	110	113,4	114,5	114,7	114,4	114,5	113,5	112,4	113,2	113,6	111,6	113,6	3,1
54	110	114,0	114,6	114,7	114,3	114,4	114,4	113,6	114,1	114,4	112,4	114,1	2,3
56	110	114,2	114,6	114,2	114,6	114,0	114,6	113,9	114,5	114,8	113,1	114,3	1,7
58	110	114,2	114,6	114,0	114,6	114,1	114,3	113,2	113,8	114,5	113,2	114,1	1,4
60	110	114,0	114,5	113,5	114,2	113,9	113,5	112,8	113,2	113,7	112,4	113,6	2,1
T.PROM	110	110,9	112,0	112,4	111,5	111,2	110,0	110,4	110,7	109,3	111,0		
T.MAX	110	114,5	114,6	114,7	114,6	114,6	114,6	113,9	114,5	114,8	113,2		
T.MIN	110	105,5	106,9	107,4	105,8	105,9	107,0	106,3	106,3	106,3	105,6		
DTT	110	9,0	7,7	7,3	8,8	8,7	7,6	7,6	8,2	8,5	7,6		

Temperatura ambiental promedio : 19,0 °C

Tiempo de calibración del equipo : 60 minutos



PARÁMETRO	VALOR (°C)	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA (°C)
Máxima Temperatura Medida	114,8	0,3
Mínima Temperatura Medida	105,5	0,3
Desviación de Temperatura en el Tiempo	9,0	0,1
Desviación de Temperatura en el Espacio	3,1	0,4
Estabilidad Medida (±)	4,50	0,04
Uniformidad Medida	5,4	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 las diez posiciones de medición para un instante dado.

T.MAX : Temperatura máxima

T.MIN : Temperatura mínima

DTT : Desviación de Temperatura en el Tiempo

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

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

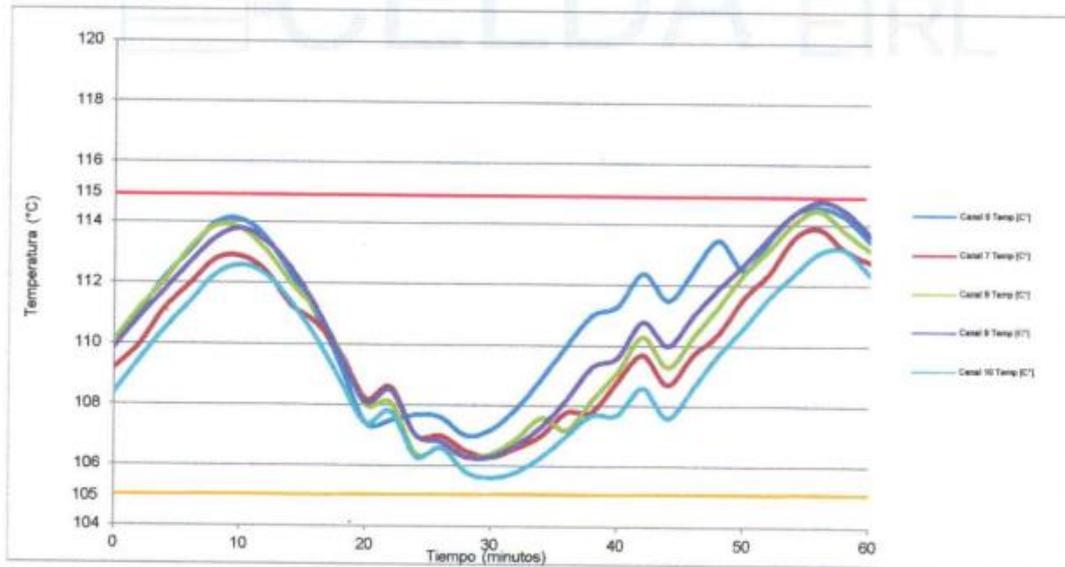
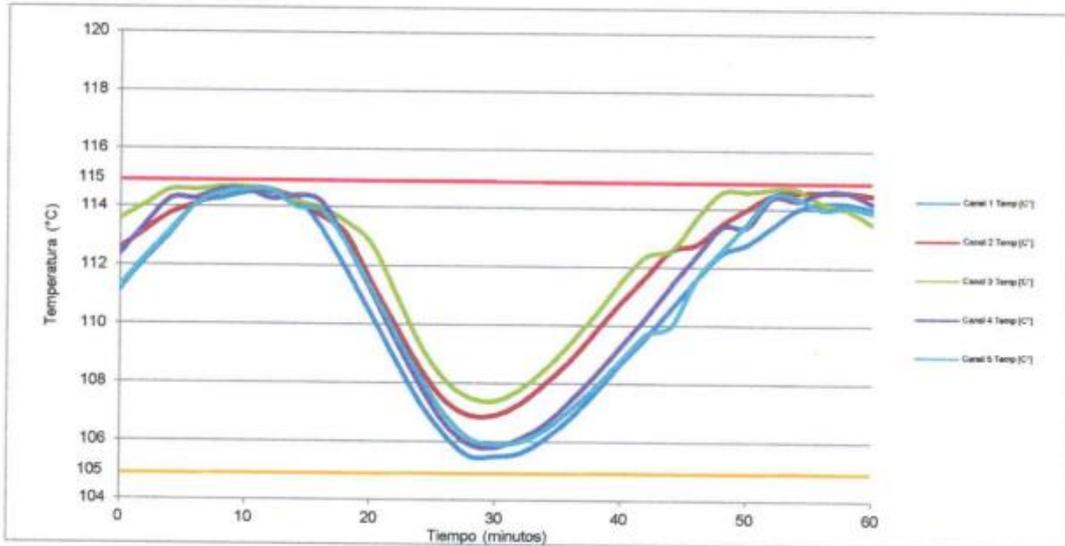
CM-006-2022

Página 2 de 4



CELDA EIRL

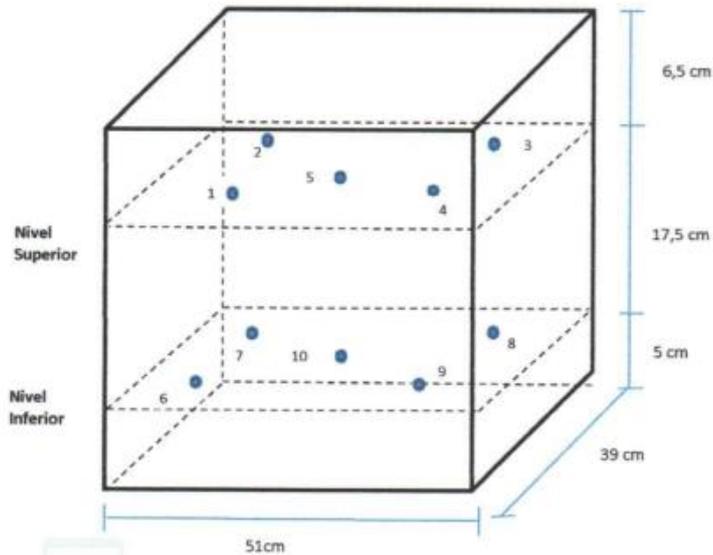
TEMPERATURA DE TRABAJO $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$





CELDA EIRL

DISTRIBUCIÓN DE LOS SENSORES DE TEMPERATURA



Los sensores 5 y 10 están ubicados en el centro de sus respectivas parrillas.
Los sensores del 1 al 4 y del 6 al 9 están ubicados a 9 cm de las paredes laterales.
Los sensores del 1 al 4 y del 6 al 9 están ubicados a 9 cm del frente y fondo de la estufa.

Fotografía del interior del medio isoterma



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CCB-034-2022**

Peticionario : UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPAN S.A.C.

Atención : Wilson Olaya Aguilar

Lugar de calibración : Laboratorio de Ensayo de Materiales y Concreto, USS
Km. 5 - Carretera a Pimentel - Chiclayo.

Instrumento de medición : Balanza de funcionamiento no automatico

Marca : AND Clase : II

Número de serie : P1855447 Tipo : Digital

Modelo : EK-610i Código USS : 101179587

Capacidad máxima : 600 g Procedencia : Korea

División de escala (d) : 0,01 g

División de verificación (e) : 0,1 g

Método de calibración : Procedimiento de calibración de balanzas de funcionamiento no automatico clase I y clase II - PC 011 - Indecopi - cuarta edición

Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 19,3 °C / 65%

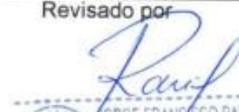
Temp.(°C) y H.R.(%) final : 19,3 °C / 66%

Patrones de referencia : Patrones utilizados, 01 juego de pesas clase F1 de 1 - 500 g con certificado de calibración N° M-0306-2021, 01 pesa clase F1 de 100 mg con certificado de calibración N° M-0302-2021, 02 pesas clase F1 de 200 mg con certificado de calibración N° M-0303-2021, M-0304-2021 y 01 pesa clase F1 de 500 mg certificado de calibración N° M-0305-2021. Con trazabilidad METROIL.

Número de páginas : 3

Fecha de calibración : 2022-08-31

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.
Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.
El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2022-09-08	 Vladimir Torre <small>TECNICO DE LABORATORIO</small>	 JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAPAJA INGENIERO CIVIL Reg. del CIP N° 94286

RESULTADOS DE MEDICIÓN

INSPECCIÓN VISUAL

Ajuste a cero	Si
Oscilación Libre	Si
Plataforma	Si
Sistema de Traba	No

Escala	No
Cursor	No
Nivelación	Si

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

T. (°C)	Inicial	Final
	19,3	19,3

H. R. (%)	Inicial	Final
	65	66

Medición N°	Carga L1 = 300 g			Carga L2 = 600 g		
	l (g)	ΔL (g)	E (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)
1	300,00	0,005	0,000	600,00	0,008	-0,003
2	300,00	0,005	0,000	600,00	0,008	-0,003
3	300,00	0,005	0,000	600,01	0,008	0,007
4	300,00	0,005	0,000	600,01	0,008	0,007
5	300,00	0,005	0,000	600,01	0,008	0,007
6	300,00	0,005	0,000	600,01	0,008	0,007
7	300,01	0,005	0,010	600,01	0,008	0,007
8	300,01	0,005	0,010	600,01	0,008	0,007
9	300,01	0,005	0,010	600,01	0,008	0,007
10	300,01	0,005	0,010	600,01	0,008	0,01

$$E = l + \frac{1}{2} d - \Delta L - L$$

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

3	1	4
2		5

Posición de las cargas

T. (°C)	Inicial	Final	H. R. (%)	Inicial	Final
	19,3	19,3		65	65

Posición de carga	carga en cero* (g)	Determinación de Eo			Determinación del error corregido Ec				
		l (g)	ΔL (g)	Eo (g)	Carga L (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)
1	1,00	1,00	0,004	0,001	200,00	200,00	0,005	0,000	-0,001
2	1,00	1,00	0,004	0,001	200,00	200,00	0,005	0,000	-0,001
3	1,00	1,00	0,004	0,001	200,00	200,00	0,005	0,000	-0,001
4	1,00	1,00	0,004	0,001	200,00	200,00	0,005	0,000	-0,001
5	1,00	1,00	0,004	0,001	200,00	200,00	0,005	0,000	-0,001

* valor entre 0 y 10e

$$E = l + \frac{1}{2} d - \Delta L - L$$

$$E_c = E - E_o$$



ENSAYO DE PESAJE

T. (°C)	Inicial	Final
	19,3	19,3

H. R. (%)	Inicial	Final
	65	65

Carga L (g)	Crecientes				Decrecientes				E.M.P.* (g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
1,00	1,00	0,004	0,001	(*)					
5,00	5,00	0,004	0,001	0,000	5,00	0,004	0,001	0,000	0,10
10,00	10,00	0,005	0,000	-0,001	10,00	0,004	0,001	0,000	0,10
100,00	99,99	0,005	-0,010	-0,011	100,01	0,004	0,011	0,010	0,10
150,00	150,00	0,005	0,000	-0,001	150,01	0,005	0,010	0,009	0,10
200,00	200,00	0,005	0,000	-0,001	200,01	0,005	0,010	0,009	0,10
250,00	250,00	0,005	0,000	-0,001	250,01	0,005	0,010	0,009	0,10
300,00	300,00	0,005	0,000	-0,001	300,02	0,006	0,019	0,018	0,10
400,00	400,00	0,006	-0,001	-0,002	400,01	0,006	0,009	0,008	0,10
500,00	500,01	0,007	0,008	0,007	500,00	0,007	-0,002	-0,003	0,10
600,00	600,01	0,008	0,007	0,006	600,01	0,008	0,007	0,006	0,20

(*) Carga para determinar Eo

$$E = I + \frac{1}{2} d - \Delta L - L$$

$$E_c = E - E_o$$

E.M.P.* = Error máximo permisible

INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN	$U = 0,0015g + (0,000055)I$
-------------------------------------	-----------------------------

I = Indicación de la balanza

Eo = Error en cero

E = Error de la balanza

Ec = Error corregido

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 $k=2$ y ha sido determinada de acuerdo a la "Guía para la expresión de la Incertidumbre en la medición".

Notas

El usuario está obligado a tener el equipo calibrado en intervalos apropiados de tiempo de acuerdo al uso, mantenimiento y conservación al que este expuesto.



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CCB-037-2022**

Peticionario : UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPAN S.A.C.

Atención : Wilson Olaya Aguilar

Lugar de calibración : Laboratorio de Ensayo de Materiales y Concreto. USS
Km. 5 - Carretera a Pimentel - Chiclayo.

Instrumento de medición : Balanza de funcionamiento no automático

Marca : OHAUS Clase : III

Número de serie : No indica Tipo : Mecánica

Modelo : TRIPLE BEAM Procedencia : Polonia

Capacidad máxima : 2610 g

División de escala (d) : 0,1 g

División de verificación (e) : 1,0 g

Método de calibración : Procedimiento de calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase III y clase IIII - PC 001 - Indecopi - tercera edición

Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 19,9 °C / 68%

Temp.(°C) y H.R.(%) final : 20,0 °C / 68%

Patrones de referencia : Patrones utilizados, 01 juego de pesas Mettler Toledo clase OIML F1 de 1 - 500 g con certificado de calibración N° M-0306-2021, 01 pesas Mettler Toledo clase OIML F1 de 2 kg con certificado de calibración N° M-0293-2021, 01 pesa Mettler Toledo clase OIML F1 de 1 kg con certificado de calibración N° M-0292-2021. Con trazabilidad METROIL.

Número de páginas : 3

Fecha de calibración : 2022-08-31

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.

Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.

El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2022-09-08	 Vladimir Tello Torre TECNICO DE LABORATORIO	 JORGE FRANCISCO RAMIREZ JARAÑA INGENIERO CIVIL Reg. del CIP N° 84286

RESULTADOS DE MEDICIÓN
INSPECCIÓN VISUAL

Ajuste a cero	Si
Oscilación Libre	Si
Plataforma	Si
Sistema de Traba	No

Escala	Si
Cursor	Si
Nivelación	No

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

T. (°C)	Inicial	Final
	19,9	19,9

H. R. (%)	Inicial	Final
	68	68

Medición N°	Carga L1 = 1300 g			Carga L2 = 2610 g		
	l (g)	ΔL (g)	E (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)
1	1300,2	0,00	0,70	2608,2	0,00	-1,30
2	1300,2	0,00	0,70	2608,2	0,00	-1,30
3	1300,1	0,00	0,60	2608,2	0,00	-1,30
4	1300,1	0,00	0,60	2608,2	0,00	-1,30
5	1300,1	0,00	0,60	2608,2	0,00	-1,30
6	1300,1	0,00	0,60	2608,2	0,00	-1,30
7	1300,1	0,00	0,60	2608,2	0,00	-1,30
8	1300,1	0,00	0,60	2608,2	0,00	-1,30
9	1300,1	0,00	0,60	2608,2	0,00	-1,30
10	1300,1	0,00	0,60	2608,2	0,00	-1,30

$$E = l + \frac{1}{2} e - \Delta L - L$$

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

2	1	3
5		4

Posición de las cargas

T. (°C)	Inicial	Final
	19,9	19,9

H. R. (%)	Inicial	Final
	68	68

Posición de carga	Determinación de Eo				Determinación del error corregido Ec				
	carga en cero* (g)	l (g)	ΔL (g)	Eo (g)	Carga L (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)
1	10,0	10,0	0,00	0,50	1000,0	999,4	0,00	-0,10	-0,60
2	10,0	9,9	0,00	0,40	1000,0	997,8	0,00	-1,70	-2,10
3	10,0	9,9	0,00	0,40	1000,0	997,5	0,00	-2,00	-2,40
4	10,0	9,9	0,00	0,40	1000,0	999,3	0,00	-0,20	-0,60
5	10,0	9,9	0,00	0,40	1000,0	999,2	0,00	-0,30	-0,70

* valor entre 0 y 10e

$$E = l + \frac{1}{2} e - \Delta L - L$$

$$Ec = E - Eo$$



ENSAYO DE PESAJE

T. (°C)	Inicial	Final
	20,0	19,9

H. R. (%)	Inicial	Final
	68	68

Carga L (g)	Crecientes				Decrecientes				E.M.P.* (g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
10,0	10,0	0,00	0,50	(*)					
50,0	50,0	0,00	0,50	0,00	49,9	0,00	0,40	-0,10	1,00
100,0	100,0	0,00	0,50	0,00	99,4	0,00	-0,10	-0,60	1,00
200,0	200,0	0,00	0,50	0,00	199,2	0,00	-0,30	-0,80	1,00
400,0	399,9	0,00	0,40	-0,10	399,5	0,00	0,00	-0,50	1,00
600,0	599,9	0,00	0,40	-0,10	599,7	0,00	0,20	-0,30	2,00
800,0	799,9	0,00	0,40	-0,10	799,5	0,00	0,00	-0,50	2,00
1000,0	999,3	0,00	-0,20	-0,70	998,9	0,00	-0,60	-1,10	2,00
1500,0	1499,1	0,00	-0,40	-0,90	1498,1	0,00	-1,40	-1,90	2,00
2000,0	1999,0	0,00	-0,50	-1,00	1998,1	0,00	-1,40	-1,90	2,00
2610,0	2608,2	0,00	-1,30	-1,80	2608,2	0,00	-1,30	-1,80	3,00

(*) Carga para determinar Eo

$$E = I + \frac{1}{2} e - \Delta L - L$$

$$E_c = E - E_o$$

E.M.P.* = Error máximo permisible

INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN	$U = 0,078g + (0,000044)I$
------------------------------	----------------------------

I = Indicación de la balanza

E = Error de la balanza

Eo = Error en cero

Ec = Error corregido

Incetidumbre

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 $k=2$ y ha sido determinada de acuerdo a la "Guía para la expresión de la Incertidumbre en la medición".

Notas

El usuario está obligado a tener el equipo calibrado en intervalos apropiados de tiempo de acuerdo al uso, mantenimiento y conservación al que este expuesto.



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CCB-035-2022**

Peticionario : UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPAN S.A.C.

Atención : Wilson Olaya Aguilar

Lugar de calibración : Laboratorio de Ensayo de Materiales y Concreto. USS
Km. 5 - Carretera a Pimentel - Chiclayo.

Instrumento de medición : Balanza de funcionamiento no automático

Marca : OHAUS Modelo : T21P

Número de serie : 8033090303 Clase : III

Código USS : 101179593 Tipo : Digital

Capacidad máxima : 50 kg Procedencia : China

División de escala (d) : 0,005 kg

División de verificación (e) : 0,005 kg

Método de calibración : Procedimiento de calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase III y clase IIII - PC 001 - Indecopi - tercera edición

Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 19,3 °C / 67%

Temp.(°C) y H.R.(%) final : 19,3 °C / 66%

Patrones de referencia : Patrones utilizados, 01 juego de pesas Mettler Toledo clase OIML F1 de 1 - 500 g con certificado de calibración N° M-0306-2021, 02 pesas Mettler Toledo clase OIML F1 de 2 kg con certificados de calibración N° M-0293-2021, M-0294-2021, 01 pesa Mettler Toledo clase OIML F1 de 5 kg con certificado de calibración N° M-0295-2021, 01 pesa Mettler Toledo clase OIML F1 de 1 kg con certificado de calibración N° M-0292-2021, 02 pesas Mettler Toledo clase OIML F1 de 10 kg con certificados de calibración N° M-0296-2021 y M-0297-2021. Con trazabilidad METROIL.

Número de páginas : 3

Fecha de calibración : 2022-08-31

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.
Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.
El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2022-09-08	 Vladimir Vello Torre TÉCNICO DE LABORATORIO	 JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAPAJA INGENIERO CIVIL Reg. del CIP N° 84286

INSPECCIÓN VISUAL

Ajuste a cero	Si
Oscilación Libre	Si
Plataforma	Si
Sistema de Traba	No

Escala	No
Cursor	No
Nivelación	Si

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

T. (°C)	Inicial	Final
	19,3	19,3

H. R. (%)	Inicial	Final
	67	67

Medición N°	Carga L1 = 25,000 kg			Carga L2 = 50,00 kg		
	I (kg)	ΔL (kg)	E (kg)	I (kg)	ΔL (kg)	E (kg)
1	25,000	0,0025	0,0000	50,000	0,0040	-0,0015
2	25,000	0,0025	0,0000	50,000	0,0040	-0,0015
3	25,000	0,0025	0,0000	50,000	0,0040	-0,0015
4	25,000	0,0025	0,0000	50,000	0,0040	-0,0015
5	25,000	0,0025	0,0000	50,000	0,0040	-0,0015
6	25,000	0,0025	0,0000	50,000	0,0040	-0,0015
7	25,000	0,0025	0,0000	50,000	0,0040	-0,0015
8	25,000	0,0025	0,0000	50,000	0,0040	-0,0015
9	25,000	0,0025	0,0000	50,000	0,0040	-0,0015
10	25,000	0,0025	0,0000	50,005	0,0040	0,0035

$E = I + \frac{1}{2} e - \Delta L - L$

ENSAYO DE EXCENRICIDAD

2	1	3	Posición de las cargas
5		4	

T. (°C)

Inicial	Final
19,3	19,3

H. R. (%)

Inicial	Final
67	67

	Determinación de Eo				Determinación del error corregido Ec				
	carga en cero* (kg)	I (kg)	ΔL (kg)	Eo (kg)	Carga L (kg)	I (kg)	ΔL (kg)	E (kg)	Ec (kg)
1	0,050	0,050	0,0015	0,0010	20,000	20,000	0,0025	0,0000	-0,0010
2	0,050	0,050	0,0015	0,0010	20,000	19,995	0,0025	-0,0050	-0,0060
3	0,050	0,050	0,0015	0,0010	20,000	20,005	0,0025	0,0050	0,0040
4	0,050	0,050	0,0015	0,0010	20,000	20,005	0,0025	0,0050	0,0040
5	0,050	0,050	0,0015	0,0010	20,000	20,000	0,0025	0,0000	-0,0010

* valor entre 0 y 10e

$E = I + \frac{1}{2} e - \Delta L - L$

$E_c = E - E_o$



ENSAYO DE PESAJE

T. (°C)	Inicial	Final
	19,3	19,3

H. R. (%)	Inicial	Final
	66	67

Carga L (kg)	Crecientes				Decrecientes				E.M.P.* (kg)
	I (kg)	ΔL (kg)	E (kg)	Ec (kg)	I (kg)	ΔL (kg)	E (kg)	Ec (kg)	
0,050	0,050	0,0015	0,0010	(*)					
0,500	0,500	0,0015	0,0010	0,0000	0,500	0,0015	0,0010	0,0000	0,0050
1,000	1,000	0,0015	0,0010	0,0000	1,000	0,0015	0,0035	0,0025	0,0050
2,000	2,000	0,0020	0,0005	-0,0005	2,000	0,0015	0,0035	0,0025	0,0050
5,000	5,000	0,0025	0,0000	-0,0010	5,000	0,0020	0,0030	0,0020	0,0100
10,000	10,000	0,0025	0,0000	-0,0010	10,000	0,0025	0,0025	0,0015	0,0100
15,000	15,000	0,0025	0,0000	-0,0010	15,000	0,0025	0,0025	0,0015	0,0100
20,000	20,000	0,0030	-0,0005	-0,0015	20,000	0,0030	0,0020	0,0010	0,0150
30,000	30,000	0,0030	-0,0005	-0,0015	30,005	0,0030	0,0070	0,0060	0,0150
40,000	50,005	0,0030	10,0045	10,0035	40,005	0,0030	0,0070	0,0060	0,0150
50,000	50,005	0,0040	0,0035	0,0025	50,005	0,0040	0,0060	0,0050	0,0150

(*) Carga para determinar Eo

$$E = I + \frac{1}{2} e - \Delta L - L$$

$$E_c = E - E_o$$

E.M.P.* = Error máximo permisible

INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN	$U = 0,0007\text{kg} + (0,000036) $
------------------------------	-------------------------------------

I = Indicación de la balanza

E = Error de la balanza

Eo = Error en cero

Ec = Error corregido

Incetidumbre

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 y ha sido determinada de acuerdo a la "Guía para la expresión de la Incertidumbre en la medición".

Notas

El usuario está obligado a tener el equipo calibrado en intervalos apropiados de tiempo de acuerdo al uso, mantenimiento y conservación al que este expuesto.



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CAC-019-2022**

Peticionario : UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPAN S.A.C.

Atención : Wilson Olaya Aguilar

Lugar de calibración : Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos. USS.
Km. 5. Carretera a Pimentel - Chiclayo

Tipo de equipo : Anillo de carga de prensa CBR.

Capacidad del equipo : 11,200 lbf (50 kN ó 5,100 Kgf)

División de escala : 0,002 - 5 mm

Marca anillo de carga : ELE - INTERNATIONAL

Nº de serie del anillo : 780860-00110

Marca dial indicador : ELE - INTERNATIONAL

Nº de serie dial indicador : SJF488 Procedencia : USA

Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 19,3°C / 72%

Temp.(°C) y H.R.(%) final : 19,3°C / 72%

Método de calibración : ASTM E-4 "Standard Practices for Force Verification of Testing Machines"

Patrón de referencia : Patrón utilizado HBM, C18/100 kN, N° de serie 00283TO0, clase A, calibrado de acuerdo a la norma ASTM E74-18, método B, certificado de calibración reporte N° 822023841(ASRET)L1820. Con trazabilidad NIST (United States National Institute of Standards & Technology).

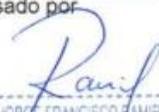
Número de páginas : 2

Fecha de calibración : 2022-09-01

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.

Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.

El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2022-09-08	 Vladimir Tejada Torre TÉCNICO DE LABORATORIO	 JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAPAJA INGENIERO CIVIL Reg. del CIP N° 84286

Resultados de medición

Dirección de carga: Compresión

Def. unitaria del anillo de carga (0,002 - 5 mm)	Indicación de fuerza de la celda patrón			Promedio de fuerza (lbf)	Fuerza obtenida con la ecuación (lbf)	Error (%)	Incertidumbre K=2 U (%)
	1º ascenso (lbf)	2º ascenso (lbf)	3º ascenso (lbf)				
0	0	0	0	0	0	0,0	0,1
100	964,7	964,9	964,7	964,7	983	1,9	0,2
200	1936,5	1931,3	1932,2	1933,4	1938	0,2	0,1
300	2885,9	2881,8	2880,9	2882,9	2894	0,4	0,1
400	3855,5	3853,4	3858,4	3855,8	3849	-0,2	0,1
500	4824,6	4821,3	4822,8	4822,9	4805	-0,4	0,1
600	5776,0	5771,1	5775,1	5774,1	5760	-0,2	0,1
700	6727,9	6731,5	6728,1	6729,1	6715	-0,2	0,1
800	7682,4	7681,9	7684,6	7683,0	7671	-0,2	0,1
900	8625,0	8628,8	8626,4	8626,7	8626	0,0	0,1
1000	9568,8	9572,8	9573,3	9571,6	9582	0,1	0,1
1100	10516,1	10516,8	10515,4	10516,1	10537	0,2	0,1

Coefficientes de regresión y correlación obtenidos en diferentes unidades de fuerza

Unidad de fuerza	Libras (lbf)	Kilogramos (kgf)	Newtons (N)
Coef. regresión A	27,2018182	12,2181818	120,7272727
Coef. regresión B	9,5547091	4,3432727	42,5018182
Coef. correlación r	0,999990	0,999990	0,999990

Ecuación para obtención de fuerza en diferentes unidades

$$\text{Fuerza} = (\text{Def. unitaria del anillo de carga} \times \text{Coef. regresión B}) + \text{Coef. regresión A}$$

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 y ha sido determinada de acuerdo a la "Guía para la expresión de la Incertidumbre en la medición".

Notas

El usuario está obligado a tener el equipo calibrado en intervalos apropiados de tiempo de acuerdo al uso, mantenimiento y conservación que este expuesto.

Se adjunta adicionalmente 03 cartas de calibración de 03 hojas cada una, las cuales están en Libras Fuerza, Kilogramos Fuerza y Newtons.



TABLA DE VALORES DE FUERZA EN NEWTONS

ANILLO DE CARGA MARCA ELE - INTERNATIONAL
 UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPAN S.A.C.
 SERIE N° 780860-00110
 CAPACIDAD 50 KILONEWTONS
 FECHA DE CALIBRACIÓN 01 DE SETIEMBRE DEL 2022
 CELDA DE CALIBRACIÓN UTILIZADA MARCA :HBM, C18/100 kN, N° de serie 00283TOO,
 clase A, calibrado de acuerdo a la norma ASTM E74-18, método B
 COEFICIENTE DE CORELACIÓN = 0,999990
 VALORES EN NEWTONS

ECUACIÓN: (DEF. UNITARIA DEL ANILLO x 42,5018182) + 120,727273 = NEWTONS

VALORES DE FUERZA OBTENIDAS SEGUN LA DEFORMACIÓN UNITARIA DEL ANILLO DE CARGA

DIVISION	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	* 0	163	206	248	291	333	376	418	461	503
10	* 546	588	631	673	716	758	801	843	886	928
20	* 971	1013	1056	1098	1141	1183	1226	1268	1311	1353
30	* 1396	1438	1481	1523	1566	1608	1651	1693	1736	1778
40	* 1821	1863	1906	1948	1991	2033	2076	2118	2161	2203
50	* 2246	2288	2331	2373	2416	2458	2501	2543	2586	2628
60	* 2671	2713	2756	2798	2841	2883	2926	2968	3011	3053
70	* 3096	3138	3181	3223	3266	3308	3351	3393	3436	3478
80	* 3521	3563	3606	3648	3691	3733	3776	3818	3861	3903
90	* 3946	3988	4031	4073	4116	4158	4201	4243	4286	4328
100	* 4371	4413	4456	4498	4541	4583	4626	4668	4711	4753
110	* 4796	4838	4881	4923	4966	5008	5051	5093	5136	5178
120	* 5221	5263	5306	5348	5391	5433	5476	5518	5561	5603
130	* 5646	5688	5731	5773	5816	5858	5901	5943	5986	6028
140	* 6071	6113	6156	6198	6241	6283	6326	6368	6411	6453
150	* 6496	6539	6581	6624	6666	6709	6751	6794	6836	6879
160	* 6921	6964	7006	7049	7091	7134	7176	7219	7261	7304
170	* 7346	7389	7431	7474	7516	7559	7601	7644	7686	7729
180	* 7771	7814	7856	7899	7941	7984	8026	8069	8111	8154
190	* 8196	8239	8281	8324	8366	8409	8451	8494	8536	8579
200	* 8621	8664	8706	8749	8791	8834	8876	8919	8961	9004
210	* 9046	9089	9131	9174	9216	9259	9301	9344	9386	9429
220	* 9471	9514	9556	9599	9641	9684	9726	9769	9811	9854
230	* 9896	9939	9981	10024	10066	10109	10151	10194	10236	10279
240	* 10321	10364	10406	10449	10491	10534	10576	10619	10661	10704
250	* 10746	10789	10831	10874	10916	10959	11001	11044	11086	11129
260	* 11171	11214	11256	11299	11341	11384	11426	11469	11511	11554
270	* 11596	11639	11681	11724	11766	11809	11851	11894	11936	11979
280	* 12021	12064	12106	12149	12191	12234	12276	12319	12361	12404
290	* 12446	12489	12531	12574	12616	12659	12701	12744	12786	12829
300	* 12871	12914	12956	12999	13041	13084	13126	13169	13211	13254
310	* 13296	13339	13381	13424	13466	13509	13551	13594	13636	13679
320	* 13721	13764	13806	13849	13891	13934	13976	14019	14061	14104
330	* 14146	14189	14231	14274	14316	14359	14401	14444	14486	14529
340	* 14571	14614	14656	14699	14741	14784	14826	14869	14911	14954
350	* 14996	15039	15081	15124	15166	15209	15251	15294	15336	15379
360	* 15421	15464	15506	15549	15591	15634	15676	15719	15761	15804
370	* 15846	15889	15931	15974	16016	16059	16101	16144	16186	16229
380	* 16271	16314	16356	16399	16441	16484	16526	16569	16611	16654
390	* 16696	16739	16781	16824	16866	16909	16951	16994	17036	17079



ANILLO DE CARGA MARCA ELE - INTERNATIONAL
 UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPAN S.A.C.
 SERIE N° 780860-00110
 CAPACIDAD 11,200 LIBRAS FUERZA
 FECHA DE CALIBRACIÓN 01 DE SETIEMBRE DEL 2022
 CELDA DE CALIBRACIÓN UTILIZADA MARCA :HBM, C18/100 kN, N° de serie 00283TO0,
 clase A, calibrado de acuerdo a la norma ASTM E74-18, método B
 COEFICIENTE DE CORELACIÓN = 0,999990
 VALORES EN LIBRAS FUERZA

ECUACIÓN: (DEF. UNITARIA DEL ANILLO x 9,55470909) + 27,201818 = LIBRAS FUERZA

VALORES DE FUERZA OBTENIDAS SEGUN LA DEFORMACIÓN UNITARIA DEL ANILLO DE CARGA

DIVISION	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	* 0	37	46	56	65	75	85	94	104	113
10	* 123	132	142	151	161	171	180	190	199	209
20	* 218	228	237	247	257	266	276	285	295	304
30	* 314	323	333	343	352	362	371	381	390	400
40	* 409	419	428	438	448	457	467	476	486	495
50	* 505	514	524	534	543	553	562	572	581	591
60	* 600	610	620	629	639	648	658	667	677	686
70	* 696	706	715	725	734	744	753	763	772	782
80	* 792	801	811	820	830	839	849	858	868	878
90	* 887	897	906	916	925	935	944	954	964	973
100	* 983	992	1002	1011	1021	1030	1040	1050	1059	1069
110	* 1078	1088	1097	1107	1116	1126	1136	1145	1155	1164
120	* 1174	1183	1193	1202	1212	1222	1231	1241	1250	1260
130	* 1269	1279	1288	1298	1308	1317	1327	1336	1346	1355
140	* 1365	1374	1384	1394	1403	1413	1422	1432	1441	1451
150	* 1460	1470	1480	1489	1499	1508	1518	1527	1537	1546
160	* 1556	1566	1575	1585	1594	1604	1613	1623	1632	1642
170	* 1652	1661	1671	1680	1690	1699	1709	1718	1728	1737
180	* 1747	1757	1766	1776	1785	1795	1804	1814	1823	1833
190	* 1843	1852	1862	1871	1881	1890	1900	1909	1919	1929
200	* 1938	1948	1957	1967	1976	1986	1995	2005	2015	2024
210	* 2034	2043	2053	2062	2072	2081	2091	2101	2110	2120
220	* 2129	2139	2148	2158	2167	2177	2187	2196	2206	2215
230	* 2225	2234	2244	2253	2263	2273	2282	2292	2301	2311
240	* 2320	2330	2339	2349	2359	2368	2378	2387	2397	2406
250	* 2416	2425	2435	2445	2454	2464	2473	2483	2492	2502
260	* 2511	2521	2531	2540	2550	2559	2569	2578	2588	2597
270	* 2607	2617	2626	2636	2645	2655	2664	2674	2683	2693
280	* 2703	2712	2722	2731	2741	2750	2760	2769	2779	2789
290	* 2798	2808	2817	2827	2836	2846	2855	2865	2875	2884
300	* 2894	2903	2913	2922	2932	2941	2951	2960	2970	2980
310	* 2989	2999	3008	3018	3027	3037	3046	3056	3066	3075
320	* 3085	3094	3104	3113	3123	3132	3142	3152	3161	3171
330	* 3180	3190	3199	3209	3218	3228	3238	3247	3257	3266
340	* 3276	3285	3295	3304	3314	3324	3333	3343	3352	3362
350	* 3371	3381	3390	3400	3410	3419	3429	3438	3448	3457
360	* 3467	3476	3486	3496	3505	3515	3524	3534	3543	3553
370	* 3562	3572	3582	3591	3601	3610	3620	3629	3639	3648
380	* 3658	3668	3677	3687	3696	3706	3715	3725	3734	3744
390	* 3754	3763	3773	3782	3792	3801	3811	3820	3830	3840



DIVISION	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
910	* 8722	8732	8741	8751	8760	8770	8779	8789	8798	8808
920	* 8818	8827	8837	8846	8856	8865	8875	8884	8894	8904
930	* 8913	8923	8932	8942	8951	8961	8970	8980	8990	8999
940	* 9009	9018	9028	9037	9047	9056	9066	9076	9085	9095
950	* 9104	9114	9123	9133	9142	9152	9162	9171	9181	9190
960	* 9200	9209	9219	9228	9238	9247	9257	9267	9276	9286
970	* 9295	9305	9314	9324	9333	9343	9353	9362	9372	9381
980	* 9391	9400	9410	9419	9429	9439	9448	9458	9467	9477
990	* 9486	9496	9505	9515	9525	9534	9544	9553	9563	9572
1000	* 9582	9591	9601	9611	9620	9630	9639	9649	9658	9668
1010	* 9677	9687	9697	9706	9716	9725	9735	9744	9754	9763
1020	9773	9783	9792	9802	9811	9821	9830	9840	9849	9859
1030	9869	9878	9888	9897	9907	9916	9926	9935	9945	9955
1040	9964	9974	9983	9993	10002	10012	10021	10031	10041	10050
1050	10060	10069	10079	10088	10098	10107	10117	10127	10136	10146
1060	10155	10165	10174	10184	10193	10203	10213	10222	10232	10241
1070	10251	10260	10270	10279	10289	10299	10308	10318	10327	10337
1080	10346	10356	10365	10375	10385	10394	10404	10413	10423	10432
1090	10442	10451	10461	10470	10480	10490	10499	10509	10518	10528
1100	10537	10547	10556	10566	10576	10585	10595	10604	10614	10623





780860-00110
 Pág.1 kgf

TABLA DE VALORES DE FUERZA EN KILOGRAMOS FUERZA

ANILLO DE CARGA MARCA ELE - INTERNATIONAL
 UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPAN S.A.C.
 SERIE N° 780860-00110
 CAPACIDAD 5,100 KILOGRAMOS
 FECHA DE CALIBRACIÓN 01 DE SETIEMBRE DEL 2022
 CELDA DE CALIBRACIÓN UTILIZADA MARCA :HBM, C18/100 kN, N° de serie 00283T00,
 clase A, calibrado de acuerdo a la norma ASTM E74-18, método B
 COEFICIENTE DE CORELACIÓN = 0,999990
 VALORES EN KILOGRAMOS FUERZA

ECUACIÓN:(DEF.UNITARIA DEL ANILLO x 4,343273) + 12,218182 = KILOGRAMOS FUERZA

VALORES DE FUERZA OBTENIDAS SEGUN LA DEFORMACIÓN UNITARIA DEL ANILLO DE CARGA

DIVISION	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	* 0	17	21	25	30	34	38	43	47	51
10	* 56	60	64	69	73	77	82	86	90	95
20	* 99	103	108	112	116	121	125	129	134	138
30	* 143	147	151	156	160	164	169	173	177	182
40	* 186	190	195	199	203	208	212	216	221	225
50	* 229	234	238	242	247	251	255	260	264	268
60	* 273	277	282	286	290	295	299	303	308	312
70	* 316	321	325	329	334	338	342	347	351	355
80	* 360	364	368	373	377	381	386	390	394	399
90	* 403	407	412	416	420	425	429	434	438	442
100	* 447	451	455	460	464	468	473	477	481	486
110	* 490	494	499	503	507	512	516	520	525	529
120	* 533	538	542	546	551	555	559	564	568	573
130	* 577	581	586	590	594	599	603	607	612	616
140	* 620	625	629	633	638	642	646	651	655	659
150	* 664	668	672	677	681	685	690	694	698	703
160	* 707	711	716	720	725	729	733	738	742	746
170	* 751	755	759	764	768	772	777	781	785	790
180	* 794	798	803	807	811	816	820	824	829	833
190	* 837	842	846	850	855	859	863	868	872	877
200	* 881	885	890	894	898	903	907	911	916	920
210	* 924	929	933	937	942	946	950	955	959	963
220	* 968	972	976	981	985	989	994	998	1002	1007
230	* 1011	1016	1020	1024	1029	1033	1037	1042	1046	1050
240	* 1055	1059	1063	1068	1072	1076	1081	1085	1089	1094
250	* 1098	1102	1107	1111	1115	1120	1124	1128	1133	1137
260	* 1141	1146	1150	1154	1159	1163	1168	1172	1176	1181
270	* 1185	1189	1194	1198	1202	1207	1211	1215	1220	1224
280	* 1228	1233	1237	1241	1246	1250	1254	1259	1263	1267
290	* 1272	1276	1280	1285	1289	1293	1298	1302	1307	1311
300	* 1315	1320	1324	1328	1333	1337	1341	1346	1350	1354
310	* 1359	1363	1367	1372	1376	1380	1385	1389	1393	1398
320	* 1402	1406	1411	1415	1419	1424	1428	1432	1437	1441
330	* 1445	1450	1454	1459	1463	1467	1472	1476	1480	1485
340	* 1489	1493	1498	1502	1506	1511	1515	1519	1524	1528
350	* 1532	1537	1541	1545	1550	1554	1558	1563	1567	1571
360	* 1576	1580	1584	1589	1593	1598	1602	1606	1611	1615
370	* 1619	1624	1628	1632	1637	1641	1645	1650	1654	1658
380	* 1663	1667	1671	1676	1680	1684	1689	1693	1697	1702
390	* 1706	1710	1715	1719	1723	1728	1732	1736	1741	1745



Anexo 13. Validez y confiabilidad por 5 jueces expertos

Colegiatura N° 169969

Ficha de validación según AIKEN

I. Datos generales

Apellidos y nombres del informante	Cargo o Institución donde labora	Nombre del instrumento de evaluación	Autor del Instrumento
Cristhian Andre Yumpo Bruno	Gerente territorial e Infraestructura M.P.B	Prueba de Humedad, Máxima Densidad Seca, Proctor y CBR	Meléndez Torres Segundo Manuel
Título de la Investigación: "Estudio del Efecto de Cal y Escorias Siderúrgicas de Altas Temperaturas en la Estabilización de Suelos para fines de Pavimentación"			

II. Aspectos de validación de cada ítem

Estimado complete la siguiente tabla después de haber observado y evaluado el instrumento adjunto. Escriba (A) acuerdo o (D) desacuerdo en la segunda columna. Asimismo, si tiene alguna opción o propuesta de modificación, escriba en la columna correspondiente.

ITEMS	ACUERDO O DESACUERDO	MODIFICACIÓN Y OPINIÓN
1	A	Todo bien
2	A	Todo bien
3	A	Todo bien
4	A	Todo bien

III. Opinión de aplicabilidad del instrumento certificado de validez de contenido del instrumento

ITEMS	Dimensiones/ítems	Claridad		Contexto		Congruencia		Dominio del constructo	
		Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
1	Humedad	x		x		x		x	
2	Máxima Densidad Seca	x		x		x		x	
3	Proctor	x		x			x	x	
4	CBR	x		x		x		x	

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

Opinión de aplicabilidad: Aplicable (X) Aplicable después de corregir () No aplicable ()
Apellidos y nombres del juez validador:

Especialidad: Ing. Civil



CRISTHIAN ANDRE YUMPO BRUNO
ING. CIVIL
Reg. CIP. N° 169969

Colegiatura N° 55274

Ficha de validación según AIKEN

IV. Datos generales

Apellidos y nombres del informante	Cargo o Institución donde labora	Nombre del instrumento de evaluación	Autor del Instrumento
Héctor Manuel Arévalo arroyo	Residente de Obra	Prueba de Humedad, Máxima Densidad Seca, Proctor y CBR	Meléndez Torres Segundo Manuel
Título de la Investigación: "Estudio del Efecto de Cal y Escorias Siderúrgicas de Altas Temperaturas en la Estabilización de Suelos para fines de Pavimentación"			

V. Aspectos de validación de cada Item

Estimado complete la siguiente tabla después de haber observado y evaluado el instrumento adjunto. Escriba (A) acuerdo o (D) desacuerdo en la segunda columna. Asimismo, si tiene alguna opción o propuesta de modificación, escriba en la columna correspondiente.

ITEMS	ACUERDO O DESACUERDO	MODIFICACIÓN Y OPINIÓN
1	A	Todo bien
2	A	Todo bien
3	A	Todo bien
4	A	Todo bien

VI. Opinión de aplicabilidad del instrumento certificado de validez de contenido del instrumento

ITEMS	Dimensiones/Ítems	Claridad		Contexto		Congruencia		Dominio del constructo	
		Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
1	Humedad	x		x		x		x	
2	Máxima Densidad Seca	x		x		x		x	
3	Proctor	x			x	x		x	
4	CBR	x		x		x		x	

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

Opinión de aplicabilidad: Aplicable (X) Aplicable después de corregir () No aplicable ()

Apellidos y nombres del juez validador:


Héctor M. Arévalo Arroyo
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 55274

Especialidad: Ing. Civil

Colegiatura N° 324410

Ficha de validación según AIKEN

VII. Datos generales

Apellidos y nombres del informante	Cargo o Institución donde labora	Nombre del instrumento de evaluación	Autor del Instrumento
Saul Burga Sánchez	Supervisión de Obras	Prueba de Humedad, Máxima Densidad Seca, Proctor y CBR	-Meléndez Torres Segundo Manuel
Título de la Investigación: "Estudio del Efecto de Cal y Escorias Siderúrgicas de Altas Temperaturas en la Estabilización de Suelos para fines de Pavimentación"			

VIII. Aspectos de validación de cada ítem

Estimado complete la siguiente tabla después de haber observado y evaluado el instrumento adjunto. Escriba (A) acuerdo o (D) desacuerdo en la segunda columna. Asimismo, si tiene alguna opción o propuesta de modificación, escriba en la columna correspondiente.

ITEMS	ACUERDO O DESACUERDO	MODIFICACIÓN Y OPINIÓN
1	A	Todo bien
2	A	Todo bien
3	A	Todo bien
4	A	Todo bien

IX. Opinión de aplicabilidad del instrumento certificado de validez de contenido del instrumento

ITEMS	Dimensiones/Ítems	Claridad		Contexto		Congruencia		Dominio del constructo	
		Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
1	Humedad	x		x		x		x	
2	Máxima Densidad Seca	x		x			x	x	
3	Proctor	x		x		x		x	
4	CBR	x		x		x			x

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

Opinión de aplicabilidad: Aplicable (X) Aplicable después de corregir () No aplicable ()
) Apellidos y nombres del juez validador:

Especialidad: Ing. Civil


SAUL BURGA SANCHEZ
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 824410

Colegiatura N° 182193

Ficha de validación según AIKEN

x. Datos generales

Apellidos y nombres del informante	Cargo o Institución donde labora	Nombre del instrumento de evaluación	Autor del Instrumento
Edwin Gonzales Vicente	Área de Obras Públicas M.P.B	Prueba de Humedad, Máxima Densidad Seca, Proctor y CBR	-Meléndez Torres Segundo Manuel
Título de la Investigación: "Estudio del Efecto de Cal y Escorias Siderúrgicas de Altas Temperaturas en la Estabilización de Suelos para fines de Pavimentación"			

xi. Aspectos de validación de cada ítem

Estimado complete la siguiente tabla después de haber observado y evaluado el instrumento adjunto. Escriba (A) acuerdo o (D) desacuerdo en la segunda columna. Asimismo, si tiene alguna opción o propuesta de modificación, escriba en la columna correspondiente.

ITEMS	ACUERDO O DESACUERDO	MODIFICACIÓN Y OPINIÓN
1	A	Todo bien
2	A	Todo bien
3	A	Todo bien
4	A	Todo bien

xii. Opinión de aplicabilidad del instrumento certificado de validez de contenido del instrumento

ITEMS	Dimensiones/ítems	Claridad		Contexto		Congruencia		Dominio del constructo	
		Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
1	Humedad	X		X		X		X	
2	Máxima Densidad Seca		X	X		X		X	
3	Proctor	X		X		X		X	
4	CBR	X		X		X		X	

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

Opinión de aplicabilidad: Aplicable (X) Aplicable después de corregir () No aplicable ()
Apellidos y nombres del juez validador:

Especialidad: Ing. Civil

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE
BAGUA
[Firma]
Ing. Edwin Gonzales Vicente
JEFE (A) AREA DE OBRAS PUBLICAS

COLEGIATURA N° 160216

Ficha de validación según AIKEN

xi. Datos generales

Apellidos y nombres del informante	Cargo o Institución donde labora	Nombre del instrumento de evaluación	Autor del Instrumento
Luis Richard Córdova Saavedra	Especialista en Estructuras en la construcción de laboratorios de la UNTRM.	Prueba de Humedad, Máxima Densidad Seca, Proctor y CBR	-Meléndez Torres Segundo Manuel
Título de la Investigación: "Estudio del Efecto de Cal y Escorias Siderúrgicas de Altas Temperaturas en la Estabilización de Suelos para fines de Pavimentación"			

xii. Aspectos de validación de cada ítem

Estimado complete la siguiente tabla después de haber observado y evaluado el instrumento adjunto. Escriba (A) acuerdo o (D) desacuerdo en la segunda columna. Asimismo, si tiene alguna opción o propuesta de modificación, escriba en la columna correspondiente.

ITEMS	ACUERDO O DESACUERDO	MODIFICACIÓN Y OPINIÓN
1	A	Todo bien
2	A	Todo bien
3	A	Todo bien
4	A	Todo bien

xiii. Opinión de aplicabilidad del instrumento certificado de validez de contenido del instrumento

ITEMS	Dimensiones/Ítems	Claridad		Contexto		Congruen cita		Dominio del construido	
		Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
1	Humedad	x		x		x		x	
2	Máxima Densidad Seca	x			x	x			x
3	Proctor	x		x		x		x	
4	CBR		x	x		x		x	

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

Opinión de aplicabilidad: Aplicable (X) Aplicable después de corregir () No aplicable ()
Apellidos y nombres del juez validador: **Ing. Luis Richard Cordova Saavedra, DNI N° 45693448 y CIP N° 160216.**

Especialidad: Ing. Civil



Luis Richard Cordova Saavedra
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 160216

INSTRUMENTOS DE VALIDACIÓN ESTADÍSTICA CON
CRITERIO JUECES EXPERTOS Y CRITERIO
MUESTRA PILOTO

VALIDEZ Y CONFIABILIDAD POR 5 JUECES EXPERTOS

INSTRUMENTO SOBRE MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL “ESTUDIO DEL EFECTO DE CAL Y ESCORIAS SIDERÚRGICAS DE ALTO HORNO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN”

$$V = \frac{S}{n * (C - 1)}$$

S= Suma de valoración asignado por todos los jueces

n= Número de jueces

C= Número de valores de la escala de valoración

CLARIDAD				
ESTUDIO DEL EFECTO DE CAL Y ESCORIAS SIDERÚRGICAS DE ALTO HORNO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN				
	MTC			
	Humedad	Máxima densidad seca	CBR 95%	CBR 100%
JUEZ 1	1	1	1	1
JUEZ 2	1	1	1	1
JUEZ 3	1	1	1	1
JUEZ 4	1	0	1	1
JUEZ 5	1	1	1	0
s	5	4	5	4
n	5	5	5	5
c	2	2	2	2
V de Aiken por preg=	1.0	0.8	1.0	0.8
V de Aiken por preg=	0.90			

CONTEXTO				
ESTUDIO DEL EFECTO DE CAL Y ESCORIAS SIDERÚRGICAS DE ALTO HORNO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN				
	MTC			
	Humedad	Máxima densidad seca	CBR 95%	CBR 100%
JUEZ 1	1	1	1	1
JUEZ 2	1	1	0	1
JUEZ 3	1	1	1	1
JUEZ 4	1	1	1	1
JUEZ 5	1	0	1	1
s	5	4	4	5
n	5	5	5	5
c	2	2	2	2
V de Aiken por preg=	1.0	0.8	0.8	1.0
V de Aiken por preg=	0.90			

CONGRUENCIA				
ESTUDIO DEL EFECTO DE CAL Y ESCORIAS SIDERÚRGICAS DE ALTO HORNO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN				
	MTC			
	Humedad	Máxima densidad seca	CBR 95%	CBR 100%
JUEZ 1	1	1	0	1
JUEZ 2	1	1	1	1
JUEZ 3	1	0	1	1
JUEZ 4	1	1	1	1
JUEZ 5	1	1	1	1
s	5	4	4	5
n	5	5	5	5
c	2	2	2	2
V de Aiken por preg=	1.0	0.8	0.8	1.0
V de Aiken por preg=	0.90			

DOMINIO DEL CONSTRUCTO				
ESTUDIO DEL EFECTO DE CAL Y ESCORIAS SIDERÚRGICAS DE ALTO HORNO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN				
	MTC			
	Humedad	Máxima densidad seca	CBR 95%	CBR 100%
JUEZ 1	1	1	1	1
JUEZ 2	1	1	1	1
JUEZ 3	1	1	1	0
JUEZ 4	1	1	1	1
JUEZ 5	1	0	1	1
s	5	4	5	4
n	5	5	5	5
c	2	2	2	2
V de Aiken por preg=	1.0	0.8	1.0	0.8
V de Aiken por preg=	0.90			

V de Aiken del
instrumento por jueces
expertos

0,90

VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTO SOBRE EL "ESTUDIO DEL EFECTO DE CAL Y ESCORIAS SIDERÚRGICAS DE ALTO HORNO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN"

FIABILIDAD

Estadísticas de fiabilidad

Alfa de Cronbach	N de elementos
,924	4

Estadísticas de total de elemento

	Media de escala si el elemento se ha suprimido	Varianza de escala si el elemento se ha suprimido	Correlación total de elementos corregida	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido
MÁXIMA DENSIDAD SECA	36,6960	90,401	,989	,927
HUMEDAD	2046,2800	9260,917	,996	,941
CBR 95%	2051,1160	8567,140	,969	,923
CBR 100%	2044,3960	8128,578	,925	,895

ANOVA

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
Inter sujetos		9197,449	4	2299,362		
Intra sujetos	Entre elementos	15159058,968	3	5053019,656	2832,000	,000
	Residuo	21411,099	12	1784,258		
	Total	15180470,067	15	1012031,338		
Total		15189667,516	19	799456,185		

Media global = 514,8740

PRUEBA T

		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Par 1	SUELO - C-2	492,2975	4	969,14449	484,57225
	C-2 + 10% CAL	490,6450	4	959,57446	479,78723
Par 2	SUELO - C-2	492,2975	4	969,14449	484,57225
	C-2 + 10% CAL + 5% ESD	514,3800	4	1004,41711	502,20856
Par 3	SUELO - C-2	492,2975	4	969,14449	484,57225
	C-2 + 10% CAL + 10% ESD	532,0525	4	1034,63862	517,31931
Par 4	SUELO - C-2	492,2975	4	969,14449	484,57225
	C-2 + 10% CAL + 15% ESD	544,9950	4	1058,67921	529,33961

		t	gl	Sig. (bilateral)
Par 1	SUELO - C-2 - C-2 + 10% CAL	29,336	3	,019
Par 2	SUELO - C-2 - C-2 + 10% CAL + 5% ESD	16,246	3	,032
Par 3	SUELO - C-2 - C-2 + 10% CAL + 10% ESD	21,209	3	,023
Par 4	SUELO - C-2 - C-2 + 10% CAL + 15% ESD	31,174	3	,000

En las tablas se observa que, el instrumento sobre "ESTUDIO DEL EFECTO DE CAL Y ESCORIAS SIDERÚRGICAS DE ALTO HORNO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN" es válido (correlaciones de Pearson superan al valor de 0.30 y el valor de la prueba del análisis de varianza es altamente significativo $p < 0.01$) y confiable (el valor de consistencia alfa de Cronbach es mayor a 0.90).

Criterio de decisión

Si $p > 0.05$, aceptamos la H_0 y rechazamos la H_a

Si $p \leq 0.05$, rechazamos la H_0 y aceptamos la H_a

Como $p=0 < 0.05$, por lo tanto, rechazamos la H_0 y aceptamos la H_a , es decir las medias entre el suelo natural y el suelo estabilizado con aplicaciones de 10% Cal + 15% ESD son significativamente diferentes, por lo tanto, concluimos que si influye en el "ESTUDIO DEL EFECTO DE CAL Y ESCORIAS SIDERÚRGICAS DE ALTO HORNO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN".

Anexo 15. Análisis económico

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS						
TESIS: ESTUDIO DEL EFECTO DE CAL Y ESCORIAS SIDERÚRGICAS DE ALTO HORNO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN						
UBICACIÓN: PIMENTEL - CHICLAYO - PERÚ						
FECHA: Diciembre, 2023						
ESTABILIZACIÓN DE SUELO						SUBTOTAL
Rendimiento						300.00
						m3/día
Materiales						30.66
	Material Granular	m3	1.2000	25.05	30.06	
39	Agua	m3	0.1200	5.00	0.60	
Mano de Obra						3.89
47	Operario	HH	1.000	0.0267	27.61	0.74
47	Peón	HH	6.000	0.1600	19.71	3.15
Equipos						12.72
	Rodillo Liso Vibratorio Autopropulsado 7 - 9 ton	HM	1.000	0.027	174.00	4.64
	Motoniveladora 130 - 135 HP	HM	1.000	0.027	208.00	5.55
	Camión Cisterna (2,500 GLNS.)	HM	1.000	0.027	90.48	2.41
37	Herramientas Manuales	%MO	3.0000	3.89	0.12	

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS						
TESIS: ESTUDIO DEL EFECTO DE CAL Y ESCORIAS SIDERÚRGICAS DE ALTO HORNO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN						
UBICACIÓN: PIMENTEL - CHICLAYO - PERÚ						
FECHA: Diciembre, 2023						
ESTABILIZACIÓN DE SUELO						SUBTOTAL
Rendimiento						300.000
						m3/día
Materiales						30.78
	Material Granular	m3	1.2000	25.05	30.06	
39	Agua	m3	0.1200	5.00	0.60	
	Cal	kg	0.1200	1.00	0.12	
Mano de Obra						3.89
47	Operario	HH	1.000	0.0267	27.61	0.74
47	Peón	HH	6.000	0.1600	19.71	3.15
Equipos						12.72
	Rodillo Liso Vibratorio Autopropulsado 7 - 9 ton	HM	1.000	0.027	174.00	4.64
	Motoniveladora 130 - 135 HP	HM	1.000	0.027	208.00	5.55
	Camión Cisterna (2,500 GLNS.)	HM	1.000	0.027	90.48	2.41
37	Herramientas Manuales	%MO	3.0000	3.89	0.12	

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS

TESIS: ESTUDIO DEL EFECTO DE CAL Y ESCORIAS SIDERÚRGICAS DE ALTO HORNO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN

UBICACIÓN: PIMENTEL - CHICLAYO - PERÚ

FECHA: Diciembre, 2023

		UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	SUBTOTAL
ESTABILIZACIÓN DE SUELO							S/. 47.57
			Rendimiento	300.00	m3/día		
	Materiales						30.96
	Material Granular	m3		1.2000	25.05	30.06	
39	Agua	m3		0.1200	5.00	0.60	
	Cal	kg		0.1200	1.00	0.12	
	Escoria Siderúrgica	kg		0.0600	3.00	0.18	
	Mano de Obra						3.89
47	Operario	HH	1.000	0.0267	27.61	0.74	
47	Peón	HH	6.000	0.1600	19.71	3.15	
	Equipos						12.72
	Rodillo Liso Vibratorio Autopropulsado 7 - 9 ton	HM	1.000	0.027	174.00	4.64	
	Motoniveladora 130 - 135 HP	HM	1.000	0.027	208.00	5.55	
	Camión Cisterna (2,500 GLNS.)	HM	1.000	0.027	90.48	2.41	
37	Herramientas Manuales	%MO		3.0000	3.89	0.12	

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS

TESIS: ESTUDIO DEL EFECTO DE CAL Y ESCORIAS SIDERÚRGICAS DE ALTO HORNO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN

UBICACIÓN: PIMENTEL - CHICLAYO - PERÚ

FECHA: Diciembre, 2023

		UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	SUBTOTAL
ESTABILIZACIÓN DE SUELO							S/. 47.75
			Rendimiento	300.00	m3/día		
	Materiales						31.14
	Material Granular	m3		1.2000	25.05	30.06	
39	Agua	m3		0.1200	5.00	0.60	
	Cal	kg		0.1200	1.00	0.12	
	Escoria Siderúrgica	kg		0.1200	3.00	0.36	
	Mano de Obra						3.89
47	Operario	HH	1.000	0.0267	27.61	0.74	
47	Peón	HH	6.000	0.1600	19.71	3.15	
	Equipos						12.72
	Rodillo Liso Vibratorio Autopropulsado 7 - 9 ton	HM	1.000	0.027	174.00	4.64	
	Motoniveladora 130 - 135 HP	HM	1.000	0.027	208.00	5.55	
	Camión Cisterna (2,500 GLNS.)	HM	1.000	0.027	90.48	2.41	
37	Herramientas Manuales	%MO		3.0000	3.89	0.12	

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS

TESIS: ESTUDIO DEL EFECTO DE CAL Y ESCORIAS SIDERÚRGICAS DE ALTO HORNO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN

UBICACIÓN: PIMENTEL - CHICLAYO - PERÚ

FECHA: Diciembre, 2023

		UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	SUBTOTAL
ESTABILIZACIÓN DE SUELO						m3	S/. 47.93
			Rendimiento	300.00	m3/día		
 Materiales							31.32
	Material Granular	m3		1.2000	25.05	30.06	
39	Agua	m3		0.1200	5.00	0.60	
	Cal	kg		0.1200	1.00	0.12	
	Escoria Siderúrgica	kg		0.1800	3.00	0.54	
 Mano de Obra							3.89
47	Operario	HH	1.000	0.0267	27.61	0.74	
47	Peón	HH	6.000	0.1600	19.71	3.15	
 Equipos							12.72
	Rodillo Liso Vibratorio Autopropulsado 7 - 9 ton	HM	1.000	0.027	174.00	4.64	
	Motoniveladora 130 - 135 HP	HM	1.000	0.027	208.00	5.55	
	Camión Cisterna (2,500 GLNS.)	HM	1.000	0.027	90.48	2.41	
37	Herramientas Manuales	%MO		3.0000	3.89	0.12	

ANÁLISIS ECONÓMICO

ESTABILIZACIÓN DE SUELO	COSTO (m3)	Δ (S/.)	+Δ (%)
SUELO NATURAL	S/. 47.27	S/ -	0.0%
SN + 10% CAL	S/. 47.39	S/ 0.12	0.3%
SN + 10% CAL + 5% ESD	S/. 47.57	S/ 0.30	0.6%
SN + 10% CAL + 10% ESD	S/. 47.75	S/ 0.48	1.0%
SN + 10% CAL + 15% ESD	S/. 47.93	S/ 0.66	1.4%

Anexo 16. Panel Fotográfico



Ilustración 1: Calicata 1



Ilustración 2: Calicata 2



Ilustración 3: Calicata 3



Ilustración 4: Calicata 4



Ilustración 5: Muestras de suelo natural al horno



Ilustración 6: Muestra de suelo



Ilustración 7. Ensayo de limite plástico



Ilustración 8. Ensayo de limite Liquido



Ilustración 9. Muestras del horno para contenido de humedad seca



Ilustración 10. Cal y Escoria Siderúrgica



Ilustración 11. Preparación de muestras para Proctor



Ilustración 12. Suelo con cal para determinación de PH



Ilustración 13. Ensayo de evaluación de PH del suelo con cal



Ilustración 14. PH del suelo con cal al 10%



Ilustración 15. Muestras de Proctor



Ilustración 16. Curado de muestras para ensayo de CBR



Ilustración 17. Ensayo de CBR