



FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS

**Estudio Comparativo de Ecoestabilizantes en
Suelos Cohesivos con Fines de Pavimentación**

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

Autores

Bach. Alarcon Rojas Luiz Fernando
<https://orcid.org/0000-0002-8617-9819>

Bach. Cruz Vargas Jose Nilsen
<https://orcid.org/0000-0002-1045-4837>

Asesor

Mag. Villegas Granados Luis Mariano
<https://orcid.org/0000-0001-5401-2566>

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

2023

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Quienes suscriben la DECLARACIÓN JURADA, somos egresados del Programa de Estudios de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaramos bajo juramento que somos autores del trabajo titulado:

ESTUDIO COMPARATIVO DE ECOESTABILIZANTES EN SUELOS COHESIVOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN

El texto del 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 autentico.

En virtud de lo antes mencionado, firman:

Alarcon Rojas Luiz Fernando	DNI: 75842613	
Cruz Vargas Jose Nilsen	DNI: 45502984	

Pimentel, 16 de octubre de 2023

REPORTE DE SIMILITUD TURNITIN

Reporte de similitud	
NOMBRE DEL TRABAJO	AUTOR
Estudio comparativo de ecoestabilizantes en suelos cohesivos con fines de pavimentación	Luis Fernando - José Nilsen Alarcón Rojas - Villegas Granados
RECuento DE PALABRAS	RECuento DE CARACTERES
12511 Words	61481 Characters
RECuento DE PÁGINAS	TAMAÑO DEL ARCHIVO
54 Pages	1.2MB
FECHA DE ENTREGA	FECHA DEL INFORME
Sep 20, 2023 12:48 PM GMT-5	Sep 20, 2023 12:48 PM GMT-5
<hr/>	
● 23% de similitud general	
El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos	
<ul style="list-style-type: none">• 20% Base de datos de Internet• Base de datos de Crossref• 18% Base de datos de trabajos entregados• 4% Base de datos de publicaciones• Base de datos de contenido publicado de Crossref	
● Excluir del Reporte de Similitud	
<ul style="list-style-type: none">• Material bibliográfico• Coincidencia baja (menos de 8 palabras)• Material citado	

ESTUDIO COMPARATIVO DE ECOESTABILIZANTES EN SUELOS COHESIVOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN

Aprobación del jurado

MAG. VILLEGAS GRANADOS LUIS MARIANO

Presidente del Jurado de Tesis

MAG. SANCHEZ DIAZ ELVER

Secretario del Jurado de Tesis

DR. MARIN BARDALES NOE HUMBERTO

Vocal del Jurado de Tesis

Dedicatoria

Dedicado a mis queridos padres, hermanos, amigos, por su amor y constante motivación para alcanzar mis metas y por ayudarme a comprender que todo se puede con la ayuda de Dios y con mucho esfuerzo y sacrificio.

Luiz

A Dios por su amor y sabiduría brindada durante el proceso de la investigación, a mis padres y hermanos por su amor y constante motivación, a mis dos hermosas niñas Eimy y Nallely, a mi amada esposa July, por su amor y apoyo incondicional.

Jose

Agradecimientos

Agradecemos a Dios por permitirnos llegar a esta etapa de nuestras vidas en compañía de nuestros seres queridos y amigos.

A nuestros padres, hermanos y personas muy íntimas, quienes fueron nuestra mayor motivación para alcanzar este logro.

A nuestro asesor Mag. Luis Mariano Villegas Granados por su enseñanza y el apoyo brindado durante el desarrollo la investigación.

Al Dr. Sócrates Pedro Muñoz Pérez como encargado de investigación por el apoyo y soporte brindado, además de su paciencia para enseñarnos durante el proceso de tesis.

Alarcon Rojas Luiz Fernando

Cruz Vargas Jose Nilsen

Índice

Dedicatoria	v
Agradecimientos	vi
Índice	vii
Índice de tablas	viii
Índice de figuras	ix
Resumen	x
Abstract	xi
I. INTRODUCCIÓN	12
1.1. Realidad problemática	12
1.2. Formulación del problema.....	19
1.3. Hipótesis.....	19
1.4. Objetivos.....	19
1.5. Teorías relacionadas al tema.....	20
II. MATERIALES Y MÉTODO	27
2.1. Tipo y Diseño de Investigación	27
2.2. Variables, Operacionalización.....	27
2.3. Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección.....	30
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad..	33
2.5. Procedimiento de análisis de datos.....	34
2.6. Criterios éticos	47
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	48
3.1. Resultados.....	48
3.2. Discusiones	53
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	55
4.1. Conclusiones	55
4.2. Recomendaciones	56
REFERENCIAS	57
ANEXOS	62

Índice de tablas

Tabla I Clasificación de suelos según tamaño de sus partículas	21
Tabla II Clasificación de suelos según índice de plasticidad	22
Tabla III Correlación de tipos de suelo según AASHTO y SUCS.....	23
Tabla IV Categorías de Subrasante	24
Tabla V Operacionalización de variables	28
Tabla VI Determinación de la temperatura óptima de quemado CCA	32
Tabla VII Determinación de la temperatura óptima de quemado CCCA.....	32
Tabla VII Porcentajes de aditivo a usar en la muestra.....	33
Tabla IX Determinación de la temperatura óptima de quemado CCCA.....	48
Tabla X Resultados de propiedades físicas del suelo, calicatas 1, 2 y 3	49
Tabla XI Resultados de propiedades físicas del suelo, calicatas 4, 5 y 6	50

Índice de figuras

Fig. 1. Zona de extracción de muestra	30
Fig. 2. Ubicación de punto de estudio	31
Fig. 3. Obtención de los aditivos estabilizantes	34
Fig. 4. Obtención de las muestras de suelo natural.....	35
Fig. 5. Estabilización del suelo cohesivo	35
Fig. 6. Estudio comparativo de ecoestabilizantes en suelos cohesivos	36
Fig. 7. Obtención de cascarilla de oryza sativa.	37
Fig. 8. Obtención de cascarilla de café arábico	37
Fig. 9. Quemado de la cascarilla de oryza sativa	38
Fig. 10. Quemado de la cascarilla de café arábico.....	38
Fig. 11. Muestra el aditivo de CCA por temperaturas	38
Fig. 12. Muestra el aditivo de CCCA por temperaturas	39
Fig. 13. Ensayo de proctor modificado para UCS de la CCA.....	39
Fig. 14. Ensayo UCS para la CCA	40
Fig. 15. Ensayo UCS – determinación de la temperatura optima	40
Fig. 16. Cuarteo del suelo	42
Fig. 17. Tamizado del suelo	42
Fig. 18. Pesado de muestra secas del LL	43
Fig. 19. Ensayo de para determinar el LP	44
Fig. 20. Calibración de los moldes	45
Fig. 21. Compactación para CBR.....	46
Fig. 22. Calibración de los moldes para medir la expansión.....	46
Fig. 23. Ensayos de CBR	46
Fig. 24. Curvas de esfuerzo vs deformación para la CCA.	48
Fig. 25. Curvas de esfuerzo vs deformación para CCCA	49
Fig. 26. Resultados de propiedades mecánicas de suelo más %CCA.....	51
Fig. 27. Resultados de propiedades mecánicas de suelo más %CCCA.....	52
Fig. 28. Muestra los resultados de % CBR suelo natural más %CCA y %CCCA....	52

ESTUDIO COMPARATIVO DE ECOESTABILIZANTES EN SUELOS COHESIVOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN

Resumen

Los suelos cohesivos presentan graves problemas en carreteras debido que a corto plazo se originan grietas, inestabilidad, trayendo consigo gastos habituales en su mejoramiento. La presente investigación tiene como objetivo comparar las propiedades mecánicas del suelo adicionando ceniza de cascarilla de oryza sativa (CCA) y ceniza de cascarilla de café arábico (CCCA) con fines de pavimentación. En la metodología se consideró incorporar aditivo estabilizante a la muestra de suelo en porcentajes de 10%, 15%, 20% y 25% de CCA y 15%, 20%, 25%, y 30% de CCCA. Los máximos resultados obtenidos para el CBR al 95% de su máxima densidad seca (MDS) y 2.54 milímetros de penetración, para la arcilla de baja plasticidad (CL) y limo de alta plasticidad (MH) el CBR de 2.0%, para la CL+15% CCA y MH +15% CCA el CBR es de 17.5% y 11.0% respectivamente, para las muestras CL+20% CCCA y MH +25% CCCA el CBR es de 15.3% y 11.5% respectivamente. Se concluyó que, con adición de CCA y CCCA mejoró la resistencia de subrasante inadecuada a una subrasante buena según el MTC (2014) con respecto al suelo natural.

Palabras Clave: Suelos cohesivos, ceniza de cascarilla de oryza sativa, ceniza de cascarilla de café arábico.

Abstract

Cohesive soils present serious problems on roads because in the short term they cause cracks and instability, bringing with them regular expenses in their improvement. The objective of this research is to compare the mechanical properties of the soil by adding *Oryza sativa* husk ash (CCA) and Arabica coffee husk ash (CCCA) for paving purposes. The methodology was to incorporate stabilizing additive to the soil sample in percentages of 10%, 15%, 20% and 25% of CCA and 15%, 20%, 25%, and 30% of CCCA. The maximum results obtained for the CBR at 95% of its maximum dry density (MDS) and 2.54 millimeters of penetration, for the low plasticity clay (CL) and high plasticity silt (MH) the CBR of 2.0%, for the CL +15% CCA and MH +15% CCA the CBR is 17.5% and 11.0% respectively, for the samples CL+20% CCCA and MH +25% CCCA the CBR is 15.3% and 11.5% respectively. It was concluded that, with the addition of CCA and CCCA, the resistance of the inadequate subgrade improved to a good subgrade according to the MTC (2014) with respect to the natural soil.

Keywords: Cohesive soils, *oryza sativa* husk ash, Arabica coffee husk ash.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática.

En la India las carreteras no pavimentadas están situadas en suelos con propiedades que no permiten soportar altos índices de tránsito, sumado a ello los efectos medioambientales, que generan el deterioro de la misma ocasionando baja capacidad de soporte y calidad de servicio [1], en Etiopía la expansión de suelo tiene severas dificultades en los trabajos de ingeniería dando pase a un impacto negativo en el buen funcionamiento vial [2]. Asimismo, en Chile en la región de Antofagasta un gran porcentaje de sus vías no están pavimentadas, y según la dirección de viabilidad el 40% están deterioradas debido a la pérdida de humedad y por la falta de adherencia entre partículas finas y gruesas, formándose baches, ondulaciones y como consecuencias pérdida de confort y seguridad durante el desplazamiento [3].

Los problemas geotécnicos en Colombia siguen siendo una limitación en los pavimentos, considerado que sus materiales no son tratados y se emplean en el mismo terreno por ese motivo buscan materiales que fortalezcan la estructura del pavimento para que resistan la dinámica de los vehículos que van desgastando a la superficie de rodadura con las diferentes cargas por tipos de vehículos y resistan los fenómenos naturales como las lluvias [4]. Por otro lado, en Brasil, los pavimentos presentan muchas deformaciones debido a las tensiones que se dan por los esfuerzos cortantes, verticales y horizontales que ocurren a efecto del rodamiento vehicular, pues estas deformaciones dependen también de los materiales utilizados en el sistema estratificado y del comportamiento de la capa del pavimento [5].

Ahora bien, en el Perú, es indiscutible las carreteras es el medio de comunicación de los pueblos en el intercambio comercial, siendo un eje importante en el desarrollo económico y la inversión correspondiente, sin embargo, hoy en día no se da la importancia debida. La ingeniería de pavimentos no solo es una parte importante de la ingeniería vial, sino del mismo modo forma un factor relevante que afecta la capacidad de servicio de carretera [6].

En los últimos 20 años, la ingeniería vial se ha enfrentado grandes cambios. Como bien se sabe, en las décadas de 1960 y 1970, la ciencia y la tecnología modernas recién comenzaban con un desarrollo relativamente más lento de la sociedad y la economía, y la carga por eje del vehículo no era más pesada con el menor volumen de tráfico [7].

Específicamente en la región Ancash existen suelos arcillosos que tienen una caída en la capacidad de resistencia y plasticidad elevada, generando así problemas en las rutas vehiculares; al mismo tiempo, debido a que las condiciones del suelo in situ son más difíciles de controlar, por lo general, la mejora a través de diferentes métodos se ha dado empíricamente mediante la selección ecoestabilizantes, después de una caracterización general del suelo [8].

En el ámbito local, se conoce que, en la provincia de Jaén, la accesibilidad a suelos de alta calidad para la edificación y la construcción a veces es limitada y representa un desafío en la ingeniería geotécnica. En la región de Cajamarca se cuenta con la presencia de suelos de tipo arcilloso y arenoso; por ende, los ingenieros están buscando alternativas disponibles localmente para la estabilización de los suelos por medio de diferentes técnicas, con el fin de cumplir con la resistencia asequibles y las propiedades de ingeniería necesarias para el desarrollo de proyectos [9].

Los estabilizadores clásicos que incluyen una variedad de los materiales bituminosos, la cal y las cenizas volantes, etc., se emplean ampliamente como fuente de estabilización primaria que se basa únicamente en los procesos puzolánico y el intercambio de cationes es así, dando con la estabilización del suelo. La reacción puzolánico ocurre cuando los materiales de silicato y aluminatos que químicamente tiene reacción con hidróxido de calcio a temperaturas constantes, luego se forman sustancias cementosas. Por otro lado, el intercambio de cationes ocurre cuando el suelo es capaz de entrelazar cationes libres presentes [10].

Ahora bien, en el plano internacional vienen abordando investigaciones de mitigar la contaminación y bajar costos para estabilización la subrasante en suelos cohesivos con CCA

y CCCA con fines de pavimentación:

Atahu [11] en su investigación "Strength and compressibility behaviors of expansive soil treated with coffee husk ash", tuvieron por objetivo investigar el efecto de la ceniza de cascarilla de café arábico (CCCA), en suelo cohesivo, en su metodología mostraron que incorporando CCCA incinerado a 550°C en porcentajes de 5%, 10%, 15% y 20%. Sus resultados fueron que su capacidad de carga mostro un aumento de 8.3% al 10.67% con respecto al suelo natural, el hinchamiento reduce de 10% a 5.7% respectivamente. Concluyeron que al adicionar 20 % de CCCA al suelo alcanzaron un mejor desempeño con un CBR de 10.67%.

Mohamed [12] en su investigación "A study on soil stabilization for some tropical soils", tuvieron por objetivo estudiar la efectividad de estabilizantes de bajo costo en suelos cohesivos. Mostraron una metodología de ejemplo experimental, por ello, se recolectaron cinco tipos de suelo cohesivo y combinaron diferentes cantidades de cal en porcentajes de 0, 5, 7, 9 y 11% por peso seco del suelo. Evidenciaron como resultados que el límite líquido como la plasticidad, sus índices reducen al aumentar la incorporación de cal, el óptimo contenido de humedad (OCH) aumenta, mientras que la máxima densidad seca (MDS) disminuye. En conclusión, mostraron que la resistencia aumenta con el incremento de cal en la mezcla.

Para Ma [13] en su investigación "Strength and Microfabric of Expansive Soil Improved with Rice Husk Ash and Lime", tuvieron como objetivo estudiar el tratamiento de suelo expansivo con CCA. En su metodología incorporaron CCA 5%, 10%, 15% y 20%. Los resultados mostraron que el suelo tratado con CCA generalmente mejora en la resistencia. Concluyeron que incorporando 12 % de CCA aumenta la capacidad de soporte del suelo 2.6 veces más con respecto al suelo natural.

Kumar [14] en su investigación "Strength and Impact of Rice Husk Ash on Expansive Soil by Using Soil Stabilization", tuvieron como objetivo estudiar el impacto de la CCA en suelos expansivos. En su metodología incorporaron porcentajes de 5, 10, 15 y 20% de CCA

Teniendo como resultados con 10% de CCA presenta un mejor comportamiento y con los porcentajes superiores a ello la cohesión comienza a disminuir. Concluyendo que, la CCA tiende a reducir la expansión y contracción en el suelo estabilizado con una significancia positiva en resistencia del mismo.

Brahmachary [15] en su investigación "Impact of rice husk ash (RHA) and nylon fiber on the bearing capacity of organic soil", tuvieron como objetivo determinar el porcentaje óptimo de la CCA en suelos orgánicos expansivos. En su metodología incorporaron porcentajes de 5, 10, 15 y 20% de CCA incinerada a 650 °C respectivamente siendo evaluadas mediante pruebas de (UCS) y CBR. como resultados mostraron valores de CBR 5.08, 15.55, 22.44, 31.29 y 20.28% respectivamente, su MDS oscila de 1.698 a 1.333 gr/cm³ de igual manera su OCH de 12.23 a 38.02%. Concluyeron que con la combinación del 15% de CCA con un incremento de 5.08 a 31.29% con respecto a su suelo natural.

Zada et al. [16] en su investigación "Recent advances in expansive soil stabilization using admixtures: current challenges and opportunities", tuvieron como objetivo evaluar las tendencias del uso de aditivos estabilizantes para mejorar la expansión del suelo. En su metodología incorporaron polvo de residuos de mármol, cenizas volantes, polvos de cáscara de huevo, residuos de piedra y polvo de cal. Los resultados evidenciaron que, la aplicación de los aditivos ha permitido estabilizar suelos expansivos. Como conclusión tuvieron que el uso de aditivos mencionados reduce la expansión de suelos plásticos.

Liu et al. [17] en su investigación "Stabilization of expansive soil using cementing material from rice husk ash and calcium carbide residue", tuvieron como objetivo estabilizar suelos con la adición de CCA y residuos de carburo de calcio. Mostraron una metodología mostraron una combinación de 0% a 20% de cal y CCA. Como resultados obtuvieron que con la combinación 15% de CCA mostraron el máximo valor. Como conclusión mencionaron que con la dosificación de mezcla con 15% de CCA es el óptimo para estabilizar el suelo cohesivo.

Según Sharma y Singh [18] en su investigación "Modeling for the use of waste materials (Bottom ash and fly ash) in soil stabilization", tuvieron como objetivo utilizar

materiales de escorias de carbón y cenizas volantes para estabilizar suelos expansivos. En su metodología consideraron 21 muestras con diferentes porcentajes. sus resultados evidenciaron que con las combinaciones de 12% de escoria de carbón y 18% de cenizas volantes determinaron un CBR de 13.7% y para el suelo natural 9.68%. Concluyendo que, el desempeño en el CBR tiene un incremento de 4.02%.

Luego, en el ámbito nacional muchos investigadores han mostrado alternativas de estabilizar suelos cohesivos con CCA y CCCA. Para Olano [19] en su investigación “Incremento del valor de soporte del suelo adicionando eco estabilizante a partir de cenizas cascarilla de café arábica”, abordaron como objetivo analizar la dosificación correcta para la estabilizar suelos expansivos con CCCA. En su metodología incorporaron 10 a 25% de CCCA para determinar sus características mecánicas mediante estudios de laboratorio. Teniendo como resultados CBR suelo natural 4.7%, suelo más porcentajes de aditivo 15.20, 19.70, 15.30 y 10% respectivamente. Concluyeron que el porcentaje óptimo para el diseño es de 15% alcanzando una resistencia máxima de 19.70%.

Vizcarra [20] en su investigación “Experimental analysis of the addition of rice husk ash to the clayey subgrade of a road stabilized with lime” tuvieron como objetivo evaluar la influencia de la cal y CCA en la estabilización de suelo. Desarrollaron una metodología experimental, sus resultados principales fueron que adicionado 16% de CCA más 3% de cal el CBR alcanzó el valor de 11.2% con respecto a la muestra inicial. en su conclusión determinaron que adicionando 28% CCA más 3% de cal la resistencia tiende a disminuir.

Hidalgo [21] en su investigación “Stabilization of clayey soil for subgrade using rice husk ash (RHA) and sugarcane bagasse ash (SCBA)”, tuvieron por objetivo estudiar la incorporación de ceniza de cascarilla de arroz (CCA) y la ceniza de bagazo de caña de azúcar en suelo arcilloso. En su metodología determinaron agregar CCA incinerada a 600 – 700°C de temperatura en porcentajes de 5, 7.5 y 10% al suelo natural para ser evaluadas mediante pruebas de compactación. Mostraron como resultados para suelo natural un CBR de 10% y con adicción de aditivo estabilizante en porcentajes en mención un CBR de 33.75, 20 y 18%.

Concluyeron que con la adición de 5% de ceniza CCA tiene un mejor comportamiento.

Ramal [22] en su investigación “Materiales alternativos para estabilizar suelos: el uso de ceniza de cáscara de arroz en vías de bajo tránsito de Piura” plantearon como objetivo estabilizar en suelo con CCA y alternativa de eliminación de residuos. Mostraron una metodología descriptiva. Como resultado mostraron que adicionado CCA en porcentaje de 4% y 7% reduce la expansión e incrementando el valor de CBR de 2.85% a 4.52% y 7.8% con respecto al suelo natural. Como conclusión demostraron que la CCA es un buen estabilizante en suelos expansivos.

López [23] en su investigación “Estabilización de suelos arcillosos aplicando ceniza de cáscara de arroz para el mejoramiento de subrasante, en la localidad de Moyobamba – departamento de San Martín”, tuvo por objetivo determinar el efecto de la CCA como estabilizante del suelo arcilloso. Su metodología fue adicionando 5, 10 y 15% de CCA. Sus resultados de CBR fueron de 6.90, 9.60, 10.5% respectivamente. Como conclusión mencionan que, con la combinación de 15% CCA representa el máximo CBR de 10.5% para estabilizar suelos arcillosos.

En el plano local tenemos los siguientes autores que estudiaron la estabilización de suelos expansivos con CCA y CCCA, para Piedra [24] en su investigación “Evaluación de la estabilización de un suelo expansivo utilizando ceniza de cáscara de arroz, distrito de Jaén, Cajamarca, Perú”, tuvieron como objetivo evaluar la expansión del suelo usando aditivo de CCA. En su metodología incorporaron CCA en porcentajes de 4%, 9% y 12% para ser evaluadas mediante pruebas de compactación. Como resultados obtuvieron un CBR de 4.5% en suelo natural con la adición de aditivo el CBR es de 3.6, 4.90% y 7.5%. Concluyeron que con el porcentaje de 12% de CCA presenta mejor desempeño del CBR con 7.5% lográndose una estabilización adecuada.

Ormeño y Rivas [25] en su investigación “Estudio experimental para determinar la influencia de la aplicación de Cenizas de Cáscara de Arroz (RHA) en la estabilización de una subrasante de suelo arcilloso de baja plasticidad en Chota- Cajamarca”, tuvieron como

objetivo evaluar la efectividad que tiene la CCA como estabilizante en suelo arcilloso (CL). En su metodología incorporaron 10, 15, 20 y 25% de CCA para hacer analizadas mediante pruebas de compactación. Como resultados mostraron un CBR de 4.30, 15.40, 18.9, 20.7 y 23.7% respectivamente, su MDS de 1.694, 1.671, 1.608, 1.55, 1.507 gr/cm³ y sus óptimos contenidos de humedad oscilan de 15.8 a 19.1%. concluyeron que el 20% de CCA alcanzó el máximo valor de 20.7% del CBR.

Arévalo y Fuentes [26] en su investigación “Ceniza de cáscara de café para mejora de la resistencia en subrasante con suelos arcillosos, Jaén” plantearon como objetivo adicionar ceniza de cascarilla de café (CCCA) para mejorar las propiedades de resistencia de suelos arcillosos a nivel de subrasante. Mostraron una metodología de adicionar 10%, 12%, 15%, 17% y 20% de CCC. sus resultados fueron que el valor de CBR para los porcentajes adicionados el CBR es de 1.10% a 10% con respecto al suelo natural. Como conclusión mencionaron que adicionando 15% de CCC la muestra alcanzó su máxima resistencia del ensayo CBR.

Contreras [27] en su investigación “Estabilización de Suelos Cohesivos a Nivel de Subrasante con Ceniza de Cáscara de Arroz, Carretera Yanuyacu Bajo – Señor Cautivo” tuvieron por objetivo estabilizar suelos expansivos adicionando CCA a nivel de subrasante. Mostraron una metodología de incorporar CCA en porcentajes de 3%, 10% y 15% en la muestra. Como resultados obtuvieron el valor de CBR para el suelo inicial 3.92% y incorporando CCA a muestra en porcentajes descritos de 6.68%, 10.93% y 13.77%. como conclusión mencionaron que con el 15% de aditivo mostro el máximo valor de CBR donde mostraron que próximos estudios se analizará con mayores porcentajes en la muestra.

Vilchez [28] en su investigación “Aplicación de ceniza de cascara de arroz para mejorar la estabilidad de la subrasante en la vía de Evitamiento Jaén- Cajamarca, 2019” planteo como objetivo comprobar la eficiencia del aditivo estabilizante de CCA en uso de subrasante. Mostro una metodología que contempla adicionar a la muestra CCA porcentajes de 3%, 5% y 10% con fines de encontrar la dosificación óptima. Como resultados fueron para

las muestras con los porcentajes en mención al 100% de la máxima densidad seca (MDS) y 2.5 mm de penetración el CBR es de 6%, 8.8% y 12.4%. como conclusión menciono que adicionando el 10% de CCA el CBR alcanzó su máximo valor.

Es preciso señalar, que la actual investigación sus justificaciones desde el punto de vista técnico. La incorporación de ceniza de cascarilla del oryza sativa y la ceniza de cascarilla de café arábico para suelos expansivos, con la finalidad evaluar sus propiedades mecánicas para la subrasante en la carretera que habilita los centros poblados de Hualatán y Calabozo en el distrito de Chontalí. Por lo tanto, se considera que este estudio busca ofrecer una metodología de estabilizar suelo cohesivo para la subrasante con fines de pavimentación.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál tiene mejor comportamiento en cuanto a las propiedades mecánicas, suelo natural y adicionando ecoestabilizantes (ceniza de cascarilla de oryza sativa o adicionando ceniza de cascarilla de café arábico) en suelos cohesivos con fines de pavimentación?

1.3. Hipótesis

Los ecoestabilizantes (ceniza de cascarilla de oryza sativa y ceniza de cascarilla de café arábico) mejoran significativamente las propiedades mecánicas del suelo con fines de pavimentación.

1.4. Objetivos

Objetivo general

Comparar las propiedades mecánicas del suelo adicionando ceniza de cascarilla de oryza sativa y ceniza de cascarilla de café arábico con fines de pavimentación.

Objetivos específicos

1. Determinar las temperaturas optimas de quemado de la cascarilla de oryza sativa y café arábico.
2. Caracterizar las propiedades físicas y mecánicas del suelo cohesivo en estado natural.
3. Caracterizar las propiedades mecánicas del suelo cohesivo adicionando 10%, 15% 20% y 25% de ceniza de cascarilla de oryza sativa.

4. Caracterizar las propiedades mecánicas del suelo cohesivo adicionando 15%, 20%, 25% y 30% de ceniza de cascarilla de café arábico.
5. Comparación de las propiedades mecánicas del suelo cohesivo en estado natural con las propiedades mecánicas del suelo cohesivo con ceniza de cascarilla de oryza sativa y el suelo cohesivo con ceniza de cascarilla de café arábico.

1.5. Teorías relacionadas al tema

– Suelos

Los suelos plásticos presentan limitaciones severas en la construcción, puesto que, la densidad, resistencia a la penetración y tracción aumentan y el volumen de poros disminuye [29].

Asimismo, según Soltani et al. [30] argumentan que, en mecánica de suelos, existen grandes diferencias entre suelos cohesivos y no cohesivos con respecto a la consistencia y resistencia. Los suelos no cohesivos conformado por partículas de arena y grava son aptos para la construcción, teniendo una compresibilidad y asentamiento reducido, lo contrario ocurre con los suelos cohesivos estos presentan cambios bruscos de contracción y expansión, generando el deterioro a corto plazo de las obras de ingeniería.

– Muestreo de suelos

El muestreo de suelo aleatorio estratificado debe tomarse de un área para un estudio intensivo o área geográfica. En un sitio determinado, las muestras deben tomarse con herramientas de excavación simple como, perforadora de hoyos para postes, barrena, tubo de muestreo, pala manual, etc. [31]

– Análisis Granulométrico por tamizado

La determinación del análisis granulométrico en laboratorio del suelo según el método de tamizado y sedimentación y la clasificación según textura más aceptable [32]. En este procedimiento se determina la repartición del tamaño de sus partículas a

través del tamizado en concordancia de las especificaciones técnicas [33] así como se establece en la Tabla I:

Tabla I

Clasificación de suelos según tamaño de sus partículas

Tipo de material		Tamaño de las partículas
	Graba (G)	75 - 4.5mm
	Arena (S)	Arena gruesa 4.5 - 2.00mm
		Arena gruesa 2.00 - 0.425mm
		Arena gruesa 0.425 – 0.075mm
Material fino	Limo (M)	0.075 - 0.005mm
	Arcilla (C)	Menor a 0.005mm

Nota: Los datos observacionales muestran la clasificación de suelos, teniendo en cuenta el manual de carreteras [34]

– **Plasticidad**

Según [35] el índice de plasticidad (IP) se evalúa con la diferencia del valor entre el límite líquido (LL) y el límite plástico (LP). Estas cuantificaciones en su conjunto como límites de Atterberg. En la clasificación de suelos para determinar el tamaño de partículas, fino a aquellos que pasan más del 50% el tamiz #200 de abertura 0,074 mm. denominados (limo, arcilla), asimismo para las partículas retenidas en un tamiz #200 se denomina una clasificación en el apartado de granos gruesos (arena, grava). Como se determina en la tabla II.

Tabla II

Clasificación de suelos según índice de plasticidad

Índice de Plasticidad	Plasticidad	Característica
IP > 20	Alta	Suelo muy arcilloso
IP ≤ 20		
IP > 7	Media	Suelo arcilloso
IP < 7	Baja	Suelo poco arcilloso plástico
IP = 0	No Plástica (NP)	Suelos extensos de arcilla

Nota: Los datos muestran la clasificación del suelos, según el índice de plasticidad [34]

– **Contenido de humedad**

La cantidad de humedad del suelo es de importancia muy relevante para determinar las características de ingeniería, agronómicas, geológicas, ecológicas, bio-orgánicas e hidrológicas en la masa del suelo según Umasankareswari *et al.* [36] Este ensayo esta dado en porcentaje (%) de tal manera que nos permite comparar la humedad inicial con la óptima humedad en los ensayos de proctor modificado y CBR [34]

– **Clasificación SUCS y AASHTO**

La caracterización de suelos consiste en la división en grupos de acuerdo a sus características, físicas o geotécnicas en este caso se obtuvo A-2-4 definiendo como una arena arcillosa. La clasificación física de los materiales determina el tipo de suelo ya sea granulares o finos, naturaleza de la roca madre influye en la composición del suelo resultante. Los procesos de meteorización, el tipo y cantidad de transporte antes de la deposición, como suceden en los suelos sedimentarios que afectan la composición o textura de sus propiedades de ingeniería [37]. Como determina la Tabla III.

Tabla III

caracterización del tipo de suelos según AASHTO y SUCS

Clasificación AASTHO	Clasificación SUCS
A – 1 – a	GW, GP, GM, SW, SP, SM
A – 1 – b	GM, GP, SM, SP
A – 2	GM, GC, SM, SC
A – 3	SP
A – 4	CL, ML
A – 5	ML, MH, CH
A – 6	CL, CH
A – 7	OH, MH, CH

Nota: Los datos observacionales muestran la clasificación de suelos, según el índice de plasticidad [34].

– **Proctor Modificado**

En mayoría de los trabajos de ingeniería, el suelo se compacta con la aplicación de energía mecánica para disminuir la relación de vacíos entre las partículas, aumentando así la resistencia al corte, reduciendo el asentamiento bajo carga y dificultando el paso del agua [38]. Se utilizan varios tipos de pruebas para determinar la compactibilidad del suelo, de las cuales se utilizan comúnmente las pruebas Proctor estándar y Proctor modificado [39].

Según el MTC [40] detalla que este ensayo determina la relación que existe entre la cantidad de agua y peso unitario seco (curva de compactación), compactado en un molde con un pistón que genera una energía de 2700 KN-m/m³.

– **Ensayo CBR**

El índice CBR se ha utilizado durante más de sesenta años en muchos países para seleccionar suelos y materiales rocosos para la construcción de carreteras. El ensayo de CBR es aplicado en suelos naturales y materiales de relleno compactados, donde evalúa la resistencia de punzamiento de un suelo compactado. El ensayo es de carácter empírico y base para el diseño de carreteras en muchos países, cuando se

combina con información adicional como la curva de distribución por tamaño de partículas y el índice de plasticidad [41].

Ahora bien, teniendo como referencia a la MDS y OCH el ensayo CBR simboliza la resistencia del suelo y se analiza al 95% de su máxima densidad y 2.54 mm de penetración de la carga y están representadas mediante categorías [41], así como se visualiza en la Tabla IV.

Tabla IV

Categorías de Subrasante

Categoría de subrasante	CBR
S ₀ : Sub rasante inadecuada	CBR < 3%
S ₁ : Sub rasante insuficiente	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S ₂ : Sub rasante regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S ₃ : Sub rasante buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S ₄ : Sub rasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S ₅ : Sub rasante Exelente	CBR ≥ 30%

Nota: Los datos muestran la clasificación según su resistencia [34]

– **Estabilización**

La estabilización de suelos es el proceso comúnmente de proyectos viales, en términos generales, los tipos de suelo pueden clasificarse en dos grupos, es decir, estabilización mecánica y química. En la estabilización mecánica, es la combinación de tipos diferentes de suelo. Al hacerlo, se puede lograr una masa de suelo compacto. Por otro lado, la estabilización química está asociada con la modificación de las propiedades del suelo por la adición de materiales químicamente activos [42].

Para la estabilidad de un suelo, es importante comprender la clasificación del material involucrado en la muestra y el resultado de las combinaciones. Además, la relevancia del resultado es averiguar cómo un material se comporta una vez estabilización [43].

- **Ecoestabilizantes**

Los ecoestabilizantes están siendo estudiados por muchos investigadores con el fin de encontrar mejoras en el desempeño en su resistencia, control de humedad, reducción de porosidad, cambios de volumen, es decir, mejorar las variaciones tanto de hinchamiento y contracción de un suelo cohesivo, el aditivo en combinación con suelos plásticos busca mejorar sus propiedades del material creando una masa sólida, las fuertes heladas y la penetración del agua son causantes muchas veces de las fallas en las obras viales [44].

- **Uso de la ceniza de cascarilla de *Oryza sativa* (CCA)**

El uso de CCA es una técnica para mejorar la resistencia de un suelo expansivo, siendo un material que se encuentra con mucha abundancia por el rápido crecimiento de la industria, por lo que si no tienen un tratamiento adecuado generan efectos nocivos al medio ambiente [15].

Una gran cantidad de CCA se elimina como material de desecho provocando una contaminación severa. El aditivo de CCA es una alternativa en el sector de la construcción ya que hay una gran disponibilidad del mismo para ser usado en combinación con suelos de características plásticas con el fin de aumentar su capacidad de servicio de la subrasante en carreteras [45].

- **Uso de la ceniza de cascarilla de café arábico (CCCA)**

Las carreteras construidas sobre suelos expansivos son susceptibles de sufrir deterioro debido a las características de hinchamiento y contracción del suelo. Las técnicas comunes utilizadas para mejor comportamiento de resistencia del suelo con adición de aditivos, la CCCA en combinación con material cohesivo busca reducir los cambios volumétricos, originados por el aumento de humedad provocando fallas a corto plazo de las obras viales [11].

– **Pavimentos**

Según Vega [46] un pavimento es definido como un conjunto de capas diseñado para soportar las cargas originadas por el tránsito vehicular, lo cual forma parte de la comunicación e interconexión de los pueblos e integración de los mercados tanto nacionales como internacionales, permitiendo fomentar ventajas competitivas.

La estructura de un pavimento es conformada por varias capas acentuada sobre la subrasante para soportar cargas y distribuir los esfuerzos generado por los vehículos, y conformado por sub-base, base y carpeta de rodadura [40].

– **Mejoramiento de los pavimentos**

En las últimas décadas, el volumen de viajes de larga distancia entre las aglomeraciones metropolitanas de Europa ha multiplicado significativamente el transporte terrestre y aéreo, lo que ha tenido un gran impacto en nuestra sociedad [47].

Ahora, la resistencia y durabilidad del pavimento reduce por la obstrucción de humedad en pavimentos flexibles, asimismo la subrasante del pavimento puede dañar y causar ablandamiento con acción de las heladas. Un sistema de drenaje adecuado puede evitar la entrada de humedad en las capas del pavimento, a su vez reducir la posibilidad de daño [48]. En China los pavimentos mejorados han demostrado ser estables con la incorporación de aditivos, la resistencia, durabilidad a altas y bajas temperaturas. [49].

II. MATERIALES Y MÉTODO

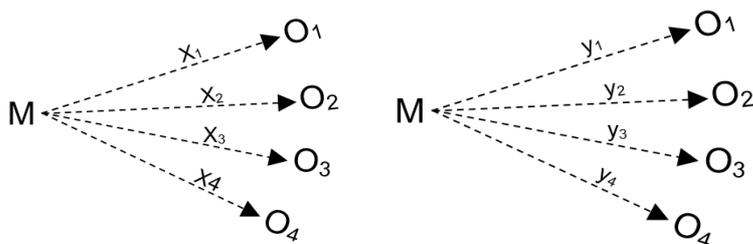
2.1. Tipo y Diseño de Investigación

Tipo de investigación:

Por el enfoque, la investigación es cuantitativa, puesto que se expone a medir sus variables en suelos cohesivos con la incorporación de ceniza de cascarilla de oryza sativa y ceniza de cascarilla de café arábico.

Diseño de la investigación:

Esta investigación es experimental, debido que el investigador puede manipular una o más variables del estudio, para determinar sus características mecánicas con adición de ceniza de cascarilla de oryza sativa y ceniza de cascarilla de café arábico



Donde:

M: Muestra

X-Y: Variable Dependiente

O₁, O₂, O₃, O₄: estabilización de suelo cohesivo con 10%, 15%, 20% y 25% de ceniza de cascarilla de oryza sativa y 15%, 20%, 25% y 30% de ceniza de cascarilla de café arábico.

2.2. Variables, Operacionalización

Variable dependiente (V.D): Estabilización de suelos cohesivos

Dimensiones: Propiedades físicas, propiedades mecánicas.

Indicadores: Contenido de humedad, LL, LP, granulometría, clasificación AASHTO, SUCS, Proctor y CBR.

Variables independientes (V.I): Ceniza de Cascarilla de Oryza Sativa (CCA) y Ceniza de Cascarilla de Café Arábica (CCCA)

Dimensiones: Cantidades porcentuales, propiedades mecánicas.

Indicadores: 10, 15, 20, 15 % (CCA), 15, 20, 25, 30% (CCCA), Proctor y CBR como determina la tabla V

Tabla V

Operacionalización de variables

Variable de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento	Valores finales	Tipo de variable	Escala de medición
Ceniza de Cascarilla de oryza sativa (CCA)	La cascarilla de arroz es un residuo agroindustrial que al ser incinerado da como resultado el aditivo estabilizante [50]	El aditivo estabilizante de CCA debe ser tamizado por la malla #270. antes de ser incorporado en la muestra	Porcentajes de adición	Incorporar la CCA en los porcentajes de 10%, 15%, 20% y 25%	Exploración de documentos, ficha de recojo de información, equipo de laboratorio o "LEM W&C EIRL"	%	Independiente	El aditivo estabilizante se incorporó en peso a la muestra de ensayo
			Propiedades mecánicas	Proctor Modificado		gr/cm ³ %		
				CBR		%		

Ceniza de Cascarilla de café arábico (CCCA)	La cascarilla de café arábico es un residuo agroindustrial que al ser incinerado da como resultado el aditivo	El aditivo estabilizante de CCCA debe ser tamizado por la malla #270 antes de ser incorporado en la muestra	Porcentajes de adición	Incorporar la CCCA en los porcentajes de, 15%, 20%, 25% y 30%	%	Independiente	El aditivo estabilizante se incorporó en peso a la muestra de ensayo	
			Propiedades mecánicas	Proctor Modificado	gr/cm3 %			
				CBR	%			
Estabilización de Suelos	La resistencia de un suelo depende de sus características de sus partículas finas y granulares (MTC,2014)	El mejoramiento de las propiedades del suelo cohesivo con CCA y CCCA	Propiedades físicas	Análisis Granulométrico	Exploración de documentos, ficha de recojo de información, equipo de laboratorio	-	Dependiente	Parámetros con estimación de valores
				% de Humedad	%			
			Propiedades mecánicas	Límites de Atterberg	%			
				Proctor Modificado	gr/cm3			
CBR	“LEM W&C EIRL” %							

Nota: Los datos observacionales muestran respecto a la variable dependiente.

2.3. Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección

Población de estudio, lo conforma los suelos de la carretera que habilita los centros poblados de Hualatán y Calabozo ubicado en el distrito de Chontalí provincia de Jaén y región Cajamarca y está compuesta por 3.00km.

Muestra, la extracción de muestra de suelo se realizaron 6 calicatas de profundidad de 1.50 m a cada 500 m de separación, según el manual de carreteras (2014) dando consideración el tipo de carreteras con bajo volumen de tránsito $IMDA \leq 200$ veh/día, considerando como mínimo una calicata por kilómetro (pág. 37), en este caso se consideró para el análisis dos calicatas por kilómetro por la variación del tipo de suelo y tener tramos cortos. En la fig. 1 se aprecia la ubicación de la zona y la fig. 2 los puntos de estudio.

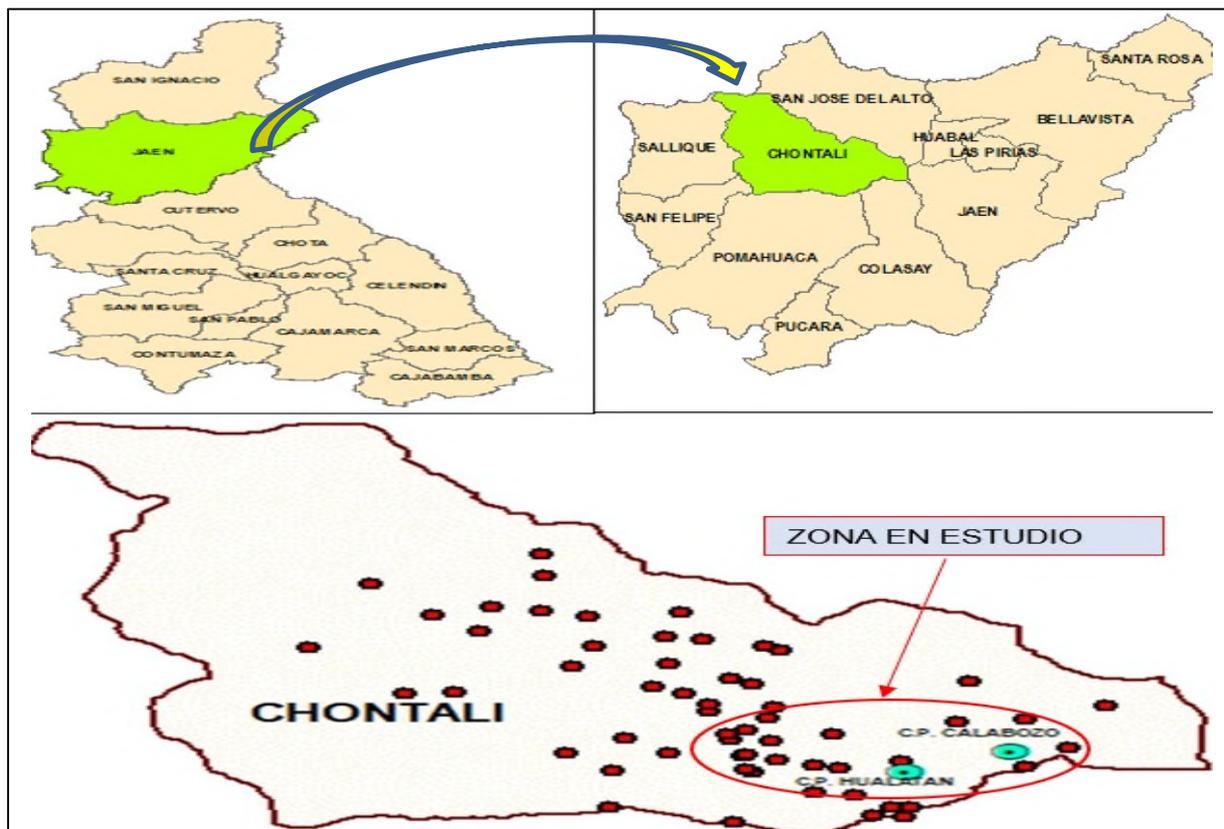


Fig. 1. Zona de extracción de muestra

Nota: Esta información es extraída del (GEO GPS PERÚ – ArcMap 10.4.1)

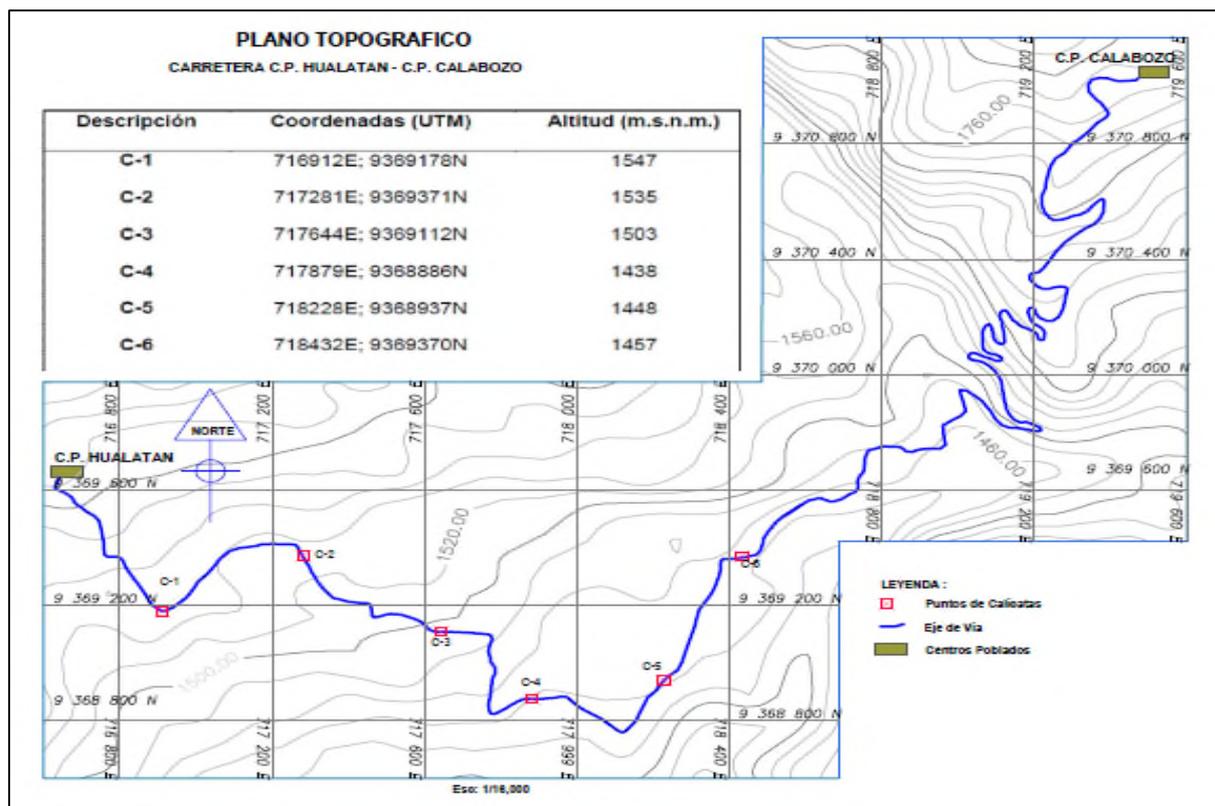


Fig. 2. Ubicación de punto de estudio

Muestreo, es de tipo no probabilístico.

Criterio de selección de los materiales,

Los materiales se cuantificaron de acuerdo a la cantidad de calicatas y estratos para determinar sus propiedades físicas del suelo, humedad, granulometría, límites de consistencia. Como también sus propiedades mecánicas, proctor modificado y CBR, del mismo modo se realizó el ensayo de compresión simple (UCS) para determinar la óptima temperatura de quemado de las cascarillas agroindustriales, se consideran los porcentajes de 15% para la CCA y 20% para CCCA respectivamente para la elaboración de tres especímenes de forma cilíndrica por cada temperatura como se muestra en la tabla VI y VII, que fue analizado a través del ensayo de UCS en peso de muestra seca.

Tabla VI

Determinación de la temperatura óptima de quemado CCA

Temperatura (°C)	Forma de ensayos	ceniza a usar (%)	Suelo natural seco (%)	cantidad de muestra (%)	Cantidad de ensayos
600	UCS	15	85	100	3
650	UCS	15	85	100	3
700	UCS	15	85	100	3
750	UCS	15	85	100	3
Total					12

Nota: Los datos observacionales muestran la determinación de la temperatura optima de quemado CCA.

Tabla VII

Determinación de la temperatura óptima de quemado CCCA

Temperatura (°C)	Forma de ensayos	ceniza a usar (%)	Suelo natural seco (%)	cantidad de muestra (%)	Cantidad de ensayos
550	UCS	20	80	100	3
600	UCS	20	80	100	3
650	UCS	20	80	100	3
700	UCS	20	80	100	3
Total					12

Nota: Los datos muestran la determinación de la temperatura optima de CCCA.

Determinación de las propiedades mecánicas.

Las muestras para determinar las propiedades mecánicas estuvieron compuestas por

porcentajes aleatorios de CCA y CCCA como se detalla el proceso en la tabla VIII.

Tabla VIII

Porcentajes de aditivo a usar en la muestra

Aditivo	Porcentajes	Composición de masa
---	---	Suelo natural
CCA	10%	Suelo natural+10%CCA
	15%	Suelo natural+15%CCA
	20%	Suelo natural+20%CCA
	25%	Suelo natural+25%CCA
CCCA	15%	Suelo natural+15%CCCA
	20%	Suelo natural+20%CCCA
	25%	Suelo natural+25%CCCA
	30%	Suelo natural+30%CCCA

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

– Técnicas:

Recolección y observación.

La técnica considerada, observación directa con el propósito de recolectar muestras de suelos del lugar de estudio, siendo estas registradas o codificadas en (06) puntos de exploración para ser analizadas sus propiedades físicas y mecánicas.

Documentación analizada.

La información recopilada en manuales, artículos, libros, tesis con el fin de obtener el contraste de los procedimientos y resultados adecuados de la investigación.

Instrumentos:

Propiedades físicas y mecánicas.

- Método de ensayo de compresión simple para suelos expansivos (UCS) ASTM D7012-14.

- Especificación estándar para cenizas y puzolana natural cruda o calcinada. ASTM C618-15.
- Método de ensayo para el análisis granulométrico ASTM D-422.
- Método de ensayo límites de consistencia ASTM D4318-17.
- Método de ensayo clasificación (SUCS) ASTM D2487-11.
- Método de ensayo proctor modificado MTC-E 115.
- Método de ensayo de CBR para suelos ASTM D1883-07.

2.5. Procedimiento de análisis de datos

– Diagrama de flujo de procesos

En la Fig. 3 a la Fig. 5 se muestran las etapas del análisis de datos, pues que permite relevar los resultados deseados en el trabajo, para obtener la hipótesis proyectada.



Fig. 3. Obtención de los aditivos estabilizantes

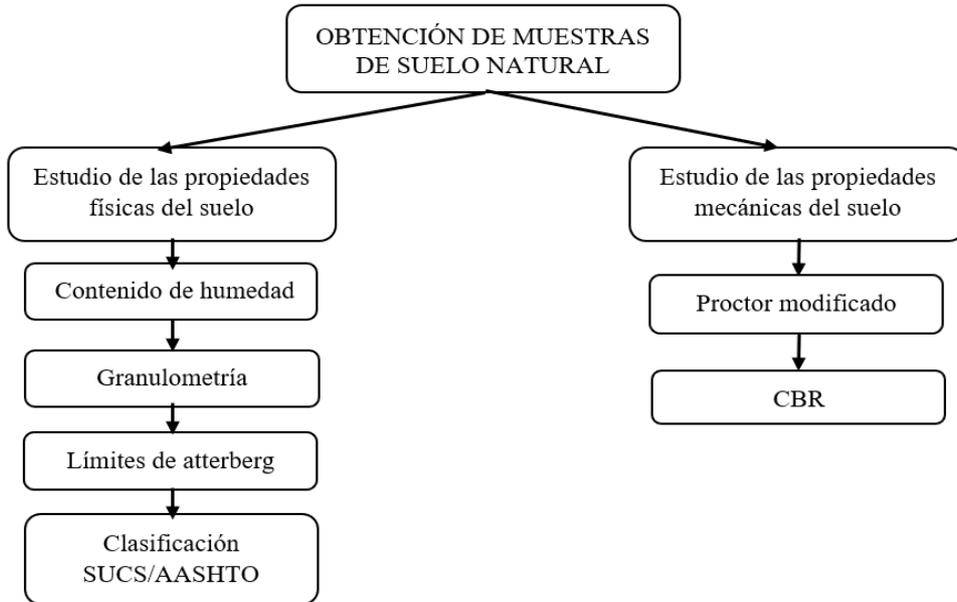


Fig. 4. Adquisición de muestras de suelo natural

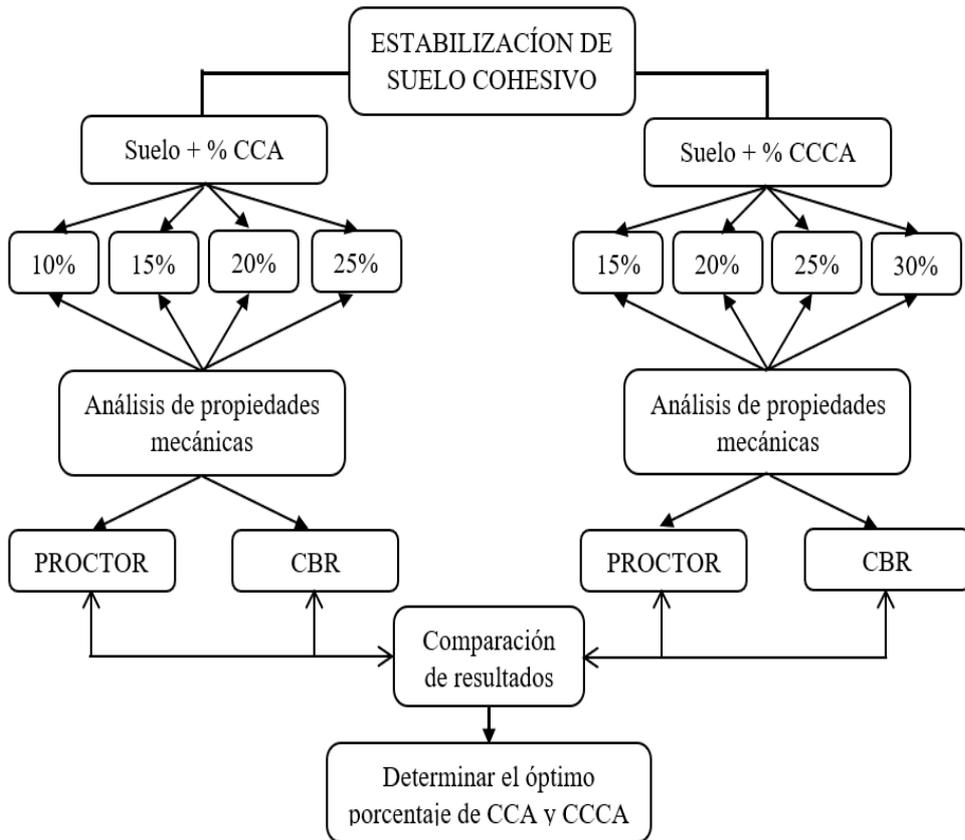


Fig. 5. Estabilización del suelo cohesivo

En la fig. 6 se evidencia el desarrollo del estudio comparativo de los suelos cohesivos teniendo en cuenta la incorporación de los ecoestabilizantes.

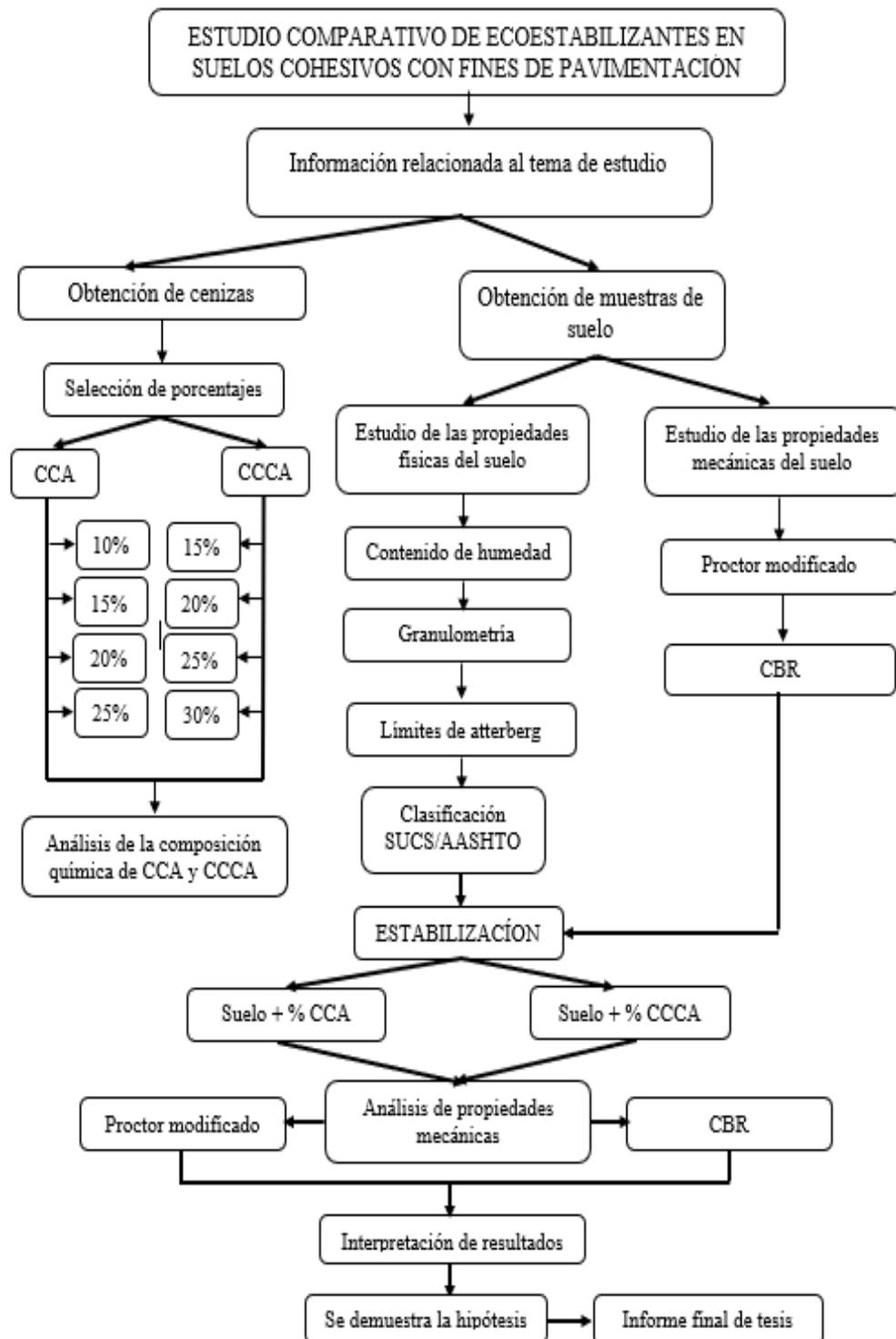


Fig. 6. Estudio comparativo de ecoestabilizantes en suelos cohesivos

– **Descripción de procesos**

a) Obtención e incineración de las cascarillas.

Los residuos agroindustriales como es cascarilla de oryza sativa y café se adquirieron de los molinos de la región Lambayeque, a diferencia de los residuos de café se obtuvieron de la empresa OLAM exportadora de café ubicada en la provincia de Jaén región Cajamarca, mostrado en la Fig. 7 y Fig. 8



Fig. 7. Obtención de cascarilla de oryza sativa.



Fig. 8. Obtención de cascarilla de café arábico

La incineración de las cascarillas orgánicas se realizó en horno industrial a diferentes temperaturas de 600, 650, 700 y 750 °C para la CCA, y 550, 600, 650 y 750 °C para la cascarilla de café arábico, tal como visualiza en la Fig. 9 y Fig. 10.



Fig. 9. Quemado de la cascarilla de oryza sativa



Fig. 10. Quemado de la cascarilla de café arábico.

Pasado el proceso de incineración se realizó el molido y tamizado de la CCA como se puede apreciar en la Fig. 11 y para la CCCA en la Fig. 12.



Fig. 11. Muestra el aditivo de CCA por temperaturas



Fig. 12. Muestra el aditivo de CCCA por temperaturas

b) Ensayo de compresión simple (UCS)

- Ensayo para determinar la temperatura óptima de quemado con CCA.

Se realizó la combinación suelo natural + 15% CCA en el ensayo de proctor modificado para encontrar su OCH y MDS como se puede apreciar en la Fig. 13 Teniendo estos resultados se procedió a realizar tres muestras cilíndricas por cada temperatura visualizado en tabla VI y ser analizadas mediante ensayo de compresión simple donde se aplica una carga para medir su deformación conforme se aprecia en la Fig. 14.



Fig. 13. Ensayo de proctor modificado para UCS de la CCA



Fig. 14. Ensayo UCS para la CCA

- Ensayo para determinar la temperatura óptima de quemado con CCCA

Para este ensayo se combinaron suelo natural + 20% CCCA encontrándose el OCH y MDS, teniendo estos resultados se procedió a realizar tres muestras por cada temperatura como especifica la tabla VI y analizadas mediante ensayo de compresión simple carga versus deformación como se aprecia en la Fig. 15.



Fig. 15. Ensayo UCS – determinación de la temperatura optima

c) Propiedades físicas de los suelos

- Contenido de humedad

Este ensayo tiene como objetivo presentar la relación entre el peso del H₂O y sólidos del suelo de acuerdo con la NTP 339.127.

Equipos

Un horno de secado.

Balanza con precisión de 0.1 gr.

Materiales

Recipientes metálicos.

Procedimiento

El trabajo realizado en campo se obtuvo doce estratos dos por cada calicata se hizo el pesado de las taras en una báscula eléctrica con precisión de 0.1 gr, asimismo se realizó el llenado de la muestra húmeda a las taras para obtener el peso húmedo más tara para los doce estratos seguidamente se colocaron a secar por 24 horas en el horno a temperatura de 110 °C y así poder obtener el peso de la muestra seca (NTP 339.127,2014).

- Granulometría

La norma para el análisis granulométrico por tamizado es la NTP 339.128.

· Equipos y herramientas

Horno

Tamices

Balanza de sensibilidad de 0.01 gr

Brocha

· Procedimiento

Primero se dio con el cuarteo de la muestra, para ser puesto al horno por 24 horas a 110 °C como se puede visualizar en la Fig. 16, luego ha sido lavados los estratos por la malla N° 200 para después nuevamente ser puesta al horno y luego pasar por el tamizado correspondiente de acuerdo a la normativa NTP 339.128. en la Fig. 17 se puede observar el tamizado por cada una de las mallas.



Fig. 16. Cuarteo del suelo



Fig. 17. Tamizado del suelo

- Límites de consistencia

La norma para el análisis del límite líquido y límite plástico es la NTP 339.129, teniendo como finalidad identificar las fracciones de grano fino de suelos.

· Equipos y herramientas

Horno

Tamiz N° 40

Balanza de sensibilidad de 0.01 gr

Agua destilada

Espátula

Cápsula

Acanaladores

Aparato de Casagrande

Otros

• Procedimiento

El tamizado del suelo por la malla N° 40 donde el suelo que pasa se usara para el análisis correspondiente.

Para el límite líquido se colocó una muestra a la copa de casa grande para ser distribuida uniformemente de forma horizontal, seguidamente se utilizó el acanalador para realizar una ranura de la muestra en la copa, luego pasar a levantar y soltar la copa girando el manubrio en repetidas veces hasta quedar unidas las muestras longitudinalmente de 13 mm en la base de la ranura. (NTP 339.129,2014) seguidamente se contabilizaron los golpes que se registran entre 4 y 40. Se recomienda que se encuentren en los siguientes intervalos de 15 a 20, 20 a 25 y 35 respectivamente, siendo el de 25 golpes el principal para el análisis de resultados luego estas muestras fueron llevadas al horno por 24 horas a temperatura de 110 °C, en la Fig. 18 se puede observar las muestras sacadas del horno.



Fig. 18. Pesado de muestra secas del LL

Para el LP se moldea la muestra de forma de un elipsoide y luego se rueda con los dedos sobre una superficie de forma plana sin antes llegar el cilindro de unos 3.2mm, en la Fig. 19 se puede observar la forma como debe quedar el suelo, y luego ser puestas al horno.



Fig. 19. Ensayo de para determinar el LP

d) Propiedades mecánicas de los suelos

- Proctor Modificado

Este ensayo tiene por finalidad cuantificar la cantidad de agua y peso unitario seco de acuerdo a la NTP 339.141.

· Equipos y herramientas

Horno

Pistón de 4.55 kg

Molde

Regla

Balanza con 0.1 gr de precisión.

· Procedimiento

Se saturaron las muestras en la cual se tomaron cuatro porcentajes diferentes de agua, se compactaron con 56 golpes por capa teniendo un total de cinco capas para finalmente correlacionar entre el peso unitario seco y cantidad de agua del suelo. Este proceso fue aplicado para todos los ensayos mecánicos como para el suelo CL y MH, luego para suelo CL +10, 15, 20 y 25% de CCA, suelo MH+10, 15, 20 y 25% de CCA asimismo para suelo CL+15, 20, 25 y 30% de CCCA y suelo MH+ 15, 20, 25 y 30% de CCCA respectivamente.

- Ensayo de CBR

Este ensayo está basado en la NTP 339.145. donde su función es evaluar la resistencia del suelo.

· Equipos y herramientas

Deformímetro

Máquina de carga

Pistón

Molde

Balanza

Papel filtro

Otros

· Procedimiento

Primero se prepararon las muestras de acuerdo al OCH y MDS y la calibración de los moldes, así como se muestra en la Fig. 20.



Fig. 20. Calibración de los moldes

Segundo se efectuó la compactación de los suelos a 56, 25 y 12 golpes, teniendo en cuenta cinco capas por cada molde. En la Fig. 21 se puede observar dicha compactación.



Fig. 21. Compactación para CBR

Tercero se efectuó la calibración para ser sumergida al agua por 96 horas y medir su expansión, así como se muestra en la Fig. 22. Asimismo, también se realizó el ensayo de CBR como se visualiza en la Fig. 23 estos tres pasos mencionados fueron realizados para el suelo inicial y suelo con adición de cenizas descrito anteriormente en el ensayo de Proctor.



Fig. 22. Calibración de los moldes para medir la expansión



Fig. 23. Ensayos de CBR

2.6. Criterios éticos

En la presente investigación, tiene en consideración el derecho a autoría que en ningún momento se acude al plagio, las referencias bibliográficas se citan de manera correcta en el desarrollo del estudio y también referenciado de acuerdo a la norma IEEE, de la misma forma se considera “la guía del desarrollo de la investigación para alcanzar el Título Profesional” que será brindada por la Universidad Señor de Sipán, como alteración alguna en el proceso de obtención de resultados y procedimiento.

Es importante indicar algunos artículos del código de ética del colegio de ingenieros, en relevancia de la presente investigación.

Artículo 15: En este artículo nos refiere a tener en consideración los ingenieros promover y defender la integridad, honor y dignidad profesional.

Artículo 19: El ingeniero tiene que ser inherente con sus actos como profesional, de acuerdo con las normas técnicas y conocimientos científicos, debe tener la persuasión de su idoneidad y seguridad respetando las reglas correspondientes.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Resultados

Referente al objetivo específico 01. Los resultados que se muestran en la tabla IX son los valores promedios determinado mediante el ensayo de UCS, como OCH, MDS, esfuerzos máximos y las deformaciones unitarias máximas por cada temperatura de quemado.

Tabla IX

Determinación de la temperatura óptima de quemado CCCA

Aditivo	Temperatura (°C)	MDS (gr/cm ³)	OCH (%)	σ Max (kg/cm ²)	ϵ Max (%)
CCA	600	1.489	21.61	8.18	0.21
	650	1.482	22.75	9.19	0.18
	700	1.515	22.14	8.46	0.25
	750	1.538	22.15	7.37	0.29
CCCA	550	1.417	24.07	6.98	0.21
	600	1.382	26.26	7.53	0.24
	650	1.364	26.51	6.85	0.24
	700	1.357	27.39	5.99	0.24

De acuerdo a los resultados mostrados en la tabla anterior, la temperatura óptima de quemado de la CA es de 650 °C con un esfuerzo máximo de 9.19 kg/cm² y una deformación unitaria de 0.18 % así como se puede visualizar en la fig. 24, de la misma forma para la CCA la temperatura óptima es de 600 °C llegando alcanzar un esfuerzo de máximo de 7.53 kg/cm² y una deformación unitaria de 0.24 % así como determina en la fig. 25.

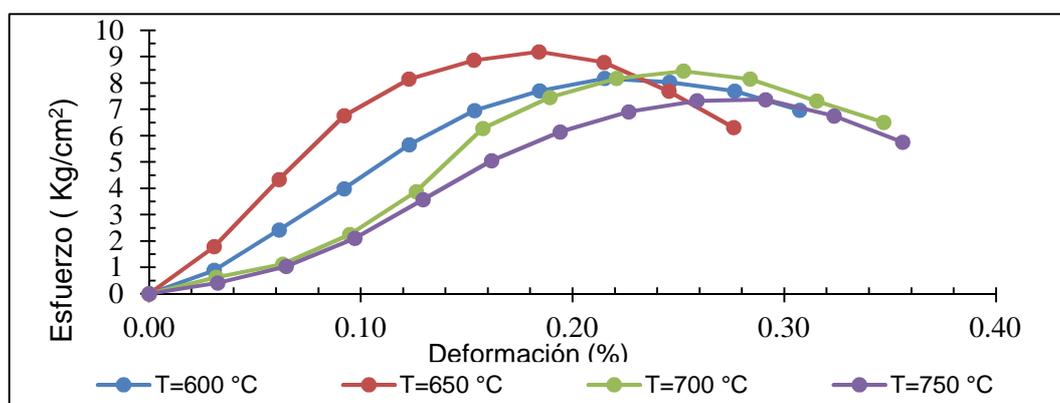


Fig. 24. Curvas de esfuerzo vs deformación para la CCA.

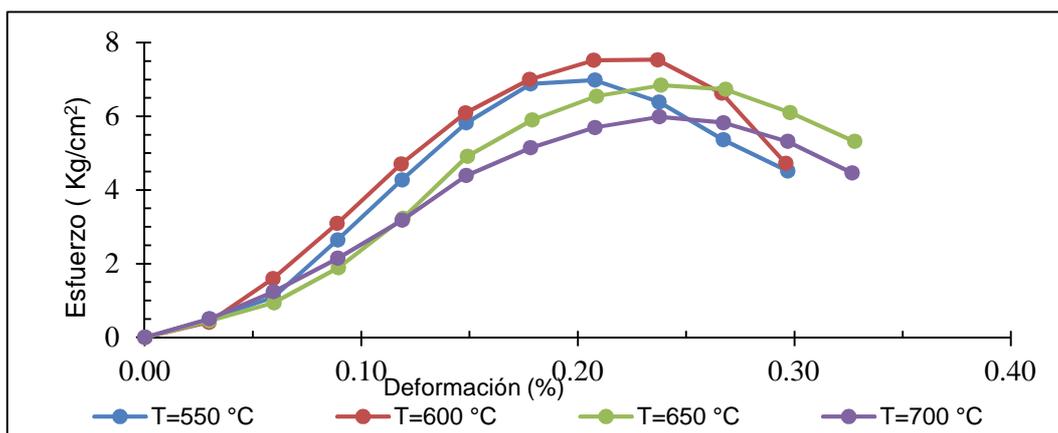


Fig. 25. Curvas de esfuerzo vs deformación para CCCA

Referente al objetivo específico 02.

a) Los resultados físicos obtenidos de las muestras en el laboratorio, contenido humedad, granulometría y límites de atterberg como también su clasificación de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) para las calicatas 1, 2 y 3 muestras (M-1) arcilla de baja plasticidad (CL) y para las calicatas 4, 5 y 6 muestra (M-1) limo de alta plasticidad (MH), estas muestras oscilan de 0.25 m 0.95 a nivel de subrasante, sin embargo para el Sistema de clasificación de American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) se consideró suelo inadecuado como se visualiza en la Tabla X y Tabla XI, el anexo 3 visualiza los resultados para la M-1, M-2 de las seis calicatas.

Tabla X

Resultados de propiedades físicas del suelo, calicatas 1, 2 y 3

parámetro	Unidad	Calicata – 01	Calicata – 02	Calicata - 03
		M-1	M-1	M-1
W	%	22.49	23.12	34.92
LL	%	41.32	37.47	31.70
LP	%	23.67	22.20	16.50
IP	%	17.65	15.27	15.20
SUCS	---	CL	CL	CL
AASHTO	---	A-7-6(10)	A-6(8)	A-6(10)

Tabla XI

Resultados de propiedades físicas del suelo, calicatas 4, 5 y 6

parámetro	Unidad	Calicata – 04	Calicata – 05	Calicata – 06
		M-1	M-1	M-1
W	%	28.68	47.65	36.74
LL	%	58.39	87.53	81.21
LP	%	30.48	45.74	38.09
IP	%	27.91	41.79	43.12
SUCS	---	MH	MH	MH
AASHTO	---	A-7-5(19)	A-7-5(16)	A-7-5(16)

b) Los resultados de las propiedades mecánicas del suelo natural se determinó mediante los ensayos de compactación, en conformidad de las normativas ASTM D2216 ASTM D1557, para suelo CL y MH el OCH es de 17.26 % y 18.97 %, asimismo para la MDS es de 1.806 gr/cm³ y 1.691 gr/cm³, así como también se determinó los valores de CBR de acuerdo a la normativa internacional ASTM D1883 al 95% de la MDS y a 2.54 mm de penetración, para suelo CL y MH es de 2% respectivamente.

Referente al objetivo específico 03. Los resultados de las propiedades mecánicas para el suelo más porcentajes de 10%, 15%, 20% y 25% de CCA se determinó mediante el ensayo de compactación en conformidad de las normativas (ASTM D2216) OCH para suelo CL de 22.44%, 25.51%, 28.83% y 33.08%, suelo MH de 31.0%, 32.37%, 34.67% y 35.75%. (ASTM D1557) MDS para suelo CL 1.563 gr/cm³, 1.479 gr/cm³, 1.392 gr/cm³ y 1.373 gr/cm³, suelo MH es de 1.431 gr/cm³, 1.347 gr/cm³, 1.289 gr/cm³ y 1.285 gr/cm³. (ASTM D1883) para valores de CBR al 95% de la MDS y a 2.54 mm de penetración, para suelo CL es de 12.3%, 17.5%, 10.8% y 5.2% y para el suelo MH de 8.3%, 11.0%, 10.9% y 9.4% respectivamente datos que se corrobora en el anexo 4 y visualiza en la fig. 26

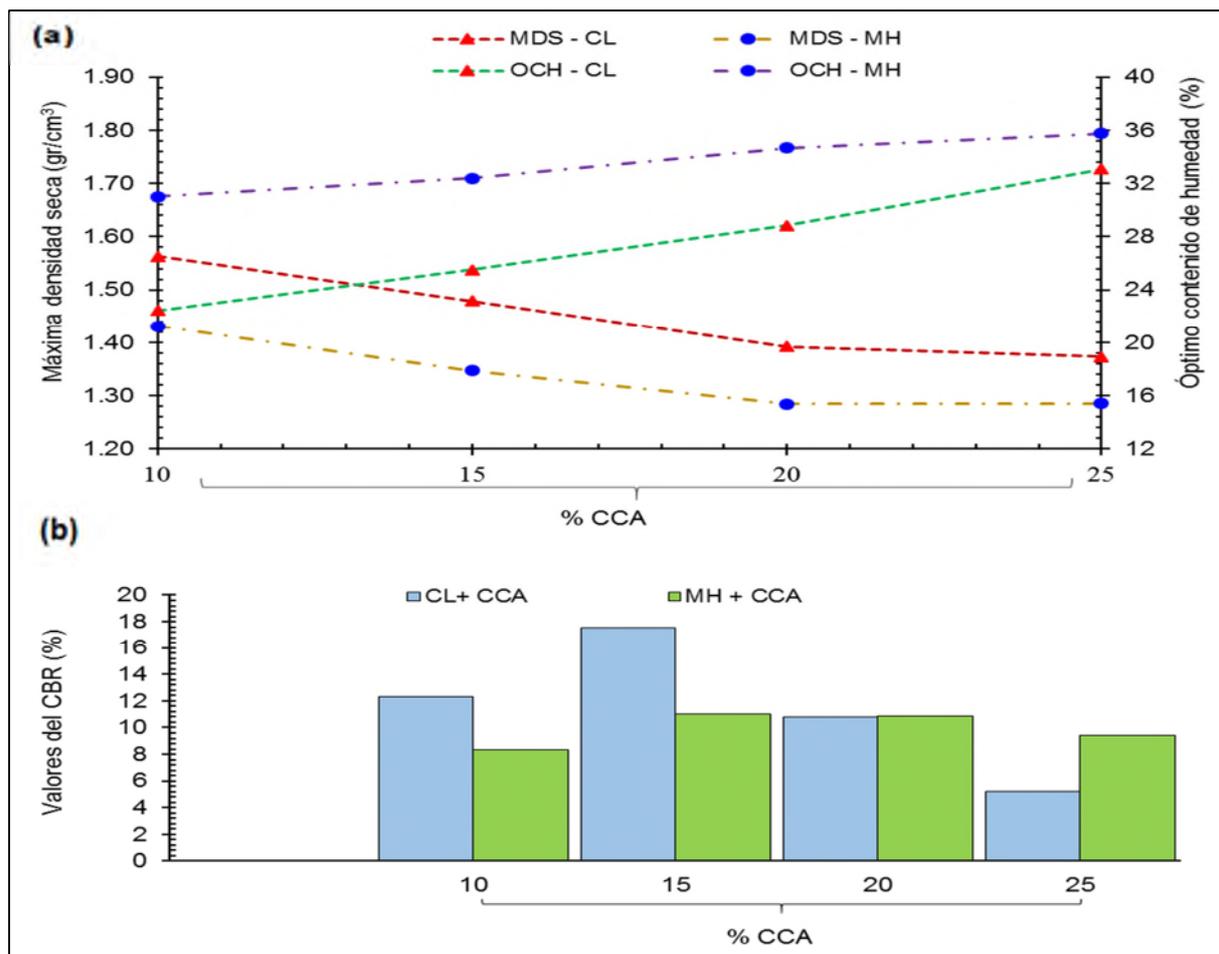


Fig. 26. Resultados de propiedades mecánicas de suelo más %CCA, la imagen (a) muestra los valores del análisis de compactación e imagen (b) valores de CBR.

Referente al objetivo específico 04. Los resultados de las propiedades mecánicas para el suelo más porcentajes de 15%, 20%, 25% y 30% de CCCA se determinó mediante el ensayo de compactación en conformidad de las normativas (ASTM D2216) OCH para suelo CL de 18.24%, 20.07%, 21.15% y 22.66%, suelo MH de 24.07%, 26.26%, 26.46% y 27.39% (ASTM D1557) MDS para suelo CL 1.548 gr/cm³, 1.515 gr/cm³, 1.477 gr/cm³ y 1.447 gr/cm³, suelo MH es de 1.479 gr/cm³, 1.450 gr/cm³, 1.432 gr/cm³ y 1.417 gr/cm³. (ASTM D1883) para valores de CBR al 95% de la MDS y a 2.54 mm de penetración, para suelo CL es de 11.4%, 15.3%, 10.4% y 9.8% y para el suelo MH de 8.6%, 9.8%, 11.5% y 8.5% respectivamente datos que se corrobora en el anexo 4 y visualiza en la figura 27.

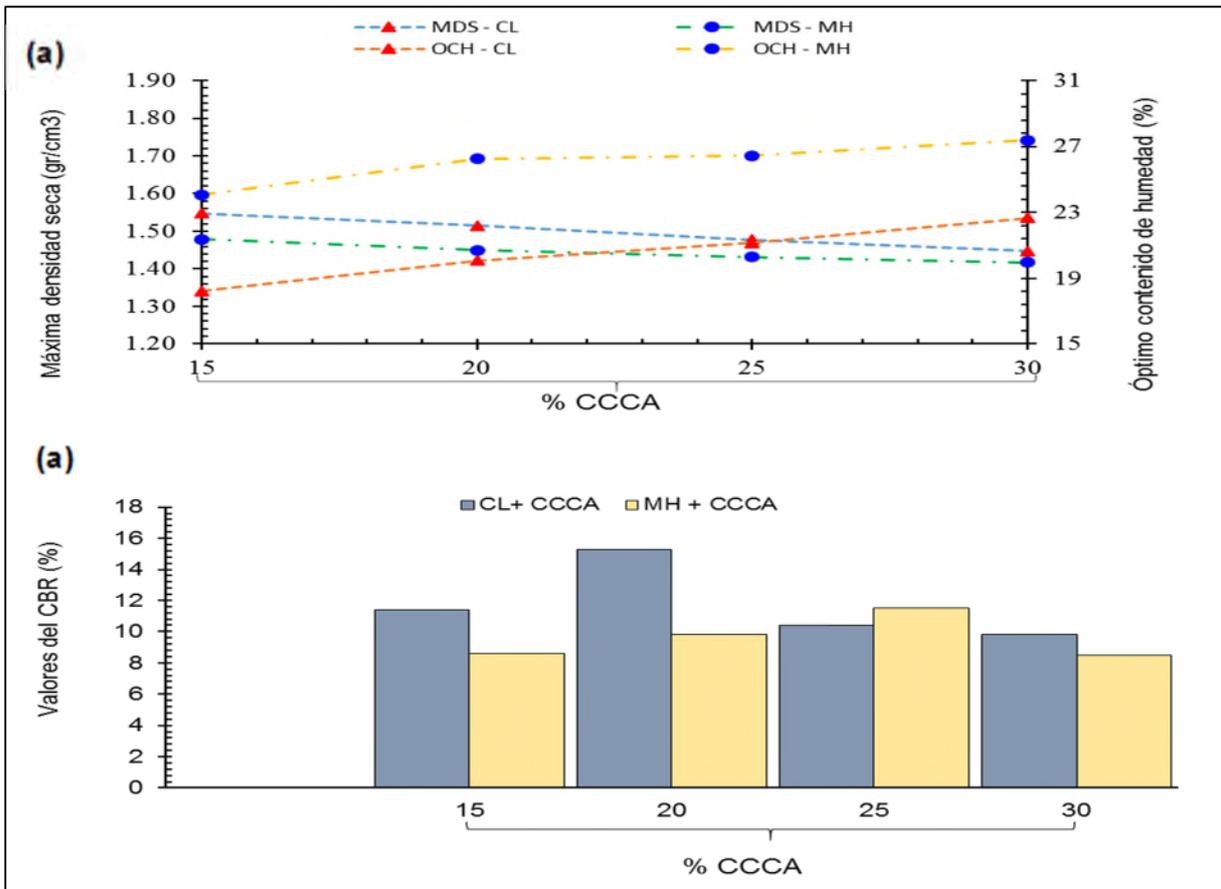


Fig. 27. Resultados de propiedades mecánicas de suelo más %CCCA, la imagen (a) muestra los valores del análisis de compactación e imagen (b) valores de CBR.

Referente al objetivo específico 05. De acuerdo a los valores máximos de CBR determinados al 95% de su MDS y a 2.54 mm de penetración, para suelo natural 2%, suelo CL y MH + 15% CCA es de 17.5% y 11.0%, asimismo para suelo CL + 20% y MH + 25% de CCCA es de 15.3% y 11.5% respectivamente. Como se visualiza en la figura 28.

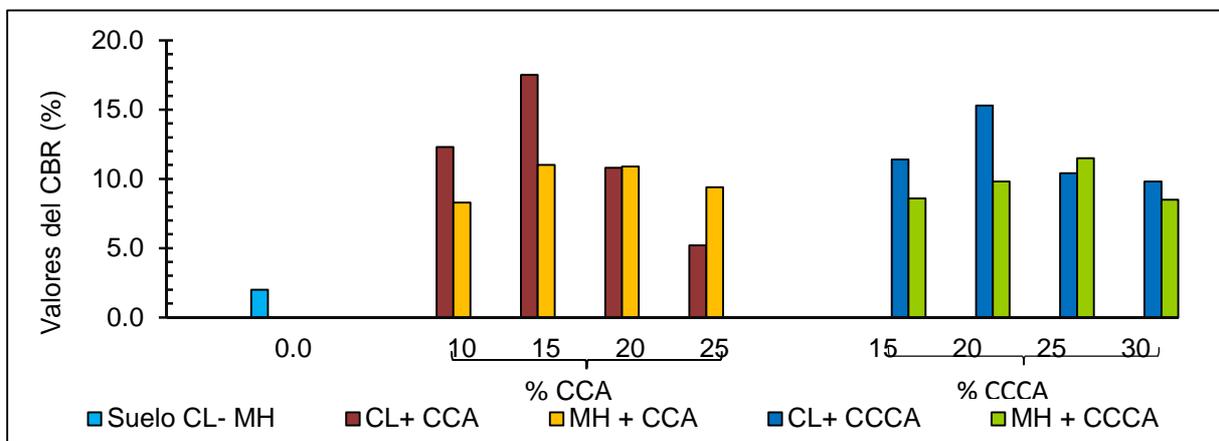


Fig. 28. Muestra los resultados de % CBR suelo natural más %CCA y %CCCA

3.2. Discusión

Es este apartado se contrasta la discusión de resultados relevantes con investigadores locales, nacionales e internacionales, donde se difiere la similitud o negación de resultados con la adición de CCA y CCCA para el suelo cohesivo de la carretera que conecta los centros poblados de Hualatán y Calabozo del distrito Chontalí, provincia de Jaén, Región Cajamarca.

Respecto a los ensayos de compresión simple (UCS) se determinó que la temperatura óptima de quemado para la cascarilla de arroz (CA) es de 650°C alcanza el máximo esfuerzo en resistencia; Este valor determinado para la combustión óptima es coincidente con lo mencionado por Hidalgo [21] que oscila en un parámetro de 600°C – 700°C, asimismo es coincidente con Rithuparna [51] mostraron que la temperatura óptima de quemado para las cascarilla agroindustriales varía entre 500°C – 700°C. así como se observa que el valor de óptimo quedo para CCA es de 600°C, de manera similar define Atahu [11] donde incineraron la CCA a una temperatura de 550°C por un lapso de tiempo de 5 horas.

Referente a la determinación de las propiedades físicas del suelo natural, según la clasificación SUCS suelo CL y suelo MH, según clasificación AASHTO, A-6 y A-7 correspondiendo a suelos cohesivos. Los resultados coinciden con [12], [13], [14], [15] determinaron en sus muestras como suelo expansivo. En cuanto a las propiedades mecánicas se determinó según el ensayo de compactación un OCH y MDS de 17.26%, 1.715 gr/cm³ para suelo CL y 18.97 %, 1.607 gr/cm³ para el suelo MH y a su vez el valor del CBR 2% correspondiente a las muestras mencionadas. Los resultados tienen concordancia con Llauce y Pérez [9] donde clasificaron según AASHTO un tipo de suelo de consistencia plástica y para sus propiedades mecánicas afirman una MDS de 1.683 gr/cm³ de consideración compacta.

Sobre la caracterización mecánica los resultados de las muestras de suelo con adición de 15% de CCA se obtuvo la máxima representación en las propiedades mecánicas, para suelo CL y MH un OCH 25.51% y 32.37%, MDS de 1.479 gr/cm³ y 1.347 gr/cm³, así como el valor del CBR de 17.5% y 11.0%. A diferencia de Kumar [14] determinó que al incorporar 10%

de CCA a la muestra reduce la expansión y contracción del suelo. para [15] determinaron que con adición de 15% de CCA el valor máximo CBR es de 31.29% respectivamente.

Por otro lado, los resultados de las muestras de suelo CL + 20% de CCCA se obtuvo la máxima representación en las propiedades mecánicas, OCH de 20.07%, MDS es de 1.515 gr/cm³ y el valor de CBR de 15.3%. Mientras que para el suelo MH + 25% de CCCA se determinó su OCH de 26.46%, MDS 1.477 gr/cm³ y el CBR de 11.5% respectivamente. Los valores numéricos muestran similitud con Atahu [11] determinaron que adicionando 20% de CCCA la capacidad del CBR aumentó de 8.3% a 10.67% con respecto al suelo inicial.

Por último, los resultados de la comparación de las propiedades mecánicas de suelo natural, suelo más %CCA y suelo más %CCCA presenta un incremento considerable del valor de CBR. Tal, así como para muestra suelo CL y MH + 15% CCA mostró un incremento 2% - 17.5% y de 2% - 11.0%, para suelo CL + 20% y MH + 25% de CCCA el incremento es de 2% - 15.3% y 2% - 11.5% con respecto al suelo natural. Asimismo, comparando los valores entre las muestras suelo más CCA y CCCA mostró mejor comportamiento en la resistencia las muestras con adición de CCA.

No se cuenta con antecedentes sobre la comparación de resultados entre los dos aditivos estabilizantes.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

En conclusión, para determinar la temperatura óptima de incineración de CA y CCA fue a través de ensayos UCS con tres muestras por cada temperatura, las incineraciones adecuadas fueron para CA de 650°C con esfuerzo máximo de 9.19 kg/cm² y para la CCA de 600°C con máximo esfuerzo de 7.53 kg/cm².

Según la clasificación SUCS Y AASHTO para Las calicatas 1,2 y 3 se determinó como CL y para las calicatas 4,5 y 6 MH. Los valores de las propiedades mecánicas para el suelo cohesivo CL y MH al 95% de la MDS y a 2.54 milímetros se determinó un valor de CBR de 2.0%.

Los resultados de caracterización mecánica al 95% de la (MDS) y a 2.54 milímetros de penetración, el valor máximo para las muestras, suelo CL más 15% de CCA un CBR de 17.5 % respectivamente, suelo MH más 15% de CCA mostró un CBR de 11.0% respectivamente.

Los resultados de caracterización mecánica al 95% de la (MDS) y a 2.54 milímetros de penetración, el valor máximo para las muestras fue suelo CL más 20% de CCCA un CBR de 15.3% respectivamente, suelo MH + 25% de CCCA mostró un CBR de 11.5% respectivamente.

De acuerdo con los valores alcanzados en los ensayos de laboratorio, se demuestra que suelo más CCA tiene mejor resistencia ante la muestra de suelo más CCCA de 1,64 % del valor de CBR y con respecto al suelo natural con la adición de CCA y CCCA mejora sus propiedades mecánicas de subrasante inadecuada a buena según MTC (2014)

4.2. Recomendaciones

Se sugiere para suelos cohesivos con valor de CBR menores a 6% clasificado como subrasante inadecuada e insuficiente según (MTC 2014) deben ser estabilizados.

Utilizar 15% de ceniza de cascarilla de oryza sativa para estabilizar suelos expansivos, puesto que alcanzó el máximo CBR y se puede utilizar otras variaciones inferiores a ella.

Se sugiere estabilizar suelos expansivos con ceniza de cascarilla de café arábico, para suelo CL con 20% y suelo MH con 25% puesto que con este porcentaje de adición alcanza el máximo CBR de rango de subrasante buena según MTC (2014).

Se sugiere complementar estudios de estabilización de suelos con cenizas de cascarillas de oryza sativa y café arábico utilizando el ensayo de permeabilidad para ver la filtración que tiene el agua.

REFERENCIAS

- [1] R. Cabezas, C. Cataldo and A. K. Choudhary, "Influence of chemical stabilization method and its effective additive concentration (EAC) in non-pavement roads. A study in andesite-based soils," *Cogent Engineering*, vol. 6, no. 1, 2019.
- [2] W. Yifru, N. Getu, D. Kifile, A. Masfin, A. Sewunet y M. Tamene, «Effects of Corn Cob Ash as Partial Replacement of Cement for Stabilization of an Expansive Clay,» *Advances in Civil Engineering*, vol. 2022, nº 6788120, 2022.
- [3] E. Morales and C. Pailacura, "Estudio del comportamiento de una carpeta de rodado estabilizada con cloruro de calcio," *Obras y proyectos*, no. 26, pp. 27 - 36, 2019.
- [4] L. Vásquez and F. García, "An overview of asphalt pavement design for streets and roads," *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, no. 98, pp. 10-26, 2020.
- [5] T. Aquino, R. Barbosa and L. Teixeira, "Analysis of the performance of road subgrades using concepts of Pavement Mechanics," *Revista Materia*, vol. 25, no. 3, pp. e-12817, 2020.
- [6] J. Hanco, "Estabilización de suelos cohesivos con cal y cemento para mejorar la subrasante de la avenida Santa Rosa, Puno, 2021," Lima, 2021.
- [7] H. Irigoien and F. Tarrillo, "Estabilización de suelos cohesivos con cloruro de sodio para fines de pavimentación de la Av. Agricultura en la ciudad de Chota-Región Cajamarca," Lima, 2021.
- [8] A. J. Huayapa y J. M. Villacaqui, «Estabilización De Suelos Arcillosos Adicionando Desechos De Policloruro De Vinilo Y Cal En El Sector Vial De Huanchac – Ancash - 2021,» 2021.
- [9] Y. Llauce and D. Perez, "Análisis comparativo del uso de ceniza de cascarilla de arroz y ceniza de bagazo de caña de azúcar en el mejoramiento de suelos arenosos, Chiclayo-2021," Cajamarca, 2021.
- [10] R. Guerrero, "Capacidad portante de suelo cohesivo estabilizado con cal y sulfato de calcio en 10%, 15% y 25%," Cajamarca, 2019.
- [11] M. K. Atahu, F. Saathoff and A. Gebissa, "Strength and compressibility behaviors of expansive soil treated with coffee husk ash," *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, vol. 11, no. 2, pp. 337 - 348, 2019.

- [12] A. Mohamed, M. Al-Ajamee, A. Kobbail, H. Dahab, M. Mohammed and H. Eldein, "A study on soil stabilization for some tropical soils," *Materials Today: Proceedings*, vol. 60, no. 1, pp. 87-92, 2022.
- [13] J. Ma, Y. Su, Y. Liu and X. Tao, "Strength and Microfabric of Expansive Soil Improved with Rice Husk Ash and Lime," *Advances in Civil Engineering*, vol. 1, no. 8, 2020.
- [14] S. Kumar, R. P. Singh and S. Paswan, "Strength and Impact of Rice Husk Ash on Expansive Soil by Using Soil Stabilization," *Advances in Geo-Science and Geo-Structures*, vol. 154, pp. 73 - 80, 2021.
- [15] T. k. Brahmachary, M. K. Ahsan and M. Rokonuzzaman, "Impact of rice husk ash (RHA) and nylon fiber on the bearing capacity of organic soil," *SN Applied Sciences*, vol. 1, no. 3, 2019.
- [16] U. Zada, A. Jamal, M. Iqbal, S. Eldin, M. Almoshaogeh, S. Rehab and S. Almuaythir, "Recent advances in expansive soil stabilization using admixtures: current challenges and opportunities," *Case Studies in Construction Materials*, vol. 18, p. e01985, 2023.
- [17] Y. Liu, C. Way, A. Namdar, Y. She, C. Hua, X. Yuan and Q. Yang, "Stabilization of expansive soil using cementing material from rice husk ash and calcium carbide residue," *Construction and Building Materials*, vol. 221, pp. 1-11, 2019.
- [18] V. Sharma and S. Singh, "Modeling for the use of waste materials (Bottom ash and fly ash) in soil stabilization," *Materials Today: Proceedings*, vol. 33, no. 3, pp. 1610-1614, 2020.
- [19] P. L. Olano, N. H. Marín and J. C. Benites, "Incremento del valor de soporte del suelo adicionando eco estabilizante a partir de cenizas cascarilla de café arábica," *Suelos Ecuatoriales*, vol. 51, no. 1y2, pp. 68 - 76, 2021.
- [20] S. Vizcarra, I. Lujan, M. Soto y G. Durán, «Experimental analysis of the addition of rice husk ash to the clayey subgrade of a road stabilized with lime,» *Ciencia e ingeniería de materiales*, vol. 758, nº 012090, 2020.
- [21] F. Hidalgo, J. Saavedra, C. Fernandez and G. Duran, "Stabilization of clayey soil for subgrade using rice husk ash (RHA) and sugarcane bagasse ash (SCBA)," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 758, no. 012041, p. 012041, 2020.
- [22] M. R. Ramal, J. E. Raymundo y J. S. Chavez, «MATERIALES ALTERNATIVOS PARA ESTABILIZAR SUELOS: EL USO DE CENIZA DE

CÁSCARA DE ARROZ EN VÍAS DE BAJO TRÁNSITO DE PIURA,»
TZHOECOEN, vol. 12, nº 1, pp. 131-140-, 2020.

- [23] J. Lopez, "Estabilización de suelos arcillosos aplicando ceniza de cáscara de arroz para el mejoramiento de subrasante, en la localidad de Moyobamba – departamento de San Martín," Lima, 2021.
- [24] J. L. Piedra, J. J. Vásquez and G. G. Arriola, "Evaluación de la estabilización de un suelo expansivo utilizando ceniza de cáscara de arroz, distrito de Jaén, Cajamarca, Perú," *INGENIERIA: Ciencia, Tecnología e Innovación*, vol. 8, no. 2, pp. 125 - 134, 2021.
- [25] E. A. Ormeño and N. E. Rivas, "Estudio experimental para determinar la influencia de la aplicación de Cenizas de Cáscara de Arroz (RHA) en la estabilización de una subrasante de suelo arcilloso de baja plasticidad en Chota-Cajamarca," 2020.
- [26] C. M. Arevalo y L. J. Fuentes, *Ceniza de cáscara de café para mejora de la resistencia en subrasante con suelos arcillosos, Jaén.*, Chiclayo, 2022.
- [27] J. A. Contreras, P. M. R. Galvez y J. K. Santoya, *Estabilización de Suelos Cohesivos a Nivel de Subrasante con Ceniza de Cáscara de Arroz, Carretera Yanuyacu Bajo – Señor Cautivo*, Jaen, 2019.
- [28] A. D. Vilchez, *Aplicación de ceniza de cascara de arroz para mejorar la estabilidad de la subrasante en la vía de Evitamiento Jaén- Cajamarca*, 2019, Jaén, 2019.
- [29] V. Sobucki, D. Holthusen, A. Batistáo, J. Anunciato and J. Reichert, "Potential of rheometry in detecting cohesive soils in Brazil as an additional tool to morphological field description and tensile resistance quantification," *Geoderma Regional*, vol. 30, p. e00553, 2022.
- [30] A. Soltani, M. Azimi and B. O'Kelly, "Reappraisal of linear shrinkage test for plasticity index determination and classification of fine-grained soils," *Applied Clay Science*, vol. 238, p. 106920, 2023.
- [31] L. Mabit, E. Fulajtar, A. Toloza, V. Ochoa and B. Maestroni, "Implementation and Optimization of Soil Sampling: Some Practical Guidance and Considerations," *Integrated Analytical Approaches for Pesticide Management*, pp. 47-63, 2019.
- [32] S. Thanga, T. Jennerjahn and K. Ramasamy, "Environmental variables and factors regulating microbial structure and functions," *Microbial Communities in Coastal Sediments*, pp. 79-117, 2021.

- [33] MTC, Manual de Ensayo de Materiales, Ministerio de Transporte y Comunicaciones. Lima, 2014.
- [34] MTC, Manual de Carreteras Suelo Geología, Geotecnia y Pavimentos, Ministerio de Transporte y Comunicaciones. Lima, 2014.
- [35] J. Keaton, "Plasticity Index," *Encyclopedia of Engineering Geology*, vol. 652, p. 727–728, 2019.
- [36] T. Umasankareswari, V. Dharshana, K. Saravanadevi, R. Dorothy, T. Sasilatha, T. Anh and S. Rajendran, "Soil moisture nanosensors," *Nanosensors for Smart Agriculture*, pp. 185-216, 2022.
- [37] I. Duarte, C. Rodrigues and A. Pinho, "Classification of Soils," *Encyclopedia of Engineering Geology*, vol. 1954, pp. 125-133, 2019.
- [38] R. Dhir, J. De Brito, R. Silva and C. Qun, "Use of Recycled Aggregates in Geotechnical Applications," *Sustainable Construction Materials*, pp. 419-450, 2019.
- [39] A. Buritatum, S. Horpibulsuk, A. Udomchai, A. Suddeepong, T. Takaikaew, N. Vichitcholchai, J. Horpibulsuk and A. Arulrajah, "Durability improvement of cement stabilized pavement base using natural rubber latex," *Transportation Geotechnics*, vol. 28, p. 100518, 2021.
- [40] MTC, Manual de Ensayo de Materiales, Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Lima, 2016.
- [41] V. RajeshKumar, S. Vinoth, S. Yuvaraj, K. Nishaanth, D. Naveen and S. Haribalan, "A review on effects on CBR value by using geosynthetics," *Materials Today: Proceedings*, vol. 68, no. 6, pp. 2479-2483, 2022.
- [42] A. Patel, "Soil stabilization," *Geotechnical Investigations and Improvement of Ground Conditions*, pp. 19-27, 2019.
- [43] N. Koukoulas, P. Tyrologou, P. Koutssovitis, D. Karapanos and C. Karkalis, "Soil stabilization," *Handbook of Fly Ash*, pp. 475-500, 2022.
- [44] C. Rivera and C. Galán, "Biodegradable fiber-reinforced polymer composites for construction applications," *Natural Fiber-Reinforced Biodegradable and Bioresorbable Polymer Composites*, pp. 51-72, 2019.
- [45] V. Jittin, A. Bahurudeen and S. D. Ajinkya, "Utilisation of rice husk ash for cleaner production of different construction products," *Journal of Cleaner Production*, vol. 263, no. 121578, p. 121578, 2020.
- [46] P. Vega, Diseños de los pavimentos de la Carretera de acceso al Nuevo

Puerto de Yurimaguas, Perú: Pontífica Universidad Católica del Perú, 2018.

- [47] F. Witlox, T. Zwanikken, L. Jehee, B. Donners and W. Veeneman, "Changing tracks: identifying and tackling bottlenecks in European rail passenger transport.," *European Transport Research Review.*, vol. 14, no. 1, p. 7, 2022.
- [48] H. Farahani and A. Farahani, "Study on Drainage of Pavement Layers and Improvement Strategies: Case Study," *Journal of Rehabilitation in Civil Engineering.*, vol. 11, no. 1, pp. 111 - 126, 2023.
- [49] W. Chaohui, D. Kaixi, S. Liang, J. Xiaopoing and S. Cheng, "Stability improvement technology of SBS/crumb rubber composite modified asphalt from Xinjiang China.," *Journal of Cleaner Production.*, vol. 359, p. 132003, 2022.
- [50] P. E. Matthey, R. A. Robayo, J. E. Díaz, S. Delvasto y J. Monzó, «APLICACIÓN DE CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ OBTENIDA DE UN PROCESO AGRO-INDUSTRIAL PARA LA FABRICACION DE BLOQUES EN CONCRETO NO ESTRUCTURALES,» *Latinoamericana de Metalurgia y Materiales*, vol. 35, nº 2, 2015.
- [51] R. Rithuparna, V. Jittin y A. Bahurudeen, «Influence of different processing methods on the recycling potential of agro-waste ashes for sustainable cement production: A review,» *Journal of Cleaner Production*, vol. 316, nº 128242, 2021.

ANEXOS

ANEXO 1: Georreferenciación de la zona de estudio



Descripción	Coordenadas (UTM)	Altitud (m.s.n.m.)
C-1	716912E; 9369178N	1547
C-2	717281E; 9369371N	1535
C-3	717644E; 9369112N	1503
C-4	717879E; 9368886N	1438
C-5	718228E; 9368937N	1448
C-6	718432E; 9369370N	1457

ANEXO 2: Informe de ensayos realizados en laboratorio.



Certificado INDECOPI N°00137704 RNP Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Chiclayo – Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: lemswyceirl@gmail.com

Solicitantes : JOSE NILSEN CRUZ VARGAS
LUIZ FERNANDO ALARCON ROJAS

Proyecto / Obra : ESTUDIO COMPARATIVO DE ECOESTABILIZANTES EN SUELOS COHESIVOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN.

Ubicación : CARRETERA C.P HUALATÁN - C.P CALABOZO DEL DISTRITO CHONTALÍ - PROVINCIA JAÉN - DEPARTAMENTO CAJAMARCA.

Fecha de apertura : 12 de mayo del 2022

Ensayo : SUELO. Método de ensayo para determinar la temperatura óptima de quemado de la ceniza de cascarilla de oryza sativa

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

Calicata: 1, 2, 3

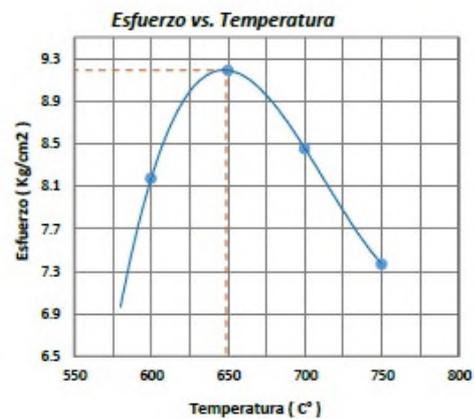
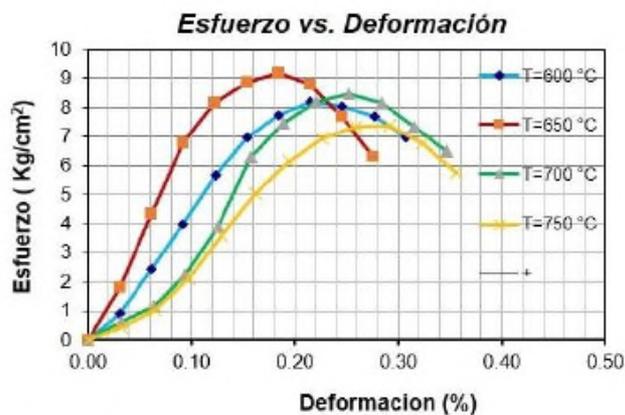
Muestra: CL

Profundidad: 0.30m - 0.95m

ESFUERZOS Y DEFORMACIÓN POR TEMPERATURA

T°	600	650	700	750	C°
σ	8.18	9.19	8.46	7.37	(Kg/cm ²)
ϵ	0.21	0.18	0.25	0.29	(%)

Esfuerzo Maximo	9.19	(Kg/cm ²)
Temperatura Óptima	649	C°



Observaciones:

- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL

WILSON OLAYA AGUILAR
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Solicitantes : JOSE NILSEN CRUZ VARGAS
 LUIZ FERNANDO ALARCON ROJAS
Proyecto / Obra : ESTUDIO COMPARATIVO DE ECOESTABILIZANTES EN SUELOS COHESIVOS CON
 FINES DE PAVIMENTACIÓN.
Ubicación : CARRETERA C.P HUALATÁN - C.P CALABOZO DEL DISTRITO CHONTALÍ - PROVINCIA JAÉN -
 DEPARTAMENTO CAJAMARCA.
Fecha de apertura : 12 de mayo del 2022
Ensayo : SUELO. Método de ensayo para determinar la temperatura óptima de quemado de la
 ceniza de cascarilla de café arábico.
NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999
 : N.T.P. 399.131
 : N.T.P. 339.127: 1998

Calicata: 1, 2, 3.

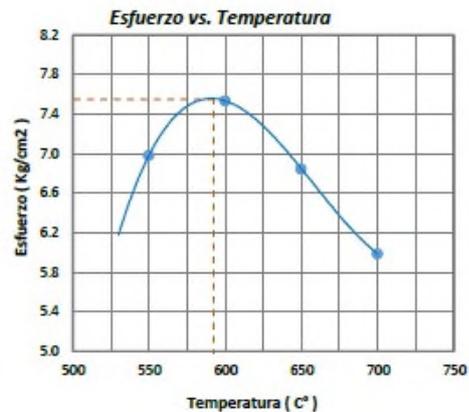
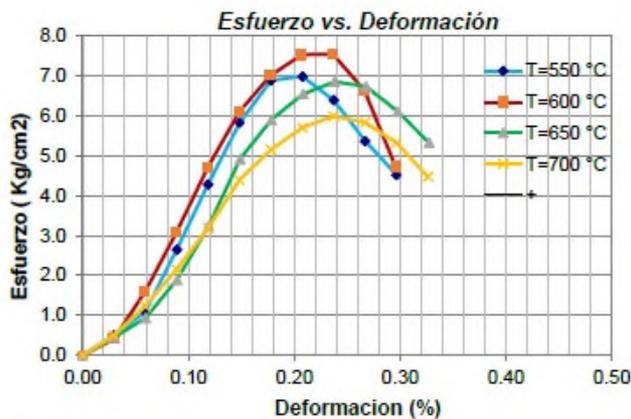
Muestra: CL

Profundidad: 0.30m - 0.95m

ESFUERZOS Y DEFORMACIÓN POR TEMPERATURA

T°	550	600	650	700	C°
σ	6.98	7.53	6.85	5.99	(Kg/cm ²)
ϵ	0.21	0.24	0.24	0.24	(%)

Esfuerzo Maximo	7.55	(Kg/cm ²)
Temperatura Optima	592	C°


Observaciones:

- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



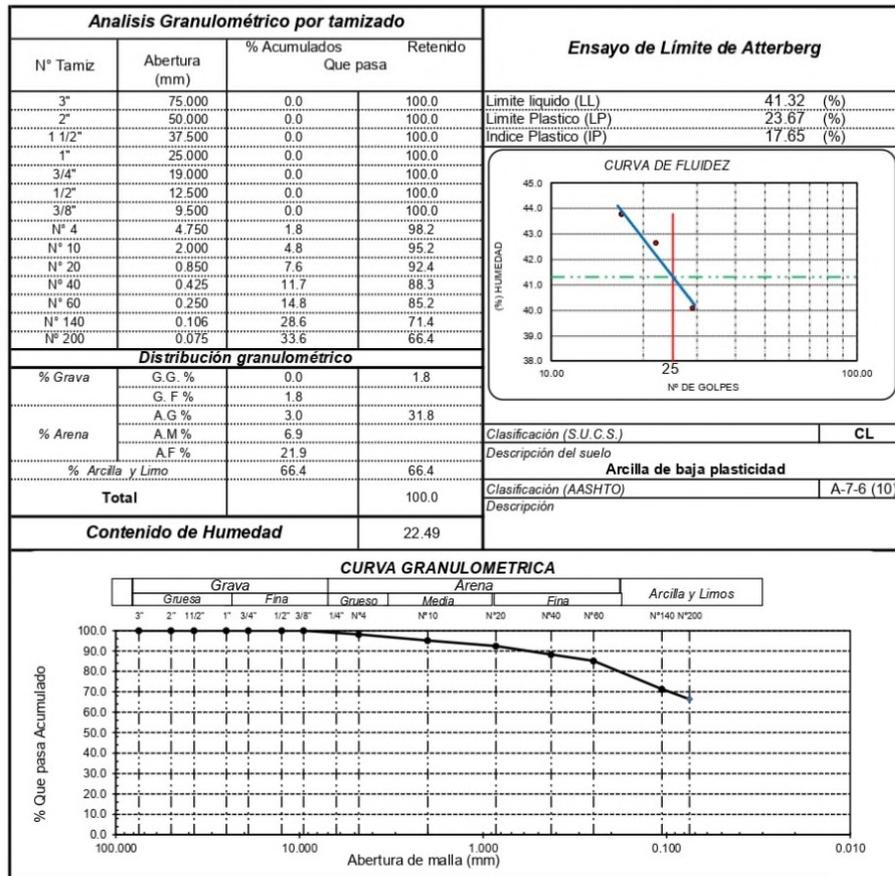

Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

Solicitantes : CRUZ VARGAS JOSE NILSEN
 ALARCON ROJAS LUIZ FERNANDO
 Proyecto : "ESTUDIO COMPARATIVO DE ECOESTABILIZANTES EN SUELOS COHESIVOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN"
 Ubicación : CARRETERA C.P HUALATÁN - C.P CALABOZO DEL DISTRITO CHONTALÍ - PROVINCIA JAÉN - DEPARTAMENTO CAJAMARCA.
 Fecha de apertura : 08 de mayo del 2022
 Fecha de recepción : 11 de mayo del 2022
 ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico
 : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad
 : 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 - 01

Muestra: M-1

Profundidad : 0.25 - 0.80



Observación:

- Muestreo, identificación y ensayos realizado por el solicitante.

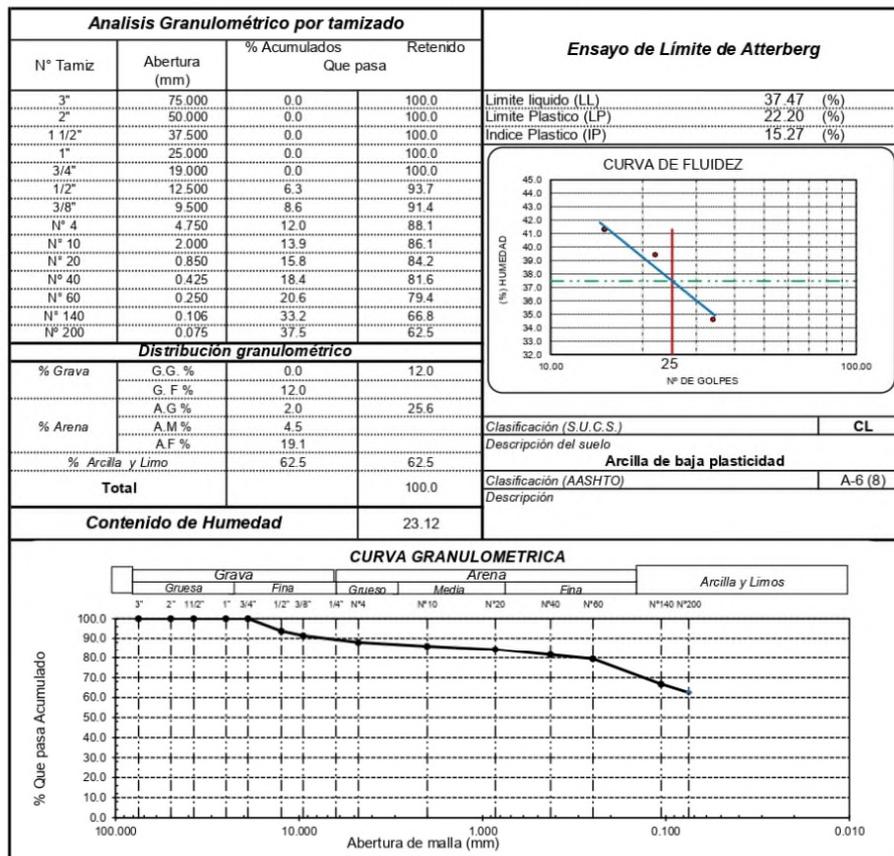


Solicitantes : CRUZ VARGAS JOSE NILSEN
 ALARCON ROJAS LUIZ FERNANDO
 Proyecto : "ESTUDIO COMPARATIVO DE ECOESTABILIZANTES EN SUELOS COHESIVOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN"
 Ubicación : CARRETERA C.P HUALATÁN - C.P CALABOZO DEL DISTRITO CHONTALÍ - PROVINCIA JAÉN - DEPARTAMENTO CAJAMARCA.
 Fecha de apertura : 08 de mayo del 2022
 Fecha de recepción : 11 de mayo del 2022
 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 - 02

Muestra: M-1

PROFUNDIDAD : 0.25 - 0.80



Observación:

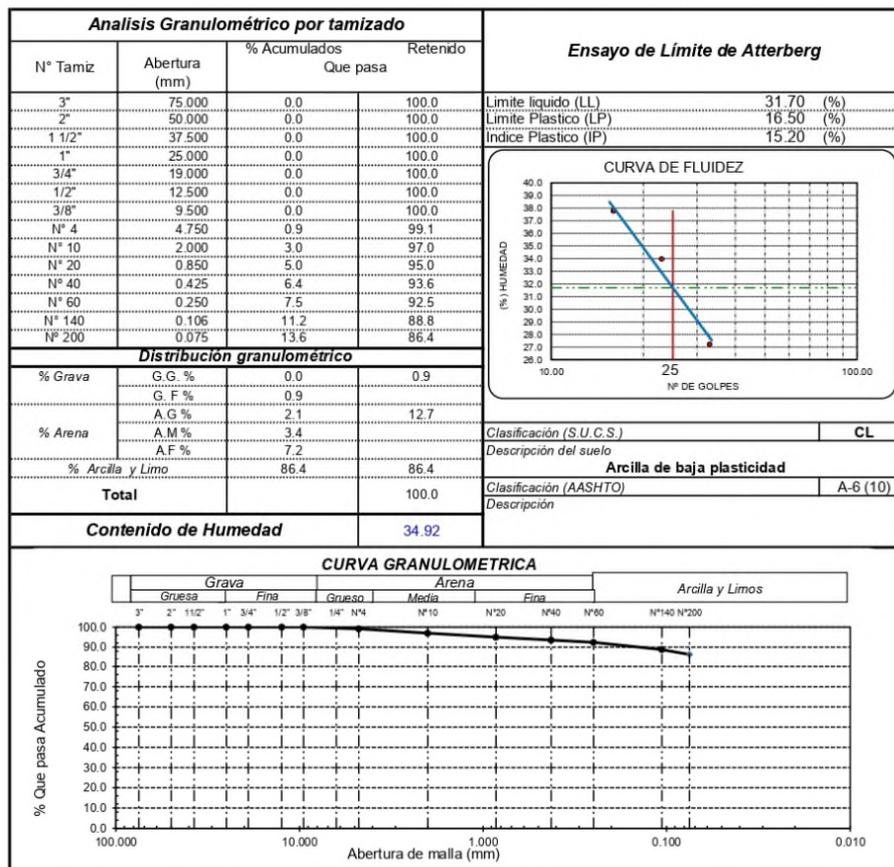
- Muestreo, identificación y ensayos realizado por el solicitante.

Solicitantes : CRUZ VARGAS JOSE NILSEN
 ALARCON ROJAS LUIZ FERNANDO
 Proyecto : "ESTUDIO COMPARATIVO DE ECOESTABILIZANTES EN SUELOS COHESIVOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN"
 Ubicación : CARRETERA C.P HUALATÁN - C.P CALABOZO DEL DISTRITO CHONTALÍ - PROVINCIA JAÉN - DEPARTAMENTO CAJAMARCA.
 Fecha de apertura : 08 de mayo del 2022
 Fecha de recepción : 11 de mayo del 2022
 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 - 03

Muestra: M : 1

PROFUNDIDAD : 0.25 - 0.80

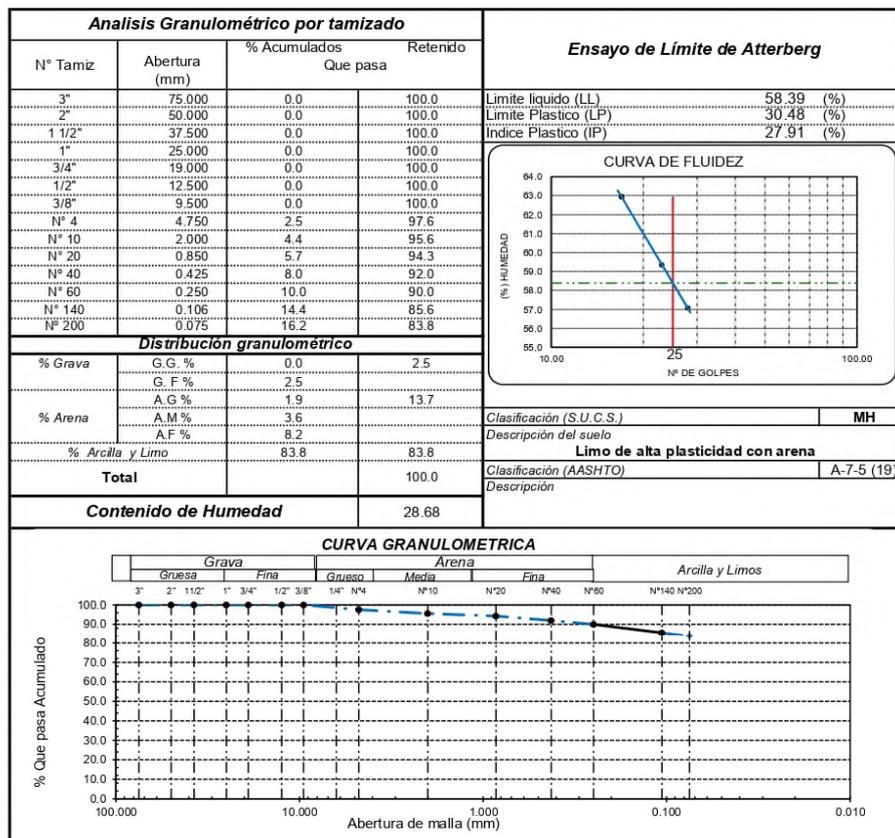


Observación:

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.

Solicitantes : CRUZ VARGAS JOSE NILSEN
 ALARCON ROJAS LUIZ FERNANDO
 Proyecto : "ESTUDIO COMPARATIVO DE ECOESTABILIZANTES EN SUELOS COHESIVOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN"
 Ubicación : CARRETERA C.P HUALATÁN - C.P CALABOZO DEL DISTRITO CHONTALÍ - PROVINCIA JAÉN - DEPARTAMENTO CAJAMARCA.
 Fecha de apertura : 08 de mayo del 2022
 Fecha de recepción : 11 de mayo del 2022
 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

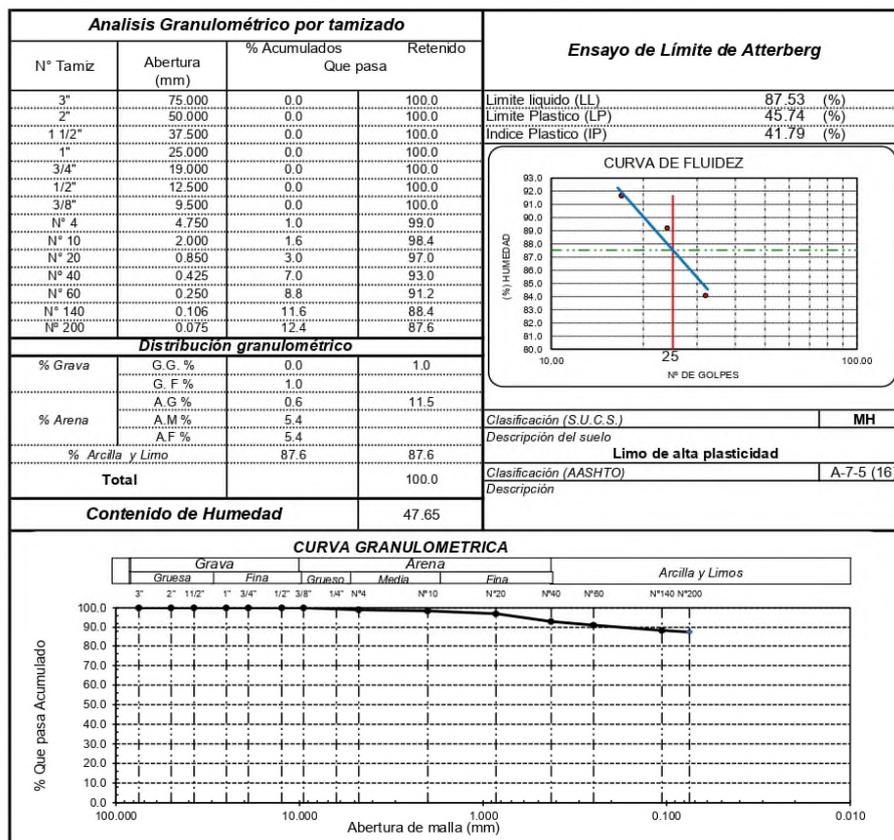
Calicata : C - 04 Muestra : M : 1 PROFUNDIDAD : 0.30 - 0.95



Observación:
 - Muestreo realizado, por el Solicitante.

Solicitantes : CRUZ VARGAS JOSE NILSEN
 ALARCON ROJAS LUIZ FERNANDO
 Proyecto : "ESTUDIO COMPARATIVO DE ECOESTABILIZANTES EN SUELOS COHESIVOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN"
 Ubicación : CARRETERA C.P HUALATÁN - C.P CALABOZO DEL DISTRITO CHONTALÍ - PROVINCIA JAÉN - DEPARTAMENTO CAJAMARCA.
 Fecha de apertura : 08 de mayo del 2022
 Fecha de recepción : 11 de mayo del 2022
 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

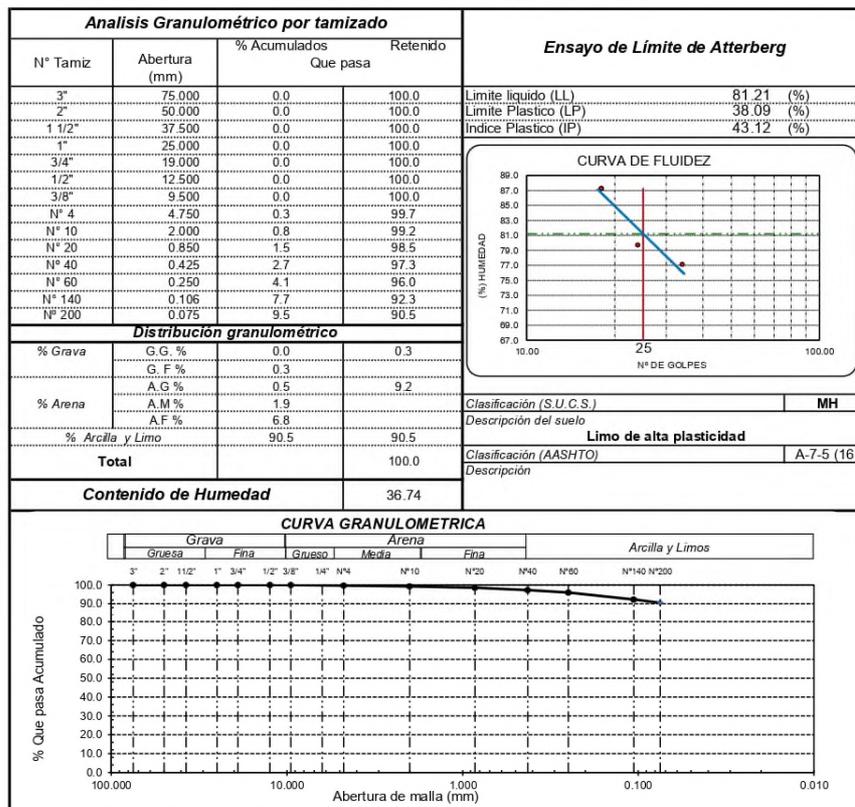
Calicata : C - 05 Muestra : M : 1 PROFUNDIDAD : 0.30 - 0.95



Observación:
 - Muestreo, identificación y ensayos realizado por el solicitante.

Solicitantes : CRUZ VARGAS JOSE NILSEN
 ALARCON ROJAS LUIZ FERNANDO
 Proyecto : "ESTUDIO COMPARATIVO DE ECOESTABILIZANTES EN SUELOS COHESIVOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN"
 Ubicación : CARRETERA C.P HUALATÁN - C.P CALABOZO DEL DISTRITO CHONTALÍ - PROVINCIA JAÉN - DEPARTAMENTO CAJAMARCA.
 Fecha de apertura : 08 de mayo del 2022
 Fecha de recepción : 11 de mayo del 2022
 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 - 06 Muestra : M : 1 PROFUNDIDAD : 0.30 - 0.95



Observación:
 - Muestreo, identificación y ensayos realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL
 WILSON OLAYA AGUILAR
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904



INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

Solicitantes : JOSE NILSEN CRUZ VARGAS
LUIZ FERNANDO ALARCÓN ROJAS

Proyecto : ESTUDIO COMPARATIVO DE ECOESTABILIZANTES EN SUELOS COHESIVOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN

Ubicación : CARRETERA C.P HUALATÁN - C.P CALABOZO DEL DISTRITO CHONTALÍ - PROVINCIA JAÉN - DEPARTAMENTO CAJAMARCA.

Fecha de apertura : 22 de mayo del 2022

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

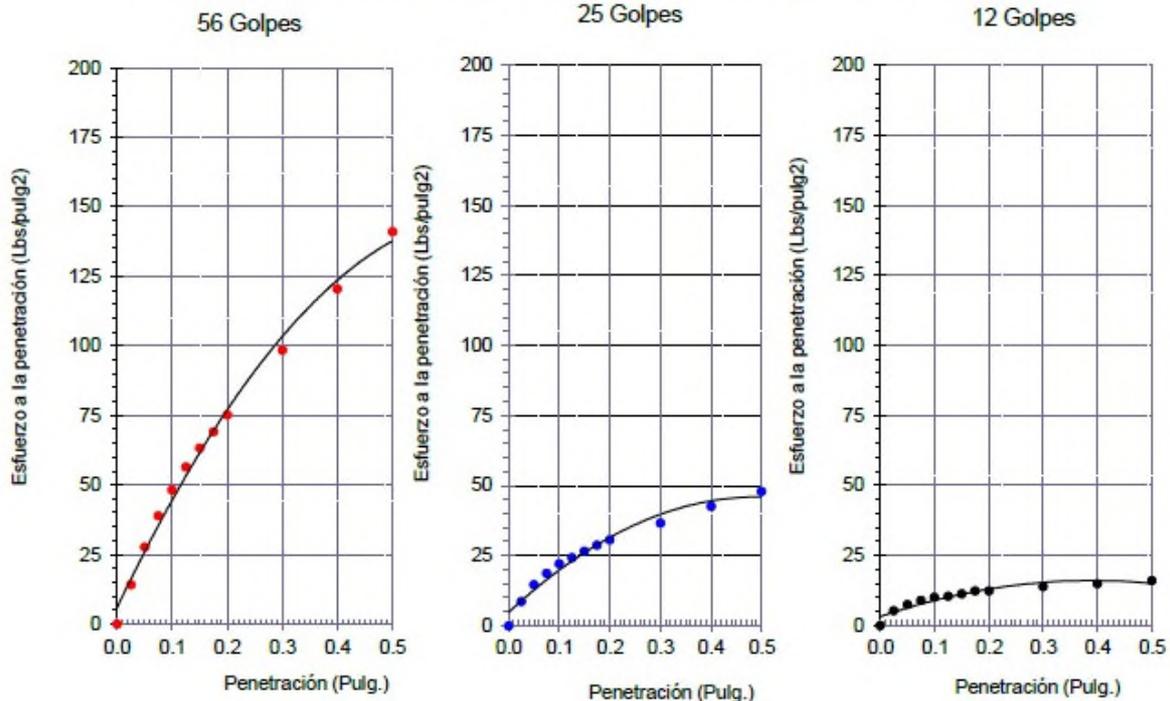
Identificación de la muestra:

Calicata: C - 1,2,3

Muestra: CL + 0%

Profundidad: 0.25m - 0.80m.

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



OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayos realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitantes : JOSE NILSEN CRUZ VARGAS
 LUIZ FERNANDO ALARCÓN ROJAS

Proyecto : ESTUDIO COMPARATIVO DE ECOESTABILIZANTES EN SUELOS COHESIVOS CON
 FINES DE PAVIMENTACIÓN

Ubicación : CARRETERA C.P HUALATÁN - C.P CALABOZO DEL DISTRITO CHONTALÍ -
 PROVINCIA JAÉN - DEPARTAMENTO CAJAMARCA.

Fecha de recepción : 30 de mayo del 2022

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 - 1,2,3

Muestra: CL + 0%

Profundidad: 0.25m - 0.80m.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.806 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	17.26 %

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm ³)	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	3.9	0.31	1.777	0.1"	100	4.2
02	25	1.6	0.60	1.633	0.1"	95	2.0
03	12	0.6	0.89	1.471	0.2"	100	5.4
					0.2"	95	2.5

Diagrama de Proctor

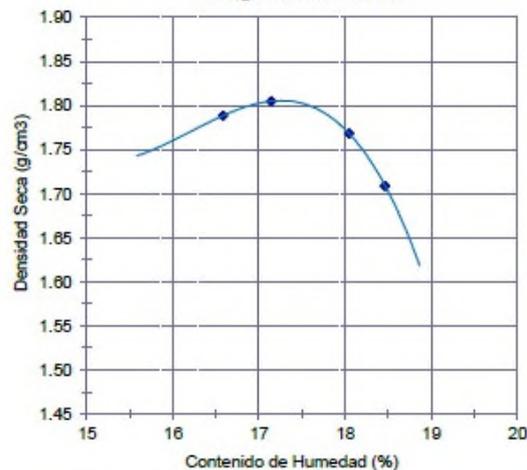
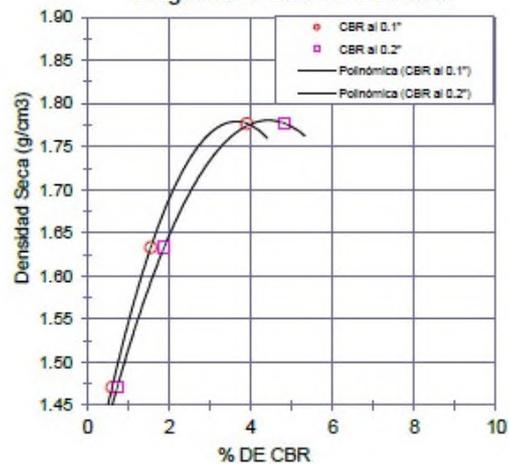
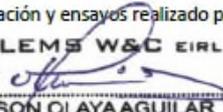


Diagrama de CBR vs Densidad



OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayos realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL

WILSON OLAYA AGUILAR
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

Solicitantes : JOSE NILSEN CRUZ VARGAS
 LUIZ FERNANDO ALARCÓN ROJAS

Proyecto : ESTUDIO COMPARATIVO DE ECOESTABILIZANTES EN SUELOS COHESIVOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN

Ubicación : CARRETERA C.P HUALATÁN - C.P CALABOZO DEL DISTRITO CHONTALÍ - PROVINCIA JAÉN - DEPARTAMENTO CAJAMARCA.

Fecha de apertura : 27 de mayo del 2022

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

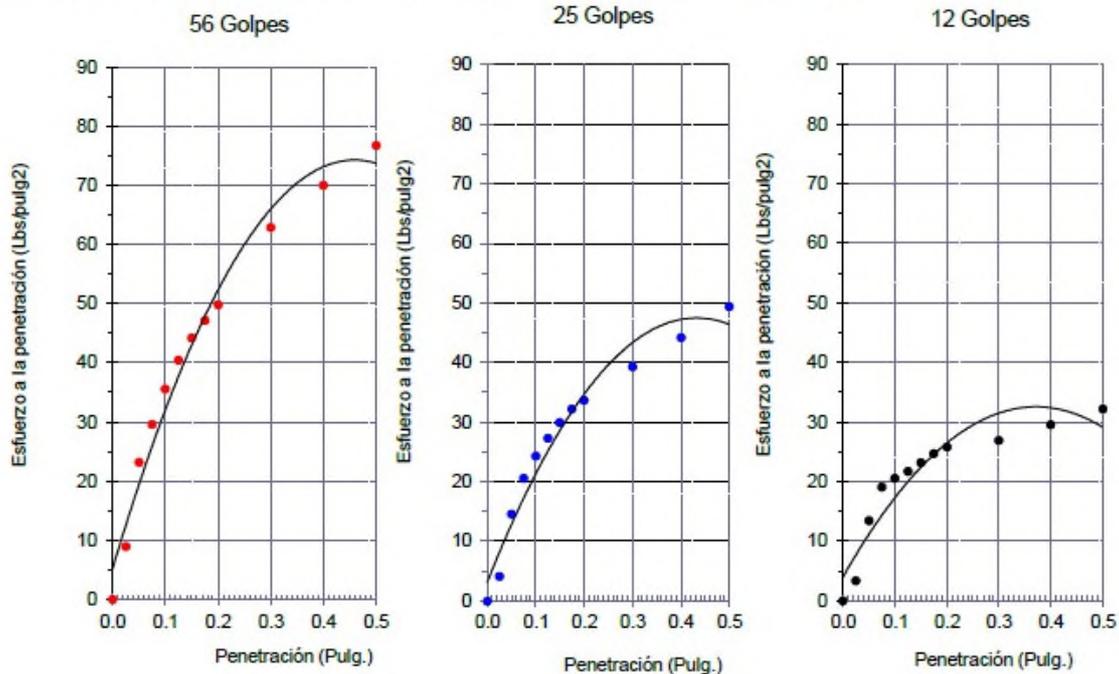
Identificación de la muestra:

Calicata: C - 4,5,6

Muestra: MH + 0%

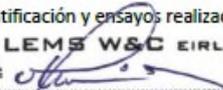
Profundidad: 0.30m - 0.95m.

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



OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayos realizado por el solicitante.


LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
 T.E.C. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 246904

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitantes : JOSE NILSEN CRUZ VARGAS
 LUIZ FERNANDO ALARCÓN ROJAS

Proyecto : ESTUDIO COMPARATIVO DE ECOESTABILIZANTES EN SUELOS COHESIVOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN

Ubicación : CARRETERA C.P HUALATÁN - C.P CALABOZO DEL DISTRITO CHONTALÍ - PROVINCIA JAÉN - DEPARTAMENTO CAJAMARCA.

Fecha de recepción : 06 de junio del 2022

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 - 4,5,6

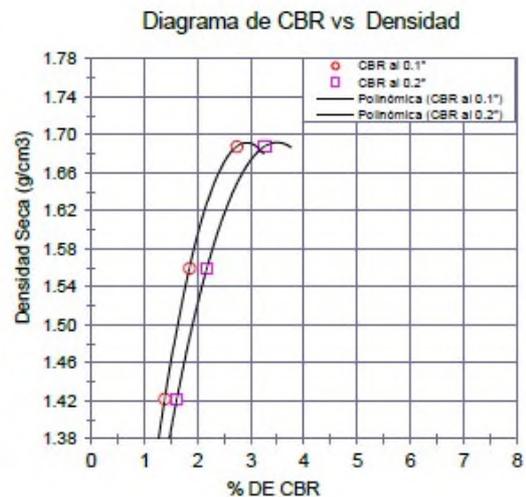
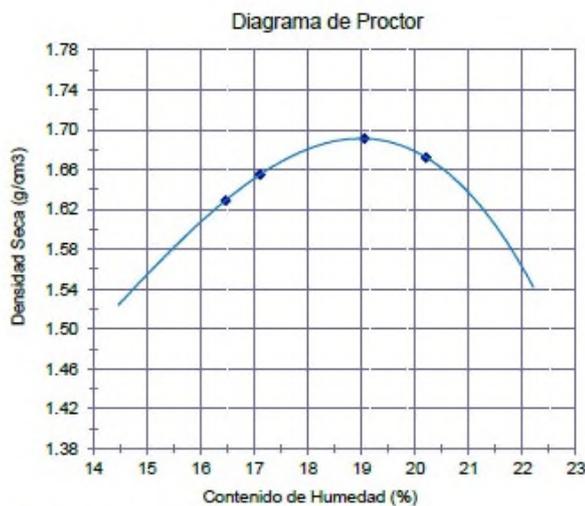
Muestra: MH + 0%

Profundidad: 0.30m - 0.95m.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.691 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	18.97 %

Especimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm ³)	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	2.7	0.53	1.688	0.1"	100	2.8
02	25	1.9	0.66	1.580	0.1"	95	2.0
03	12	1.4	0.79	1.422	0.2"	100	3.3
					0.2"	95	2.4



OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayos realizado por el solicitante.

 **LEMS W&C EIRL**

WILSON OLAYA AGUILAR
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

 
Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

Solicitantes : JOSE NILSEN CRUZ VARGAS
 LUIZ FERNANDO ALARCÓN ROJAS

Proyecto : ESTUDIO COMPARATIVO DE ECOESTABILIZANTES EN SUELOS COHESIVOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN

Ubicación : CARRETERA C.P HUALATÁN - C.P CALABOZO DEL DISTRITO CHONTALÍ - PROVINCIA JAÉN - DEPARTAMENTO CAJAMARCA.

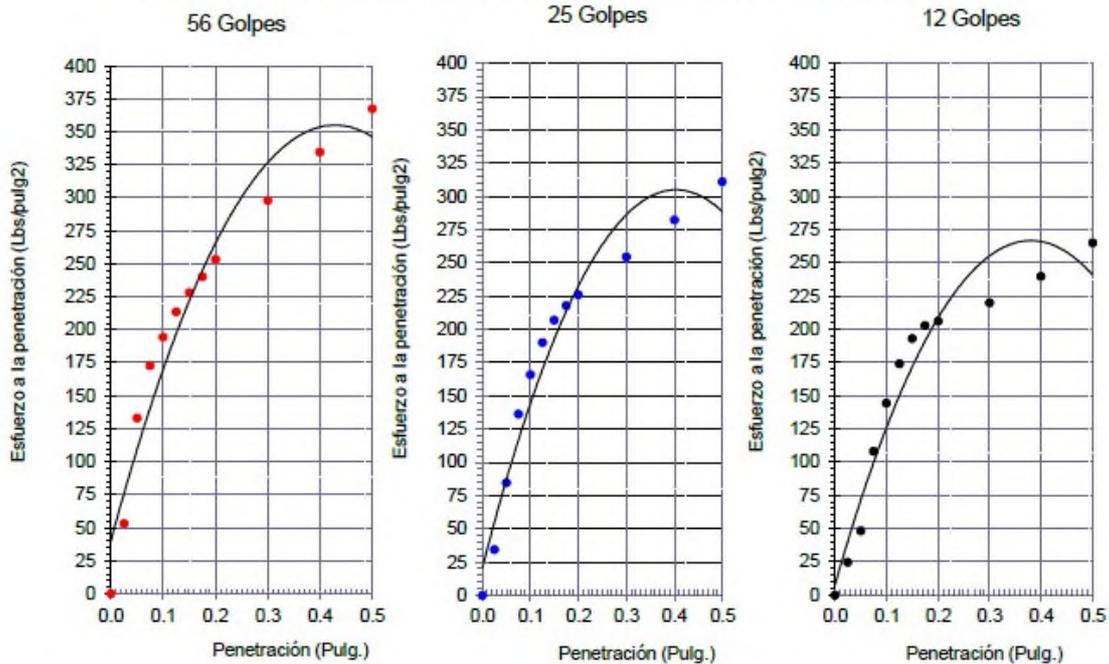
Fecha de apertura : 22 de mayo del 2022

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:

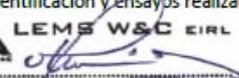
Calicata: C - 1,2,3 Muestra: CL + 10% Ceniza de cascarilla de oryza sativa. Profundidad: 0.25m - 0.80m.

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



OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayos realizado por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitantes : JOSE NILSEN CRUZ VARGAS
 LUIZ FERNANDO ALARCÓN ROJAS

Proyecto : ESTUDIO COMPARATIVO DE ECOESTABILIZANTES EN SUELOS COHESIVOS CON
 FINES DE PAVIMENTACIÓN

Ubicación : CARRETERA C.P HUALATÁN - C.P CALABOZO DEL DISTRITO CHONTALÍ -
 PROVINCIA JAÉN - DEPARTAMENTO CAJAMARCA.

Fecha de recepción : 30 de mayo del 2022

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

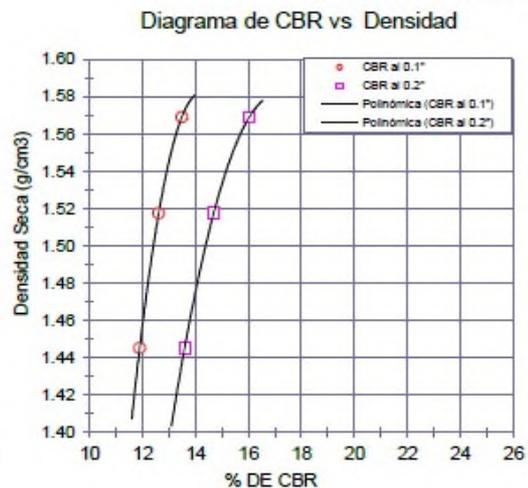
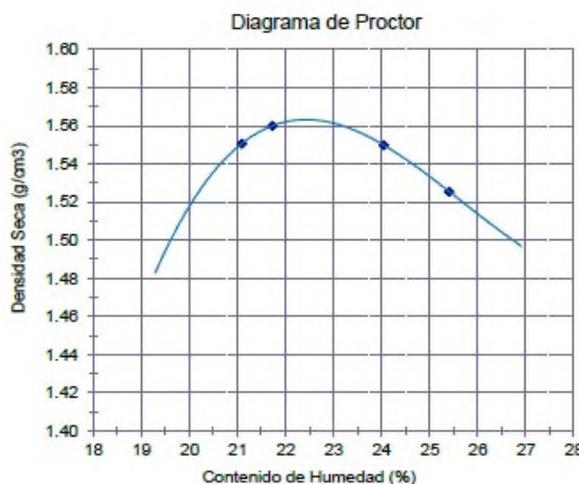
Identificación de la muestra:

Calicata: C - 1,2,3 Muestra: CL + 10% Ceniza de cascarilla de oryza sativa. Profundidad: 0.25m - 0.80m.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

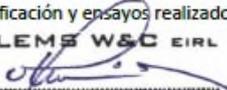
Máxima densidad seca	1.563 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	22.44 %

Especimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm ³)	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	13.5	0.02	1.569	0.1"	100	13.4
02	25	12.6	0.06	1.518	0.1"	95	12.3
03	12	11.9	0.11	1.445	0.2"	100	15.9
					0.2"	95	14.2



OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayos realizado por el solicitante.


LEMS W&C EIRL

WILSON OLAYA AGUILAR
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

Solicitantes : JOSE NILSEN CRUZ VARGAS
LUIZ FERNANDO ALARCÓN ROJAS

Proyecto : ESTUDIO COMPARATIVO DE ECOESTABILIZANTES EN SUELOS COHESIVOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN

Ubicación : CARRETERA C.P HUALATÁN - C.P CALABOZO DEL DISTRITO CHONTALÍ - PROVINCIA JAÉN - DEPARTAMENTO CAJAMARCA.

Fecha de apertura : 22 de mayo del 2022

Código : N.T.P. 339.145

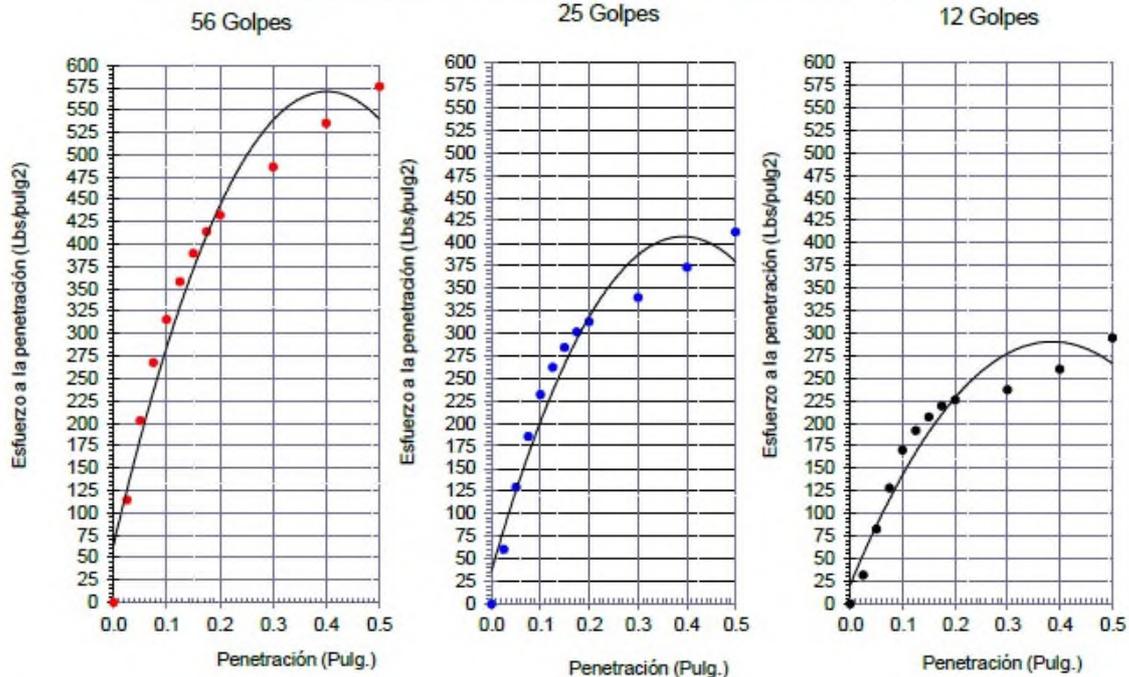
Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

Identificación de la muestra:

Calicata: C - 1,2,3

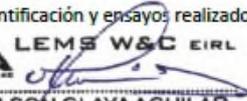
Muestra: CL + 15% Ceniza de cascarilla de orza sativa. Profundidad: 0.25m - 0.80m.

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



OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayos realizado por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 246904

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitantes : JOSE NILSEN CRUZ VARGAS
 LUIZ FERNANDO ALARCÓN ROJAS

Proyecto : ESTUDIO COMPARATIVO DE ECOESTABILIZANTES EN SUELOS COHESIVOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN

Ubicación : CARRETERA C.P HUALATÁN - C.P CALABOZO DEL DISTRITO CHONTALÍ - PROVINCIA JAÉN - DEPARTAMENTO CAJAMARCA.

Fecha de recepción : 30 de mayo del 2022

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 - 1,2,3 Muestra: CL + 15% Ceniza de cascavilla de orza sativa. Profundidad: 0.25m - 0.80m.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.479 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	25.51 %

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm ³)	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	23.0	0.01	1.476	0.1"	100	23.2
02	25	17.0	0.05	1.398	0.1"	95	17.5
03	12	12.5	0.09	1.333	0.2"	100	27.3
					0.2"	95	20.4

Diagrama de Proctor

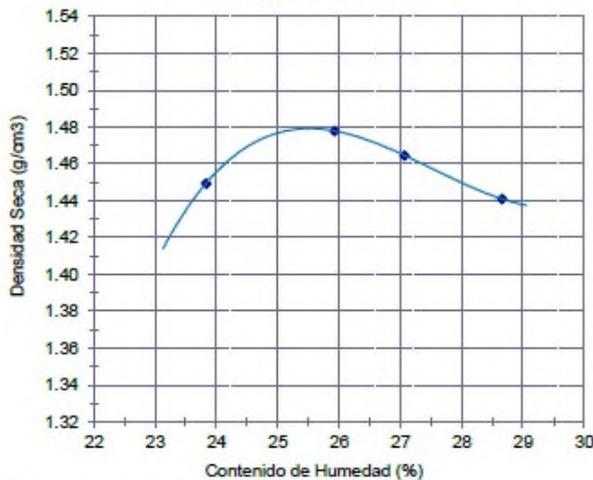
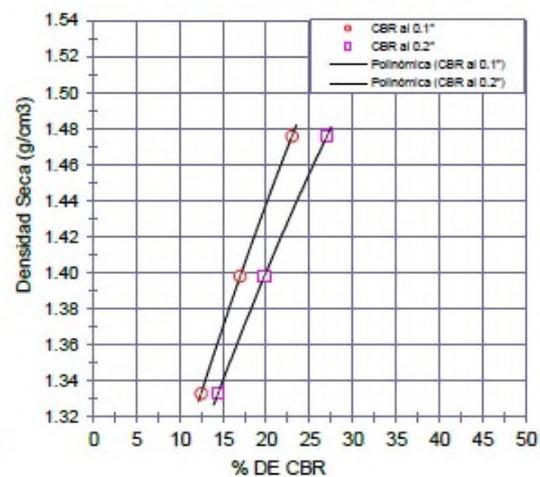
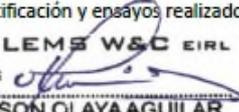


Diagrama de CBR vs Densidad



OBSERVACIONES :

- Muestreo, Identificación y ensayos realizado por el solicitante.

 **LEMS W&C EIRL**

WILSON OLAYA AGUILAR
 T.E.C. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

 
Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904



INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

Solicitantes : JOSE NILSEN CRUZ VARGAS
 LUIZ FERNANDO ALARCÓN ROJAS

Proyecto : ESTUDIO COMPARATIVO DE ECOESTABILIZANTES EN SUELOS COHESIVOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN

Ubicación : CARRETERA C.P HUALATÁN - C.P CALABOZO DEL DISTRITO CHONTALÍ - PROVINCIA JAÉN - DEPARTAMENTO CAJAMARCA.

Fecha de apertura : 22 de mayo del 2022

Código : N.T.P. 339.145

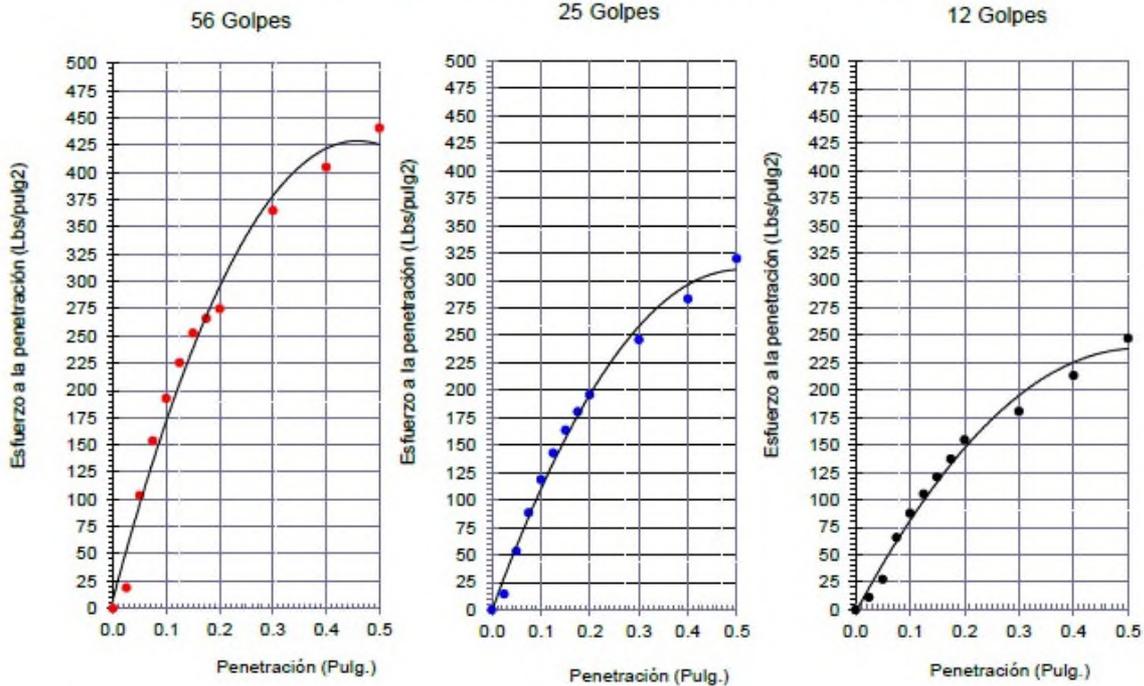
Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

Identificación de la muestra:

Calicata: C - 1,2,3

Muestra: CL + 20% Ceniza de cascarilla de oryza sativa. Profundidad: 0.25m - 0.80m.

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



OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayos realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL

WILSON OLAYA AGUILAR
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitantes : JOSE NILSEN CRUZ VARGAS
 LUIZ FERNANDO ALARCÓN ROJAS

Proyecto : ESTUDIO COMPARATIVO DE ECOESTABILIZANTES EN SUELOS COHESIVOS CON
 FINES DE PAVIMENTACIÓN

Ubicación : CARRETERA C.P HUALATÁN - C.P CALABOZO DEL DISTRITO CHONTALÍ - PROVINCIA
 JAÉN - DEPARTAMENTO CAJAMARCA.

Fecha de recepción : 30 de mayo del 2022

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

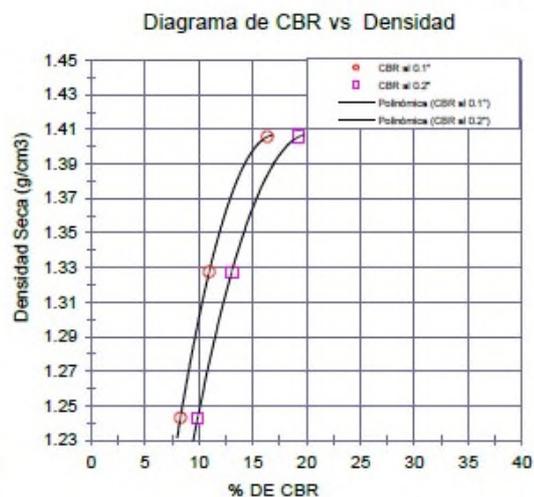
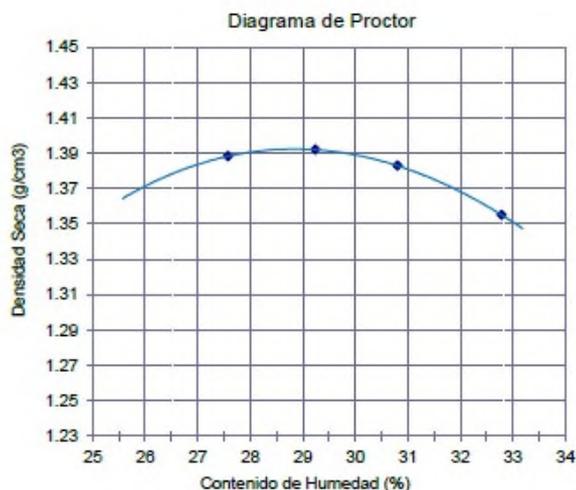
Identificación de la muestra:

Calicata: C - 1,2,3 Muestra: CL + 20% Ceniza de cascarilla de orza sativa. Profundidad: 0.25m - 0.80m.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.392 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	28.83 %

Especimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm ³)	CBR a la penetración (Pulg)	% de MOS	CBR (%)
01	56	16.4	0.04	1.406	0.1"	100	15.7
02	25	11.0	0.04	1.328	0.1"	95	10.8
03	12	8.3	0.04	1.243	0.2"	100	18.2
					0.2"	95	12.9



OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayos realizado por el solicitante.



WILSON OLAYA AGUILAR
 TEG. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

Solicitantes : JOSE NILSEN CRUZ VARGAS
LUIZ FERNANDO ALARCÓN ROJAS

Proyecto : ESTUDIO COMPARATIVO DE ECOESTABILIZANTES EN SUELOS COHESIVOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN

Ubicación : CARRETERA C.P HUALATÁN - C.P CALABOZO DEL DISTRITO CHONTALÍ - PROVINCIA JAÉN - DEPARTAMENTO CAJAMARCA.

Fecha de apertura : 22 de mayo del 2022

Código : N.T.P. 339.145

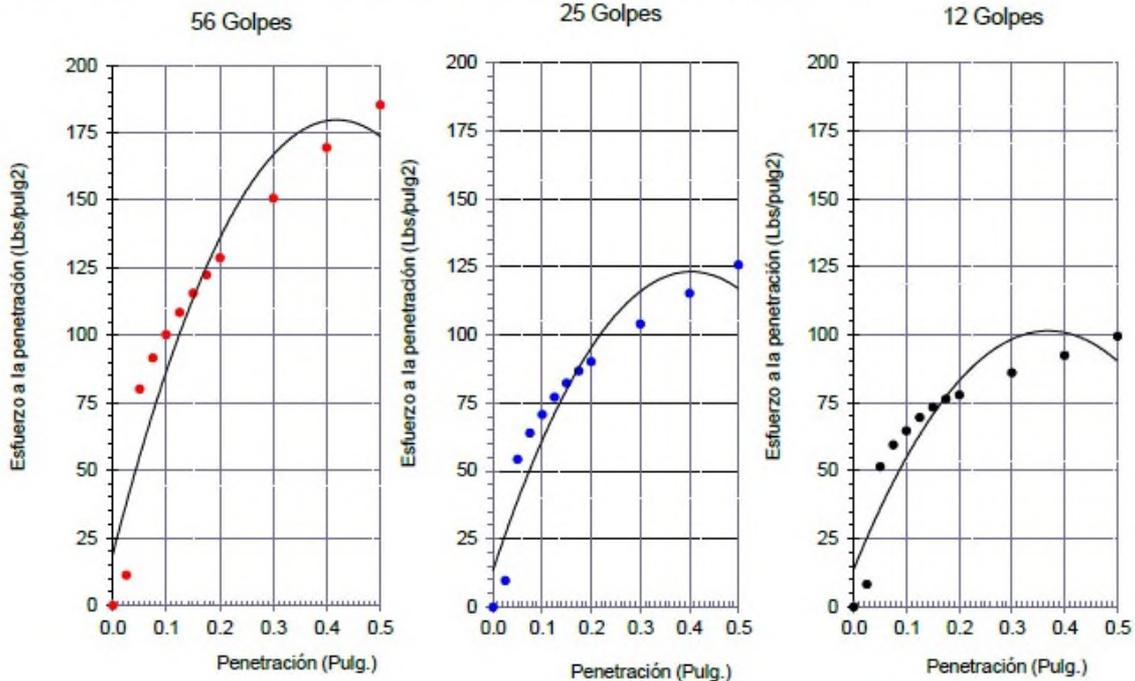
Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

Identificación de la muestra:

Calicata: C - 1,2,3

Muestra: CL + 25% Ceniza de cascarilla de oryza sativa. Profundidad: 0.25m - 0.80m.

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



OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayos realizado por el solicitante.


WILSON OLAYA AGUILAR
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS


Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitantes : JOSE NILSEN CRUZ VARGAS
 LUIZ FERNANDO ALARCÓN ROJAS

Proyecto : ESTUDIO COMPARATIVO DE ECOESTABILIZANTES EN SUELOS COHESIVOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN

Ubicación : CARRETERA C.P HUALATÁN - C.P CALABOZO DEL DISTRITO CHONTALÍ - PROVINCIA JAÉN - DEPARTAMENTO CAJAMARCA.

Fecha de recepción : 30 de mayo del 2022

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

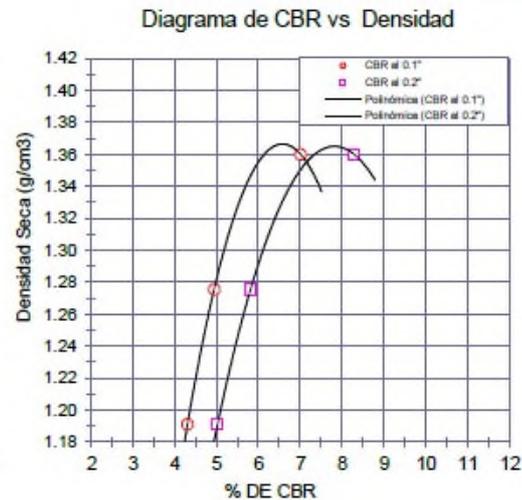
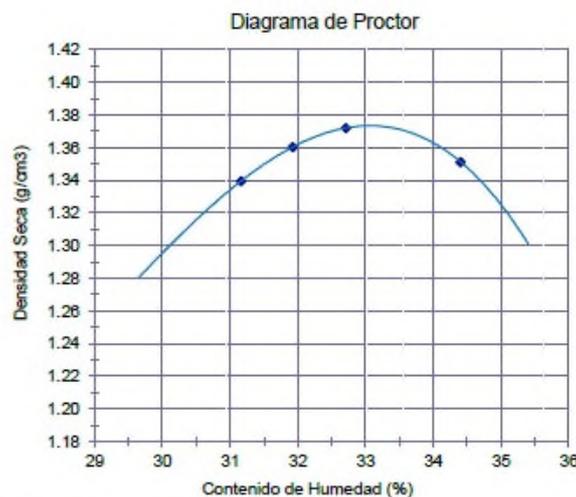
Identificación de la muestra:

Calicata: C - 1,2,3 Muestra: CL + 25% Ceniza de cascarilla de oryza sativa. Profundidad: 0.25m - 0.80m.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.373 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	33.08 %

Especimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm3)	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	7.0	0.01	1.380	0.1"	100	7.2
02	25	4.9	0.01	1.278	0.1"	95	5.2
03	12	4.3	0.02	1.191	0.2"	100	8.7
					0.2"	95	6.1



OBSERVACIONES :

- Muestreo, Identificación y ensayos realizado por el solicitante.



WILSON OLAYA AGUILAR
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Ángel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

Solicitantes : JOSE NILSEN CRUZ VARGAS
LUIZ FERNANDO ALARCÓN ROJAS

Proyecto : ESTUDIO COMPARATIVO DE ECOESTABILIZANTES EN SUELOS COHESIVOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN

Ubicación : CARRETERA C.P HUALATÁN - C.P CALABOZO DEL DISTRITO CHONTALÍ - PROVINCIA JAÉN - DEPARTAMENTO CAJAMARCA.

Fecha de apertura : 27 de mayo del 2022

Código : N.T.P. 339.145

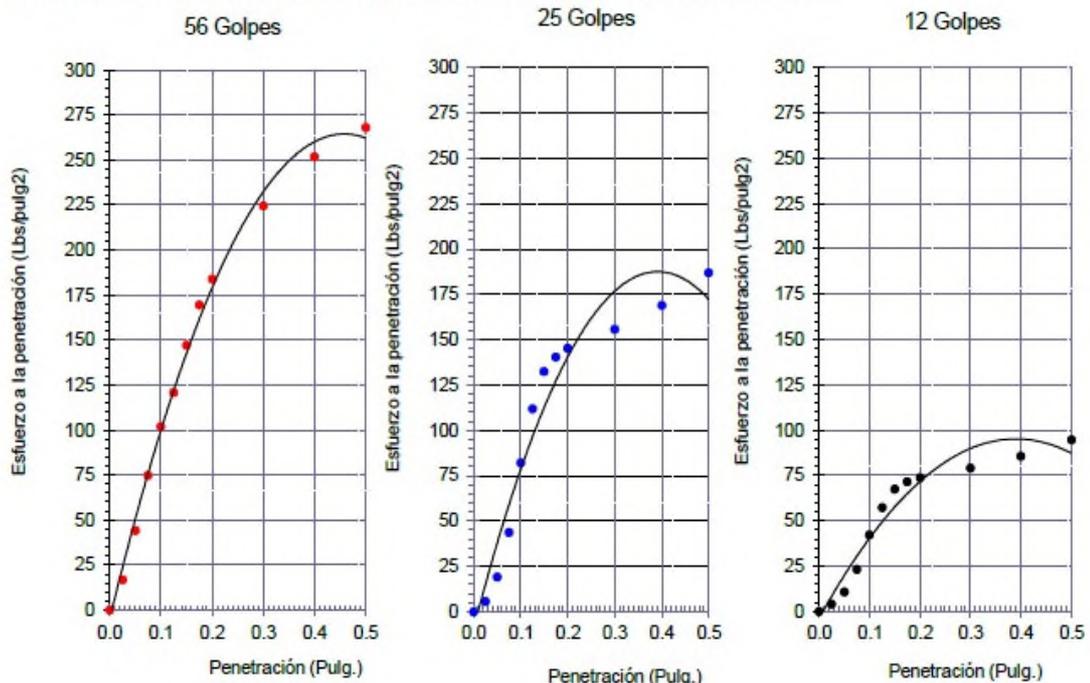
Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

Identificación de la muestra:

Calicata: C - 4,5,6

Muestra: MH + 10% Ceniza de cascarilla de oryza sativa. Profundidad: 0.30m - 0.95m.

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



OBSERVACIONES :

- Muestreo, Identificación y ensayos realizado por el solicitante.



WILSON OLAYA AGUILAR
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitantes : JOSE NILSEN CRUZ VARGAS
 LUIZ FERNANDO ALARCÓN ROJAS

Proyecto : ESTUDIO COMPARATIVO DE ECOESTABILIZANTES EN SUELOS COHESIVOS CON
 FINES DE PAVIMENTACIÓN

Ubicación : CARRETERA C.P HUALATÁN - C.P CALABOZO DEL DISTRITO CHONTALÍ -
 PROVINCIA JAÉN - DEPARTAMENTO CAJAMARCA.

Fecha de recepción : 06 de junio del 2022

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 - 4,5,6 Muestra: MH + 10% Ceniza de cascarilla de oryza sativa. Profundidad: 0.30m - 0.95m.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.431 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	31.00 %

Especimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm ³)	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	10.3	0.03	1.430	0.1"	100	10.3
02	25	8.5	0.18	1.389	0.1"	95	8.3
03	12	4.3	0.33	0.882	0.2"	100	12.1
					0.2"	95	9.4

Diagrama de Proctor

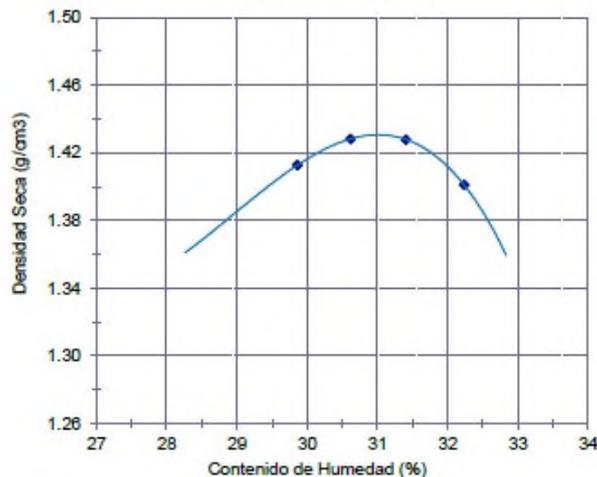
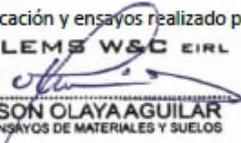


Diagrama de CBR vs Densidad


OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayos realizado por el solicitante.


LEMS W&C EIRL

WILSON OLAYA AGUILAR
 TÈC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 246904

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

Solicitantes : JOSE NILSEN CRUZ VARGAS
LUIZ FERNANDO ALARCÓN ROJAS

Proyecto : ESTUDIO COMPARATIVO DE ECOESTABILIZANTES EN SUELOS COHESIVOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN

Ubicación : CARRETERA C.P HUALATÁN - C.P CALABOZO DEL DISTRITO CHONTALÍ - PROVINCIA JAÉN - DEPARTAMENTO CAJAMARCA.

Fecha de apertura : 27 de mayo del 2022

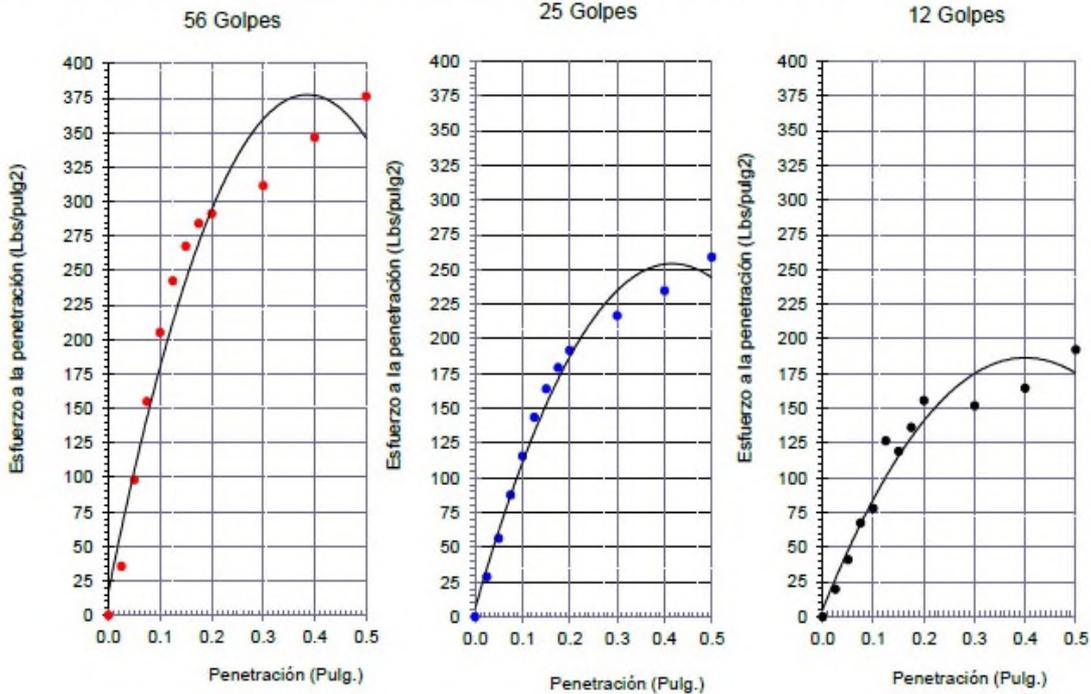
Código : N.T.P. 339.145

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 - 4,5,6 Muestra: MH + 15% Ceniza de cascarilla de oryza sativa. Profundidad: 0.30m - 95m.

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



OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayos realizado por el solicitante.



WILSON OLAYA AGUILAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitantes : JOSE NILSEN CRUZ VARGAS
 LUIZ FERNANDO ALARCÓN ROJAS

Proyecto : ESTUDIO COMPARATIVO DE ECOESTABILIZANTES EN SUELOS COHESIVOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN

Ubicación : CARRETERA C.P HUALATÁN - C.P CALABOZO DEL DISTRITO CHONTALÍ - PROVINCIA JAÉN - DEPARTAMENTO CAJAMARCA.

Fecha de recepción : 06 de junio del 2022

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

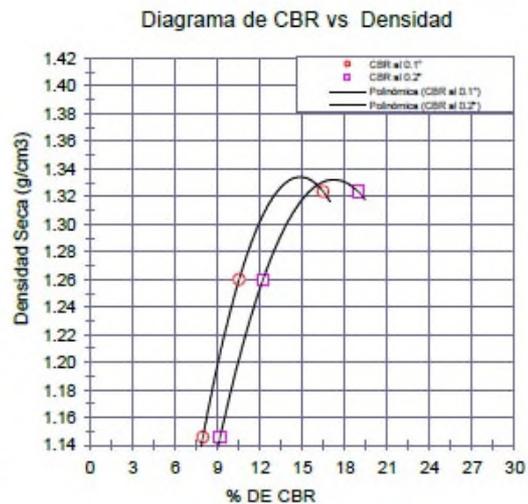
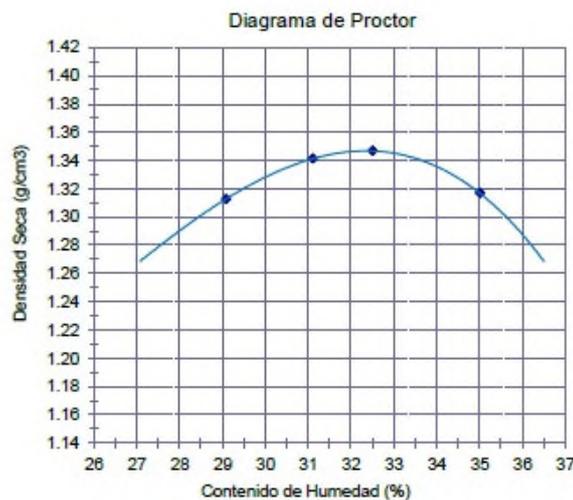
Identificación de la muestra:

Calicata: C - 4,5,6 Muestra: MH + 15% Ceniza de cascarilla de oryza sativa. Profundidad: 0.30m - 95m.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

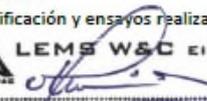
Máxima densidad seca	1.347 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	32.37 %

Especimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm ³)	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	16.5	0.03	1.324	0.1"	100	17.6
02	25	10.5	0.12	1.260	0.1"	95	11.0
03	12	8.0	0.21	1.146	0.2"	100	21.4
					0.2"	95	12.7



OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayos realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL

WILSON OLAYA AGUILAR
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS


 **Miguel Angel Ruiz Perales**
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

Solicitantes : JOSE NILSEN CRUZ VARGAS
 LUIZ FERNANDO ALARCÓN ROJAS

Proyecto : ESTUDIO COMPARATIVO DE ECOESTABILIZANTES EN SUELOS COHESIVOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN

Ubicación : CARRETERA C.P HUALATÁN - C.P CALABOZO DEL DISTRITO CHONTALÍ - PROVINCIA JAÉN - DEPARTAMENTO CAJAMARCA.

Fecha de apertura : 27 de mayo del 2022

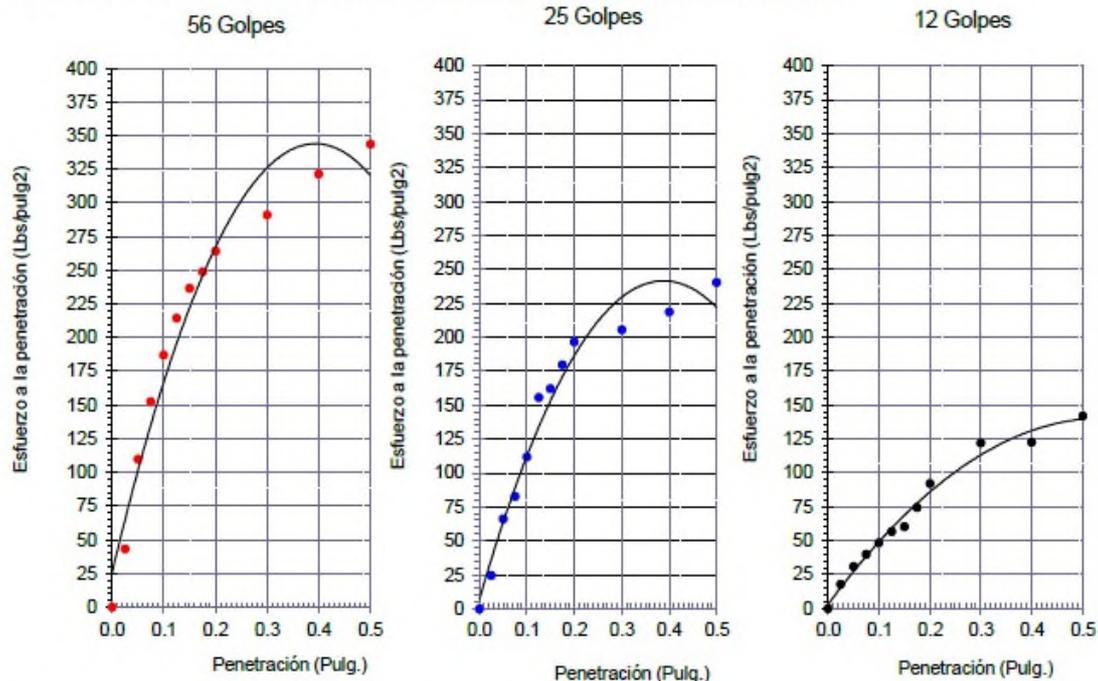
Código : N.T.P. 339.145

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 - 4,5,6 Muestra: MH + 20% Ceniza de cascarilla de orza sativa. Profundidad: 0.30m - 0.95m.

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



OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayos realizado por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
 T.E.C. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 246904

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitantes : JOSE NILSEN CRUZ VARGAS
 LUIZ FERNANDO ALARCÓN ROJAS

Proyecto : ESTUDIO COMPARATIVO DE ECOESTABILIZANTES EN SUELOS COHESIVOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN

Ubicación : CARRETERA C.P HUALATÁN - C.P CALABOZO DEL DISTRITO CHONTALÍ - PROVINCIA JAÉN - DEPARTAMENTO CAJAMARCA.

Fecha de recepción : 06 de junio del 2022

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 - 4,5,6 Muestra: MH + 20% Ceniza de cascarilla de oryza sativa. Profundidad: 0.30m - 0.95m.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.284 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	34.67 %

Especimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm ³)	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	14.5	0.01	1.277	0.1"	100	14.9
02	25	10.8	0.03	1.214	0.1"	95	10.9
03	12	4.6	0.04	1.088	0.2"	100	17.4
					0.2"	95	12.5

Diagrama de Proctor

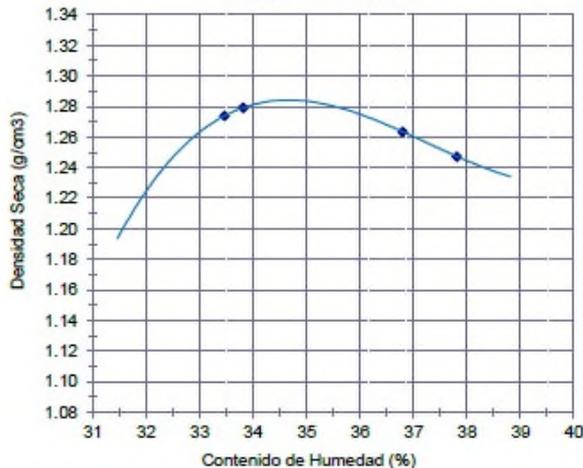
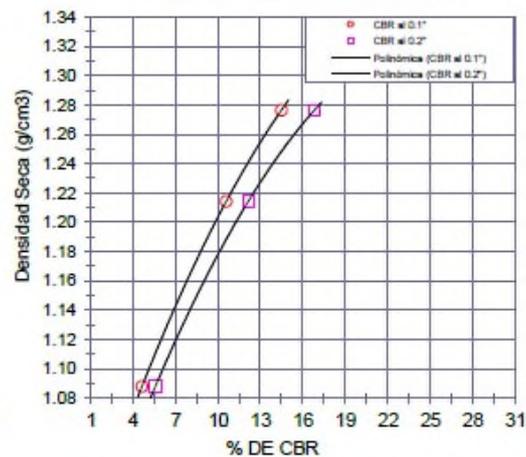


Diagrama de CBR vs Densidad


OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayos realizado por el solicitante.


LEMS W&C EIRL

WILSON OLAYA AGUILAR
 T.E.C. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

Solicitantes : JOSE NILSEN CRUZ VARGAS
 LUIZ FERNANDO ALARCÓN ROJAS

Proyecto : ESTUDIO COMPARATIVO DE ECOESTABILIZANTES EN SUELOS COHESIVOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN

Ubicación : CARRETERA C.P HUALATÁN - C.P CALABOZO DEL DISTRITO CHONTALÍ - PROVINCIA JAÉN - DEPARTAMENTO CAJAMARCA.

Fecha de apertura : 27 de mayo del 2022

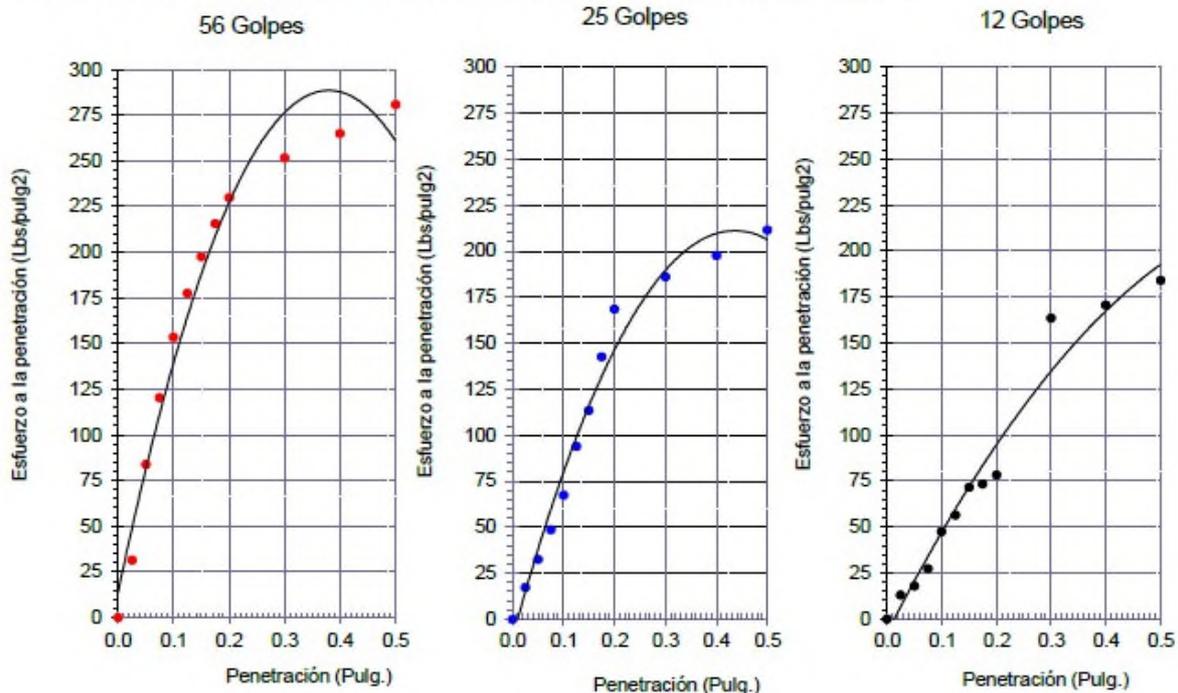
Código : N.T.P. 339.145

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

Identificación de la muestra:

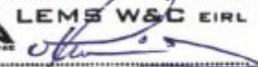
Calicata: C - 4,5,6 Muestra: MH + 25% Ceniza de cascarilla de oryza sativa. Profundidad: 0.30m - 0.95m.

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



OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayos realizado por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
 T.E.C. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitantes : JOSE NILSEN CRUZ VARGAS
 LUIZ FERNANDO ALARCÓN ROJAS

Proyecto : ESTUDIO COMPARATIVO DE ECOESTABILIZANTES EN SUELOS COHESIVOS CON
 FINES DE PAVIMENTACIÓN

Ubicación : CARRETERA C.P HUALATÁN - C.P CALABOZO DEL DISTRITO CHONTALÍ -
 PROVINCIA JAÉN - DEPARTAMENTO CAJAMARCA.

Fecha de recepción : 06 de junio del 2022

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

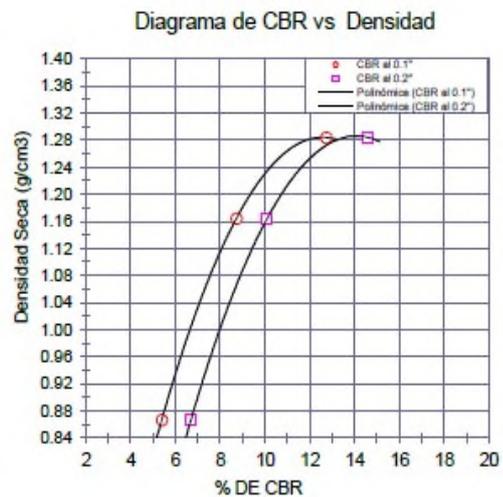
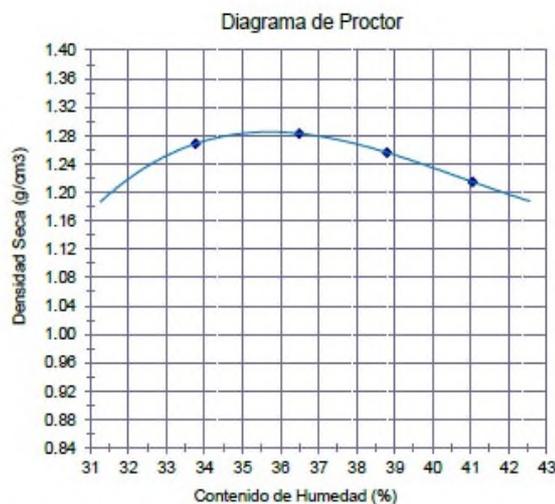
Identificación de la muestra:

Calicata: C - 4,5,6 MH + 25% Ceniza de cascarilla de oryza sativa arroz. Profundidad: 0.30m - 0.95m.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.285 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	35.75 %

Especimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm ³)	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	12.7	0.01	1.284	0.1"	100	12.8
02	25	8.7	0.03	1.164	0.1"	95	9.4
03	12	5.4	0.06	0.867	0.2"	100	14.7
					0.2"	95	10.7



OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayos realizado por el solicitante.


LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS


Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904



INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

Solicitantes : JOSE NILSEN CRUZ VARGAS
LUIZ FERNANDO ALARCÓN ROJAS

Proyecto : ESTUDIO COMPARATIVO DE ECOESTABILIZANTES EN SUELOS COHESIVOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN

Ubicación : CARRETERA C.P HUALATÁN - C.P CALABOZO DEL DISTRITO CHONTALÍ - PROVINCIA JAÉN - DEPARTAMENTO CAJAMARCA.

Fecha de apertura : 03 junio del 2022

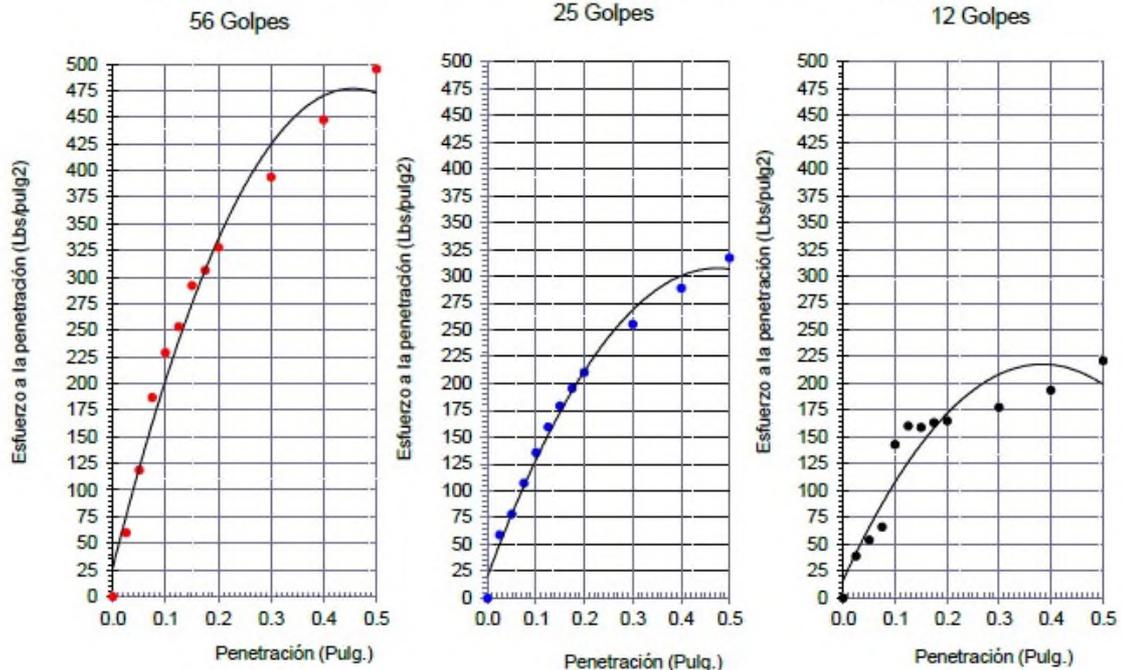
Código : N.T.P. 339.145

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 - 1,2,3 Muestra: CL + 15% Ceniza de cascarilla de café arábico. Profundidad: 0.25m - 0.80m.

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



OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayos realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
 T.E.C. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 246904



INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitantes : JOSE NILSEN CRUZ VARGAS
LUIZ FERNANDO ALARCÓN ROJAS

Proyecto : ESTUDIO COMPARATIVO DE ECOESTABILIZANTES EN SUELOS COHESIVOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN

Ubicación : CARRETERA C.P HUALATÁN - C.P CALABOZO DEL DISTRITO CHONTALÍ - PROVINCIA JAÉN - DEPARTAMENTO CAJAMARCA.

Fecha de recepción : 12 de junio del 2022

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 - 1,2,3 Muestra: CL + 15% Ceniza de cascarilla de café arábico. Profundidad: 0.25m - 0.80m.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.548 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	18.24 %

Especimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm ³)	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	17.9	0.08	1.543	0.1"	100	18.1
02	25	11.0	0.12	1.457	0.1"	95	11.4
03	12	9.4	0.16	1.390	0.2"	100	21.6
					0.2"	95	13.6

Diagrama de Proctor

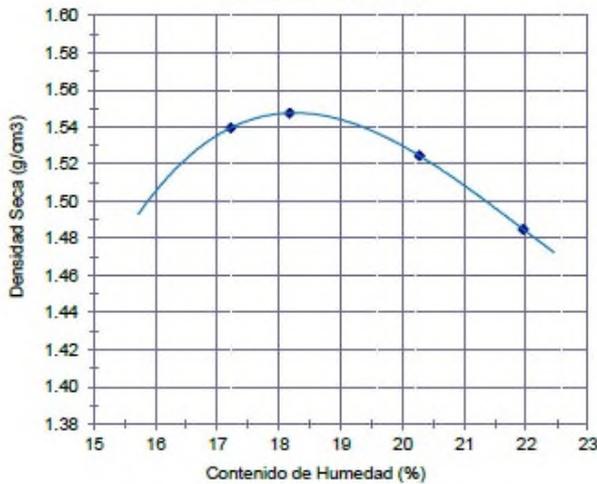
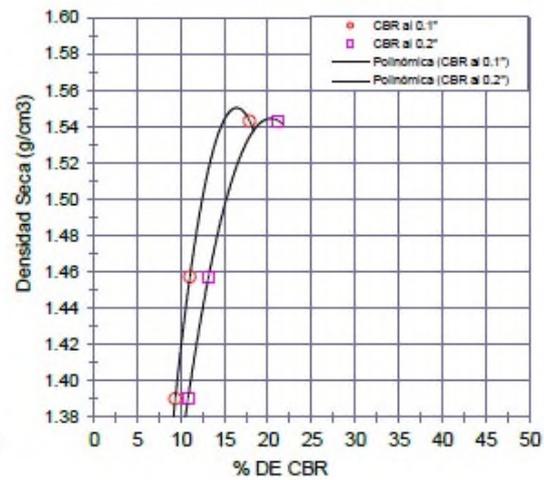


Diagrama de CBR vs Densidad



OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayos realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL

WILSON OLAYA AGUILAR
 TÈC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

Solicitantes : JOSE NILSEN CRUZ VARGAS
 LUIZ FERNANDO ALARCÓN ROJAS

Proyecto : ESTUDIO COMPARATIVO DE ECOESTABILIZANTES EN SUELOS COHESIVOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN

Ubicación : CARRETERA C.P HUALATÁN - C.P CALABOZO DEL DISTRITO CHONTALÍ - PROVINCIA JAÉN - DEPARTAMENTO CAJAMARCA.

Fecha de apertura : 03 de junio del 2022

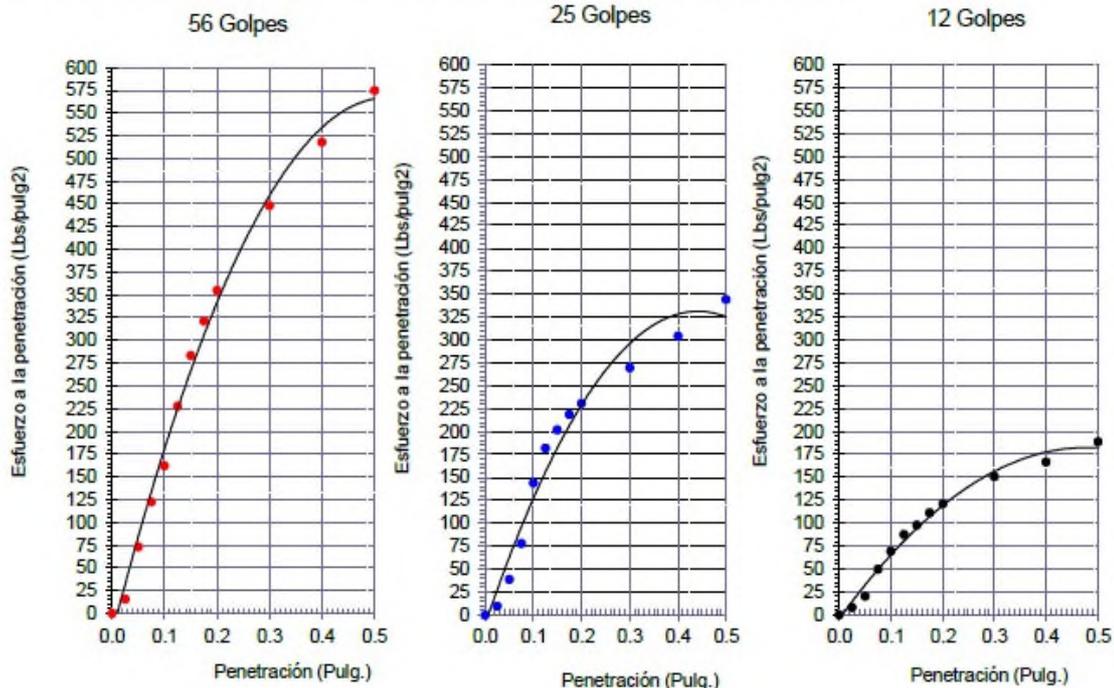
Código : N.T.P. 339.145

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 - 1,2,3 Muestra: CL + 20% Ceniza de cascarilla de café arábico. Profundidad: 0.25m - 0.80m.

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



OBSERVACIONES :

- Muestreo, Identificación y ensayos realizado por el solicitante.


LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
 T.E.C. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS


Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitantes : JOSE NILSEN CRUZ VARGAS
LUIZ FERNANDO ALARCÓN ROJAS

Proyecto : ESTUDIO COMPARATIVO DE ECOESTABILIZANTES EN SUELOS COHESIVOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN

Ubicación : CARRETERA C.P HUALATÁN - C.P CALABOZO DEL DISTRITO CHONTALÍ - PROVINCIA JAÉN - DEPARTAMENTO CAJAMARCA.

Fecha de recepción : 12 de junio del 2022

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 - 1,2,3 Muestra: CL + 20% Ceniza de cascarilla de café arábico. Profundidad: 0.25m - 0.80m.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.515 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	20.07 %

Especimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm ³)	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	19.9	0.03	1.507	0.1"	100	20.4
02	25	13.4	0.10	1.404	0.1"	95	15.3
03	12	6.9	0.18	1.282	0.2"	100	24.4
					0.2"	95	17.8

Diagrama de Proctor

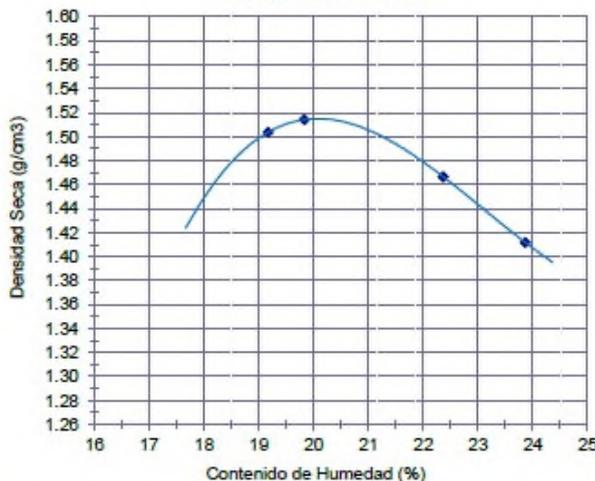
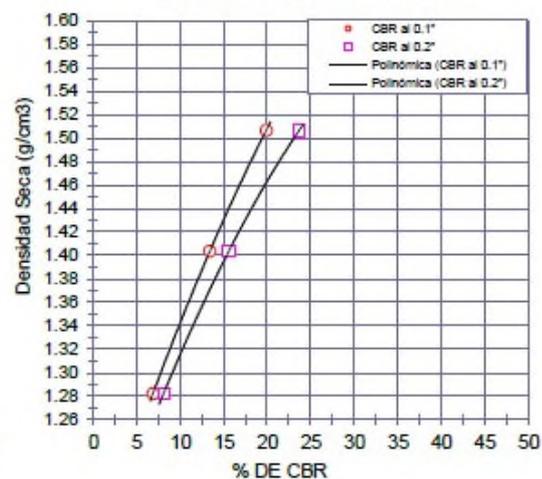


Diagrama de CBR vs Densidad



OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayos realizado por el solicitante.


WILSON OLAYA AGUILAR
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS


Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904



LEMS W&C EIRL

Certificado INDECOPI N°00137704 RNP Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5

Chiclayo – Lambayeque

R.U.C. 20480781334

Email: lemswyceirl@gmail.com

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

Solicitantes : JOSE NILSEN CRUZ VARGAS
LUIZ FERNANDO ALARCÓN ROJAS

Proyecto : ESTUDIO COMPARATIVO DE ECOESTABILIZANTES EN SUELOS COHESIVOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN

Ubicación : CARRETERA C.P HUALATÁN - C.P CALABOZO DEL DISTRITO CHONTALÍ - PROVINCIA JAÉN - DEPARTAMENTO CAJAMARCA.

Fecha de apertura : 03 de junio del 2022

Código : N.T.P. 339.145

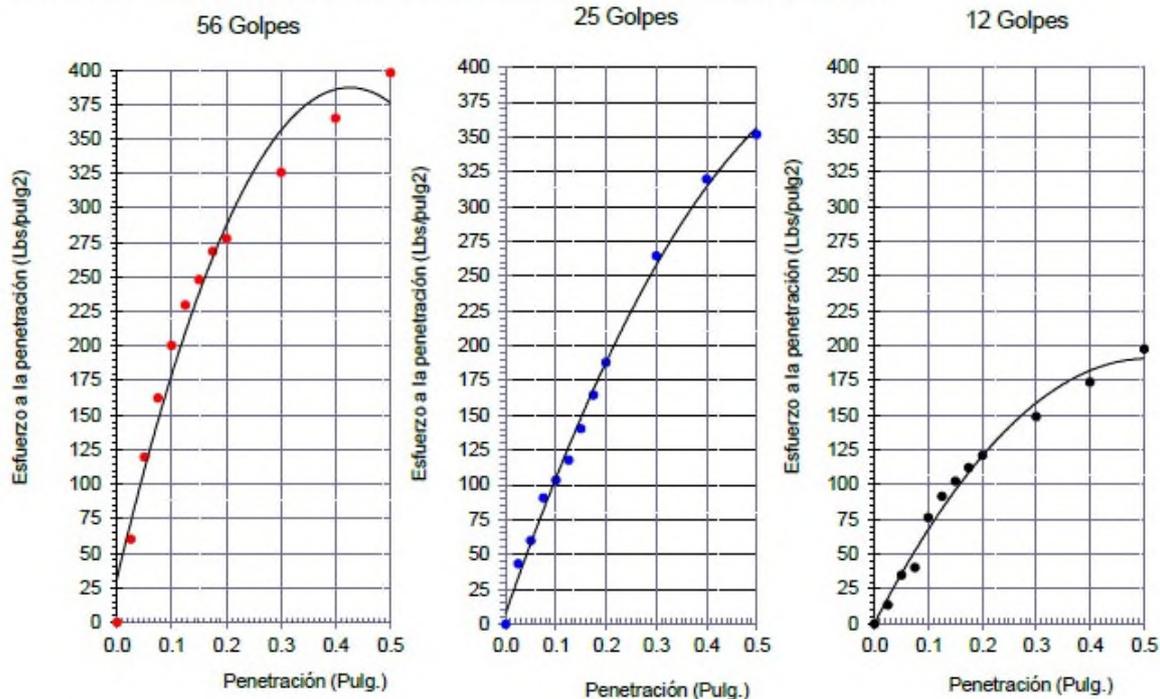
Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

Identificación de la muestra:

Calicata: C - 1,2,3

Muestra: CL + 25% Ceniza de cascarilla de café arábico. Profundidad: 0.25m - 0.80m.

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



OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayos realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL
Wilson Olaya Aguilar
WILSON OLAYA AGUILAR
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

Miguel Angel Ruiz Perales
Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitantes : JOSE NILSEN CRUZ VARGAS
LUIZ FERNANDO ALARCÓN ROJAS

Proyecto : ESTUDIO COMPARATIVO DE ECOESTABILIZANTES EN SUELOS COHESIVOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN

Ubicación : CARRETERA C.P HUALATÁN - C.P CALABOZO DEL DISTRITO CHONTALÍ - PROVINCIA JAÉN - DEPARTAMENTO CAJAMARCA.

Fecha de recepción : 12 de junio del 2022

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 - 1,2,3 Muestra: CL + 25% Ceniza de cascarilla de café arábico. Profundidad: 0.25m - 0.80m.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.477 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	21.15 %

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm ³)	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	15.2	0.07	1.472	0.1"	100	15.4
02	25	9.7	0.11	1.388	0.1"	95	10.4
03	12	6.7	0.12	1.301	0.2"	100	18.2
					0.2"	95	13.0

Diagrama de Proctor

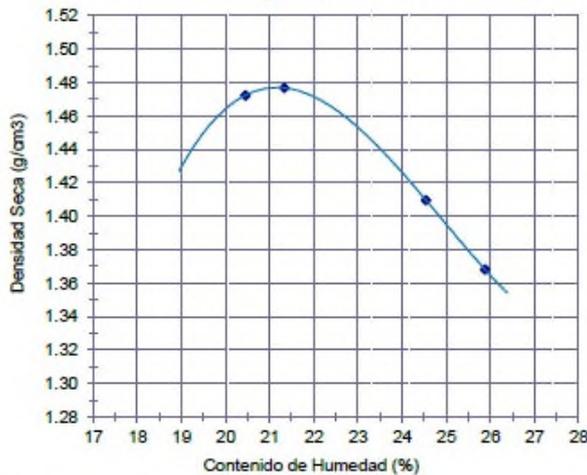
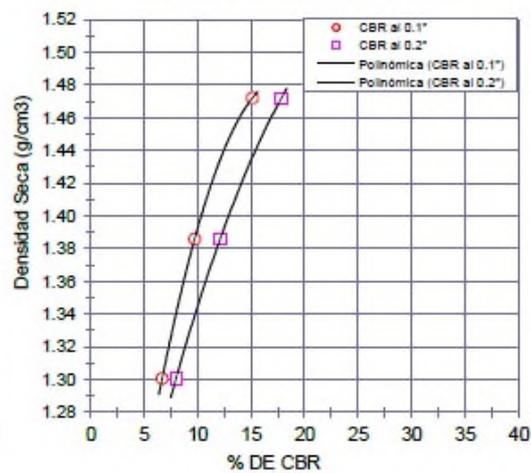
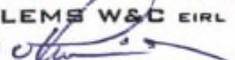


Diagrama de CBR vs Densidad



OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayos realizado por el solicitante.


LEMS W&C EIRL

WILSON OLAYA AGUILAR
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904



LEMS W&C EIRL

Certificado INDECOPI N°00137704 RNP Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5

Chiclayo – Lambayeque

R.U.C. 20480781334

Email: lemswyceirl@gmail.com

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

Solicitantes : JOSE NILSEN CRUZ VARGAS
LUIZ FERNANDO ALARCÓN ROJAS

Proyecto : ESTUDIO COMPARATIVO DE ECOESTABILIZANTES EN SUELOS COHESIVOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN

Ubicación : CARRETERA C.P HUALATÁN - C.P CALABOZO DEL DISTRITO CHONTALÍ - PROVINCIA JAÉN - DEPARTAMENTO CAJAMARCA.

Fecha de apertura : 03 de junio del 2022

Código : N.T.P. 339.145

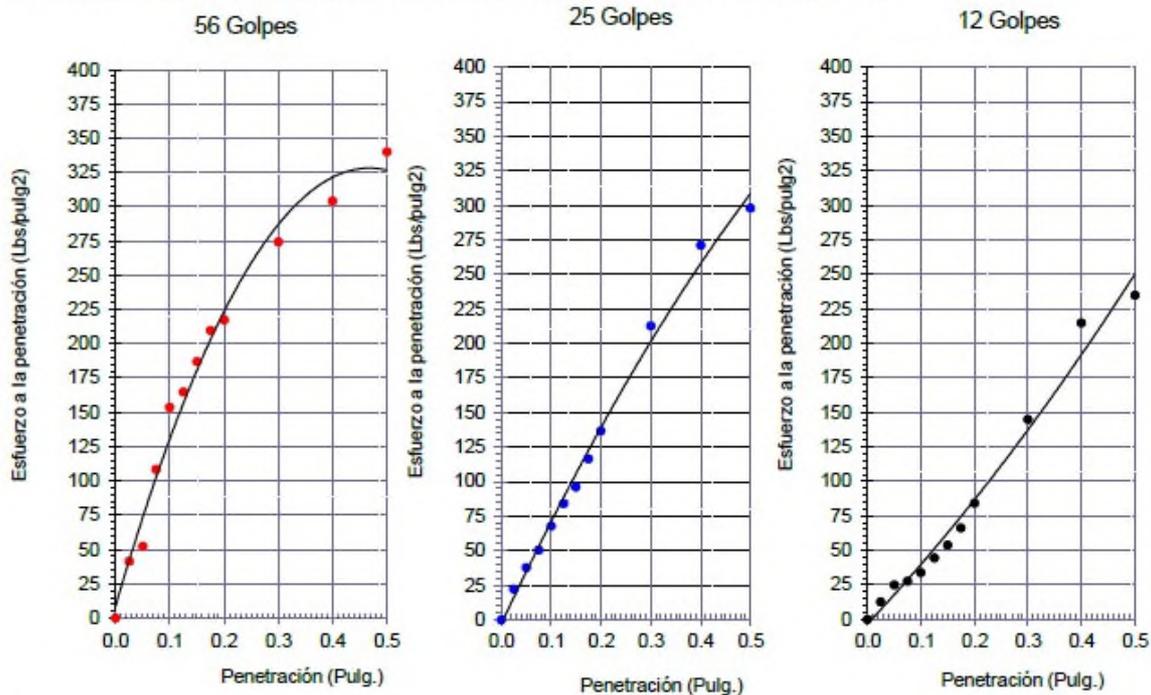
Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

Identificación de la muestra:

Calicata: C - 1,2,3

Muestra: CL + 30% Ceniza de cascarilla de café arábico. Profundidad: 0.25m - 0.80m.

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



OBSERVACIONES :

- Muestreo, Identificación y ensayos realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL

WILSON OLAYA AGUILAR
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitantes : JOSE NILSEN CRUZ VARGAS
 LUIZ FERNANDO ALARCÓN ROJAS

Proyecto : ESTUDIO COMPARATIVO DE ECOESTABILIZANTES EN SUELOS COHESIVOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN

Ubicación : CARRETERA C.P HUALATÁN - C.P CALABOZO DEL DISTRITO CHONTALÍ - PROVINCIA JAÉN - DEPARTAMENTO CAJAMARCA.

Fecha de recepción : 12 de junio del 2022

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 - 1,2,3 Muestra: CL + 30% Ceniza de cascavilla de café arábico. Profundidad: 0.25m - 0.80m.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.447 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	22.66 %

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm ³)	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	12.3	0.11	1.424	0.1"	100	13.1
02	25	7.4	0.16	1.296	0.1"	95	9.8
03	12	4.3	0.20	1.199	0.2"	100	15.4
					0.2"	95	12.2

Diagrama de Proctor

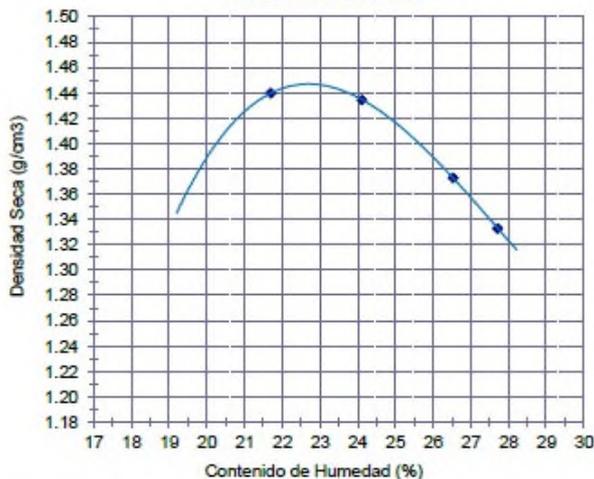
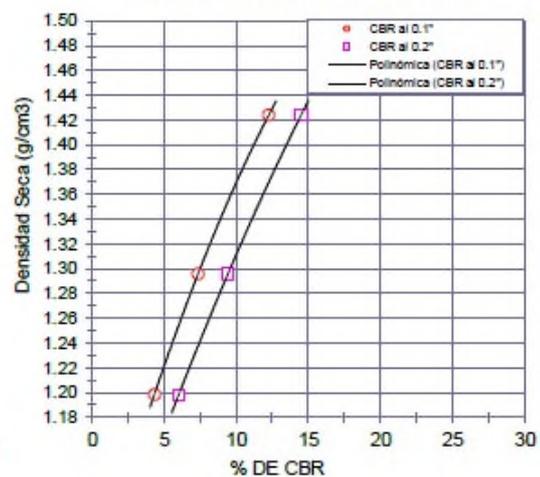


Diagrama de CBR vs Densidad



OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayos realizado por el solicitante.

 **LEMS W&C EIRL**

WILSON OLAYA AGUILAR
 T.E.C. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

 
Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904



INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

Solicitantes : JOSE NILSEN CRUZ VARGAS
LUIZ FERNANDO ALARCÓN ROJAS

Proyecto : ESTUDIO COMPARATIVO DE ECOESTABILIZANTES EN SUELOS COHESIVOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN

Ubicación : CARRETERA C.P HUALATÁN - C.P CALABOZO DEL DISTRITO CHONTALÍ - PROVINCIA JAÉN - DEPARTAMENTO CAJAMARCA.

Fecha de apertura : 09 de junio del 2022

Código : N.T.P. 339.145

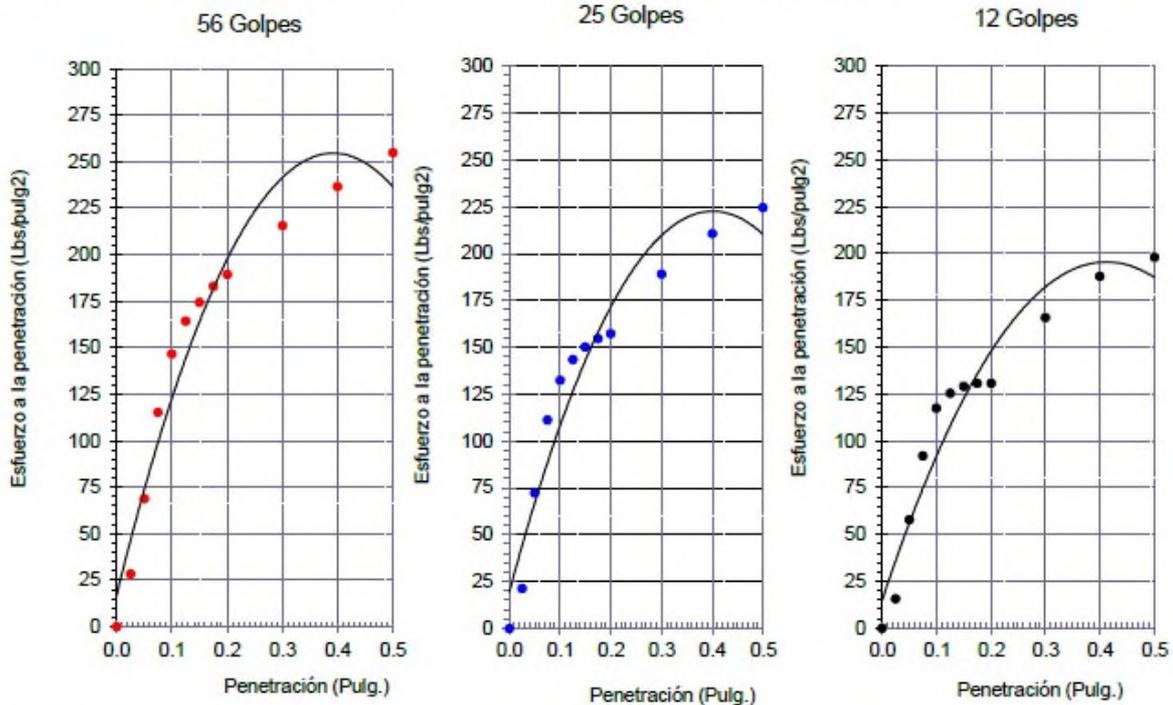
Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

Identificación de la muestra:

Calicata: C - 4,5,6

Muestra: MH + 15% Ceniza de cascarilla de café arábico. Profundidad: 0.30m - 0.95m.

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



OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayos realizado por el solicitante.


WILSON OLAYA AGUILAR
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS


 **Miguel Angel Ruiz Perales**
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitantes : JOSE NILSEN CRUZ VARGAS
 LUIZ FERNANDO ALARCÓN ROJAS

Proyecto : ESTUDIO COMPARATIVO DE ECOESTABILIZANTES EN SUELOS COHESIVOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN

Ubicación : CARRETERA C.P HUALATÁN - C.P CALABOZO DEL DISTRITO CHONTALÍ - PROVINCIA JAÉN - DEPARTAMENTO CAJAMARCA.

Fecha de recepción : 18 de junio 2022

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

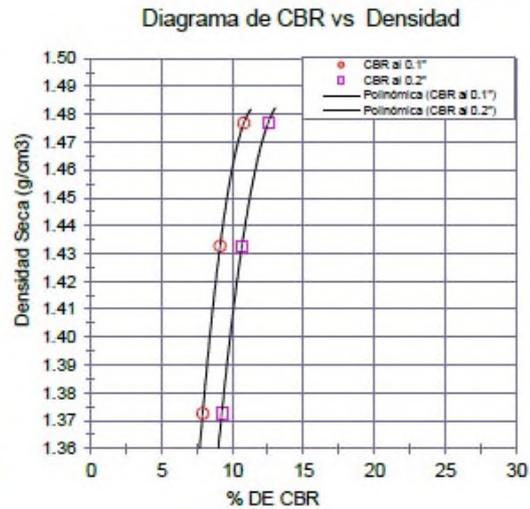
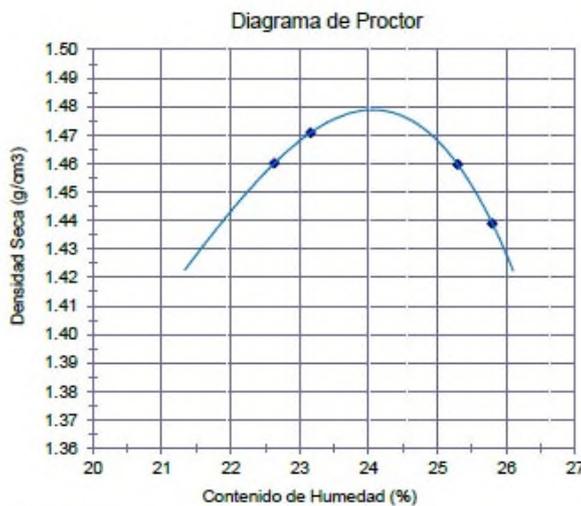
Identificación de la muestra:

Calicata: C - 4,5,6 Muestra: MH + 15% Ceniza de cascarilla de café arábico. Profundidad: 0.30m - 0.95m.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

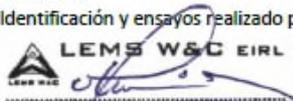
Máxima densidad seca	1.479 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	24.07 %

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm ³)	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	10.8	0.10	1.477	0.1"	100	10.9
02	25	9.1	0.27	1.433	0.1"	95	8.6
03	12	7.9	0.43	1.373	0.2"	100	12.6
					0.2"	95	10.0



OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayos realizado por el solicitante.


LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
 T.E.C. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS


 **Miguel Angel Ruiz Perales**
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

Solicitantes : JOSE NILSEN CRUZ VARGAS
 LUIZ FERNANDO ALARCÓN ROJAS

Proyecto : ESTUDIO COMPARATIVO DE ECOESTABILIZANTES EN SUELOS COHESIVOS CON
 FINES DE PAVIMENTACIÓN

Ubicación : CARRETERA C.P HUALATÁN - C.P CALABOZO DEL DISTRITO CHONTALÍ -
 PROVINCIA JAÉN - DEPARTAMENTO CAJAMARCA.

Fecha de apertura : 09 de junio del 2022

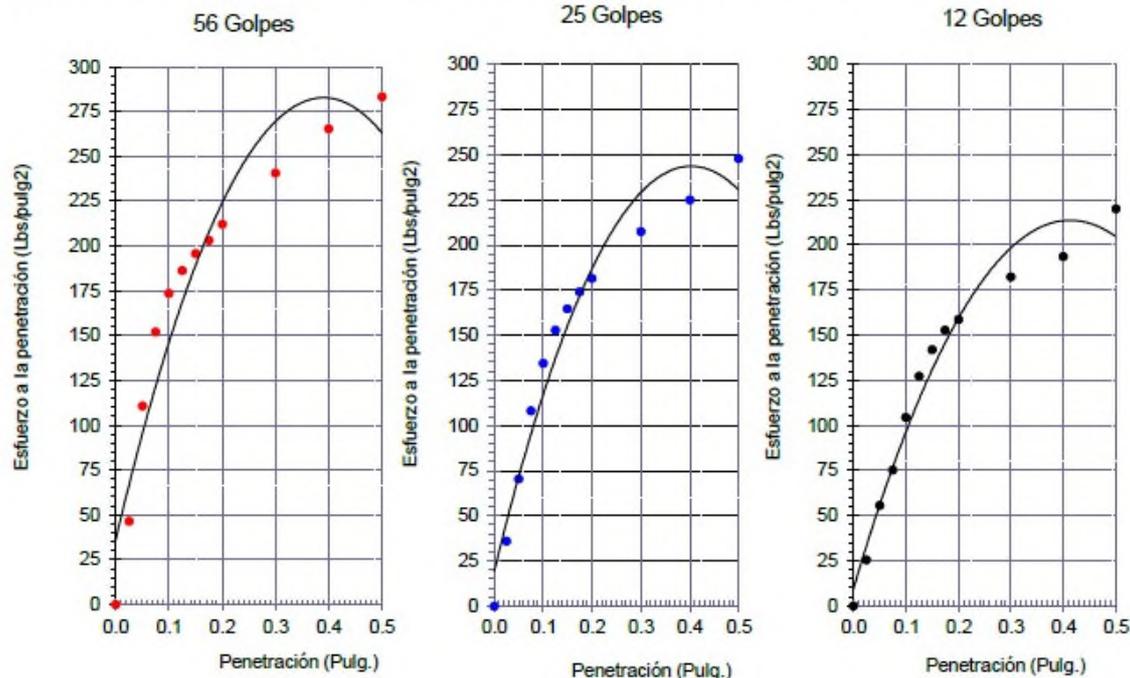
Código : N.T.P. 339.145

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

Identificación de la muestra:

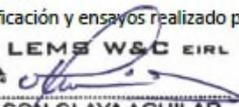
Calicata: C - 4,5,6 Muestra: MH + 20% Ceniza de cascarilla de café arábico. Profundidad: 0.30m - 0.95m.

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



OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayos realizado por el solicitante.


LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitantes : JOSE NILSEN CRUZ VARGAS
 LUIZ FERNANDO ALARCÓN ROJAS

Proyecto : ESTUDIO COMPARATIVO DE ECOESTABILIZANTES EN SUELOS COHESIVOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN

Ubicación : CARRETERA C.P HUALATÁN - C.P CALABOZO DEL DISTRITO CHONTALÍ - PROVINCIA JAÉN - DEPARTAMENTO CAJAMARCA.

Fecha de recepción : 18 de junio del 2022

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 - 4,5,6 Muestra: MH + 20% Ceniza de cascarilla de café arábico. Profundidad: 0.30m - 0.95m.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.450 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	26.26 %

Especimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm ³)	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	11.5	0.05	1.443	0.1"	100	11.7
02	25	10.0	0.06	1.391	0.1"	95	9.8
03	12	8.8	0.07	1.324	0.2"	100	13.8
					0.2"	95	11.4

Diagrama de Proctor

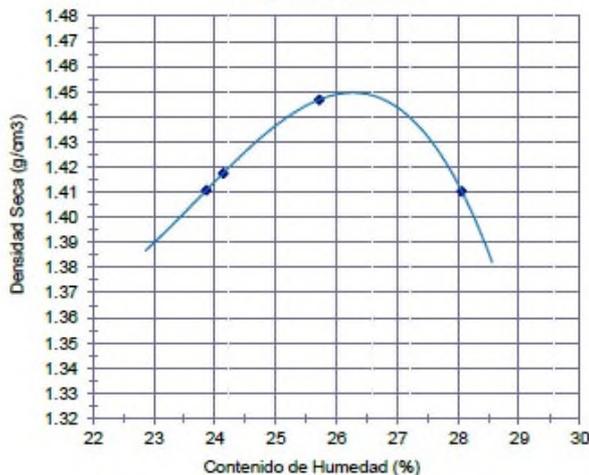
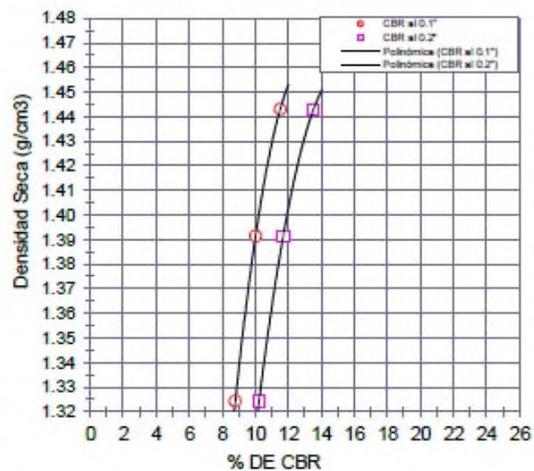
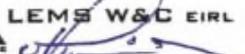


Diagrama de CBR vs Densidad



OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayos realizado por el solicitante.

 **LEMS W&C EIRL**

WILSON OLAYA AGUILAR
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

 
Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904



INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

Solicitantes : JOSE NILSEN CRUZ VARGAS
LUIZ FERNANDO ALARCÓN ROJAS

Proyecto : ESTUDIO COMPARATIVO DE ECOESTABILIZANTES EN SUELOS COHESIVOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN

Ubicación : CARRETERA C.P HUALATÁN - C.P CALABOZO DEL DISTRITO CHONTALÍ - PROVINCIA JAÉN - DEPARTAMENTO CAJAMARCA.

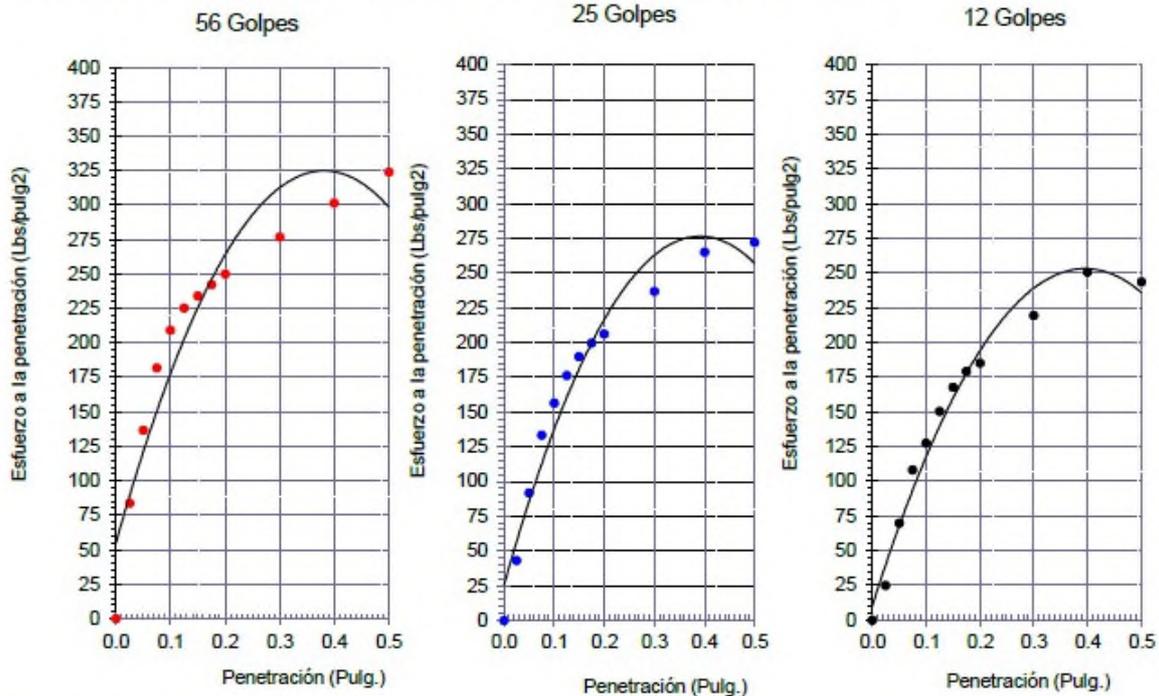
Fecha de apertura : 09 de junio del 2022

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 - 4,5,6 Muestra: MH + 25% Ceniza de cascarilla de café arábico. Profundidad: 0.30m - 0.95m.

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



OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayos realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
 T.E.C. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904



INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitantes : JOSE NILSEN CRUZ VARGAS
LUIZ FERNANDO ALARCÓN ROJAS

Proyecto : ESTUDIO COMPARATIVO DE ECOESTABILIZANTES EN SUELOS COHESIVOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN

Ubicación : CARRETERA C.P HUALATÁN - C.P CALABOZO DEL DISTRITO CHONTALÍ - PROVINCIA JAÉN - DEPARTAMENTO CAJAMARCA.

Fecha de recepción : 18 de junio del 2022

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 - 4,5,6 Muestra: MH + 25% Ceniza de cascarilla de café arábico. Profundidad: 0.30m - 0.95m.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.432 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	26.46 %

Especimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm ³)	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	13.1	0.05	1.423	0.1"	100	13.2
02	25	11.6	0.07	1.361	0.1"	95	11.5
03	12	10.9	0.10	1.313	0.2"	100	15.8
					0.2"	95	13.4

Diagrama de Proctor

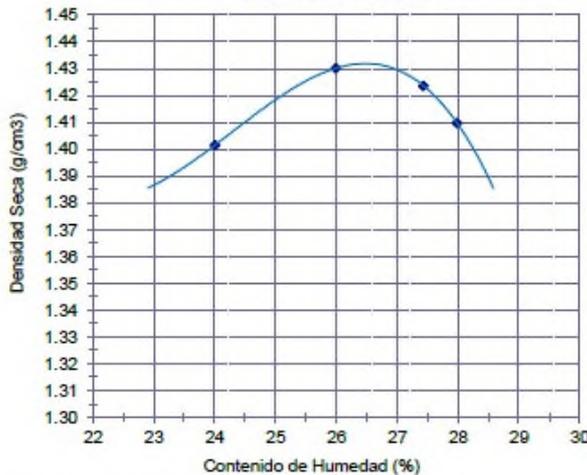
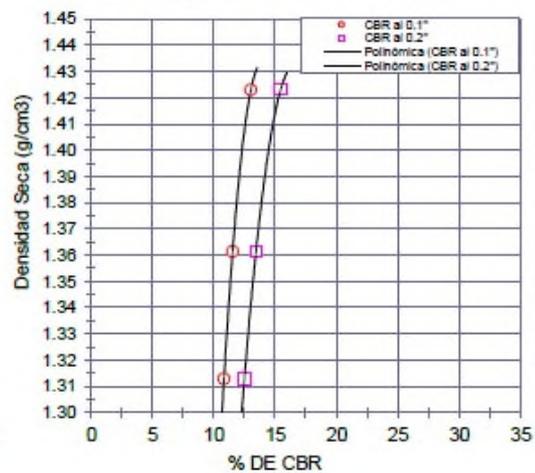


Diagrama de CBR vs Densidad



OBSERVACIONES :

- Muestreo, Identificación y ensayos realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL

WILSON OLAYA AGUILAR
 T.E.C. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904



INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

Solicitantes : JOSE NILSEN CRUZ VARGAS
 LUIZ FERNANDO ALARCÓN ROJAS

Proyecto : ESTUDIO COMPARATIVO DE ECOESTABILIZANTES EN SUELOS COHESIVOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN

Ubicación : CARRETERA C.P HUALATÁN - C.P CALABOZO DEL DISTRITO CHONTALÍ - PROVINCIA JAÉN - DEPARTAMENTO CAJAMARCA.

Fecha de apertura : 09 de junio del 2022

Código : N.T.P. 339.145

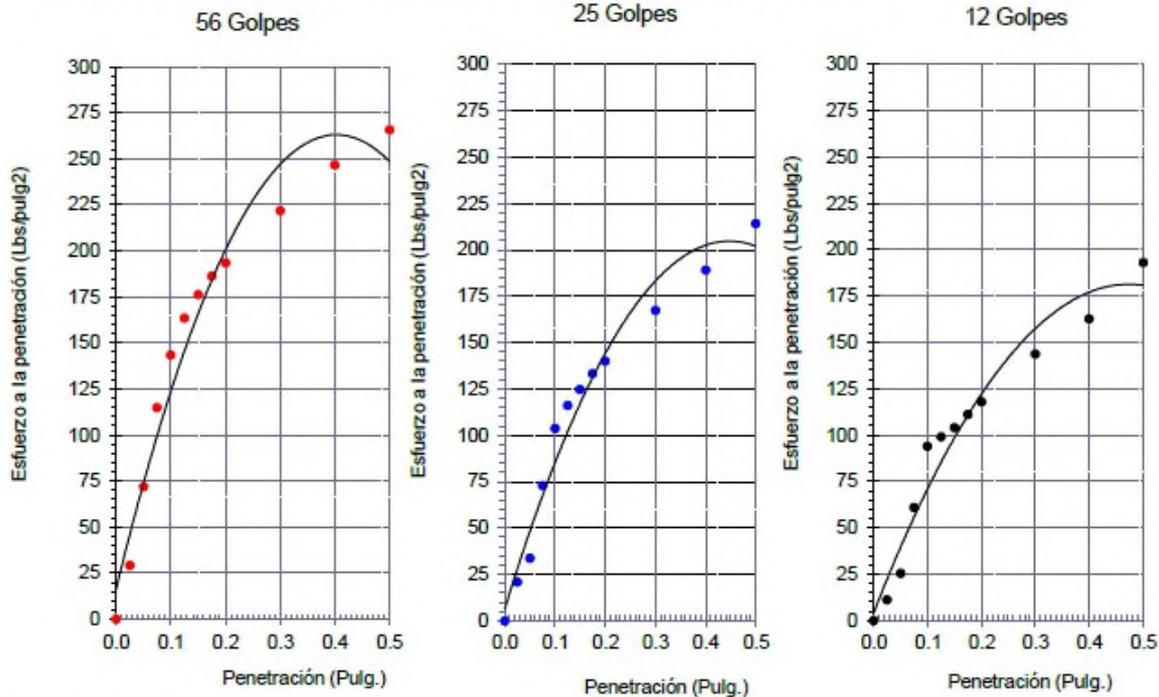
Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

Identificación de la muestra:

Calicata: C - 4,5,6

Muestra: MH + 30% Ceniza de cascarilla de café arábico. Profundidad: 0.30m - 0.95m.

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



OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayos realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL

WILSON OLAYA AGUILAR
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitantes : JOSE NILSEN CRUZ VARGAS
 LUIZ FERNANDO ALARCÓN ROJAS

Proyecto : ESTUDIO COMPARATIVO DE ECOESTABILIZANTES EN SUELOS COHESIVOS CON
 FINES DE PAVIMENTACIÓN

Ubicación : CARRETERA C.P HUALATÁN - C.P CALABOZO DEL DISTRITO CHONTALÍ -
 PROVINCIA JAÉN - DEPARTAMENTO CAJAMARCA.

Fecha de recepción : 18 de junio del 2022

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:

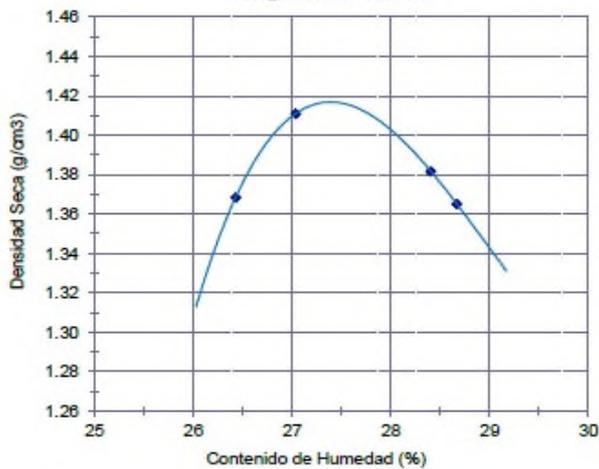
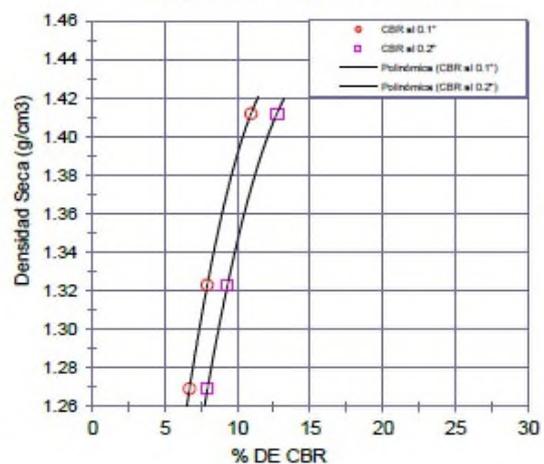
Calicata: C - 4,5,6

Muestra: MH + 30% Ceniza de cascarilla de café arábico. Profundidad: 0.30m - 0.95m.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.417 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	27.39 %

Especimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm ³)	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	10.9	0.08	1.412	0.1"	100	11.1
02	25	7.9	0.08	1.323	0.1"	95	8.5
03	12	6.7	0.09	1.269	0.2"	100	12.9
					0.2"	95	9.9

Diagrama de Proctor

Diagrama de CBR vs Densidad

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayos realizado por el solicitante.



WILSON OLAYA AGUILAR
 TÈC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

ANEXO 3: resumen de resultados de caracterización físicas de las muestras.

parámetro	unidad	C- 1		C- 2		C-3		C-4		C-5		C-6	
		M-1	M-2	M-1	M-2	M-1	M-2	M-1	M-2	M-1	M-2	M-1	M-2
w	%	22.49	13.40	23.12	12.00	34.92	37.51	28.68	30.45	47.65	27.32	36.74	31.27
LL	%	41.32	24.64	37.47	23.27	31.70	92.78	58.39	65.08	87.53	76.91	81.21	63.98
LP	%	23.67	10.99	22.20	16.85	16.50	23.10	30.48	29.82	45.74	27.93	38.09	32.67
IP	%	17.65	13.66	15.27	6.41	15.20	69.68	27.91	35.27	41.79	48.96	43.12	40.31
SUCS	---	CL	SC	CL	SC- SM	CL	CH	MH	CH	MH	CH	MH	CH
AASHTO	---	A-7- 6(10)	A-2- 6(0)	A-6(8)	A-2- 4(0)	A- 6(10)	A-7- 6(16)	A-7- 5(19)	A-7- 6(16)	A-7- 5(16)	A-7- 6(16)	A-7- 5(16)	A-7- 6(16)

ANEXO 4: resumen de resultados de caracterización mecánica de las muestras.

Denotación	SUCS	Porcentaje (%)	MDS (gr/cm ³)				(% de CBR 2.54)		(% de CBR 5.08)	
			mm de penetración		mm de penetración		mm de penetración		mm de penetración	
			95%	100%	MDS al 95%	MDS al 100%	MDS al 95%	MDS al 100%	MDS al 95%	MDS al 100%
Suelo natural		0	1.72	1.81	2.0	4.2	2.5	5.4		
CCA	CL	10	1.49	1.56	12.3	13.4	14.2	15.9		
		15	1.41	1.48	17.5	23.2	20.4	27.5		
		20	1.32	1.39	10.8	15.7	12.9	18.2		
		25	1.31	1.37	5.2	7.2	6.1	8.7		
CCCA	CL	15	1.47	1.55	11.4	18.1	13.6	21.6		
		20	1.44	1.52	15.3	20.4	17.8	24.4		
		25	1.4	1.48	10.4	15.4	13.0	18.2		
		30	1.38	1.45	9.8	13.1	12.2	15.4		
Suelo natural		0	1.61	1.69	2.0	2.8	2.4	3.3		
CCA	MH	10	1.36	1.43	8.3	10.3	9.4	12.1		
		15	1.28	1.35	11.0	17.6	12.7	21.4		
		20	1.220	1.28	10.9	14.9	12.5	17.4		
		25	1.22	1.29	9.4	12.8	10.7	14.7		
CCCA	MH	15	1.41	1.48	8.6	10.9	10.0	12.6		
		20	1.38	1.450	9.8	11.7	11.4	13.8		
		25	1.360	1.43	11.5	13.2	13.4	15.8		
		30	1.35	1.42	8.5	11.1	9.9	12.9		

ANEXO 5: Fotografías de investigación.

ANEXO 5.1: Excavación de puntos de estudio carretera C.P. Hualatán – C.P. Calabozo



ANEXO 5.2: Extracción de muestras de los seis puntos a estudiar de la carretera C.P.

Hualatán – C.P. Calabozo



ANEXO 5.3: Realización de los ensayos físicos de contenido de humedad y granulometría



ANEXO 5.4: Ensayos de límites de consistencia





ANEXO 5.5: Obtención de las cascarillas oryza sativa y café arábico



ANEXO 5.6: Incineración de la cascarilla de oryza sativa y café arábico



ANEXO 5.7: Molido de la ceniza de cascarilla de oryza sativa y café arábico



ANEXO 5.8: Adquisición del aditivo estabilizante por temperaturas de CCA y CCCA



ANEXO 5.9: Realización de los ensayos UCS por temperaturas para CCA y CCCA



ANEXO 5.10: Calibración de moldes para los ensayos de Proctor y CBR



ANEXO 5.11: Compactación y control de expansión de la muestra para el ensayo de CBR



ANEXO 6: Matriz de consistencia.

PROBLEMA	OBJETIVOS	MARCO TEÓRICO	HIPÓTESIS Y VARIABLES	METODOLOGÍA
	Objetivo General	Antecedentes	Hipótesis General	Método de Investigación
	Comparar las propiedades mecánicas suelo adicionando ceniza de cascarilla de oryza sativa y ceniza de cascarilla de café arábico con fines de pavimentación	Atahu [11] Hidalgo [21] Mohamed [12]	Los ecoestabilizantes (ceniza de cascarilla de oryza sativa y ceniza de cascarilla de café arábico) mejorarán las propiedades mecánicas del suelo con fines de pavimentación.	El tipo de investigación considera que es de tipo experimental. Diseño de Investigación El Diseño experimental fue aplicada para este estudio, debido a que la hipótesis se verifica de acuerdo a la manipulación controlada de la variable independiente (ceniza de Ceniza de cascarilla de oryza sativa y cascarilla de café
	Objetivos Específicos	Teorías relacionadas al tema		
¿Qué influencia tienen los ecoestabilizantes (ceniza de cascarilla de oryza sativa y ceniza de cascarilla de café arábico) en la	Determinar las temperaturas optimas de quemado de la cascarilla de oryza sativa y café. Caracterizar las propiedades físicas y mecánicas del suelo cohesivo en estado natural.	Ceniza de cascarilla de oryza sativa y cascarilla de café arábico .		

estabilización de suelos cohesivos?

Caracterizar las propiedades mecánicas del suelo cohesivo adicionando 15%, 20%, 25% y 30% de ceniza de cascarilla de café arábico.

Suelo.

Estabilización de suelos cohesivos.

Sistema Unificado de Clasificación de suelos.

Comparación de las propiedades mecánicas del suelo cohesivo en estado natural con las propiedades mecánicas del suelo cohesivo con ceniza de cascarilla de oryza sativa y el suelo cohesivo con ceniza de cascarilla de café arábico.

Variable dependiente

Estabilización de suelos cohesivos.
Variable independiente
Ceniza de cascarilla de oryza sativa
Y cascarilla de café arábico

arábico). Estabilizante de suelo en estudio para evaluar los cambios en las

propiedades mecánicas (Variable dependiente).

Población: Teniendo en cuenta

la georreferenciación de suelos de la vía que habilita los

centros poblados de Hualatán

y Calabozo ubicado en el

distrito de Chontalí provincia de

Jaén y región de Cajamarca, y

conociendo el tipo de suelo

que será objeto de la presente

investigación (suelo cohesivo)

se consideró

como población la vía.

CARTA DE AUTORIZACIÓN PARA EL RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Chiclayo, 11 de mayo de 2022

Quien suscribe:

Sr. Wilson Arturo Olaya Aguilar

**Representante Legal – LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS
W & C E.I.R.L. - LEMS W & C E.I.R.L.**

**AUTORIZA: Permiso para recojo de información pertinente en función del
proyecto de investigación, denominado “Estudio Comparativo de
Ecoestabilizantes en Suelos Cohesivos con Fines de Pavimentación”.**

Por el presente, el que suscribe, Wilson Arturo Olaya Aguilar representante legal de la empresa LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS W & C E.I.R.L. - LEMS W & C E.I.R.L. **AUTORIZO** a los estudiantes Alarcon Rojas Luiz Fernando, identificado con DNI N° 75842613 y Cruz Vargas Jose Nilsen, identificado con DNI N° 45502984, estudiantes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Señor de Sipán y autor del trabajo de investigación denominado “Estudio Comparativo de Ecoestabilizantes en Suelos cohesivos con Fines de Pavimentación” para el uso de laboratorio técnico y formatos de procesamiento de datos y cálculo para obtención de resultados de control de calidad en efectos exclusivamente académicos de la elaboración de tesis, enunciada líneas arriba de quien solicita se garantice la absoluta confidencialidad de la información solicitada.

Atentamente.



LEMS W&C EIRL.
WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR
GERENTE GENERAL