

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS:

**“MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO MECÁNICAS
DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA INMACULADA AL
ADICIONAR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ, JAÉN 2023”.**

**Para optar por el Título Profesional de
INGENIERO CIVIL**

Presentado por:

Autor: Bach. Izela Milagros Cubas Regalado

Asesor: Mgtr. Alejandro Cubas Becerra

Jaén – 2023

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

- FACULTAD DE INGENIERÍA -

1. Investigador: Izela Milagros Cubas Regalado
DNI: 71873957
Escuela Profesional: Ingeniería Civil
2. Asesor: M.T Alejandro Cubas Becerra
Facultad: Ingeniería
3. Grado académico o título profesional
 Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor
4. Tipo de Investigación:
 Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico
5. Título de Trabajo de Investigación:
"MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO MECÁNICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA INMACULADA AL ADICIONAR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ, JAÉN 2023"

"Fecha de evaluación: 19 /11/2024"
6. Software antiplagio: TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)
7. Porcentaje de Informe de Similitud: 17%
8. Código Documento: Oide:3117:407397240
9. Resultado de la Evaluación de Similitud:
10. :
 APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 28/11/2024



FIRMA DEL ASESOR

Alejandro Cubas Becerra

DNI: 26623287



Firmado digitalmente por:

BAZAN DIAZ Laura Sofia

FAU 20148258601 soft

Motivo: En señal de
conformidad

Fecha: 28/11/2024 23:08:40-0500

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI

AGRADECIMIENTO

Al ser divino, por la fortaleza, la salud, por su amor infinito y por ser una luz en mi camino para el logro de una de mis metas.

A mi madre, la incondicional, por creer fielmente en la educación e inculcarme valores, por su perseverancia y paciencia, por todo su esfuerzo y tantos sacrificios a lo largo de este proceso.

A mis hermanos, por ser su ejemplo, por su apoyo en todas las formas posibles, siendo un pilar fundamental en todo este proceso de formación, en especial a Elder Cubas Regalado.

A mi asesor el Ing. Alejandro Cubas Becerra, por brindarme su orientación teórica y metodológica, por su tiempo brindado y su gran apoyo en mi trabajo de investigación.

A mi pareja, por brindarme su tiempo, ser un apoyo incondicional, por sus consejos y por impulsarme a cumplir mis metas.

DEDICATORIA

A mi madre, por su gran amor y apoyo incondicional, por haberme brindado educación, y motivarme siempre al logro de mis metas.

A mis hermanos, por ser un ejemplo para mí, por su cariño y consejos en el desarrollo de mi formación profesional y todas las etapas de mi vida.

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | |
|---|------|
| AGRADECIMIENTO | i |
| DEDICATORIA | ii |
| ÍNDICE DE CONTENIDO | iii |
| ÍNDICE DE TABLAS | viii |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | x |
| RESUMEN | xi |
| ABSTRACT..... | xii |
| 1. CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1. Planteamiento del problema | 1 |
| 1.2. Formulación del problema..... | 2 |
| 1.3. Hipótesis | 2 |
| 1.3.1. Hipótesis General | 2 |
| 1.4. Justificación de la investigación..... | 2 |
| 1.5. Alcances y delimitaciones..... | 2 |
| 1.6. Limitaciones | 3 |
| 1.7. Objetivos..... | 3 |
| 1.7.1. Objetivo General | 3 |
| 1.7.2. Objetivos específicos: | 3 |
| 2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO | 4 |
| 2.1. Antecedentes Teóricos..... | 4 |
| 2.1.1. Antecedentes Internacionales | 4 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 2.1.2. | Antecedentes Nacionales..... | 4 |
| 2.1.3. | Antecedentes Locales | 5 |
| 2.2. | Bases Teóricas | 7 |
| 2.2.1. | Subrasante | 7 |
| 2.2.1.1. | Consideraciones importantes y evaluación de una subrasante..... | 7 |
| 2.2.2. | Suelos | 8 |
| 2.2.3. | Propiedades Físicas del suelo..... | 8 |
| 2.2.3.1. | Humedad Natural | 8 |
| 2.2.3.2. | Granulometría | 9 |
| 2.2.3.3. | Plasticidad del suelo..... | 9 |
| 2.2.4. | Sistemas de Clasificación de Suelos | 11 |
| 2.2.4.1. | Índice de Grupo (IG)..... | 11 |
| 2.2.5. | Propiedades Mecánicas del suelo..... | 17 |
| 2.2.5.1. | Proctor Modificado | 17 |
| 2.2.5.2. | California Bearing Ratio (CBR) | 18 |
| 2.2.6. | Estabilización de suelos | 18 |
| 2.2.6.1. | Estabilización con cenizas volante..... | 18 |
| 2.2.7. | Ceniza de cascarilla de arroz..... | 19 |
| 2.2.8. | Obtención de la ceniza de cascarilla de arroz en las ladrilleras | 20 |
| 2.3. | Definición de términos básicos..... | 20 |
| 3. | CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS | 23 |
| 3.1. | Localización del Proyecto..... | 23 |
| 3.1.1. | Ubicación geográfica..... | 23 |

| | | |
|------------|---|----|
| 3.1.2. | Ubicación Política | 23 |
| 3.2. | Tiempo o época de la investigación..... | 25 |
| 3.3. | Definición de variables | 25 |
| 3.3.1. | Variable independiente | 25 |
| 3.3.2. | Variable dependiente | 25 |
| 3.4. | Operacionalización de variables | 25 |
| 3.5. | Matriz de consistencia | 26 |
| 3.6. | Procedimiento | 27 |
| 3.6.1. | Reconocimiento del área de estudio..... | 28 |
| 3.6.2. | Levantamiento topográfico..... | 28 |
| 3.6.3. | Ubicación de calicatas y muestreo de suelos..... | 28 |
| 3.6.4. | Ensayos de laboratorio y revisión bibliográfica | 29 |
| 3.6.4.1. | Ensayos físicos en estado natural..... | 30 |
| 3.6.4.1.1. | Contenido de Humedad suelo natural..... | 31 |
| 3.6.4.1.2. | Densidad Natural Húmeda suelo natural | 31 |
| 3.6.4.1.3. | Análisis Granulométrico por tamizado suelo natural | 31 |
| 3.6.4.1.4. | Límites de Atterberg suelo natural (Ensayo Límite Líquido)..... | 31 |
| 3.6.4.1.5. | Límites de Atterberg suelo natural (Ensayo Límite Plástico)..... | 32 |
| 3.6.4.2. | Ensayos mecánicos en estado natural | 32 |
| 3.6.4.2.1. | Ensayo de Proctor Modificado suelo natural..... | 33 |
| 3.6.4.2.2. | Ensayo de California Bearing Ratio (CBR) suelo natural | 33 |
| 3.6.5. | Preparación de mezclas de suelo con ceniza de cascarilla de arroz | 34 |
| 3.6.6. | Ensayo Límites de Atterberg con aplicación de la ceniza de cascarilla de arroz .. | 35 |

| | | |
|------------|---|----|
| 3.6.7. | Ensayo Proctor Modificado con aplicación de la ceniza de cascarilla de arroz | 36 |
| 3.6.8. | Ensayo de California Bearing Ratio (CBR) con aplicación de la ceniza de cascarilla de arroz | 37 |
| 3.7. | Tratamiento y análisis de datos y presentación de resultados | 38 |
| 3.7.1. | Tipo, nivel, diseño y método de investigación | 38 |
| 3.7.1.1. | Tipo | 38 |
| 3.7.2. | Población de estudio..... | 38 |
| 3.7.3. | Muestra..... | 38 |
| 3.7.4. | Técnicas e instrumentos de recolección de datos | 40 |
| 3.7.4.1. | Técnicas..... | 40 |
| 3.7.4.2. | Instrumentos..... | 40 |
| 3.7.5. | Presentación de resultados..... | 40 |
| 3.7.5.1. | Resultados de los ensayos para determinar las características físicas | 40 |
| 3.7.5.2. | Resultados de los Límites de Atterberg con y sin ceniza de cascara de arroz (CCA). | 41 |
| 3.7.5.3. | Resultado de los ensayos para determinar las propiedades Mecánicas | 43 |
| 3.7.5.3.1. | Proctor Modificado..... | 44 |
| 3.7.5.3.2. | Ensayo California Bearing Ratio (CBR) | 47 |
| 3.8. | Contrastación de hipótesis | 49 |
| 4. | CAPITULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 50 |
| 5. | CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 54 |
| 5.1. | CONCLUSIONES | 54 |
| 5.2. | RECOMENDACIONES..... | 55 |

| | |
|--|-----|
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 56 |
| ANEXOS A: | 58 |
| A.1 UBICACIÓN DE CALICATAS..... | 59 |
| A.2 RESULTADOS DE LABORATORIO FÍSICO-MECÁNICOS DE LA CALICATA 1 .. | 61 |
| A.3 RESULTADOS DE LABORATORIO FÍSICO-MECÁNICOS DE LA CALICATA 2 .. | 113 |
| A.4 RESULTADOS DE LABORATORIO FÍSICO-MECÁNICOS DE LA CALICATA 3 .. | 118 |
| A.5 PERFIL ESTRATIGRÁFICO | 123 |
| A.6 PANEL FOTOGRÁFICO..... | 173 |
| A.7 PLANOS | 181 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Categorías de Subrasante | 7 |
| Tabla 2. Clasificación de suelos según Tamaño de partículas | 9 |
| Tabla 3. Clasificación de suelos según Tamaño de partículas | 11 |
| Tabla 4. Clasificación de suelos según Índice de Grupo | 12 |
| Tabla 5. Sistema de clasificación AASHTO M-145-91 | 13 |
| Tabla 6. Clasificación de suelos..... | 15 |
| Tabla 7. sistema unificado de clasificación de suelos..... | 16 |
| Tabla 8. Correlación de Tipos de suelos AASHTO – SUCS..... | 17 |
| Tabla 9. Ubicación geográfica de la Avenida Inmaculada en coordenadas UTM..... | 23 |
| Tabla 10. Operacionalización de variables. | 25 |
| Tabla 11. Matriz de consistencia..... | 26 |
| Tabla 12. Número mínimo de puntos de investigación de acuerdo al tipo de vía | 28 |
| Tabla 13. Coordenadas UTM y Altitud de las calicatas realizadas. | 29 |
| Tabla 14. Ensayos de laboratorio realizados en la investigación..... | 30 |
| Tabla 15. Pesos de suelo y ceniza de cascarilla de arroz, para cada ensayo de Límites de Atterberg | 36 |
| Tabla 16. Pesos de suelo y ceniza de cascarilla de arroz, para cada ensayo de Proctor modificado | 37 |
| Tabla 17. Pesos de suelo y ceniza de cascarilla de arroz, para cada ensayo de California Bearing Ratio (CBR)..... | 38 |
| Tabla 18. Cantidad de ensayos en estado natural..... | 39 |
| Tabla 19. Cantidad de ensayos de las mezclas de suelo-CCA..... | 39 |

| | |
|---|----|
| Tabla 20. Resultados de las características físicas del suelo de la calicata C-1 y C-3..... | 40 |
| Tabla 21. Resultados del límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de la calicata C-1 | 41 |
| Tabla 22. Resultados del límite líquido, límite plástico y índice de plasticidad de la calicata C-3 | 42 |
| Tabla 23. Resultados de índices de plasticidad promedio de la C-1 y C-3..... | 42 |
| Tabla 24. Comparación de los resultados de los índices de plasticidad promedio con y sin Ceniza de cascara de arroz (CCA) | 42 |
| Tabla 25. Resultados del ensayo Proctor Modificado con y sin Ceniza de cascarilla de arroz (CCA) de la C-1 y C-3..... | 44 |
| Tabla 26. Resultados del ensayo Proctor Modificado, DMS y COH promedio con y sin ceniza de cascarilla de arroz(CCA)..... | 44 |
| Tabla 27. Comparación de los resultados de la densidad máxima seca con y sin Ceniza de cascara de arroz (CCA)..... | 44 |
| Tabla 28. Comparación de los resultados del contenido óptimo de humedad con y sin Ceniza de cascara de arroz (CCA)..... | 45 |
| Tabla 29. Resultados del ensayo CBR con y sin Ceniza de cascara de arroz (CCA)..... | 47 |
| Tabla 30. Resultados del ensayo CBR promedio con y sin ceniza de cascarilla de arroz(CCA) | 47 |
| Tabla 31. Comparación de los resultados del CBR promedio con y sin Ceniza de cascara de arroz (CCA)..... | 48 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Gráfica de Plasticidad..... | 17 |
| Figura 2. Ubicación de la avenida Inmaculada..... | 24 |
| Figura 3. Esquema de los procedimientos | 27 |
| Figura 4. Índice de plasticidad promedio vs porcentajes de ceniza de CCA, de la C-1 | 43 |
| Figura 5. Índice de plasticidad promedio vs porcentajes de ceniza de CCA, de la C-3 | 43 |
| Figura 6. Densidad máxima seca promedio vs % ceniza de CCA, de la C-1 | 45 |
| Figura 7. Densidad máxima seca promedio vs % de ceniza de CCA, de la C-3 | 46 |
| Figura 8. Contenido óptimo de humedad promedio vs % de ceniza de CCA, de la C-1..... | 46 |
| Figura 9. Contenido óptimo de humedad promedio vs % de ceniza de CCA, de la C-3..... | 47 |
| Figura 10. CBR promedio vs % de ceniza de CCA, de la C-1 | 48 |
| Figura 11. CBR promedio vs % de ceniza de CCA, de la C-3 | 48 |

RESUMEN

En las diferentes ciudades del Perú se puede observar calles en mal estado, lo cual afecta al tránsito vehicular y peatonal, por ende, la calidad de vida de la sociedad, en la ciudad de Jaén se visualizó que la Av. Inmaculada presenta una subrasante con suelos que no poseen las características físico mecánicas adecuadas, es por ello que esta investigación se realizó con la finalidad de determinar en cuánto mejora las características físico – mecánicas del suelo de la subrasante de la avenida Inmaculada con el 5%, 8% y 11% de ceniza de cascarilla de arroz. Inicialmente se hizo el reconocimiento del área de estudio, se realizó el levantamiento topográfico, se ubicó las calicatas, se tomaron las muestras de suelo, y se realizaron ensayos físico - mecánicos en estado natural y con aplicación de la CCA. Finalmente se concluye que con el 5%, 8% y 11% de CCA, las características físicas de las calicatas estudiadas C-1 y C-3, mejoran al disminuir en 1%,2%, 4% y en 2%,3%, 4% su índice plástico, respectivamente, pasando de una plasticidad media a baja, y de las características mecánicas se determinó que, mejoran al incrementar en 4.47%, 7.27% y 8.70% su CBR, correspondiente a la C-1, y para la C-3 su CBR incrementa en 1.83%,5.26% y 3.70% respectivamente, pasando de subrasante pobre a buena en ambas calicatas.

Palabras clave: Suelos, subrasante ,cbr, índice plástico y ceniza de cascarillas de arroz.

ABSTRACT

In different cities in Peru, streets in poor condition can be seen, which affects vehicular and pedestrian traffic and, therefore, the quality of life of society. In the city of Jaén, it was found that Inmaculada Avenue has a subgrade with soils that do not have the appropriate physical-mechanical characteristics. This is why this research was carried out in order to determine how much the physical-mechanical characteristics of the subgrade soil of Inmaculada Avenue improve with 5%, 8% and 11% rice husk ash. Initially, a survey of the study area was made, a topographic survey was carried out, the test pits were located, soil samples were taken, and physical-mechanical tests were carried out in a natural state and with the application of the CCA. Finally, it is concluded that with 5%, 8% and 11% of CCA, the physical characteristics of the studied pits C-1 and C-3, improve by decreasing by 1%, 2%, 4% and 2%, 3%, 4% their plastic index, respectively, going from medium to low plasticity, and the mechanical characteristics were determined to improve by increasing by 4.47%, 7.27% and 8.70% their CBR, corresponding to C-1, and for C-3 its CBR increases by 1.83%, 5.26% and 3.70% respectively, going from poor to good subgrade in both pits.

Key words: Soils, subgrade, cbr, plastic index and rice husk ash.

1. CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

Hoy en día se observa en gran magnitud el mal estado de las calles de nuestras ciudades, lo cual repercute en la calidad de vida de nuestra sociedad, ya que dificulta el tránsito vehicular y peatonal, impidiendo que nos moviliemos de manera óptima. Por esta razón es muy importante tomar en cuenta las características físico mecánicas de los suelos que conforman la subrasante de un pavimento.

La calidad de la subrasante es un factor crucial para determinar el espesor del pavimento, ya que su evaluación se realiza mediante la capacidad de soporte (CBR) o la resistencia a la deformación por esfuerzo cortante bajo las cargas del tránsito. Es fundamental considerar la sensibilidad del suelo a la humedad, ya que esta afecta tanto su resistencia como las posibles variaciones de volumen, como hinchamiento o retracción. Los suelos expansivos pueden provocar graves daños en las estructuras que se apoyen sobre ellos (Rodríguez et al., 2019). Se consideran aptos para las capas de subrasante aquellos materiales con un $CBR \geq 6\%$. Si el CBR es menor, indicando una subrasante insuficiente o inadecuada, será necesario estabilizar el suelo. Para ello, se analizarán diferentes soluciones según la naturaleza del suelo, tales como estabilización mecánica, reemplazo del suelo de cimentación, estabilización química, uso de geosintéticos, elevación de la rasante o incluso cambiar el trazo vial. La solución seleccionada debe ser técnica y económicamente viable (MTC, 2014).

En la ciudad de Jaén se visualizó que la Av. Inmaculada presenta una subrasante con suelos que no poseen las características físico mecánicas adecuadas, estos suelos tienen muchos asentamientos y desniveles a lo largo de la vía, y en épocas de lluvia la situación empeora, ya que se empieza a formar grandes charcos de agua acumulada y el suelo es mucho más inestable, afectando enormemente la transitabilidad vehicular y peatonal, razón por la cual es necesario aplicar procedimientos de estabilización, en esta investigación se planteó una

nueva alternativa respecto a los métodos convencionales, la cual consistió en aplicar ceniza de cascarilla de arroz a dichos suelos, con la finalidad de mejorar sus propiedades físico mecánicas.

1.2. Formulación del problema

¿En cuánto mejora las características físico – mecánicas del suelo de la subrasante de la avenida Inmaculada con el 5%, 8% y 11% de ceniza de cascarilla de arroz?

1.3. Hipótesis

1.3.1. Hipótesis General

Las características físicas del suelo de la subrasante de la avenida inmaculada, mejoran en un rango de 1% a 6%, y las características mecánicas en un rango de 5% a 15%, con el 5%, 8% y 11% de ceniza de cascarilla de arroz.

1.4. Justificación de la investigación.

La investigación se justifica por la necesidad de mejorar las propiedades físico mecánica de la subrasante de la Av. Inmaculada y de esta forma sea capaz de resistir las cargas de tránsito y el clima al que esté expuesto; representando esto un progreso en la calidad de vida de la población, al poder moverse de un punto a otro con mayor facilidad y en el menor tiempo posible para satisfacer sus necesidades diarias.

EL estudio aportar información para futuras investigaciones similares, proyectos de pavimentación y brindar alcances importantes sobre la estabilización con ceniza de cascarilla de arroz.

1.5. Alcances y delimitaciones.

El estudio se realizó en el año 2023 a la avenida inmaculada ubicada en la Provincia y Distrito de Jaén, departamento de Cajamarca.

Esta investigación es de interés para profesionales y estudiantes de ingeniería, a los proyectistas involucrados en el diseño de pavimentos, ya que se basa en mejorar las

características físico mecánicas de la subrasante aplicando el 5%, 8% y 11% de ceniza de cascarilla de arroz del peso de la muestra a ensayar, mezclando bien ambos componentes, se espera llegar a obtener una buena alternativa de solución que se puede considerar y usar en otras partes de la región que tienen suelos con condiciones iguales a similares a la muestra de estudio, de esa manera los resultados se puedan utilizar y replicar para mejorar otras subrasantes.

1.6. Limitaciones

En esta investigación una limitante es desconocer la temperatura a la que fue quemada la cascarilla de arroz, y la composición química de la ceniza de la cascarilla de arroz.

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo General

Determinar en cuánto mejora las características físico – mecánicas del suelo de la subrasante de la avenida Inmaculada, con el 5%, 8% y 11% de ceniza de cascarilla de arroz

1.7.2. Objetivos específicos:

Determinar las características físico- mecánicas de la subrasante de la avenida Inmaculada en estado natural.

Determinar las características físico- mecánicas de la subrasante de la avenida Inmaculada con el 5%, 8% y 11% de ceniza de cascarilla de arroz

2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes Teóricos

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Gómez (2022), realizó una investigación titulada “Cenizas cascarilla de arroz frente a otros métodos de mejoramiento geotécnico de suelos arcillosos” Tunja, Colombia; concluyendo que las CCA es un material confiable para la estabilidad de suelos finos y mejoramiento de las propiedades mecánicas de los suelos gracias a los altos índices de sílice que contiene el producto, a su vez, el material de las CCA tiene comportamientos similares a los del cemento portland y los de la cal en cuanto a estabilización de suelos se refiere, esto de acuerdo con lo encontrado en los resultados, donde se evidencia en las gráficas realizadas este comportamiento de mejora principalmente de las propiedades de las subrasantes.

Barragán y Cuervo (2019), en su investigación titulada “Análisis del comportamiento físico mecánico de la adición de CCA de la variedad blanco a un suelo areno - arcilloso”, en Alto Magdalena, Colombia plantearon como objetivo analizar los factores físico-mecánicos asociados a la resistencia de un suelo areno arcilloso al adicionarse el 1% de ceniza de cascarilla de arroz (CCA) con respecto al mismo suelo en su estado natural, con el fin de buscar una alternativa de estabilización para solucionar las bajas resistencias que se pueden llegar a encontrar en los suelos blandos que se emplean como soporte de la estructura de un pavimento; de esta manera se logró evidenciar un efecto positivo en la resistencia del suelo areno arcilloso con la adición de CCA al 1% logrando aumentar su capacidad de soporte en un 19% con respecto a la condición inicial del mismo.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

López (2021) Se llevó a cabo una investigación llamada "Mejora de suelos arcillosos usando ceniza de cáscara de arroz en Moyobamba, San Martín". Se determinó que al agregar ceniza de cascarilla de arroz, el índice de plasticidad del suelo aumenta, como se evidencia en

los resultados siguientes: El contenido de humedad del suelo natural es del 23,84%. Al agregar un 5%, sube a 26,45%. Con un 10%, llega a 26,73%. Y al añadir un 15% de ceniza de cáscara de arroz, alcanza el 26,75%. Este aumento se debe a que incrementa el valor de humedad del límite de consistencia. Al realizar el ensayo de CBR al 95% de la densidad máxima, al mezclar la ceniza de cáscara de arroz con el suelo arcilloso, se obtuvieron los siguientes resultados: En terreno natural, la resistencia CBR fue del 3.96%. Con un 5% de cemento, aumentó al 6.90%. Al aumentar al 10% de cemento, el CBR fue del 9.60%. Finalmente, al agregar un 15% de ceniza de cáscara de arroz, la resistencia CBR alcanzó el 10.5%. Por lo tanto, la mayor resistencia se logra con una combinación del 15%.

Gómez y Gonzales (2020) en su investigación “Mejoramiento del suelo utilizando cenizas de cáscara de arroz en la pavimentación AA. HH. Tahuantinsuyo, Nuevo Chimbote-Ancash 2020”, determinaron las propiedades físicas y mecánicas del suelo, concluyendo que el tipo de suelo del AA.HH Tahuantinsuyo está formado por arena mal graduada sin plasticidad A-3 (0) , el CBR y la máxima densidad seca del terreno natural es de 11.70%, es de 1.722 g/cm³ respectivamente, al adicionar cenizas al 4%, 7% y 10%, se obtuvo los siguientes resultados correspondientes, para el ensayo de CBR en 14.90%, 18.00% y 20.70%; para la máxima densidad seca en 1.774 g/cm³, 1.804 g/cm³, 1.855 g/cm³ y para el ensayo de humedad óptima se obtuvo 14.40%, 13.80%, 13.55%.

2.1.3. Antecedentes Locales

Gálvez y Santoyo (2019) en su investigación titulada “Estabilización de suelos cohesivos a nivel de subrasante con ceniza de cáscara de arroz, carretera Yanuyacu Bajo – Señor Cautivo”, elaboraron una estabilización con ceniza de cascara de arroz (CCA), con una muestra testigo y una muestra experimental a los que realizaron ensayos estandarizados de mecánica de suelos, tales como análisis granulométrico, límites de Atterberg, proctor modificado y california bearing ratio (CBR) con combinaciones de CCA al 3%, 10% y 15%.

La resistencia obtenida al 95% de la Máxima Densidad Seca del Suelo Natural fue de 3.92 %, añadiendo el 3% de la CCA la resistencia es 6.68 %, con el 10% de CCA su resistencia es 10.93 % y para el 15% de CCA la resistencia es 13.77 %, es decir la resistencia se incrementó hasta en un 9.85%.

Piedra, Vásquez, y Arriola (2021) realizaron una investigación titulada "Evaluación de la estabilización de un suelo expansivo utilizando ceniza de cáscara de arroz, distrito de Jaén, Cajamarca, Perú", de la cual concluyen que las cuatro muestras de suelo del sector Uña de Gato del distrito de Jaén, Región Cajamarca, lograron obtener características de un suelo expansivo cuyas propiedades físicas lo destacan como suelo arcilloso de alta plasticidad y susceptible a los cambios de su densidad y humedad por lo tanto su propiedad mecánica de CBR es muy baja oscilando entre 3,50% a 4,50% a un 95% de MDS y 2.54 milímetros de penetración de las 4 muestras en estudio. Se usaron tres porcentajes de adición: 4%, 9% y 12%, de los cuales el que mejor desempeño mostró fue el de 12% con un OCH máximo de 16,50%, una MDS al 95% de hasta 1,81 gr/cm y un CBR límite de 7,50% en comparación a las muestras de suelo natural sin la incorporación de CCA, con lo que según la evaluación de la estabilización con CCA realizada en la presente investigación es la adecuada para este tipo de suelo.

Vílchez (2019) en su estudio titulado "Aplicación de ceniza de cascara de arroz para mejorar la estabilidad de la subrasante en la vía de Evitamiento Jaén- Cajamarca, 2019", llega a las siguientes conclusiones: La muestra de suelo inicialmente tiene un CBR de 3.8% (2.5 mm de penetración para un 100% de la MDS) y de 4.7% (a 5.5 mm de penetración para aun 100% de la MDS), el óptimo contenido de humedad es de 12.8%, la máxima densidad seca es 1.865 g/cm; luego de adicionar los porcentajes de ceniza de cascara de arroz de 3% ,5% y 10%, su CBR es de 6.0% , 8.8% y 12.4% (a 2.5mm de penetración y 100% de la MDS), el óptimo contenido de humedad es de 13.2 %, 13.8% y 14.7%, la máxima densidad seca es de 1.831

g/cm, 1.816 g/cm y 1.756 g/cm, respectivamente, lo que para nuestro tipo de suelo es un indicativo de mejora de la estabilidad.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Subrasante

La subrasante es la superficie final de la carretera tras los movimientos de corte y relleno, sobre la cual se coloca la estructura del pavimento o el afirmado. También se define como la capa superior del terraplén o el fondo de las excavaciones en terreno natural que soportará el pavimento. Está constituida por suelos seleccionados con propiedades adecuadas y compactados en capas para formar una base estable y en condiciones óptimas, asegurando que no se vea comprometida por las cargas de diseño provenientes del tráfico (MTC, 2014).

2.2.1.1. Consideraciones importantes y evaluación de una subrasante

La resistencia del suelo debajo de la carretera, el tráfico y los materiales de la capa superior son importantes para diseñar el pavimento de la carretera. Durante la construcción, los últimos 30 centímetros de tierra debajo del nivel superior deben ser compactados al 95% de su máxima densidad seca según el ensayo Proctor modificado.

La calidad del suelo debajo de la carretera afecta mucho el grosor necesario para el pavimento, ya sea flexible o rígido. La evaluación se hace según la resistencia de un material a deformarse por el tráfico, conocida como capacidad de soporte (CBR). También es importante tener en cuenta cómo el suelo reacciona a la humedad, ya que esto puede afectar su resistencia y su tamaño (si se hincha o se contrae). En terrenos que se expanden, estos cambios de tamaño pueden causar daños graves en las construcciones que se encuentran sobre ellos (Rodríguez et al., 2019). Los terrenos debajo de la capa de base, hasta una profundidad de al menos 0.60 m, deben ser sólidos y estables, con un índice CBR de al menos el 6%. Si el terreno en esta área tiene una resistencia CBR menor al 6%, lo que significa que la base es débil, será necesario realizar una estabilización. En esta situación, el ingeniero a cargo analizará las

mejores formas de hacer que el suelo se mantenga estable, teniendo en cuenta sus propias características (MTC, 2014).

Tabla 1. *Categorías de Subrasante*

| Categorías de Subrasante | CBR |
|--|-----------------------------|
| S ₀ : Subrasante Inadecuada | CBR < 3% |
| S ₁ : Subrasante Pobre | De CBR ≥ 3% a CBR < 6% |
| S ₂ : Subrasante Regular | De CBR ≥ 6% A CBR < 10% |
| S ₃ : Subrasante Buena | De CBR ≥ 10% A CBR < 20% |
| S ₄ : Subrasante Muy Buena | De CBR ≥ 20% A CBR < 30% |
| S ₅ : Subrasante Excelente | CBR ≥ 30% |

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014

2.2.2. *Suelos*

En ingeniería, el suelo se define como un material no cementado compuesto por granos minerales y materia orgánica descompuesta, con partículas sólidas entre las que se encuentran espacios llenos de líquido y gas. Este material es fundamental en la construcción de proyectos de ingeniería civil y en la cimentación de estructuras. Por ello, los ingenieros civiles deben analizar sus propiedades clave, como el origen, la granulometría, la capacidad de drenaje, compresibilidad, resistencia al corte y capacidad de soporte de carga. La mecánica de suelos aplica principios de la física para estudiar las propiedades físicas del suelo y su comportamiento bajo diversas fuerzas, mientras que la ingeniería de suelos se enfoca en aplicar estos principios a situaciones prácticas (Braja, 2014).

2.2.3. *Propiedades Físicas del suelo*

2.2.3.1. **Humedad Natural**

La humedad natural es otra propiedad clave de los suelos, ya que la resistencia de los suelos de subrasante, especialmente en suelos finos, está estrechamente vinculada a sus

condiciones de humedad y densidad. Determinar la humedad natural (ensayo MTC E 108) permite compararla con la humedad óptima obtenida en los ensayos Proctor, que son necesarios para calcular el CBR del suelo (ensayo MTC E 132). Si la humedad natural es igual o menor que la humedad óptima, el proyectista sugerirá compactar el suelo normalmente y añadir la cantidad adecuada de agua. En cambio, si la humedad natural supera la humedad óptima, según el grado de saturación del suelo, se recomendará aumentar la energía de compactación, airear el suelo, o bien reemplazar el material saturado (MTC, 2014).

2.2.3.2. Granulometría

La granulometría representa la distribución de los tamaños que posee el agregado mediante el tamizado según especificaciones técnicas (Ensayo MTC E 107). El análisis granulométrico de un suelo tiene por finalidad determinar la proporción de sus diferentes elementos constituyentes, clasificados en función de su tamaño (MTC., 2014).

Tabla 2. *Clasificación de suelos según Tamaño de partículas*

| Tipo de material | | Tamaño de las partículas |
|------------------|--------------|--------------------------|
| Grava | | 75 mm - 4.75 mm |
| Arena | Arena gruesa | 4.75 mm - 2.00 mm |
| | Arena media | 2.00 mm - 0.425 mm |
| | Arena fina | 0.425 mm - 0.075 mm |
| Material fino | Limo | 0.075 mm - 0.005 mm |
| | Arcilla | menor a 0.005 mm |

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014

2.2.3.3. Plasticidad del suelo.

La plasticidad es una propiedad que refleja la estabilidad de un suelo hasta un cierto nivel de humedad sin que este se desintegre. Esta característica depende exclusivamente de los elementos finos del suelo, no de los componentes gruesos. Dado que el análisis granulométrico no permite evaluar la plasticidad, resulta imprescindible determinar los Límites de Atterberg para caracterizar adecuadamente el suelo (MTC, 2014).

a) Límites de consistencia

Los Límites de Atterberg determinan la sensibilidad del comportamiento de un suelo frente a su contenido de humedad, identificando los estados de consistencia en función de este. Según su nivel de humedad, un suelo puede encontrarse en estado líquido, plástico o sólido. Estos límites, que reflejan la cohesión del suelo, son:

- **Límite líquido (LL):** determinado mediante el ensayo MTC EM 110.
- **Límite plástico (LP):** establecido según el ensayo MTC EM 111.
- **Límite de contracción (LC):** evaluado a través del ensayo MTC EM 112.

b) Límite Líquido (LL)

Cuando el suelo pasa del estado semilíquido a un estado plástico y puede moldearse (MTC., 2014).

c) Límite Plástico (LP)

cuando el suelo pasa de un estado plástico a un estado semisólido y se rompe (MTC., 2014).

d) Índice de plasticidad

Del LL y del LP, una característica a obtener es el Índice de plasticidad IP (ensayo MTC E 111) que se define como la diferencia entre LL y LP:

$$IP = LL - LP$$

El índice de plasticidad indica la magnitud del intervalo de humedades en el cual el suelo posee consistencia plástica y permite clasificar bastante bien un suelo. Un IP grande corresponde a un suelo muy arcilloso; por el contrario, un IP pequeño es característico de un suelo poco arcilloso(MTC., 2014). En tal sentido, el suelo en relación a su índice de plasticidad puede clasificarse según lo siguiente:

Tabla 3. Clasificación de suelos según Tamaño de partículas

| Índice de plasticidad | Plasticidad | Característica |
|-----------------------|------------------|---------------------------|
| $IP > 20$ | Alta | Suelos muy arcillosos |
| $7 < IP \leq 20$ | Media | Suelos arcillosos |
| $IP \leq 7$ | Baja | Suelos poco arcillosos |
| $IP = 0$ | No plástico (NP) | Suelos exentos de arcilla |

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014

2.2.4. Sistemas de Clasificación de Suelos

El sistema de clasificación se basa en agrupar suelos de características semejantes con la finalidad de determinar de forma más sencilla las propiedades de un suelo por comparación con otros del mismo tipo, cuyas características se conocen (MTC., 2016).

a) Sistema de clasificación AASHTO

El sistema establece un procedimiento para clasificar los suelos en distintos grupos, basado en los resultados de laboratorio de granulometría, límite líquido e índice de plasticidad. Para cada grupo, se calcula un “índice de grupo”, que se reporta como un número entero. Si el valor resulta negativo, se registra como 0 (M.T.C., 2016). Esta clasificación, junto con el índice de grupo, permite evaluar la calidad relativa de los suelos para su uso en terraplenes, subrasantes, subbases y bases. En los casos donde el suelo sea NP (no plástico) o el límite líquido no pueda determinarse, el índice de grupo debe asignarse como 0 (M.T.C., 2016).

2.2.4.1. Índice de Grupo (IG)

Es un índice normado por AASHTO de uso corriente para clasificar suelos, está basado en gran parte en los límites de Atterberg (MTC., 2014). El índice de grupo de un suelo se define mediante la fórmula:

$$IG = 0.2(a) + 0.005(ac) + 0.01(bd)$$

Donde:

a = F-35 (F = Fracción del porcentaje que pasa el tamiz N° 200 -74 micras).

Expresado por un número entero positivo comprendido entre 1 y 40.

b = F-15 (F = Fracción del porcentaje que pasa el tamiz N° 200 -74 micras).

Expresado por un número entero positivo comprendido entre 1 y 40.

c = LL – 40 (LL = límite líquido). Expresado por un número entero comprendido entre 0 y 20.

d = IP-10 (IP = índice plástico). Expresado por un número entero comprendido entre 0 y 20 o más.

El Índice de Grupo es un valor entero positivo, comprendido entre 0 y 20 o más. Cuando el IG calculado es negativo, se reporta como cero. Un índice cero significa un suelo muy bueno y un índice \geq a 20, un suelo no utilizable para caminos (MTC., 2014).

Tabla 4. Clasificación de suelos según Índice de Grupo

| Índice de Grupo | Suelo de Sub rasante |
|---------------------|-------------------------|
| IG > 9 | Inadecuado arcillosos |
| IG está entre 4 a 9 | Insuficiente arcillosos |
| IG está entre 2 a 4 | Regular |
| IG está entre 1-2 | Bueno |
| IG está entre 0-1 | Muy bueno |

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014

Tabla 5. Sistema de clasificación AASHTO M-145-91

| Clasificación General | Materiales granulares (35% o menos que pasa el tamiz No. 200) | | | | | | | Materiales de limo y arcilla (Más del 35% que pasa el tamiz No. | | | |
|---|--|--------|------------|------------------------------------|--------|--------|--------|--|--------|-------------------|--------|
| Clasificación de grupo | A-1 | | A-3 | A-2 | | | | A-4 | A - 5 | A - 6 | A-7 * |
| | A-1-a | A-1-b | | A-2-4 | A-2-5 | A-2-6 | A-2-7 | | | | |
| Análisis por tamices, porcentaje que pasa: | | | | | | | | | | | |
| 2.00 mm (No. 10) | 50 máx | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| 0.425 mm (No. 40) | 30 máx | 50 máx | 51 mín | – | – | – | – | – | – | – | – |
| 75 µm (No. 200) | 15 máx | 25 máx | 10 máx | 35 máx | 35 máx | 35 máx | 35 máx | 36 mín | 36 mín | 36 mín | 36 mín |
| Características de la fracción que pasa el tamiz 0.425 mm (No. 40): | | | | | | | | | | | |
| Límite líquido | – | – | – | 40 máx | 41 mín | 40 máx | 41 mín | 40 máx | 41 mín | 40 máx | 41 mín |
| Índice de plasticidad | 6 máx. | – | NP | 10 máx | 10 máx | 11 mín | 11 mín | 10 máx | 10 máx | 11 mín | 11 mín |
| Tipos usuales de materiales constitutivos significativos | Fragmentos de roca, grava y arena | | Arena fina | Grava y arena limosas o arcillosas | | | | Suelos limosos | | Suelos arcillosos | |
| Calificación general como subrasante | Excelente a bueno | | | | | | | Regular a malo | | | |

* IP del subgrupo A – 7 – 5 es menor o igual que LL menos 30; IP del subgrupo A – 7 – 6 es mayor que LL menos 30.

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014

Para clasificar un suelo de acuerdo con la tabla 4., los datos de prueba se aplican de izquierda a derecha. Por proceso de eliminación, el primer grupo de la izquierda en la que quepan los datos de prueba es la clasificación correcta.

b) Sistema de clasificación SUCS

Los suelos de grano grueso, compuestos por grava y arena en estado natural, tienen menos del 50% de material que pasa por el tamiz N°200. En este caso, los símbolos de grupo comienzan con un prefijo "G" para identificar suelos de grava o gravosos, y "S" para suelos arenosos o de arena (Braja, 2014).

Por otro lado, los suelos de grano fino presentan un 50% o más de material que pasa por el tamiz N°200. Sus símbolos de grupo incluyen "M" para limos inorgánicos, "C" para arcillas inorgánicas, y "O" para limos orgánicos y arcillas. En casos de turba, lodo u otros suelos altamente orgánicos, se utiliza el símbolo "Pt" (Braja, 2014).

Para clasificar estos suelos correctamente según este sistema, Braja (2014) señala que se debe conocer al menos una parte o la totalidad de la siguiente información:

- **Porcentaje de grava:** fracción que pasa por el tamiz de 76.2 mm y se retiene en el tamiz N°4 (4.75 mm de abertura).
- **Porcentaje de arena:** fracción que pasa por el tamiz N°4 y se retiene en el tamiz N°200 (0.075 mm de abertura).
- **Porcentaje de limo y arcilla:** fracción que pasa por el tamiz N°200.
- **Coefficiente de uniformidad (Cu) y coeficiente de gradación (Cc).**
- **Límite líquido e índice de plasticidad** de la porción de suelo que pasa por el tamiz N°40.

Tabla 6. Clasificación de suelos

sistema unificado de clasificación de suelos (basado en el material que pasa por el tamiz núm. 75)

| | | criterio para la asignación de símbolos de grupo | Símbolo de grupo | |
|--|---|--|---|----------|
| Suelo de grano Grueso más de 50% retenido en tamiz núm. 200 | Gravas más de 50% de fracción de fracción gruesa retenida en tamiz núm. 4 | Gravas limpias menos de 5 % finos. | $Cu \geq 1$ y $1 \leq Cc \leq 3$ $Cu < 4$ y/o $1 > Cc >$ | GW GP |
| | | Gravas con finos Mas de 12 % finos | PI o gráficos por debajo de línea "A" PI > 7 y gráficos en o por encima de línea "A" | GM GC |
| | Arenas 50% o más de la fracción gruesa pasa tamiz núm., 4 | Arenas limpias Menos de 5% finos | $Cu \geq 6$ y $1 \leq Cc \leq$ $Cu < 6$ y $1 > Cc >$ | SW SP |
| | | Arenas con Finos Mas de 12 % finos | PI < 4 y gráficos por debajo de línea "A" PI > 7 y gráficos en o por encima de línea "A" | SM SC |
| | Limos y arcillas límite liquido menor que 50 | Inorgánico | PI > 7 y gráficos en o por encima de línea "A" PI < 4 y gráficos por debajo de línea "A" | CL ML |
| | | Orgánico | $\frac{\text{Limite liquido: secado}}{\text{Limite liquido: no secado}} < 0.75$, zona OL | OL |
| Suelos de Grano Fino 50% o más pasa a través del tamiz núm. 200 | Limos y arcillas Limite liquido 50 o más. | Inorgánico | Gráficos PI en o por encima de línea "A" Gráficos PI por debajo de "A" línea | CH MH |
| | | Orgánico | $\frac{\text{Limite liquido: secado}}{\text{Limite liquido: no secado}} < 0.75$, zona OH | OH |

Suelos Altamente orgánicos Materia orgánica principalmente, color oscuro y orgánico
 Gravas con 5 a 12% de finos requieren símbolos dobles: GW-GM, GW-GC, GP-GM, GP-GC
 Arena con 5 a 12% de finos requieren símbolos dobles: SW-SM, SW-SC, SP-SM, SP-SC
 si $4 \leq PI \leq 7$ y gráficos en la zona rayada en la figura 1, se usa doble símbolo GC-GM o SC-SM
 si $4 \leq PI \leq 7$ y gráficos en la zona rayada en la figura 1, se usa doble símbolo CL-ML

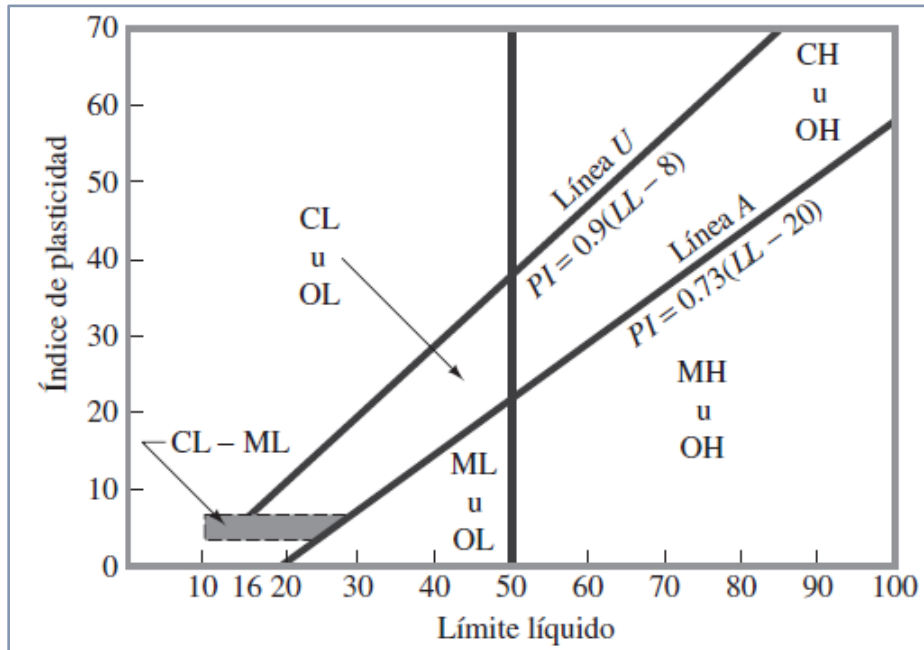
Fuente: Adaptado de Braja, 2014

Tabla 7. sistema unificado de clasificación de suelos

| DIVISIÓN DE MAYOR | | GRUPO SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN | CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN DEL LABORATORIO | | | | |
|-----------------------|---|--|---|---|--|---|---|---|
| SUELO DE GRANO GRUESO | Mas de la mitad del material es mayor que el tamiz N° 200 | GRAVAS | GRAVAL LIMPIA (Poco o ningún Finos) | GW | Grava bien graduada o mezcla de arena y grava. | $C_u = \frac{D_{60} \text{ mayor que } 4}{D_{10}}$ $C_u = \frac{(D_3)^2}{D_{10} \times D_{60}} \text{ ente } 1 \text{ y } 3$ | | |
| | | | | | Poco o ningún fino | | | |
| | | | | GP | Grava mal graduada o mezcla de grava y arena | | No reúne los requisitos de granulometría para GW | |
| | | | | | Poco o ningún fino | | | |
| | | | | GM | d | | | Grava con finos. Grava mal graduado muy limoso. |
| | | | | | u | | | Mezcla de grava, arena y arcilla |
| | | GC | Mezcla de graduado de grava, arena y arcilla. | | | | | |
| | | | Excelente aglutinante | | | | | |
| | | ARENA | Más de la mitad de la fracción gruesa es mayor en el tamiz N° 4 | ARENA LIMPIA (Poco o ningún fino) | SW | Arena bien graduada y arena gravillosa. Poco o ningún fino. | $C_u = \frac{D_{60} \text{ mayor que } 6}{D_{10}}$ $C_u = \frac{(D_{10})^2}{D_{10} \times D_{60}} \text{ ente } 1 \text{ y } 3$ | |
| | | | | | | SP | | Arena mal graduada. Arena gravillosa. Poco o ningún fino. |
| | | | | SM | d | | | Arena con finos. Arena muy limosa. Mal graduado |
| | | | | | u | mezcla arena y arcilla | | |
| SC | Mezcla bien graduada arena y arcilla. Excelente aglutinante | | | | | | | |
| | No reúne los requisitos de granulometría para SW | | | | | | | |
| SUELO DE GRANO | Mas de la mitad del material es menor que el tamiz | LIMO Y ARCILLAS (Limite liquido es menor de 50) | ML | limos inorgánicos y arena muy fina. Polvo roca. Arena fina con ligera plasticidad | Determinar el porcentaje de arena y grava de la curva granulométrica, según el porcentaje de finos (fracción menor que el tamiz N° 200), los suelos de grano grueso y de grano fino se clasifican así: Menos del 5% ----- GW, GP, SW, Menos del 12% ----- GW, GP, SW, 5% al 12% caso limite usar los dos simbolos** | | | |
| | | | CL | Arcilla inorgánica de baja o medias plasticidad. Arcilla arenosa. Arcilla gravillosa. Arcilla limosa. Arcilla floja | | | | |
| | | | OL | Limos. Orgánico. Limos - arcilla orgánica de baja plasticidad | | | | |
| | | LIMO Y ARCILLAS (Limite liquido es mayor de 50) | MH | Limos inorgánicos, arena fina micáceo o diamatáceo o suelo limoso, suelo elástico | | | | |
| | | | CH | Arcilla inorgánica de alta plasticidad. Arcillas grasas | | | | |
| | | | OH | Arcilla orgánica de media o alta plasticidad | | | | |
| | | Suelo altamente orgánico | PL | Turba (pect) y otros, materiales altamente orgánicos | | Límites de Atterberg bajo la línea "A" o I.P mejor de 4 Límites de Atterberg sobre la línea "A" o I.P menor de 7 Límites de Atterberg bajo la línea "A" o I.P mayor de 7 Límites de Atterberg la línea "A" o I.P mejor de 4 Las líneas trazadas en la una rayada con I.P. entre 4 y 7 son casos límites y deben usarse los dos simbolos | | |

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016

Figura 1. Gráfica de Plasticidad



Fuente: Braja, 2014

Tabla 8. Correlación de Tipos de suelos AASHTO – SUCS

| Correlación de Tipos de suelos AASHTO – SUCS | |
|--|------------------------|
| AASHTO M-145 | ASTM – D - 2487 |
| 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 |

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014

2.2.5. Propiedades Mecánicas del suelo

2.2.5.1. Proctor Modificado

Es un ensayo de laboratorio, el cual consiste en determinar la relación entre el contenido de agua y peso unitario seco de los suelos (curva de compactación) compactados en un molde de

4 o 6 pulgadas (101,6 o 152,4 mm) de diámetro con un pisón de 10 lbf (44,5 N) que cae de una altura de 18 pulgadas (457 mm), produciendo una Energía de Compactación de 56 000 lb-pie/pie³ (2 700 kN-m/m³) (M.T.C., 2016).

2.2.5.2. California Bearing Ratio (CBR)

El CBR es un indicador utilizado para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante, así como de las capas de base, sub-base y afirmado. En términos simples, este valor refleja la resistencia del suelo y se conoce como relación de soporte. Su determinación se realiza mediante un ensayo de laboratorio, generalmente sobre muestras de suelo preparadas en condiciones controladas de humedad y densidad. Sin embargo, también puede aplicarse a muestras inalteradas extraídas directamente del terreno (M.T.C., 2016).

2.2.6. Estabilización de suelos

La estabilización de suelos tiene como objetivo mejorar sus propiedades físicas y mecánicas, asegurando que dichas mejoras se mantengan a lo largo del tiempo. Existen diversas técnicas para lograrlo, que incluyen desde la mezcla con otros suelos hasta la incorporación de agentes estabilizantes como cemento, escorias, emulsión asfáltica o la estabilización química. También se pueden utilizar geosintéticos, como geotextiles o geomallas, en combinación con un proceso de compactación (M.T.C., 2014). Esta técnica se aplica principalmente a suelos con un CBR inferior al 6% o en áreas con condiciones específicas, como zonas húmedas locales o terrenos blandos (M.T.C., 2014).

2.2.6.1. Estabilización con cenizas volante

Las cenizas volantes son un subproducto del proceso de combustión de carbón pulverizado, por lo general asociado con las plantas de generación de energía eléctrica. Es un polvo fino granulado y se compone principalmente de sílice, alúmina y diversos óxidos y álcalis. La ceniza

volante es puzolánica en la naturaleza y puede reaccionar con cal hidratada para producir productos cementosos. Por esa razón las mezclas de cal y cenizas volantes se pueden utilizar para estabilizar las bases y sub-bases de carreteras. Mezclas eficaces pueden ser preparadas con 10 a 35% de cenizas volantes y de 2 a 10% de cal. Las mezclas de suelo-cal-cenizas volantes se compactan en condiciones controladas, con cantidades adecuadas de humedad para obtener capas de suelo estabilizadas (Braja, 2014).

Un cierto tipo de ceniza volante, que se refiere como “Tipo C”, se obtiene a partir de la quema de carbón principalmente del oeste de Estados Unidos. Este tipo de ceniza volante contiene una proporción bastante grande (hasta alrededor de 25%) de cal libre que, con la adición de agua, va a reaccionar con otros compuestos de cenizas volantes para formar productos cementosos. Su uso puede eliminar la necesidad de añadir cal fabricada (Braja, 2014).

2.2.7. Ceniza de cascarilla de arroz

La ceniza de cascarilla de arroz (CCA) es el residuo de la cascarilla de arroz bajo condiciones de combustión controladas, y se ha empleado como material para obtener sílice de característica amorfa y poder ser utilizada como puzolana, la cual actúa como fuente de fases mineralógicas como los silicatos tricálcicos y bicálcicos (C3S y C2S) del cemento (Mattey et al., 2015).

El volumen de ceniza es considerado luego de pasar por el quemado, en este proceso se elimina porcentajes de humedad, cenizas volátiles y escoria, la cual es rica en minerales y sílice, el cual brinda propiedades cementantes a las mezclas donde adherida como material estabilizante.

2.2.8. *Obtención de la ceniza de cascarilla de arroz en las ladrilleras*

Sánchez y Ramírez. (s.f), Mencionan que el proceso de quema con cascarilla en las ladrilleras, se hace como sigue:

a. Inicialmente el horno se llena o carga con ladrillos crudos acomodados, formando muros paralelos casi tan altos como las paredes del horno. La carga se realiza por las puertas laterales. Una vez llenado el horno, estas puertas se tapan con ladrillos cocidos y se empasta exteriormente con barro. Normalmente este trabajo tarda un día.

b. Luego se vierte cascarilla hasta llenar todos los espacios libres entre los ladrillos y las paredes del horno, dejando la parte superior descubierta para permitir la salida de los gases de combustión.

c. Se enciende el horno por las bocas u orificios periféricos que se dejaron con este propósito en las paredes del horno al nivel del piso.

d. Una vez iniciada la combustión, y conforme ésta avanza, el volumen de cascarilla se reduce sustancialmente, transformándose en ceniza que debe removerse regularmente para que se asiente en el fondo del horno. La recarga de cascarilla se realiza por la parte superior del horno, aproximadamente tres veces al día.

e. Además del flujo de combustible (cascarilla), es importante controlar el flujo de aire y la temperatura para evitar que los ladrillos se sobrequemen o “recochen”. Al terminar la quema (después de 6 días), se deja enfriar el horno por dos días, quedando listo para su descarga.

2.3. Definición de términos básicos

- **Suelo:** Material no cementado compuesto por granos minerales y materia orgánica descompuesta, donde los espacios vacíos entre las partículas sólidas están ocupados por líquido y gas (Braja, 2014).

- **Subrasante:** La capa superior del terraplén, o el fondo de las excavaciones en terreno natural, es la base que soportará la estructura del pavimento. Está compuesta por suelos seleccionados con propiedades adecuadas, compactados en capas para formar un cuerpo estable y en óptimas condiciones, garantizando que no se vea comprometida por la carga de diseño generada por el tránsito (M.T.C., 2014).
- **Estabilización:** Es el mejoramiento de las propiedades físicas mecánicas de un suelo de tal manera que permanezcan con el tiempo, a través de procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos (M.T.C., 2014).
- **Ceniza de cascarilla de arroz:** Residuo de la combustión de cascarilla de arroz (Mattey et al., 2015).
- **Granulometría:** Es el estudio de la distribución de los tamaños de una muestra de suelo (MTC., 2014).
- **La plasticidad:** Es la propiedad de estabilidad que representa los suelos hasta cierto límite de humedad sin disgregarse (MTC., 2014).
- **Límite Líquido:** El suelo pasa del estado semilíquido a un estado plástico y puede moldearse (MTC., 2014).
- **Límite Plástico (LP):** El suelo pasa de un estado plástico a un estado semisólido y se rompe (MTC., 2014).
- **Máxima densidad seca:** Es la mayor densidad que puede alcanzar un suelo al ser compactado a la humedad óptima (M.T.C., 2016).
- **Contenido óptimo de humedad:** Contenido de agua del terreno que permite obtener una densidad máxima mediante su compactación (M.T.C., 2016).

- **Proctor Modificado:** Determina la densidad seca máxima de un terreno en relación con su grado de humedad, a una energía de compactación determinada (M.T.C., 2016).
- **CBR (California Bearing Ratio):** El índice de resistencia de los suelos, conocido como el valor de la relación de soporte, se emplea para evaluar la capacidad de carga de los suelos de subrasante, así como de las capas de base, sub-base y afirmado (M.T.C., 2016).

3. CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización del Proyecto

3.1.1. Ubicación geográfica

Tabla 9. *Ubicación geográfica de la Avenida Inmaculada en coordenadas UTM*

| TRAMO | COORDENADAS UTM WGS-84 | | COORDENADAS GEOGRÁFICAS-ZONA 17 | | |
|--------|------------------------|------------|---------------------------------|---------------|---------|
| | NORTE | ESTE | LONGITUD | LATITUD | ALTITUD |
| INICIO | 9367370.749 | 743607.971 | 78° 48' 1.48" | 5° 43' 9.07" | 720msnm |
| FIN | 9367979.961 | 744613.054 | 78° 47' 28.9" | 5° 42' 49.12" | 720msnm |

3.1.2. Ubicación Política

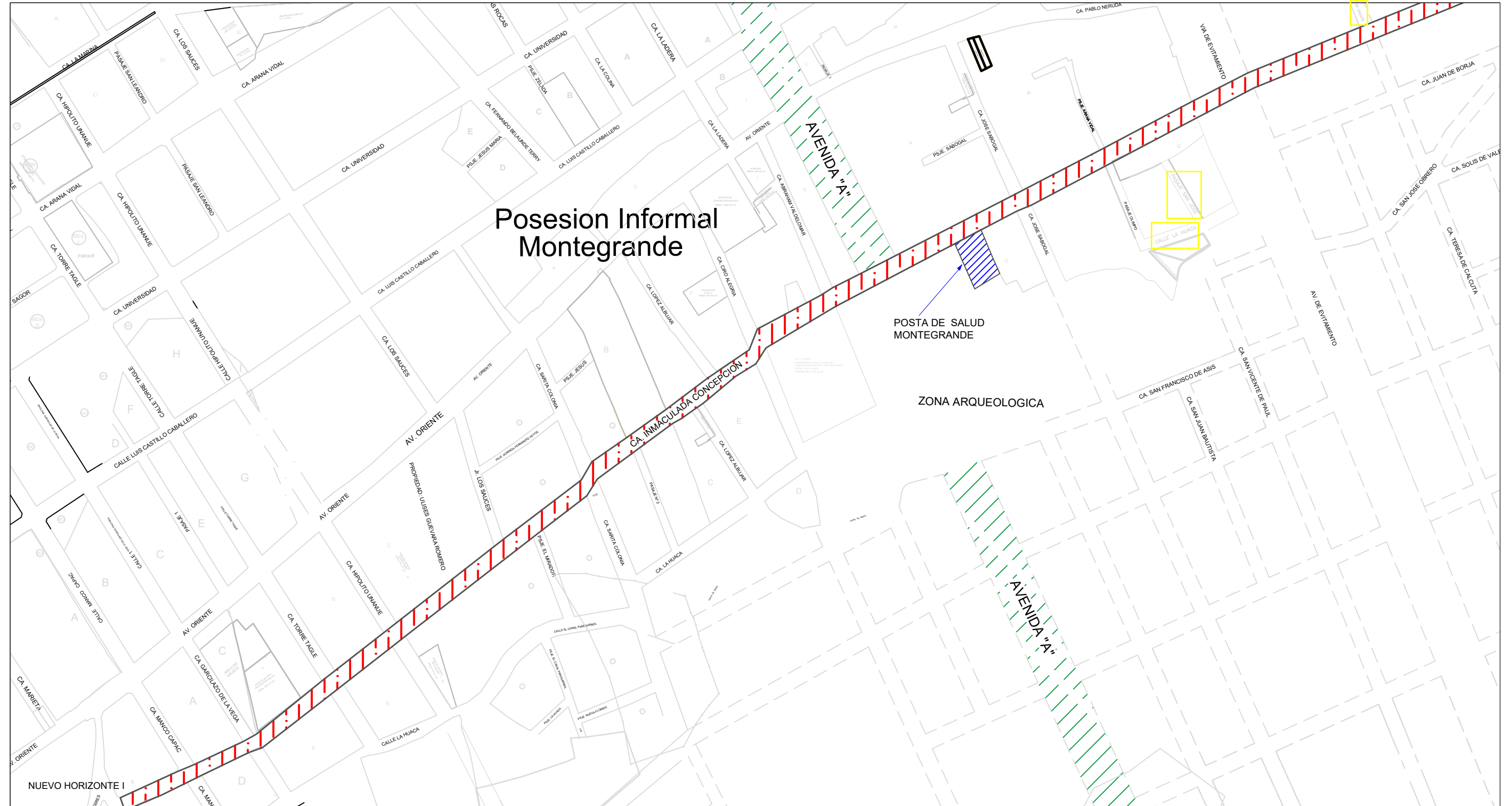
Departamento: Cajamarca

Provincia: Jaén

Distrito: Jaén

Sector: Monte Grande

Figura 2. Ubicación de la avenida Inmaculada.



| COORDENADAS UTM | | |
|-----------------|------------|-----------|
| VÍA DE ESTUDIO | NORTE | ESTE |
| INICIO | 9367370.74 | 743607.97 |
| FIN | 9367979.96 | 744613.05 |

| LEYENDA | |
|----------------------------|--|
| Vía de estudio | |
| Posta de salud Montegrande | |
| Avenida "A" | |

| | | | | |
|---|---|--|--|--------------|
| <p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</p> | <p>TESIS: "MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO MECÁNICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA INMACULADA AL ADICIONAR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ, JAÉN 2023".</p> | <p>PLANO: PLANO DE UBICACIÓN DE LA AVENIDA ASESOR: ING. ALEJANDRO CUBAS BECERRA TESISTA: BACH. IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO</p> | <p>FECHA: JULIO 2023 ESCALA: 1/3000 FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA</p> | <p>PU-01</p> |
|---|---|--|--|--------------|

3.2. Tiempo o época de la investigación

Esta investigación se realizó en el mes de Julio 2023 donde se ejecutaron las calicatas y se realizaron los ensayos para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante de la avenida Inmaculada, Sector Monte Grande, distrito y provincia de Jaén, Departamento Cajamarca.

3.3. Definición de variables

3.3.1. Variable independiente

% de ceniza de cascarilla de arroz, en función del peso.

3.3.2. Variable dependiente

Características físico mecánicas.

3.4. Operacionalización de variables

Tabla 10. Operacionalización de variables.

| VARIABLE | DIMENSIONES | INDICADORES | Ítems | INSTRUMENTOS |
|------------------------------------|---------------------------|--------------------------------------|-------------------------|---------------------------|
| % de ceniza de cascarilla de arroz | Dosificación | +5% CCA | Porcentajes | Ficha de recojo de datos. |
| | | +8% CCA | | |
| Características físico mecánicas | Características Físicas | +11% CCA | Porcentaje | Ficha de recojo de datos |
| | | Análisis granulométrico por tamizado | | |
| | | Contenido de humedad | Porcentaje | Ficha de recojo de datos |
| | | Índice de plasticidad | Porcentaje | Ficha de recojo de datos |
| Características físico mecánicas | Características Mecánicas | Clasificación de suelos | Tablas de clasificación | Ficha de recojo de datos |
| | | Proctor modificado | gr /cm ³ | Ficha de recojo de datos |
| | | California Bearing Ratio (CBR) | Porcentaje | Ficha de recojo de datos |

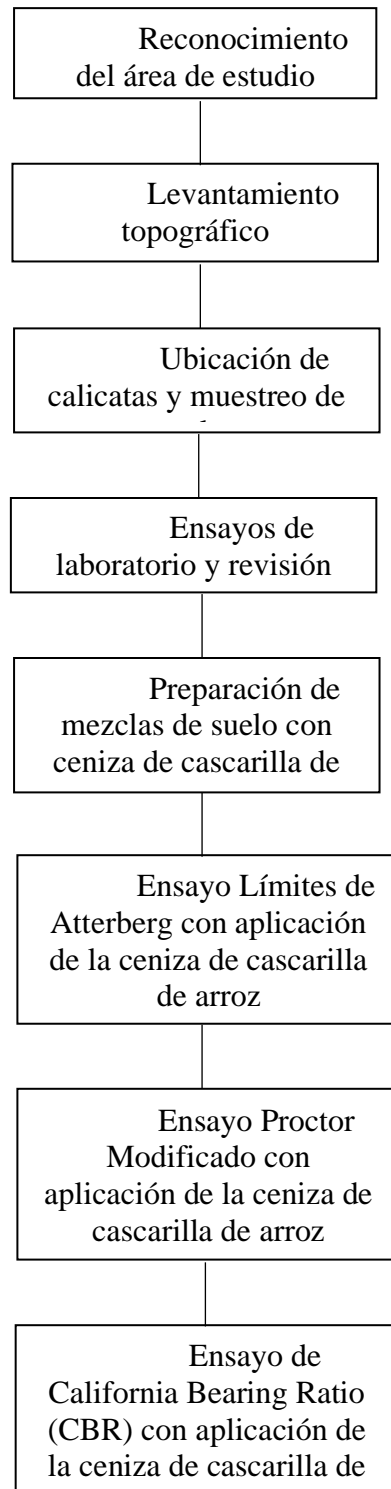
3.5. Matriz de consistencia

Tabla 11. *Matriz de consistencia*

| FORMULACIÓN DEL PROBLEMA | OBJETIVOS | HIPÓTESIS | VARIABLES | METODOLOGÍA | POBLACIÓN Y MUESTRA |
|---|--|--|------------------------------------|---|--|
| | OBJETIVO GENERAL | HIPÓTESIS GENERAL | VARIABLE INDEPENDIENTE | | |
| ¿En cuánto mejora las características físico – mecánicas del suelo de la subrasante de la avenida Inmaculada con 5%, 8% y 11% de ceniza de cascarilla de arroz? | Determinar en cuánto mejora las características físico – mecánicas del suelo de la subrasante de la avenida Inmaculada, con 5%, 8% y 11% de ceniza de cascarilla de arroz | las características físicas del suelo de la subrasante de la avenida inmaculada, mejoran en un rango de 1% a 6%, y las características mecánicas en un rango de 5% a 15%, con el 5%, 8% y 11% de ceniza de cascarilla de arroz | % de ceniza de cascarilla de arroz | Tipo experimental, el método utilizado es el hipotético deductivo | <p>Población: Los suelos de la avenida Inmaculada.</p> <p>Muestra: Muestras de suelos en estado natural de la avenida Inmaculada y mezclas de los suelos con dosificaciones de 5%, 8% y 11% de ceniza de cascara de arroz, en la ciudad de Jaén.</p> |
| | OBJETIVO ESPECÍFICO | | VARIABLE DEPENDIENTE | | |
| | Determinar las características físico-mecánicas de la subrasante de la avenida Inmaculada en estado natural. Determinar las características físico-mecánicas de la subrasante de la avenida Inmaculada con el 5%, 8% y 11% de ceniza de cascarilla de arroz | | Características físico mecánicas | | |

3.6. Procedimiento

Figura 3. *Esquema de los procedimientos realizados*



3.6.1. Reconocimiento del área de estudio

Se hace el reconocimiento del área de estudio y se identifica los problemas que presenta la calle Inmaculada concepción.

3.6.2. Levantamiento topográfico

Para el levantamiento topográfico de este trabajo se utilizó los siguientes equipos:

- Estación total Leica Nova TS60
- Prisma topográfico
- Wincha de 30m
- Cuaderno de apuntes
- Memoria Usb
- Laptop Lenovo Core i7

3.6.3. Ubicación de calicatas y muestreo de suelos

Para el estudio de los suelos de la Avenida Inmaculada, el número de calicatas fue determinado de acuerdo a la Norma Técnica CE. 010 – Pavimentos Urbanos.

Tabla 12. Número mínimo de puntos de investigación de acuerdo al tipo de vía

| Tipo de vía | Número mínimo de puntos de investigación | Área (m ²) |
|-------------|--|------------------------|
| Expresas | 1 cada | 2000 |
| Arteriales | 1 cada | 2400 |
| Colectoras | 1 cada | 3000 |
| Locales | 1 cada | 3600 |

Fuente: N.T.E C.E 010

Considerando los tipos de vías urbanas, la Avenida Inmaculada fue clasificada como una vía colectoras, con un ancho útil de 6.00 m y una longitud de 1182.94 m, lo que resulta en un área total de 7097.64 m². Según la Tabla 11 y el área estimada de la vía, se determinó que serían necesarios tres puntos de investigación.

Seguidamente se procedió a la excavación de las calicatas a una profundidad mínima de 1.50 m ubicadas a lo largo de la calle immaculada, y al muestreo de los suelos de cada una (MTC, 2014)

En la siguiente tabla se muestra las coordenadas y altitud de cada calicata. Estas coordenadas se obtuvieron utilizando navegador GPS.

Tabla 13. *Coordenadas UTM y Altitud de las calicatas realizadas.*

| Calicata | Progresiva Km | Profundidad m | Altitud | Coordenadas UTM | |
|----------|------------------|------------------|----------------------|-----------------|-------------|
| | | | (m.s.n.m) Altitud | Este | Norte |
| C - 1 | 0+110 | 1.70 | 702 | 743705.713 | 9367428.250 |
| C - 2 | 0+690 | 1.80 | 700 | 744175.278 | 9367763.784 |
| C - 3 | 1+175 | 1.70 | 704 | 744609.940 | 9367976.291 |

Las muestras de suelo se obtuvieron en el campo siguiendo la Norma MTC E 101 sobre muestreo de suelos y rocas, así como su equivalente, la norma ASTM D 420, que sirve como guía estándar para la caracterización del sitio con fines de diseño en ingeniería y construcción.

3.6.4. Ensayos de laboratorio y revisión bibliográfica

Los ensayos de laboratorio fueron realizados en las instalaciones del laboratorio Centro de Investigación de Mecánica de Suelos y Pavimentos (CEIMSUP), de acuerdo a las normas técnicas correspondientes para cada ensayo.

Los ensayos de mecánica de suelos que se realizó para esta investigación, con sus respectivas normas se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 14. Ensayos de laboratorio realizados en la investigación

| Ensayo | Norma Técnica | Descripción |
|-------------------------|--|---|
| Contenido de humedad | MTC E 108 ASTM D 2216 AASHTO T 265 | Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. La humedad o contenido de humedad de un suelo es la relación, expresada como porcentaje, del peso de agua en una masa dada de suelo, al peso de las partículas sólidas. |
| Análisis granulométrico | MTC E 107 ASTM D 422 AASHTO T 88 | Método que permite determinar de manera cuantitativa la distribución del tamaño de las partículas de un suelo y los porcentajes de suelo que pasan los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta el tamiz 75 μm (No. 200). |
| Límite líquido | MTC E 110 ASTM D 4318 AASHTO T 89 | Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, del suelo secado en horno, cuando este se halla en el límite entre el estado plástico y el estado líquido. |
| Límite plástico | MTC E 111 ASTM D 4318 AASHTO T 90 | Es la humedad más baja con la que pueden formarse barritas de suelo de unos 3,2 mm (1/8") de diámetro, rodando dicho suelo entre la palma de la mano y una superficie lisa, sin que dichas barritas se desmoronen. |
| Proctor modificado | MTC E 115 ASTM D 1557 AASHTO T 180 | Método de prueba establecido para determinar la relación entre el contenido de agua y peso unitario seco del suelo, compactados en un molde de 4" o 6" de diámetro con un pistón de 10 lb, que cae de una altura de 18", produciendo una energía de compactación de 56 000 lbf – pie/pie ³ . |
| CBR | MTC E 132 ASTM D 1883 AASHTO T 193 | Método de prueba para determinar un índice de resistencia de los suelos, denominado valor de la relación de soporte, conocido como CBR (California Bearing Ratio). El ensayo se utiliza para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante y de las capas de subbase, base y de afirmado de un pavimento. |

3.6.4.1. Ensayos físicos en estado natural

Se realizaron en base al M.T.C, 2016, Ensayo de Materiales; estos ensayos se describen a continuación.

3.6.4.1.1. Contenido de Humedad suelo natural

Se extrajo muestra de la calicata y se envolvió con bolsas y cinta plástica a prueba de agua, para mantener su humedad natural, en el laboratorio se tomó una porción de suelo mayor a las cantidades mínimas según norma, se colocó en una tara pesada e identificada, se llevó al horno a una temperatura de 110° C durante 24 horas, pasado este tiempo se registra el peso seco y finalmente se procesan los datos obtenidos en gabinete (M.T.C, 2016).

3.6.4.1.2. Densidad Natural Húmeda suelo natural

Se penetra el tubo en el estrato de suelo a estudiar de cada calicata y se envolvió con bolsas y cinta plástica a prueba de agua, para conservar su humedad natural, en el laboratorio se registró el peso del tubo y muestra incluida, además de su peso propio y sus dimensiones y en gabinete se calcula la densidad natural (M.T.C, 2016).

3.6.4.1.3. Análisis Granulométrico por tamizado suelo natural

Se secó el material, se realizó el cuarteo respectivo y de acuerdo a su tamaño máximo se escoge la cantidad mínima requerida de muestra seca a estudiar, luego se fracciona la muestra mediante la malla N° 4, el material pasante la malla N° 4 se deja remojado en un recipiente por 24 horas, después se procede a realizar el lavado por la malla N° 200 y se seca en el horno.

Finalmente se tamiza la fracción gruesa por las mallas 2'', 1'' 1/2'', 1'', 3/4'', 1/2'', 3/8'', 1/4'' N°4, y la fracción fina por las mallas N° 10, 20, 40, 60, 100 y 200, y se pesa el material retenido en cada tamiz para el proceso en gabinete (M.T.C, 2016).

3.6.4.1.4. Límites de Atterberg suelo natural (Ensayo Límite Líquido)

La muestra de suelo seco que pasa por la malla N°40 se colocó en una cápsula de porcelana y se mezcló con agua destilada utilizando una espátula hasta obtener una pasta homogénea. Luego, se transfirió una porción de esta pasta a la copa de Casagrande y se niveló con la espátula hasta

alcanzar un espesor de 1 cm. En el centro, se hizo una ranura con el acanalador, dividiendo la muestra en dos partes (M.T.C, 2016).

El procedimiento continuó elevando y dejando caer la copa con la manivela a una velocidad de 2 caídas por segundo, hasta que las dos mitades de suelo se unieron en la parte inferior de la ranura, alcanzando aproximadamente 1.3 cm de contacto. Se registró el número de golpes obtenidos en este ensayo (M.T.C, 2016).

Con la espátula se retiró una porción de suelo que se ha puesto en contacto en la parte inferior de la ranura y se coloca en una tara, se agrega más suelo o agua según sea el caso, de tal manera que cumpla con el intervalo de numero de golpes establecidas en la norma, se repitió este ensayo tres veces. Luego se seca en el horno a una temperatura de 110 °C, por 24 horas aproximadamente. Pasado este tiempo de registra el peso seco, y se realiza los cálculos en gabinete (M.T.C, 2016).

3.6.4.1.5. Límites de Atterberg suelo natural (Ensayo Límite Plástico)

Consideramos una porción mayor a 20g de la muestra saturada, y se toma 1.5g a 2.0g para moldear la muestra en forma de elipsoide y, a continuación, se rodó con los dedos de la mano sobre el vidrio, con la presión estrictamente necesaria para formar cilindros de 3mm de diámetro aproximadamente hasta que presenten agrietamientos, luego tomamos las porciones de dichos cilindros de 3mm y colocamos en una tara, considerando que sea mayor a 6 gramos de masa (M.T.C, 2016).

3.6.4.2. Ensayos mecánicos en estado natural

Aplicaremos los ensayos de Proctor modificado y CBR a los tipos de suelos más desfavorables, es decir, a los que tengan alto índice de plasticidad y poco porcentaje de grava, lo cual conlleva a obtener un bajo porcentaje de cbr, y son inadecuados para una subrasante (M.T.C, 2016).

Según el sistema de clasificación AASHTO, para esta investigación se obtuvo el mismo tipo de suelo en las tres calicatas realizadas, variando únicamente por su índice de grupo, por lo cual se aplicará los ensayos mecánicos a la calicata 01, con 3 repeticiones (M.T.C, 2016).

3.6.4.2.1. Ensayo de Proctor Modificado suelo natural

Con el análisis granulométrico se procede a determinar el método A,B o C a seguir según norma, se toma la muestra seca al aire libre y se preparó 4 muestras de 2.3 kg aproximadamente con una determinada cantidad de agua que varía máximo en un 2% en cada una de ellas, se compacta la muestra en 5 capas, en cada capa con 25 golpes, usando el pisón manual de compactación señalado, seguido se hace el enrase del molde y se registra su peso húmedo, además se extrae una porción representativa del espécimen para obtener el contenido de humedad, finalmente en gabinete se determinan de acuerdo a la gráfica la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad (M.T.C, 2016).

3.6.4.2.2. Ensayo de California Bearing Ratio (CBR) suelo natural

Se prepararon tres muestras de suelo natural de 6 kg cada una, ajustadas con el contenido óptimo de humedad determinado mediante el ensayo de compactación Proctor modificado. Se ensamblaron los moldes cilíndricos, incluyendo placas de base, collares de extensión, discos espaciadores y papeles filtro. Cada muestra fue compactada en tres moldes CBR, distribuyendo el material en cinco capas. Al primero se le aplicaron 12 golpes por capa, al segundo 25 golpes y al tercero 56 golpes. A continuación, se invirtieron las muestras para que la superficie libre quedara en la parte superior al ser reensamblados en sus bases. Sobre cada muestra se colocaron papel filtro, una placa de expansión, la sobrecarga, un trípode y un dial de expansión calibrado en cero. Los tres moldes fueron sumergidos en una poza por 4 días, registrándose las lecturas de expansión

cada 24 horas. Finalmente, se realizó el ensayo de penetración conforme a la normativa (M.T.C, 2016).

Se extrae de la poza y se deja drenar el agua, después se coloca en la prensa CBR y se aplica la carga sobre el pistón de penetración mediante el gato de la prensa, con una velocidad de penetración uniforme de 0,05" por minuto, controlado mediante deformímetro de penetración y un cronómetro, registramos las lecturas de carga y de penetración de cada muestra. Los cálculos se realizan en gabinete (M.T.C, 2016).

3.6.5. Preparación de mezclas de suelo con ceniza de cascarilla de arroz

La ceniza de cascarilla de arroz son los residuos de la quema del ladrillo artesanal con cascarilla de arroz, y se recolectó de la ladrillera "Morales", ubicada en el sector de Fila alta, Jaén.

Además, se revisó la literatura bibliografía y trabajos de investigación similares que fueron material de consulta para realizar las mezclas de suelo con ceniza con referencia a sus resultados obtenidos, y además sirvió para definir las dosificaciones de ceniza a usar.

Según la tabla 20, los suelos de la calicata 01, 02 y 03 se clasificaron como ML, ML, y SM respectivamente, por lo tanto, a los suelos de la calicata 01 y 03 se aplicó la ceniza de cascarilla de arroz en porcentajes de 5%,8% y 11% y se mezcló uniformemente, luego se procedió a realizar los ensayos de límites de Atterberg, Proctor modificado y CBR con las mezclas de suelo-ceniza, dichos porcentajes se aplican en función del peso de muestra de cada ensayo. Los ensayos indicados, se repitió tres veces en cada dosificación.

Usaremos las siguientes abreviaturas para simplificar nombres:

Ceniza de cascarilla de arroz: CCA

3.6.6. *Ensayo Límites de Atterberg con aplicación de la ceniza de cascarilla de arroz*

Para este ensayo se usará 3 muestras de 200g mínimo según norma técnica, se prepara el suelo natural con cada porcentaje de ceniza calculado en peso respecto a la muestra mínima del ensayo, se mezcla bien y se repite el procedimiento señalado en el ensayo de Límite de Atterberg suelo natural.

Obtención de los pesos de suelo y ceniza:

Tenemos en cuenta que 200 g será la mezcla total entre CCA y suelo.

Para el 5% de CCA:

$$200\text{g} \times 5\% \text{CCA} = 10\text{g de CCA}$$

Luego restamos: $200\text{g} - 10\text{g} = 190\text{g}$ será el peso del suelo.

⇒ La mezcla estará conformada por 10g de CCA + 190g de suelo.

Para el 8% de CCA:

$$200\text{g} \times 8\% \text{CCA} = 16\text{g de CCA}$$

Luego restamos: $200\text{g} - 16\text{g} = 184\text{g}$ será el peso del suelo.

⇒ La mezcla estará conformada por 16g de CCA + 184g de suelo.

Para el 11% de CCA:

$$200\text{g} \times 11\% \text{CCA} = 22\text{g de CCA}$$

Luego restamos: $200\text{g} - 22\text{g} = 178\text{g}$ será el peso del suelo.

⇒ La mezcla estará conformada por 22g de CCA + 178g de suelo.

Tabla 15. Pesos de suelo y ceniza de cascarilla de arroz, para cada ensayo de Límites de Atterberg

| Límites de Atterberg | | | | |
|----------------------|-------------------------|----------|-----------------|-------------------|
| Calicata | Espécimen de ensayo (g) | % de CCA | Peso de CCA (g) | Peso de suelo (g) |
| C-1 | 200 | 5 | 10 | 190 |
| | 200 | 8 | 16 | 184 |
| | 200 | 11 | 22 | 178 |

3.6.7. Ensayo Proctor Modificado con aplicación de la ceniza de cascarilla de arroz

Para este ensayo se usará 3 muestras de 2.3Kg según norma técnica, se prepara el suelo natural con cada porcentaje de ceniza calculado en peso, se mezcla bien y se repite el procedimiento señalado en el ensayo de Proctor Modificado suelo natural.

Obtención de los pesos de suelo y ceniza:

Tenemos en cuenta que 2300 g será la mezcla total entre CCA y suelo.

Para el 5% de CCA:

$$2300\text{g} \times 5\% \text{CCA} = 115\text{g de CCA}$$

Luego restamos: $2300\text{g} - 115\text{g} = 2185\text{g}$ será el peso del suelo.

⇒ La mezcla estará conformada por 115g de CCA + 2185g de suelo.

Para el 8% de CCA:

$$2300\text{g} \times 8\% \text{CCA} = 184\text{g de CCA}$$

Luego restamos: $2300\text{g} - 184\text{g} = 2116\text{g}$ será el peso del suelo.

⇒ La mezcla estará conformada por 184g de CCA + 2116g de suelo.

Para el 11% de CCA:

$$2300\text{g} \times 11\% \text{CCA} = 253\text{g de CCA}$$

Luego restamos: $2300\text{g} - 253\text{g} = 2047\text{g}$ será el peso del suelo.

⇒ La mezcla estará conformada por 253g de CCA + 2047g de suelo.

Tabla 16. Pesos de suelo y ceniza de cascarilla de arroz, para cada ensayo de Proctor modificado

| Proctor Modificado | | | | |
|--------------------|-------------------------|----------|-----------------|-------------------|
| Calicata | Espécimen de ensayo (g) | % de CCA | Peso de CCA (g) | Peso de suelo (g) |
| C-1 | 2300 | 5 | 115 | 2185 |
| | 2300 | 8 | 184 | 2116 |
| | 2300 | 11 | 253 | 2047 |

3.6.8. Ensayo de California Bearing Ratio (CBR) con aplicación de la ceniza de cascarilla de arroz

Para este ensayo se usará 3 muestras de 6.00kg según norma técnica, se prepara el suelo natural con cada porcentaje de ceniza calculado en peso, se mezcla bien y se repite el procedimiento señalado en el ensayo de California Bearing Ratio (CBR) suelo natural.

Obtención de los pesos de suelo y ceniza:

Tenemos en cuenta que 6000 g será la mezcla total entre CCA y suelo.

Para el 5% de CCA:

$$6000\text{g} \times 5\% \text{CCA} = 300\text{g de CCA}$$

Luego restamos: $6000\text{g} - 300\text{g} = 5700\text{g}$ será el peso del suelo.

⇒ La mezcla estará conformada por 300g de CCA + 5700g de suelo.

Para el 8% de CCA:

$$6000\text{g} \times 8\% \text{CCA} = 480\text{g de CCA}$$

Luego restamos: $6000\text{g} - 480\text{g} = 5520\text{g}$ será el peso del suelo.

⇒ La mezcla estará conformada por 480g de CCA + 5520g de suelo.

Para el 11% de CCA:

$$6000\text{g} \times 11\% \text{CCA} = 300\text{g de CCA}$$

Luego restamos: $6000\text{g} - 660\text{g} = 5340\text{g}$ será el peso del suelo.

⇒ La mezcla estará conformada por 660g de CCA + 5340g de suelo.

Tabla 17. Pesos de suelo y ceniza de cascarilla de arroz, para cada ensayo de California Bearing Ratio (CBR)

| Ensayos de California Bearing Ratio (CBR) | | | | |
|---|-------------------------|----------|-----------------|-------------------|
| Calicata | Espécimen de ensayo (g) | % de CCA | Peso de CCA (g) | Peso de suelo (g) |
| | 6000 | 5 | 300 | 5700 |
| C-1 | 6000 | 8 | 480 | 5520 |
| | 6000 | 11 | 660 | 5340 |

3.7. Tratamiento y análisis de datos y presentación de resultados

3.7.1. Tipo, nivel, diseño y método de investigación

3.7.1.1. Tipo

La investigación es de tipo experimental, el método utilizado es el hipotético deductivo

3.7.2. Población de estudio

La población estará conformada por los suelos de la avenida Inmaculada en la ciudad de Jaén.

3.7.3. Muestra

Conformada por muestras de suelos en estado natural de la avenida Inmaculada y mezclas de los suelos con dosificaciones de 5%, 8% y 11% de ceniza de cascara de arroz, en la ciudad de Jaén.

Tabla 18. *Cantidad de ensayos en estado natural*

| Ensayo Calicata | Densidad Natural | Contenido de humedad | Granulometría | Limite Líquido (LL) | Limite Plástico (LP) | Proctor Modificado | Cbr |
|--------------------|---------------------|----------------------------|---------------|---------------------------|----------------------------|-----------------------|-----|
| C - 01 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| C - 02 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| C - 03 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 |

Mediante los resultados de los ensayos físicos, se obtiene la clasificación de las 3 calicatas, de lo cual se identificaron 2 tipos de suelos en la Av. Inmaculada, siendo ML en las calicatas 1 y 2 y SM en la calicata 3, según el sistema SUCS; y según ASSHTO en todas las calicatas se clasifica como un suelo A-4, ver tabla 20.

En función a la clasificación se consideró la aplicación de 5%,8% y 11% de ceniza de cascarilla de arroz (CCA) a las calicatas 1 y 3, mediante los ensayos de Límites de Atterberg, Proctor modificado y CBR, se hará 3 repeticiones de cada ensayo con y sin CCA, y así obtener el comportamiento de cada tipo de suelo.

Tabla 19. *Cantidad de ensayos de las mezclas de suelo-CCA*

| Ensayo Calicata | CCA | Limite Líquido (LL) | Limite Plástico (LP) | Proctor Modificado | Cbr |
|--------------------|-----|------------------------|-------------------------|-----------------------|-----|
| C - 01 | 0% | 3 | 3 | 3 | 3 |
| | 5% | 3 | 3 | 3 | 3 |
| | 8% | 3 | 3 | 3 | 3 |
| | 11% | 3 | 3 | 3 | 3 |
| C - 03 | 0% | 3 | 3 | 3 | 3 |
| | 5% | 3 | 3 | 3 | 3 |
| | 8% | 3 | 3 | 3 | 3 |
| | 11% | 3 | 3 | 3 | 3 |

3.7.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.7.4.1. Técnicas

Análisis de contenido cuantitativo, ensayos de laboratorio. Se recolectó muestras de cada calicata y se sometió a los ensayos de laboratorio físicos y mecánicos.

3.7.4.2. Instrumentos

Ficha técnica de resultados de laboratorio, formatos Excel de proceso de datos y todos los equipos utilizados en los ensayos de laboratorio.

3.7.5. Presentación de resultados

3.7.5.1. Resultados de los ensayos para determinar las características físicas

Tabla 20. Resultados de las características físicas del suelo de la calicata C-1 y C-3

| Características físicas del suelo | | | |
|--|---------|---------|---------|
| Calicata | C-1 | C-2 | C-3 |
| Muestra | M-1 | M-1 | M-1 |
| Progresiva km | 0+110 | 0+690 | 1+175 |
| Contenido de humedad (%) | 10.70 | 11.20 | 12.60 |
| Densidad natural húmeda (gr/cm ³) | 1.76 | 1.77 | 1.75 |
| Densidad seca (gr/cm ³) | 1.59 | 1.59 | 1.56 |
| Granulometría - Análisis por tamices (% que pasa) | | | |
| No. 4 | 83.4 | 81.4 | 76.8 |
| No. 10 | 80.1 | 76.9 | 70.1 |
| No. 40 | 69.1 | 69 | 58.3 |
| No. 200 | 57.2 | 58.9 | 49.6 |
| Limites Consistencia - Fracción que pasa el tamiz 0.425 mm (No. 40) | | | |
| Límite líquido (LL) | 34 | 35 | 37 |
| Límite plástico (LP) | 27 | 27 | 27 |
| Índice de plasticidad (IP) | 7 | 8 | 10 |
| Clasificación | | | |
| AASHTO | A-4 (5) | A-4 (5) | A-4 (3) |
| SUCS | ML | ML | SM |

Después de haberse realizado los ensayos físicos, se tienen 2 tipos de suelos en la vía de estudio de esta investigación, siendo ML en las calicatas 1 y 2; y SM en la calicata 3, según el sistema SUCS y según ASSHTO en todas las calicatas se clasifica como un suelo A-4.

Al tenerse 2 tipos de suelos en la investigación, se aplicará ceniza de cascarilla de arroz (CCA) para ambos y así obtener el comportamiento de cada uno, mediante los ensayos de Límites de Atterberg, Proctor modificado y CBR, se hará 3 repeticiones para las muestras en estado natural y para las mezclas de suelo-ceniza en cada ensayo de las calicatas 1 y 3.

3.7.5.2. Resultados de los Límites de Atterberg con y sin ceniza de cascara de arroz (CCA).

Se obtiene los resultados de limite líquido, limite plástico e índice de plasticidad, de 03 repeticiones del ensayo, de las calicatas 1 y 3 con y sin ceniza de cascara de arroz (CCA), posteriormente se calcula un resultado promedio de cada ensayo y calicata.

Tabla 21. Resultados del límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de la calicata C-1

| C-1, M-1 | | | | | | | | | | | | |
|------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 0+110 | | | | | | | | | | | | |
| Progresiva km | | | | | | | | | | | | |
| %CCA | 0% | | | 5% | | | 8% | | | 11% | | |
| Ensayo | L.L. (%) | L.P. (%) | I.P. (%) | L.L. (%) | L.P. (%) | I.P. (%) | L.L. (%) | L.P. (%) | I.P. (%) | L.L. (%) | L.P. (%) | I.P. (%) |
| Rep. 01 | 34 | 27 | 7 | 32 | 26 | 6 | 30 | 26 | 4 | 29 | 25 | 4 |
| Rep. 02 | 36 | 28 | 8 | 33 | 26 | 7 | 31 | 25 | 6 | 29 | 26 | 4 |
| Rep. 03 | 36 | 27 | 9 | 34 | 27 | 8 | 32 | 25 | 7 | 28 | 24 | 5 |
| Promedio | 35 | 27 | 8 | 33 | 26 | 7 | 31 | 25 | 6 | 29 | 25 | 4 |

Tabla 22. Resultados del límite líquido, límite plástico y índice de plasticidad de la calicata C-3

| C-3, M-1 | | | | | | | | | | | | |
|------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Progresiva km | 1+175 | | | | | | | | | | | |
| %CCA | 0% | | | 5% | | | 8% | | | 11% | | |
| Ensayo | L.L. (%) | L.P. (%) | I.P. (%) | L.L. (%) | L.P. (%) | I.P. (%) | L.L. (%) | L.P. (%) | I.P. (%) | L.L. (%) | L.P. (%) | I.P. (%) |
| Rep. 01 | 37 | 27 | 10 | 35 | 27 | 8 | 33 | 25 | 8 | 31 | 25 | 6 |
| Rep. 02 | 35 | 25 | 10 | 36 | 27 | 9 | 33 | 26 | 7 | 31 | 26 | 5 |
| Rep. 03 | 37 | 26 | 11 | 35 | 27 | 8 | 32 | 26 | 6 | 30 | 25 | 5 |
| Promedio | 36 | 26 | 10 | 35 | 27 | 8 | 33 | 26 | 7 | 31 | 25 | 6 |

Tabla 23. Resultados de índices de plasticidad promedio de la C-1 y C-3

| CALICATA | C-1 | | | | C-3 | | | |
|----------|------|------|------|------|-------|------|------|------|
| % CCA | 0% | 5% | 8% | 11% | 0% | 5% | 8% | 11% |
| IP | 8.00 | 7.00 | 6.00 | 4.00 | 10.00 | 8.00 | 7.00 | 6.00 |

Tabla 24. Comparación de los resultados de los índices de plasticidad promedio con y sin Ceniza de cascara de arroz (CCA)

| Calicat a | ASSHTO SUCS | IP 0% CCA | IP 5% CCA | % Disminución | IP 8% CCA | % Disminución | IP 11% CCA | % Disminución |
|--------------|----------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|
| C-1 | A-4 (5) ML | 8 | 7 | 1 | 6 | 2 | 4 | 4 |
| C-3 | A-4 (3) SM | 10 | 8 | 2 | 7 | 3 | 6 | 4 |

Figura 4. Índice de plasticidad promedio vs porcentajes de ceniza de CCA, de la C-1

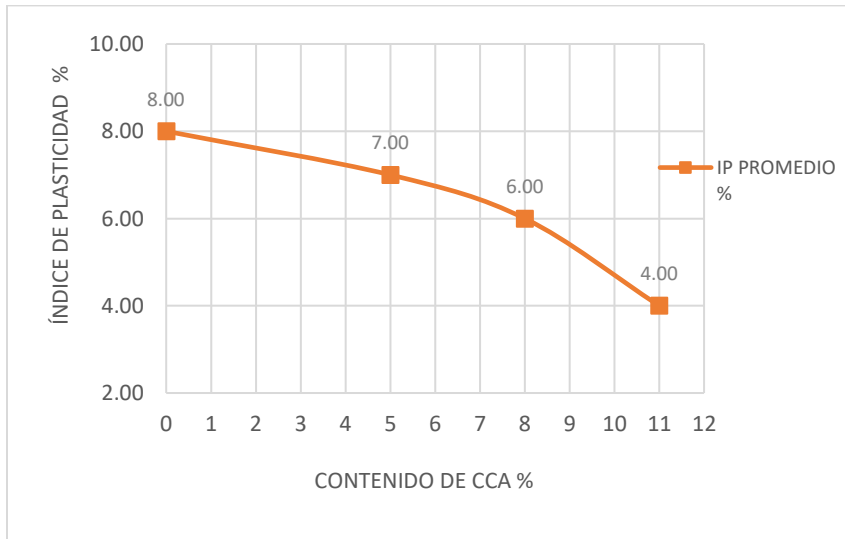
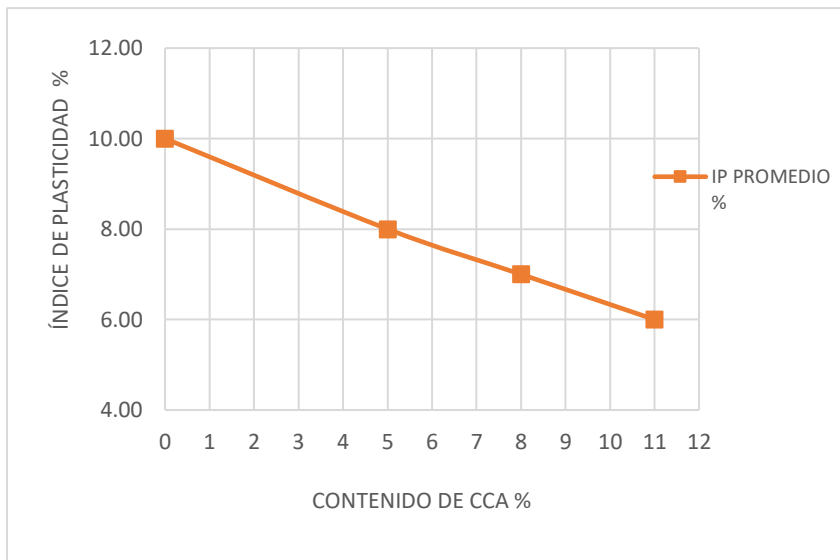


Figura 5. Índice de plasticidad promedio vs porcentajes de ceniza de CCA, de la C-3



3.7.5.3. Resultado de los ensayos para determinar las propiedades Mecánicas

Se realizan ensayos de Proctor modificado y CBR para la C-1 y C-3, y se realiza 3 repeticiones con y sin ceniza de cascara de arroz (CCA).

3.7.5.3.1. Proctor Modificado

Tabla 25. Resultados del ensayo Proctor Modificado con y sin Ceniza de cascarilla de arroz (CCA) de la C-1 y C-3

| % CCA | | 0% | | 5% | | 8% | | 11% | |
|--------------------|----------|--------------|---------|--------------|---------|--------------|---------|--------------|---------|
| Proctor Modificado | | DMS (gr/cm3) | COH (%) | DMS (gr/cm3) | COH (%) | DMS (gr/cm3) | COH (%) | DMS (gr/cm3) | COH (%) |
| C-1 Km 0+110 | Rep. 01 | 1.853 | 10.60 | 1.903 | 13.00 | 2.080 | 14.40 | 2.113 | 15.20 |
| | Rep. 02 | 1.876 | 10.50 | 1.925 | 13.10 | 2.115 | 14.10 | 2.137 | 15.10 |
| | Rep. 03 | 1.880 | 10.60 | 1.937 | 13.30 | 2.128 | 13.80 | 2.112 | 15.90 |
| | Promedio | 1.870 | 10.57 | 1.922 | 13.13 | 2.108 | 14.10 | 2.121 | 15.40 |
| C-3 Km 1+175 | Rep. 01 | 1.976 | 11.90 | 2.058 | 13.00 | 2.103 | 14.20 | 2.023 | 14.90 |
| | Rep. 02 | 1.988 | 11.50 | 2.091 | 13.20 | 2.118 | 13.70 | 2.038 | 14.50 |
| | Rep. 03 | 2.043 | 12.00 | 2.133 | 13.30 | 2.158 | 13.90 | 2.106 | 14.40 |
| | Promedio | 2.002 | 11.80 | 2.094 | 13.17 | 2.126 | 13.93 | 2.056 | 14.60 |

Tabla 26. Resultados del ensayo Proctor Modificado, DMS y COH promedio con y sin ceniza de cascarilla de arroz(CCA)

| Calicata | C-1 | | C-3 | |
|----------|--------------|------------------|--------------|------------------|
| % CCA | DMS (gr/cm3) | COH promedio (%) | DMS (gr/cm3) | COH promedio (%) |
| 0% | 1.870 | 10.57 | 2.002 | 11.80 |
| 5% | 1.922 | 13.13 | 2.094 | 13.17 |
| 8% | 2.108 | 14.10 | 2.126 | 13.93 |
| 11% | 2.121 | 15.40 | 2.056 | 14.60 |

Tabla 27. Comparación de los resultados de la densidad máxima seca con y sin Ceniza de cascara de arroz (CCA)

| Calicata | ASSHTO SUCS | DMS gr/cm3 | DSM 5% CCA | gr/cm3 Incremento | DMS 8% CCA | gr/cm3 Incremento | DMS 11% CCA | gr/cm3 Incremento |
|----------|----------------|---------------|------------------|----------------------|------------------|----------------------|-------------------|----------------------|
| C-1 | A-4 (5) | | | | | | | |
| | ML | 1.870 | 1.922 | 0.052 | 2.108 | 0.238 | 2.121 | 0.251 |
| C-3 | A-4 (3) | | | | | | | |
| | SM | 2.002 | 2.094 | 0.092 | 2.126 | 0.124 | 2.056 | 0.054 |

Tabla 28. Comparación de los resultados del contenido óptimo de humedad con y sin Ceniza de cascara de arroz (CCA)

| Calicata | ASSHTO SUCS | OCH % | OCH 5% CCA | % Incremento | OCH 8% CCA | % Incremento | OCH 11% CCA | % Incremento |
|----------|----------------|----------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|-------------------|-----------------|
| C-1 | A-4 (5) ML | 10.57 | 13.13 | 2.56 | 14.10 | 3.53 | 15.40 | 4.83 |
| C-3 | A-4 (3) SM | 11.80 | 13.17 | 1.37 | 13.93 | 2.13 | 14.60 | 2.80 |

Figura 6. Densidad máxima seca promedio vs % ceniza de CCA, de la C-1

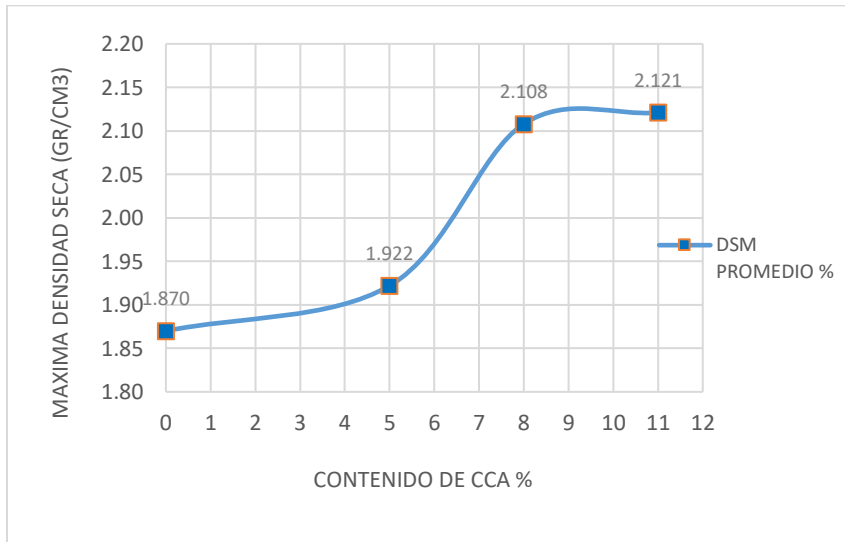


Figura 7. Densidad máxima seca promedio vs % de ceniza de CCA, de la C-3

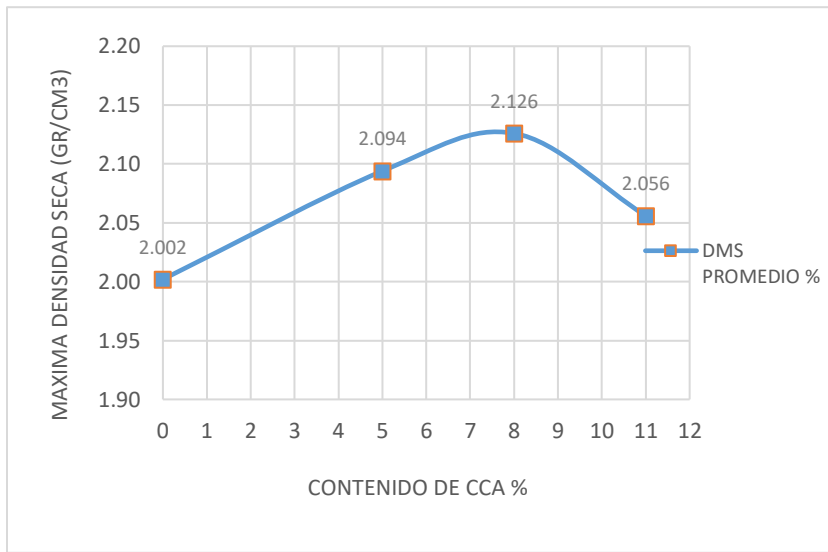


Figura 8. Contenido óptimo de humedad promedio vs % de ceniza de CCA, de la C-1

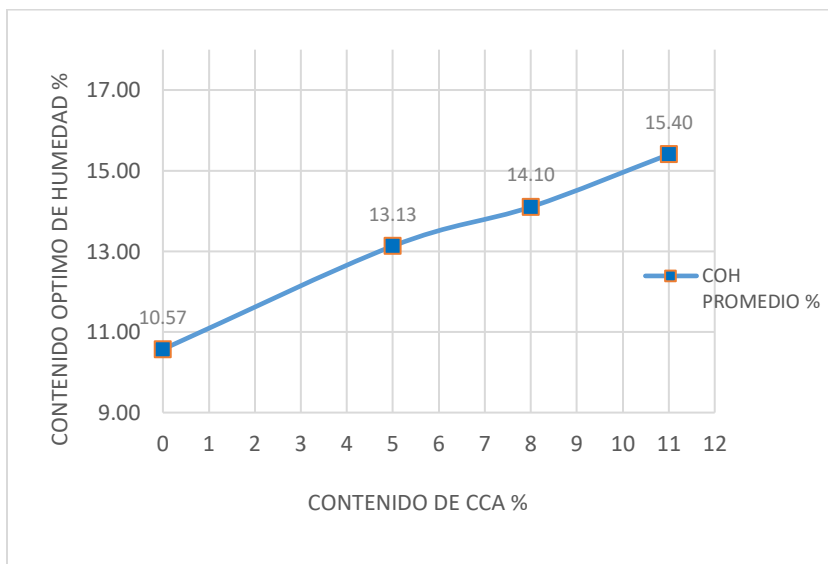
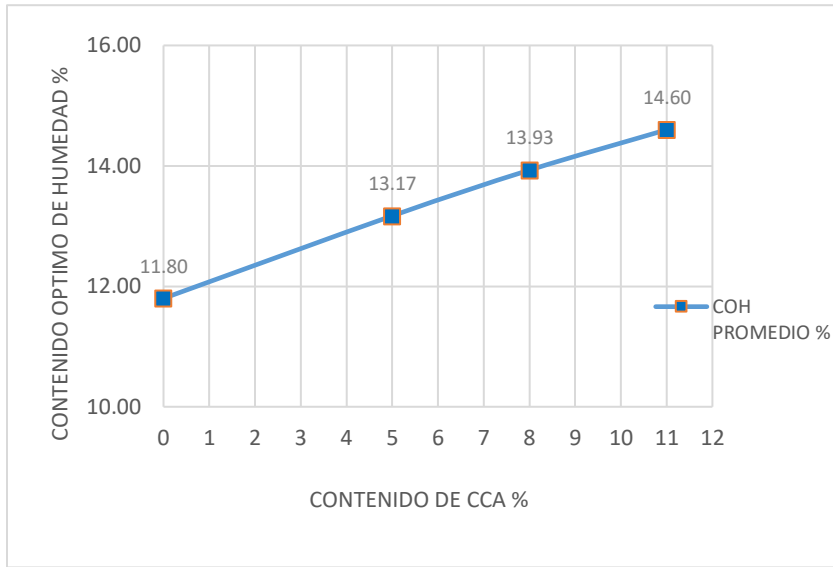


Figura 9. Contenido óptimo de humedad promedio vs % de ceniza de CCA, de la C-3



3.7.5.3.2. Ensayo California Bearing Ratio (CBR)

Tabla 29. Resultados del ensayo CBR con y sin Ceniza de cascara de arroz (CCA)

| | | C.B.R. para el 95% de la densidad máxima seca (%) a 1'' | | | | |
|-----------------|---------------|---|------|-------|-------|-------|
| | | % CCA | 0% | 5% | 8% | 11% |
| C-1 Km 0+110 | Repetición 01 | | 4.80 | 8.50 | 12.20 | 13.40 |
| | Repetición 02 | | 4.90 | 8.80 | 11.90 | 13.50 |
| | Repetición 03 | | 4.70 | 10.50 | 12.10 | 13.60 |
| | CBR Promedio | | 4.80 | 9.27 | 12.07 | 13.50 |
| C-3 Km 1+175 | Repetición 01 | | 5.30 | 6.90 | 10.60 | 8.20 |
| | Repetición 02 | | 5.50 | 7.20 | 10.30 | 9.30 |
| | Repetición 03 | | 5.90 | 8.10 | 11.60 | 10.30 |
| | CBR Promedio | | 5.57 | 7.40 | 10.83 | 9.27 |

Tabla 30. Resultados del ensayo CBR promedio con y sin ceniza de cascara de arroz (CCA)

| | | 95% de la densidad máxima seca (%) a 1'' | | | | | | | |
|--------------|--|--|------|-------|-------|------|------|-------|------|
| Calicata | | C-1 | | | | C-3 | | | |
| % CCA | | 0% | 5% | 8% | 11% | 0% | 5% | 8% | 11% |
| CBR promedio | | 4.80 | 9.27 | 12.07 | 13.50 | 5.57 | 7.40 | 10.83 | 9.27 |

Tabla 31. Comparación de los resultados del CBR promedio con y sin Ceniza de cascara de arroz (CCA)

| 95% de la densidad máxima seca (%) a 1'' | | | | | | | | |
|--|---------------|------|------|------------|-------|------------|-------|------------|
| Calicata | ASSHTO | CBR | CBR | % | CBR | % | CBR | % |
| | SUCS | 0% | 5% | Incremento | 8% | Incremento | 11% | Incremento |
| | | CCA | CCA | | CCA | | CCA | |
| C-1 | A-4 (5) ML | 4.80 | 9.27 | 4.47 | 12.07 | 7.27 | 13.50 | 8.70 |
| C-3 | A-4 (3) SM | 5.57 | 7.40 | 1.83 | 10.83 | 5.26 | 9.27 | 3.70 |

Figura 10. CBR promedio vs % de ceniza de CCA, de la C-1

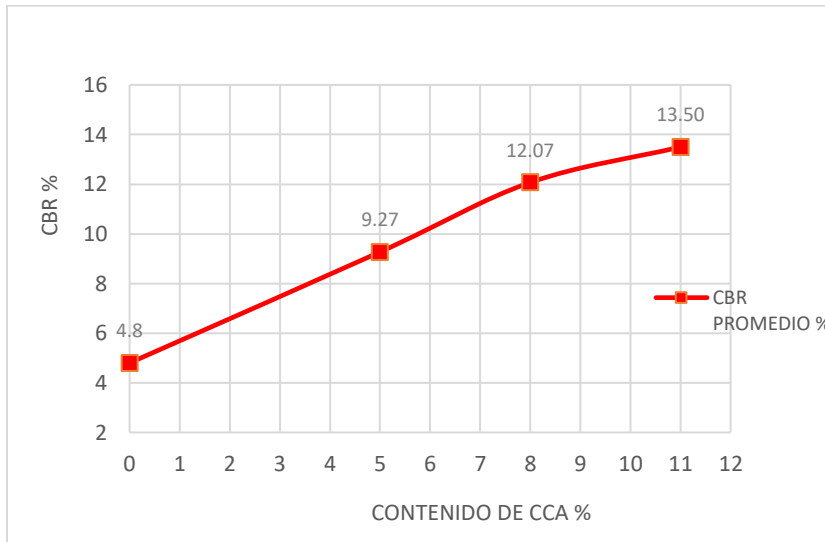
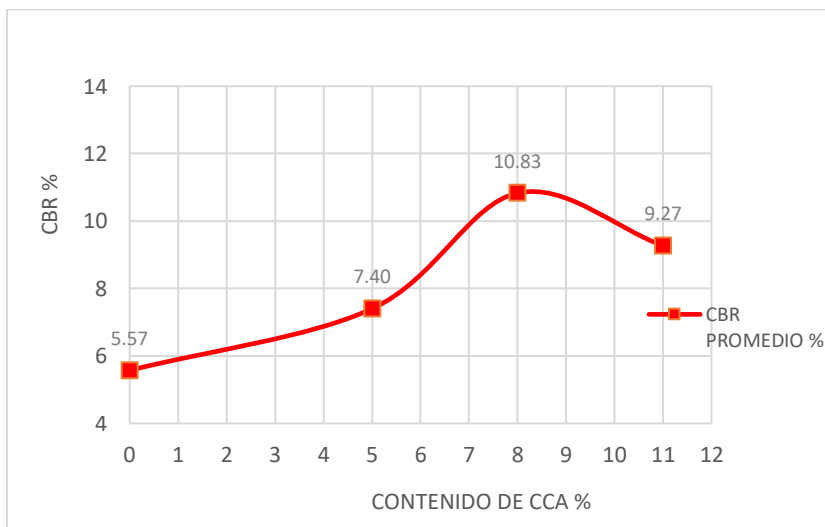


Figura 11. CBR promedio vs % de ceniza de CCA, de la C-3



3.8. Contrastación de hipótesis

En la hipótesis se plantea que las características físicas del suelo de la subrasante de la avenida immaculada, mejoran en un rango de 1% a 6%, y las características mecánicas en un rango de 5% a 15%, con el 5%, 8% y 11% de ceniza de cascarilla de arroz; lo cual, respecto a las características físicas la hipótesis es válida, ya que los valores obtenidos, ver tabla 24, están dentro del rango mencionado en todas las dosificaciones; en relación a las características mecánicas, es válida para los porcentajes de 8% y 11% de CCA, puesto que los valores obtenidos, ver tabla 31, están dentro del rango mencionado en la hipótesis, y con el 5% de CCA no es válida, por presentar valores inferiores al rango que se planteó.

4. CAPITULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

➤ **Clasificación de suelos**

A partir de los resultados que se muestran en la tabla 20, los suelos de la Avenida Inmaculada, se clasifican como ML en las calicatas 1 y 2; arena limosa SM en la calicata 3, según el sistema SUCS y según ASSHTO en todas las calicatas se clasifican como suelos limosos A-4, con plasticidades medias, ver tabla 3, que varían de 7 a 10, estos tipos de suelos no cumplen con las características adecuados para una subrasante.

➤ **Límites de Atterberg**

En la tabla 21 y 22 se aprecia los resultados de limite líquido, plástico, los cuales se repitió 3 veces para cada ensayo, con y sin ceniza de cascarilla de arroz, a partir de estos se calcula el índice plástico para cada dosificación de CCA, finalmente el promedio de cada ensayo.

En la tabla 23 se presenta la variación del índice plástico promedio con y sin CCA, de la C-1 y C-3, de lo cual el mejor resultado se obtiene con el 11% de CCA, el IP mejora de 8% a 4%, y de 10% a 6% respectivamente, significando que disminuye en un 4% respecto del valor inicial, esto se puede apreciar en la tabla 24, al igual que los otros valores de disminución de los demás porcentajes de CCA, logrando así pasar de una plasticidad media a baja, ver tabla 3.

En las representaciones graficas de las figuras 4 y 5 se observa que a medida que aumenta el porcentaje de CCA el IP promedio disminuye, de lo cual se deduce que se puede mejorar aún más esta característica física.

➤ **Proctor modificado**

En la tabla 25 se presentan los resultados de las repeticiones del Proctor modificado con cada % de CCA de la C-1 y C-3, se muestra la máxima densidad seca y el contenido óptimo de humedad, de los cuales se obtiene un promedio final.

En la tabla 26 se aprecia que para la C-1 la DMS promedio aumenta de 1.87gr/cm³ a 2.121gr/cm³, con el 11% de CCA ,incrementándose en un 0.251gr/cm³ según tabla 27, para la C-3 aumenta de 2.002gr/cm³ a 2.126 gr/cm³ con el 8% de CCA, incrementándose en un 0.124gr/cm³ según tabla 27, lo que significa que el suelo logra compactarse mejor con la aplicación de la CCA; respecto al contenido óptimo de humedad se tiene valores de 15.40% y 14.60% con el 11% de CCA, en la tabla 28 se visualiza que, el máximo incremento es de 4.83% y 2.80% para la C-1 y C-3 correspondientemente, de lo cual se deduce que la ceniza de cascarilla de arroz absorbe considerable cantidad de agua para tener una buena compactación de las mezclas suelo-ceniza.

En las figuras 6 y 7 se aprecia gráficamente que los valores de DMS aumentan proporcionalmente al % de CCA, en la C-1 aumenta hasta el 11% y en la C-3 solo hasta el 8%, que sería el óptimo porcentaje de CCA para un tipo de suelo SM, en caso del COH de la misma forma, aumenta proporcionalmente al % de CCA, se visualiza en la figura 8 y 9.

➤ **Capacidad de soporte (CBR)**

En la tabla 29 se muestran los resultados de las repeticiones del ensayo CBR al 95% de la densidad máxima seca con cada % de CCA de la C-1 y C-3, de los cuales se obtiene un promedio final. En la tabla 30 al comparar los resultados de CBR promedio con y sin CCA, se observa su CBR mejora considerablemente de 4.8% a 9.27%, 12.07%, 13.5%, la C-3 mejora de 5.57% a 7.40%, 10.83%, 9.27%; con el 5%, 8% y 11% de CCA respectivamente, por lo que los suelos ya se consideran adecuados y estables, con los nuevos valores de CBR , la categoría de subrasante mejora de pobre a buena según la tabla 1. En la tabla 31 se muestra que el incremento máximo del CBR es de 8.70% y 5.26% correspondiente a la C-1 y C-3 para los porcentajes 11% y 8% de CCA respectivamente.

En contraste con López (2021) realizó una estabilización de suelos arcillosos aplicando 5%, 10% y 15% de ceniza de cáscara de arroz. De sus resultados obtuvo un IP natural de 23.84%, un CBR de 3.96%, con el 5% de CCA obtuvo un IP de 26,45% y un CBR de 6.90%, no logrando resultados favorables para el IP. En tanto, en la presente investigación para un suelo ML con el 5%, el IP disminuye de 8% a 7% logrando una disminución de 1%, y el CBR aumenta de 4.80% a 9.27%, por lo tanto, se obtuvo un mayor incremento siendo 4.47%, ver tabla 31, frente al 2.94% de la investigación de López (2021).

En contraste a los antecedentes de la investigación de Vílchez (2019), estudia un suelo clasificado como CL, aplicando ceniza de cascara de arroz 3% ,5% y 10%, para mejorar la estabilidad de la subrasante, para realizar la comparación usaremos solo los porcentajes de 5% y 10% que se asemejan a la presente investigación. Vílchez (2019) tiene valores iniciales de un CBR de 3.8% (subrasante pobre), al adicionar CCA de 5% y 10%, su CBR es de 8.8% y 12.4%. En este estudio para un suelo limoso se obtiene un CBR natural de 4.80% (subrasante pobre), ver tabla 30, al aplicar 5% y 11% de CCA su CBR aumenta a 9.27% y 12.07% figura 10, en ambas investigaciones la subrasante mejora en un rango de regular a buena, la investigación de Vílchez (2019) tiene un incremento en su CBR de 5% y 8.6% siendo superior al incremento de 4.47% y 7.27% de esta investigación según tabla 31.

En contraste a los antecedentes de la investigación de los tesisistas Barragán y Cuervo (2019), realizaron un estudio con el fin de analizar los factores físico-mecánicos asociados a la resistencia de un suelo areno arcilloso adicionando el 1% de ceniza de cascarilla de arroz (CCA) logrando incrementar su capacidad de soporte en un 19% con respecto a la condición inicial del mismo, en comparación con esta investigación el porcentaje más bajo que se utilizó es de 5% de

CCA, logrando incrementar el cbr en un 1.83% ver tabla 31, para un arena limosa, y para un suelo limoso se incrementó en 4.47% ver tabla 31, de esta forma comparando resultados Barragán y Cuervo (2019) lograron mejores resultados.

5. CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Con el 5%, 8% y 11% de CCA, las características físicas de las calicatas estudiadas C-1 y C-3, se determinó que mejoran al disminuir en 1%,2%, 4% y en 2%,3%, 4% su índice plástico, respectivamente, pasando de una plasticidad media a baja, ver tabla 3; y de las características mecánicas se determinó que, mejoran al incrementar en 4.47%, 7.27% y 8.70% su CBR, correspondiente a la C-1, y para la C-3 su Cbr incrementa en 1.83%,5.26% y 3.70% respectivamente, pasando de subrasante pobre a buena en ambas calicatas, ver tabla 1.

De las calicatas estudiadas C-1, C-2 y C-3, respecto a las características físicas, se determinó que, su contenido de humedad es de 10.70%, 11.20%, 12.60%, su densidad natural húmeda es de 1.76 gr/cm³, 1.77 gr/cm³, 1.75 gr/cm³, índice plástico de 8%, 8%,10%, lo cual se consideran suelos de mediana plasticidad; según la clasificación AASHTO presentan suelos de tipo A-4 (5), A-4 (5), A-4(3); para la clasificación SUCS suelos de tipo ML, ML, SM respectivamente. En relación a las características mecánicas, se determinó una máxima densidad seca promedio de 1.870gr/cm³, 2.002 gr/cm³; humedad optima promedio de 10.57%, 11.80%, CBR promedio de 4.80% (subrasante pobre) y 5.57%(subrasante pobre) respectivamente.

Con el 5%, 8% y 11% de CCA; de las características físicas de las calicatas estudiadas C-1, C-3 se determinó un índice plástico promedio de 7%, 6%, 4% y 9%, 8%, 6% respectivamente. Respecto a las características mecánicas, de la C-1 y C-3; se determinó una máxima densidad seca promedio de 1.922gr/cm³, 2.108gr/cm³, 2.121gr/cm³ y 2.094gr/cm³, 2.126gr/cm³, 2.056gr/cm³;

óptimo contenido de humedad promedio de 13.13%, 14.10%, 15.40% y 13.17%, 13.93%, 14.60%; CBR de 9.27%, 12.07%, 13.50% y 7.40%, 10.83%, 9.27%, respectivamente.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar estudios con cenizas de otros residuos orgánicos como bagazo de caña de azúcar, tamo de café entre otros, para así comparar los resultados y ver cuál es la más recomendable a utilizar para este tipo de suelos.
- Se recomienda realizar investigaciones controlando la temperatura a la que ocurre la combustión de la ceniza de cascarilla de arroz, y comprobar si se obtienen mejores resultados con una temperatura de combustión específica.
- Se recomienda aplicar la ceniza de cascarilla de arroz a suelos arcillosos para comprobar su eficacia con estos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barragán Garzón, C.A., & Cuervo Camacho, H.A (2019). *Análisis del comportamiento físico mecánico de la adición de ceniza de cascarilla de arroz de la variedad blanco a un suelo areno-arcilloso*. [Tesis de pregrado, Universidad Piloto De Colombia Sección Alto Magdalena]. <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/6488>

Braja, M.D (2014). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*. Cengage Learning. https://www.academia.edu/37854899/Fundamentos_de_Ingenieria_Geotecnica_Braja_M_Das.

Galvez Reyes, P.M & Santoyo Villegas, J.K. (2019). *Estabilización de suelos cohesivos a nivel de subrasante con ceniza de cáscara de arroz, carretera Yanuyacu Bajo – Señor Cautivo*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional De Jaén]. <http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/232>.

Gomez Albitres, D.J., & Gonzales Rios, J.P. (2020). *Mejoramiento del suelo utilizando cenizas de cáscara de arroz en la pavimentación AA. HH. Tahuantinsuyo, Nuevo Chimbote-Ancash*. [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/57572>

Gómez Juya. W. A. (2022). *Cenizas cascarilla de arroz frente a otros métodos de mejoramiento geotécnico de suelos arcillosos*. [Tesis de pregrado, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia]. <https://repositorio.uptc.edu.co/handle/001/9199>

López Barbarán, J. (2021). *Estabilización de suelos arcillosos aplicando ceniza de cáscara de arroz para el mejoramiento de subrasante, en la localidad de Moyobamba – departamento de San Martín*. [Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. <http://hdl.handle.net/10757/654616>

Mattey, P., Robayo, R., Jherson E, D., Delvasto, S., & Monzó, J. (2015). Aplicación de ceniza de cascarilla de arroz obtenida de un proceso agro-industrial para la fabricación de bloques

en concreto no estructurales. *Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales*, 35(2), 285-294. Doi: <https://ve.scielo.org/pdf/rlmm/v35n2/art15.pdf>

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. *Manual de Carreteras suelos geología, geotecnia y pavimentos*. (2014).

https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/MANUALES%20DE%20CARRETERAS%202019/MC-05

[14%20Seccion%20Suelos%20y%20Pavimentos_Manual_de_Carreteras_OK.pdf](#)

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. *Manual de ensayo de materiales*. (2016).

https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf

Piedra Tineo, J.L., Vasquez Acosta, J.J., Arriola Carrasco, G.G. (2021). Evaluación de la estabilización de un suelo expansivo utilizando ceniza de cáscara de arroz, distrito de Jaén, Cajamarca, Perú. *Rev. Ingeniería: Ciencia, Tecnología e Innovación*. 8(2), 125-134. Doi:10.26495/icti.v8i2.1914

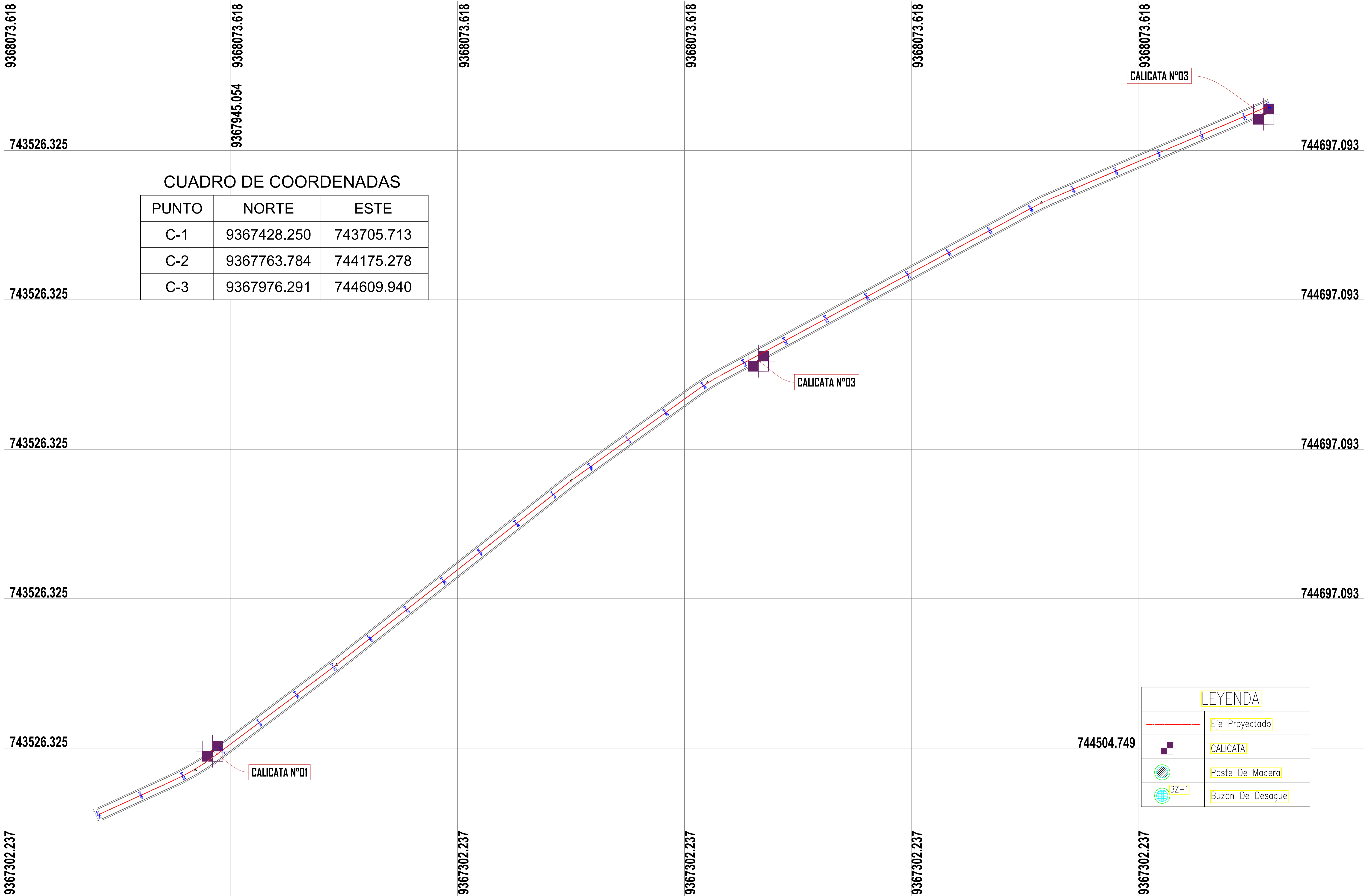
Sánchez, T & Ramírez, S. (s.f.). Uso de cascarilla de arroz como fuente energética en ladrilleras. *Programa de Energía, ITDG-Perú*. <https://studylib.es/doc/5331511/uso-de-cascarilla-de-arroz-como-fuente>

Rodríguez Moreno, M. A., López-Pérez, F., Rodríguez, A., Alvarez, A. E., Rodríguez, A. C., Rodríguez, A. F., ... Rojas-Agramonte, Y. (2019). *Ingeniería de pavimentos. Innovación y sostenibilidad en la infraestructura vial*. <http://hdl.handle.net/11407/6594>.

Vilchez Vurga, A.D. (2019). *Aplicación de ceniza de cascara de arroz para mejorar la estabilidad de la subrasante en la vía de Evitamiento Jaén- Cajamarca, 2019*. [Tesis de pregrado. Universidad Cesar Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/48455>.

ANEXOS A:

A.1 UBICACIÓN DE CALICATAS



CUADRO DE COORDENADAS

| PUNTO | NORTE | ESTE |
|-------|-------------|------------|
| C-1 | 9367428.250 | 743705.713 |
| C-2 | 9367763.784 | 744175.278 |
| C-3 | 9367976.291 | 744609.940 |

| LEYENDA | |
|---------|------------------|
| | Eje proyectado |
| | CALICATA |
| | Poste De Madera |
| | Buzon De Desague |

A.2 RESULTADOS DE LABORATORIO FÍSICO- MECÁNICOS DE LA CALICATA 1

TESIS: "MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA INMACULADA AL ADICIONAR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ, JAEN 2023"



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO
 DISTRITO: JAEN, PROVINCIA: JAEN, DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA: JULIO - 2023

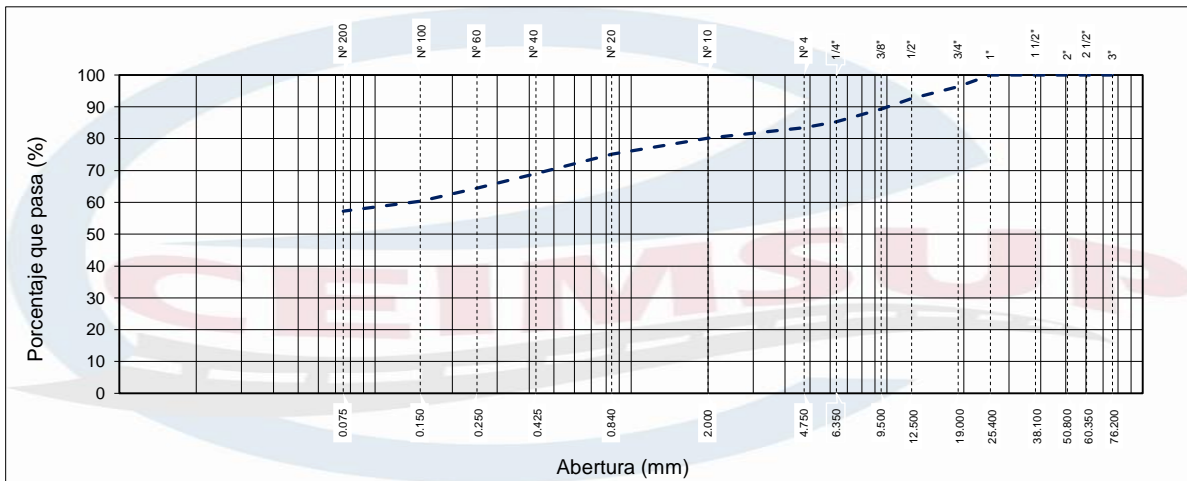
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO
 (ASTM D422 - MTC E107 - MTC E204 - ASTM C136)

I. Datos Generales

| | | | |
|--------------------|----------------------------------|-----------------------|--------------------------|
| PROCEDENCIA | : MUESTRA PATRON (REPETICION 01) | TAMANO MÁXIMO | : 1" |
| CALICATA | : C-1 / M-1 | DESCRIPCION | : AV. INMACULADA CDRA 02 |
| PROFUND. | : 0.20 - 1.70 m. | NIVEL FREÁTICO | : - |

| TAMIZ | AASHTO T-27 (mm) | PESO RETENIDO | PORCENTAJE RETENIDO | RETENIDO ACUMULADO | PORCENTAJE QUE PASA | ESPECIFICACIÓN | DESCRIPCION DE LA MUESTRA |
|----------|------------------|---------------|---------------------|--------------------|---------------------|----------------|---|
| 10" | 254.000 | | | | | | |
| 6" | 152.400 | | | | | | Peso inicial seco : 1900.0 gr. |
| 5" | 127.000 | | | | | | Peso fracción : 1087.5 gr. |
| 4" | 101.600 | | | | | | |
| 3" | 76.200 | | | | | | Contenido de Humedad (%) : 10.7 |
| 2 1/2" | 60.350 | | | | | | Límite Líquido (LL): 34.0 |
| 2" | 50.800 | | | | | | Límite Plástico (LP): 27.0 |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | | | Índice Plástico (IP): 7.0 |
| 1" | 25.400 | | | | 100.0 | | Clasificación (SUCS) : ML |
| 3/4" | 19.000 | 70.2 | 3.7 | 3.7 | 96.3 | | Clasificación (AASHTO) : A-4 (5) |
| 1/2" | 12.500 | 70.8 | 3.7 | 7.4 | 92.6 | | Descripción (AASHTO): REG-MALO |
| 3/8" | 9.500 | 61.2 | 3.2 | 10.6 | 89.4 | | Descripción (SUCS): Limo arenoso de baja plasticidad con grava |
| 1/4" | 6.350 | 77.4 | 4.1 | 14.7 | 85.3 | | |
| Nº 4 | 4.750 | 35.8 | 1.9 | 16.6 | 83.4 | | Índice de Consistencia : 3.32 |
| Nº 10 | 2.000 | 62.3 | 3.3 | 19.9 | 80.1 | | CU : 0.000 CC : 0.000 |
| Nº 20 | 0.840 | 95.5 | 5.0 | 24.9 | 75.1 | | OBSERVACIONES : |
| Nº 40 | 0.425 | 114.6 | 6.0 | 30.9 | 69.1 | | Grava > 2" : 0.0 |
| Nº 60 | 0.250 | 86.7 | 4.6 | 35.5 | 64.5 | | Grava 2" - Nº 4 : 16.6 |
| Nº 100 | 0.150 | 77.8 | 4.1 | 39.6 | 60.4 | | Arena Nº4 - Nº 200 : 26.2 |
| Nº 200 | 0.075 | 60.2 | 3.2 | 42.8 | 57.2 | | Finos < Nº 200 : 57.2 |
| < Nº 200 | FONDO | 1087.5 | 57.2 | 100.0 | | | %>3" : 0.0% |

CURVA GRANULOMETRICA



OBSERVACIONES:



FECHA: JULIO - 2023

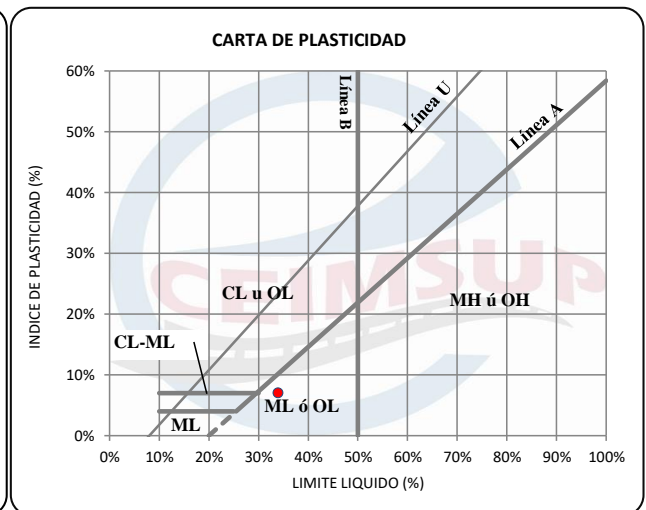
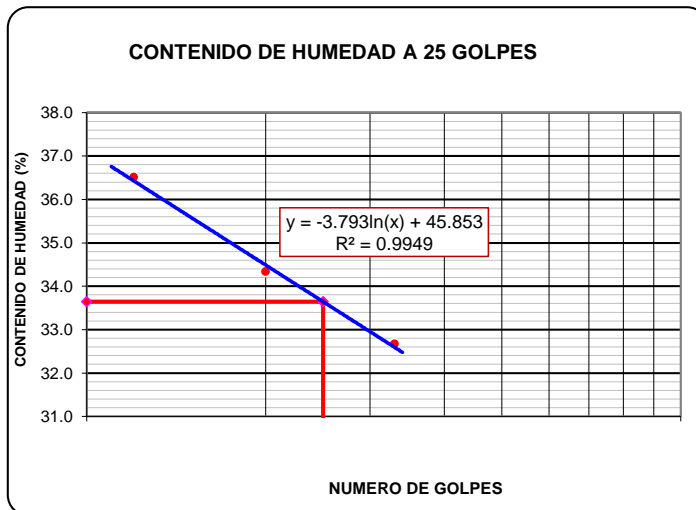
METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS MTC E 110 Y E 111 - A.S.T.M. D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90

I. Datos Generales

| | |
|---|---|
| PROCEDENCIA : MUESTRA PATRON (REPETICION 01) | TAMAÑO MAXIMO : 1" |
| CALICATA : C-1 / M-1 | DESCRIPCION : AV. INMACULADA CDRA 02 |
| PROFUND. : 0.20 - 1.70 m. | |

| LIMITE LIQUIDO (MTC E 110) | | | | |
|-------------------------------|--|-------|-------|-------|
| Nº TARRO | | 7 | 9 | 13 |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g) | | 37.10 | 34.20 | 37.60 |
| PESO TARRO + SUELO SECO (g) | | 31.50 | 30.30 | 33.00 |
| PESO DE AGUA (g) | | 5.60 | 3.90 | 4.60 |
| PESO DEL TARRO (g) | | 16.16 | 18.94 | 18.92 |
| PESO DEL SUELO SECO (g) | | 15.34 | 11.36 | 14.08 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | | 36.51 | 34.33 | 32.67 |
| NUMERO DE GOLPES | | 12 | 20 | 33 |

| LIMITE PLASTICO (MTC E 111) | | | | |
|-------------------------------|--|-------|-------|--|
| Nº TARRO | | 11 | 40 | |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g) | | 10.12 | 10.45 | |
| PESO TARRO + SUELO SECO (g) | | 9.40 | 9.61 | |
| PESO DE AGUA (g) | | 0.72 | 0.84 | |
| PESO DEL TARRO (g) | | 6.70 | 6.47 | |
| PESO DEL SUELO SECO (g) | | 2.70 | 3.14 | |
| CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%) | | 26.67 | 26.75 | |



| CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA | |
|----------------------------------|-----|
| LIMITE LIQUIDO | 34% |
| LIMITE PLASTICO | 27% |
| INDICE DE PLASTICIDAD | 7% |

| OBSERVACIONES |
|---------------|
| |

TESIS: "MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA INMACULADA AL ADICIONAR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ, JAEN 2023"



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO
DISTRITO: JAEN, PROVINCIA: JAEN, DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA: JULIO - 2023

METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO
MTC E 108 - A.S.T.M. D 2216

I. Datos Generales

| | |
|---|---|
| PROCEDENCIA : MUESTRA PATRON (REPETICION 01) | TAMAÑO MAXIMO : 1" |
| CALICATA : C-1 / M-1 | DESCRIPCION : AV. INMACULADA CDRA 02 |
| PROFUND. : 0.20 - 1.70 | |

| Nº DE ENSAYOS | 1 | 2 | 3 |
|--------------------------------|---------------|--------------|---------------|
| Nº Tara | | | |
| Peso Tara + Suelo Humedo (gr.) | 2410.0 | 800.0 | 1000.0 |
| Peso Tara + Suelo Seco (gr.) | 2175.0 | 723.0 | 903.0 |
| Peso Tara (gr.) | | | |
| Peso Agua (gr.) | 235.0 | 77.0 | 97.0 |
| Peso Suelo Seco (gr.) | 2175.0 | 723.0 | 903.0 |
| Contenido de Humedad (gr.) | 10.8 | 10.7 | 10.7 |
| Promedio (%) | 10.7 | | |

Observaciones:

.....

.....

.....

.....

TESIS: "MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA INMACULADA AL ADICIONAR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ, JAEN 2023"



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO
DISTRITO: JAEN, PROVINCIA: JAEN, DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA: JULIO - 2023

DENSIDAD NATURAL HUMEDA
A.S.T.M. D 2937

| | |
|---|---|
| PROCEDENCIA : MUESTRA PATRON (REPETICION 01) | TAMAÑO MAXIMO : 1" |
| CALICATA : C-1 / M-1 | DESCRIPCION : AV. INMACULADA CDRA 02 |
| PROFUND. : 0.20 - 1.70 | |

| ENSAYE : | 1 | 2 | 3 | | |
|---|--------|--------|---|--|--|
| W Muestreador + M.Humeda Inicial (gr) | 431.00 | 431.20 | | | |
| W Muestreador (gr) | 248.00 | 248.00 | | | |
| W M. Humeda (gr) | 183.00 | 183.20 | | | |
| Volumen Muestreador (cm ³) | 103.80 | 103.80 | | | |
| Densidad Humeda (gr/cm ³) | 1.76 | 1.76 | | | |
| Densidad Humeda Promedio (gr/cm³) | 1.76 | | | | |

DENSIDAD SECA
A.S.T.M. D 2937

| ENSAYE : | 1 | 2 | | | |
|---|-------|---|--|--|--|
| Densidad Humeda (gr/cm ³) | 1.76 | | | | |
| Densidad Agua (gr/cm ³) | 1.00 | | | | |
| Humedad Natural (%) | 10.73 | | | | |
| Densidad Seca (%) | 1.59 | | | | |
| Densidad Seca Promedio (gr/cm³) | 1.59 | | | | |

OBSERVACIONES:

TESIS: "MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA INMACULADA AL ADICIONAR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ, JAEN 2023"



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO

DISTRITO: JAEN, PROVINCIA: JAEN, DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA: JULIO - 2023

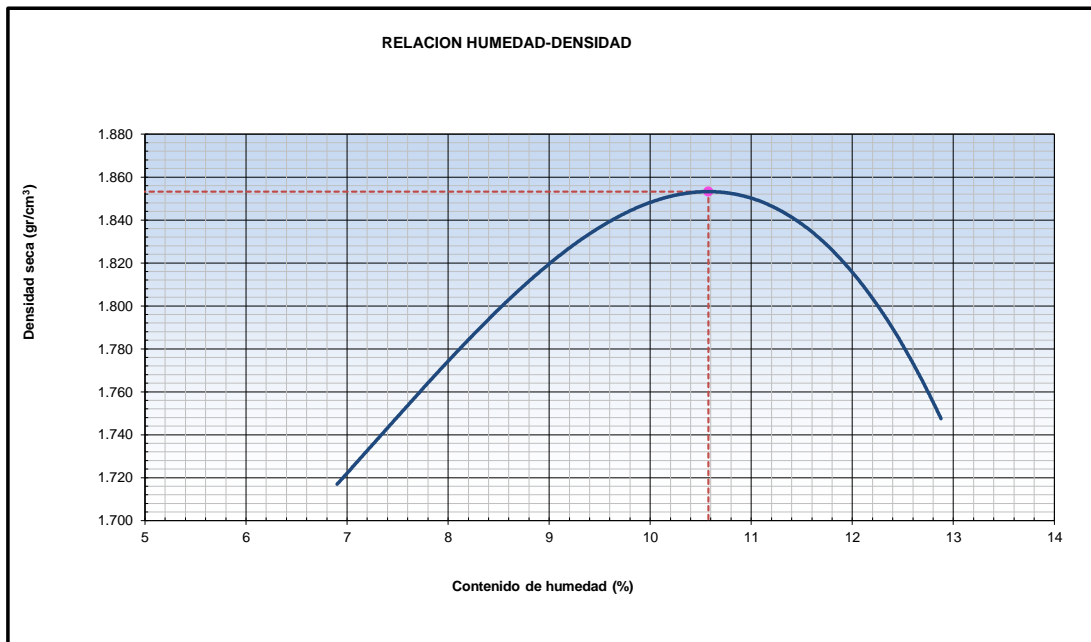
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557, MTC-115)

I. Datos Generales

| | |
|---|--------------------------------------|
| PROCEDENCIA : MUESTRA PATRON (REPETICION 01) | CLASF. (SUCS) : ML |
| P. EXPLOR. : C - 1 | CLASF. (AASHTO) : A-4 (5) |
| MATERIAL : - | LADO : AV. INMACULADA CDRA 02 |
| PROFUND. : 0.20 - 1.70 | |

Método "A"

| Número de Ensayo | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--|--------------------|--------|--------|--------|--------|-------|
| Peso suelo + molde | gr | 5650 | 5810 | 5855 | 5780 | |
| Peso molde | gr | 3910 | 3910 | 3910 | 3910 | |
| Peso suelo húmedo compactado | gr | 1740 | 1900 | 1945 | 1870 | |
| Volumen del molde | cm ³ | 948 | 948 | 948 | 948 | |
| Peso volumétrico húmedo | gr | 1.835 | 2.004 | 2.052 | 1.973 | |
| Recipiente N° | | 25 | 29 | 24 | 17 | |
| Peso del suelo húmedo+tara | gr | 106.30 | 114.80 | 113.70 | 148.50 | |
| Peso del suelo seco + tara | gr | 100.80 | 106.80 | 104.30 | 134.00 | |
| Tara | gr | 21.10 | 21.40 | 21.60 | 21.40 | |
| Peso de agua | gr | 5.50 | 8.00 | 9.40 | 14.50 | |
| Peso del suelo seco | gr | 79.70 | 85.40 | 82.70 | 112.60 | |
| Contenido de agua | % | 6.90 | 9.37 | 11.37 | 12.88 | |
| Peso volumétrico seco | gr/cm ³ | 1.717 | 1.833 | 1.842 | 1.748 | |
| <i>Densidad máxima (gr/cm³)</i> | | | | | | 1.853 |
| <i>Humedad óptima (%)</i> | | | | | | 10.6 |



OBSERVACIONES.

TESIS: "MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA INMACULADA AL ADICIONAR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ, JAEN 2023"



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO

DISTRITO: JAEN, PROVINCIA: JAEN, DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA: JULIO - 2023

RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132)

I. Datos Generales

| | |
|---|--------------------------------------|
| PROCEDENCIA : MUESTRA PATRON (REPETICION 01) | CLASF. (SUCS) : ML |
| P. EXPLOR. : C - 1 | CLASF. (AASHTO) : A-4 (5) |
| MATERIAL : - | LADO : AV. INMACULADA CDRA 02 |
| PROFUND. : 0.20 - 1.70 | |

| Molde N° | 123 | | 122 | | 121 | |
|--------------------------------------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|
| Capas N° | 5 | | 5 | | 5 | |
| Golpes por capa N° | 56 | | 25 | | 12 | |
| Condición de la muestra | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO |
| Peso de molde + Suelo húmedo (g) | 11820.00 | 12060.00 | 11690.00 | 11910.00 | 11660.00 | 11810.00 |
| Peso de molde (g) | 7500.00 | 7500.00 | 7420.00 | 7420.00 | 7484.00 | 7484.00 |
| Peso del suelo húmedo (g) | 4320 | 4560 | 4270 | 4490 | 4176 | 4326.00 |
| Volumen del molde (cm ³) | 2109.00 | 2109.00 | 2118.00 | 2118.00 | 2120.00 | 2120.00 |
| Densidad húmeda (g/cm ³) | 2.048 | 2.162 | 2.016 | 2.120 | 1.970 | 2.041 |
| Tara (N°) | 40 | 12 | 23 | 4 | 7 | 14 |
| Peso suelo húmedo + tara (g) | 112.00 | 132.60 | 113.30 | 136.80 | 117.75 | 123.90 |
| Peso suelo seco + tara (g) | 103.00 | 117.80 | 104.00 | 121.30 | 108.00 | 109.30 |
| Peso de tara (g) | 14.20 | 14.10 | 14.50 | 14.60 | 15.30 | 16.20 |
| Peso de agua (g) | 9.00 | 14.80 | 9.30 | 15.50 | 9.75 | 14.60 |
| Peso de suelo seco (g) | 88.80 | 103.70 | 89.50 | 106.70 | 92.70 | 93.10 |
| Contenido de humedad (%) | 10.14 | 14.27 | 10.39 | 14.53 | 10.52 | 15.68 |
| Densidad seca (g/cm ³) | 1.860 | 1.892 | 1.826 | 1.851 | 1.782 | 1.764 |

EXPANSION

| FECHA | HORA | TIEMPO | DIAL | EXPANSION | | DIAL | EXPANSION | | DIAL | EXPANSION | |
|------------|-------|--------|-------|-----------|------|-------|-----------|------|-------|-----------|------|
| | | | | mm | % | | mm | % | | mm | % |
| 27/07/2023 | 10:00 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.0 | 0.000 | 0.000 | 0.0 | 0.000 | 0.000 | 0.0 |
| 28/07/2023 | 10:06 | 24 | 0.450 | 0.450 | 0.38 | 0.550 | 0.550 | 0.47 | 0.600 | 0.600 | 0.51 |
| 29/07/2023 | 10:12 | 48 | 0.800 | 0.800 | 0.68 | 0.900 | 0.900 | 0.76 | 1.000 | 1.000 | 0.85 |
| 30/07/2023 | 10:18 | 72 | 1.150 | 1.150 | 0.97 | 1.200 | 1.200 | 1.02 | 1.250 | 1.250 | 1.06 |
| 31/07/2023 | 10:24 | 84 | 1.300 | 1.300 | 1.10 | 1.350 | 1.350 | 1.14 | 1.400 | 1.400 | 1.19 |

PENETRACION

| DATOS DEL PISON | |
|--------------------------|-------|
| Diametro del Piston (cm) | 5.08 |
| Area (cm ²) | 20.27 |

| PENETRACION mm | CARGA STAND. kg/cm ² | MOLDE N° 122 | | | | MOLDE N° 121 | | | | MOLDE N° 123 | | | |
|-------------------|---------------------------------------|--------------|-------|------------|------|--------------|-------|------------|-----|--------------|-------|------------|-----|
| | | CARGA | | CORRECCION | | CARGA | | CORRECCION | | CARGA | | CORRECCION | |
| | | Dial (div) | kg | kg | % | Dial (div) | kg | kg | % | Dial (div) | kg | kg | % |
| 0.000 | | 0.0 | 0.0 | | | 0.0 | 0.0 | | | 0.0 | 0.0 | | |
| 0.635 | | 35.4 | 35.4 | | | 21.7 | 21.7 | | | 17.0 | 17.0 | | |
| 1.270 | | 71.4 | 71.4 | | | 48.8 | 48.8 | | | 33.8 | 33.8 | | |
| 1.905 | | 117.3 | 117.3 | | | 68.4 | 68.4 | | | 49.5 | 49.5 | | |
| 2.540 | 70.5 | 151.6 | 151.6 | 148.6 | 10.4 | 95.5 | 95.5 | 89.4 | 6.3 | 62.3 | 62.3 | 61.5 | 4.3 |
| 3.810 | | 211.5 | 211.5 | | | 120.3 | 120.3 | | | 81.5 | 81.5 | | |
| 5.080 | 105.7 | 255.6 | 255.6 | 258.6 | 12.1 | 142.6 | 142.6 | 146.2 | 6.8 | 94.6 | 94.6 | 94.9 | 4.4 |
| 6.350 | | 295.6 | 295.6 | | | 166.8 | 166.8 | | | 104.2 | 104.2 | | |
| 7.620 | | 320.8 | 320.8 | | | 180.2 | 180.2 | | | 112.4 | 112.4 | | |
| 10.160 | | | | | | 200.1 | 200.1 | | | 126.2 | 126.2 | | |

OBSERVACIONES.



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO

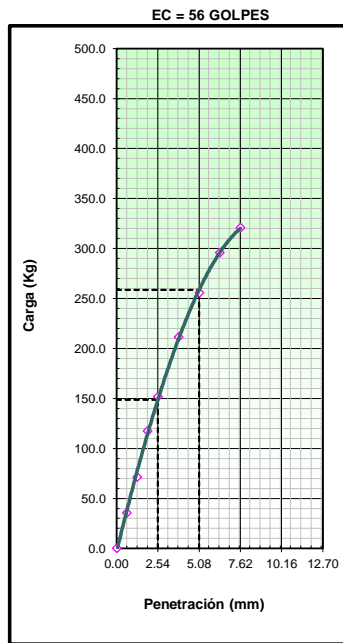
DISTRITO: JAEN, PROVINCIA: JAEN, DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA: JULIO - 2023

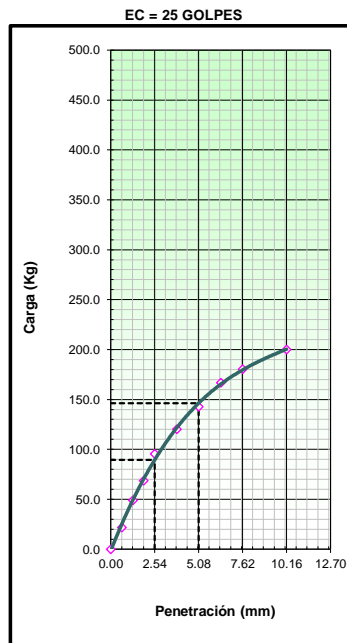
RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132)

I. Datos Generales

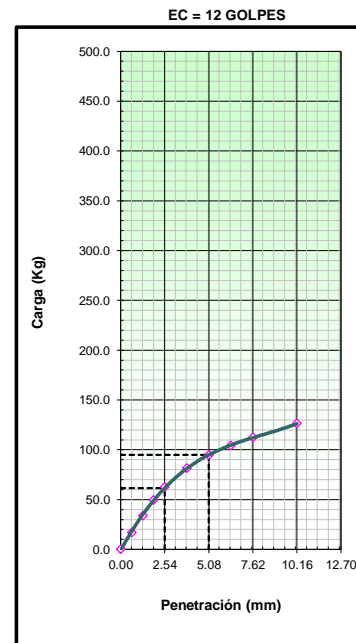
| | | | |
|--------------------|----------------------------------|------------------------|--------------------------|
| PROCEDENCIA | : MUESTRA PATRON (REPETICION 01) | CLASF. (SUCS) | : ML |
| P. EXPLOR. | : C - 1 | CLASF. (AASHTO) | : A-4 (5) |
| MATERIAL | : - | LADO | : AV. INMACULADA CDRA 02 |
| PROFUND. | : 0.20 - 1.70 | | |



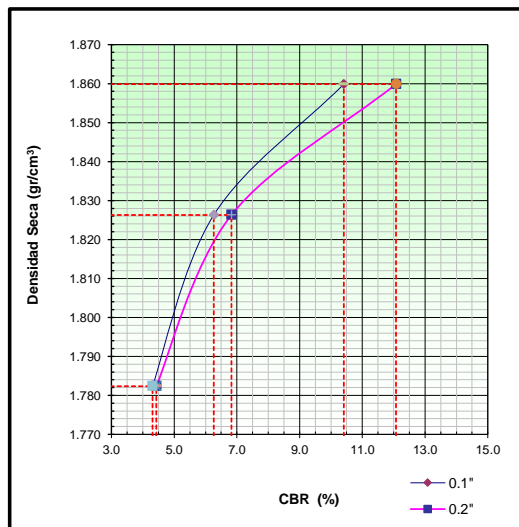
| | |
|-------------------|-------|
| CBR (0.1") | 10.4% |
| CBR (0.2") | 12.1% |



| | |
|-------------------|------|
| CBR (0.1") | 6.3% |
| CBR (0.2") | 6.8% |



| | |
|-------------------|------|
| CBR (0.1") | 4.3% |
| CBR (0.2") | 4.4% |



| | |
|---|--------------|
| METODO DE COMPACTACION | : ASTM D1557 |
| MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) | : 1.853 |
| OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | : 10.6 |
| 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) | : 1.761 |
| DENSIDAD INSITU (g/cm3) | : |

| | | | | |
|------------------------------|-------------|-----|-------------|------|
| C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) | 0.1" | 9.4 | 0.2" | 10.8 |
| C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) | 0.1" | 4.8 | 0.2" | 5.1 |

RESULTADOS CBR a 0.1":
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = **4.8** (%)

OBSERVACIONES:

OBSERVACIONES.



FECHA: JULIO - 2023

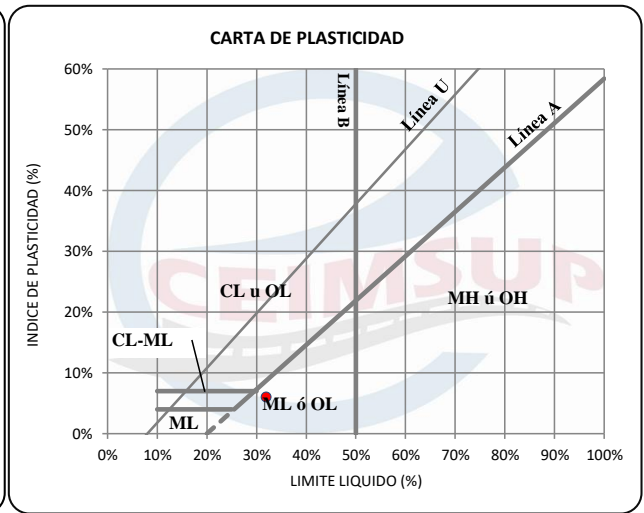
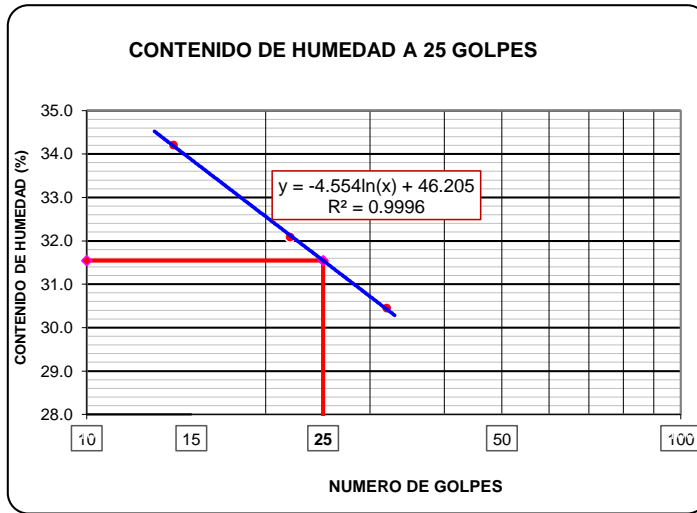
METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS MTC E 110 Y E 111 - A.S.T.M. D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90

I. Datos Generales

| | |
|---|---|
| PROCEDENCIA : ADICION DE 5% CENIZA (REPETICION 01) | TAMAÑO MAXIMO : 1" |
| CALICATA : C-1 / M-1 | DESCRIPCION : AV. INMACULADA CDRA 02 |
| PROFUND. : 0.20 - 1.70 m. | |

| LIMITE LIQUIDO (MTC E 110) | | | | |
|-------------------------------|--|-------|-------|-------|
| Nº TARRO | | 18 | 1 | 3 |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g) | | 37.44 | 41.42 | 39.35 |
| PESO TARRO + SUELO SECO (g) | | 32.21 | 35.68 | 33.94 |
| PESO DE AGUA (g) | | 5.23 | 5.74 | 5.41 |
| PESO DEL TARRO (g) | | 16.92 | 17.79 | 16.17 |
| PESO DEL SUELO SECO (g) | | 15.29 | 17.89 | 17.77 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | | 34.21 | 32.08 | 30.44 |
| NUMERO DE GOLPES | | 14 | 22 | 32 |

| LIMITE PLASTICO (MTC E 111) | | | | |
|-------------------------------|--|-------|-------|--|
| Nº TARRO | | 4 | 19 | |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g) | | 10.52 | 10.28 | |
| PESO TARRO + SUELO SECO (g) | | 9.74 | 9.42 | |
| PESO DE AGUA (g) | | 0.78 | 0.86 | |
| PESO DEL TARRO (g) | | 6.70 | 6.10 | |
| PESO DEL SUELO SECO (g) | | 3.04 | 3.32 | |
| CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%) | | 25.66 | 25.90 | |



| CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA | |
|----------------------------------|-----|
| LIMITE LIQUIDO | 32% |
| LIMITE PLASTICO | 26% |
| INDICE DE PLASTICIDAD | 6% |

| OBSERVACIONES |
|---------------|
| |

TESIS: "MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA INMACULADA AL ADICIONAR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ, JAEN 2023"



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO

DISTRITO: JAEN, PROVINCIA: JAEN, DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA: JULIO - 2023

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557, MTC-115)

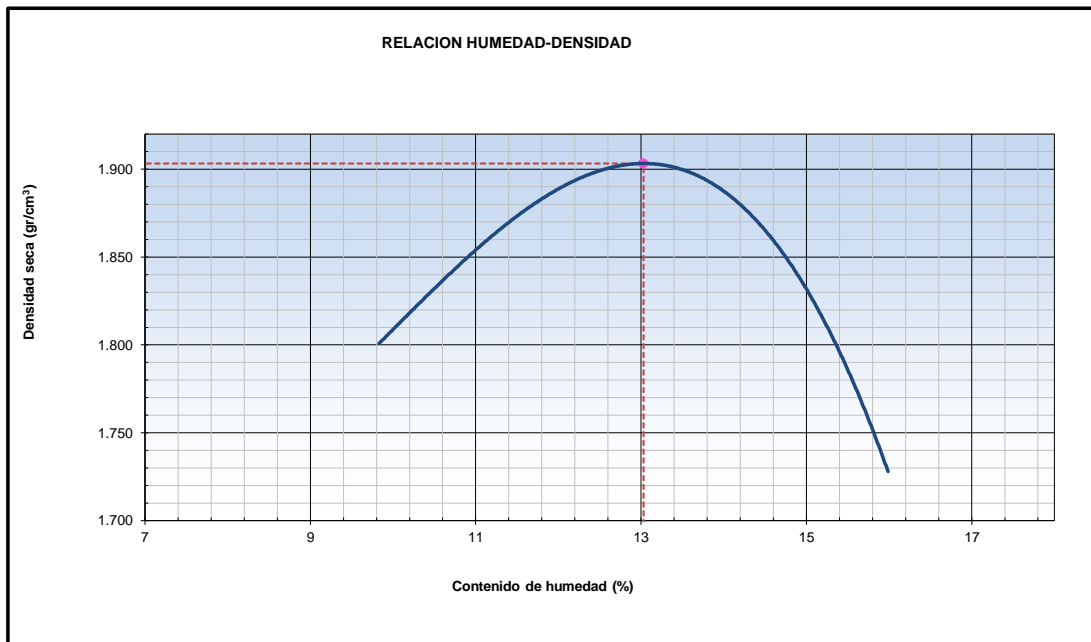
I. Datos Generales

PROCEDENCIA : ADICION DE 5% CENIZA (REPETICION 01)
P. EXPLOR. : C - 1
MATERIAL : -
PROFUND. : 0.20 - 1.70

CLASF. (SUCS) : ML
CLASF. (AASHTO) : A-4 (5)
LADO : AV. INMACULADA CDRA 02

Método "A"

| Número de Ensayo | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--|--------------------|--------|--------|--------|--------|-------|
| Peso suelo + molde | gr | 5785 | 5912 | 5952 | 5810 | |
| Peso molde | gr | 3910 | 3910 | 3910 | 3910 | |
| Peso suelo húmedo compactado | gr | 1875 | 2002 | 2042 | 1900 | |
| Volumen del molde | cm ³ | 948 | 948 | 948 | 948 | |
| Peso volumétrico húmedo | gr | 1.978 | 2.112 | 2.154 | 2.004 | |
| Recipiente N° | | 40 | 14 | 3 | 9 | |
| Peso del suelo húmedo+tara | gr | 125.10 | 121.05 | 117.46 | 136.20 | |
| Peso del suelo seco + tara | gr | 115.80 | 110.40 | 105.76 | 120.50 | |
| Tara | gr | 21.20 | 21.10 | 21.40 | 22.30 | |
| Peso de agua | gr | 9.30 | 10.65 | 11.70 | 15.70 | |
| Peso del suelo seco | gr | 94.60 | 89.30 | 84.36 | 98.20 | |
| Contenido de agua | % | 9.83 | 11.93 | 13.87 | 15.99 | |
| Peso volumétrico seco | gr/cm ³ | 1.801 | 1.887 | 1.892 | 1.728 | |
| <i>Densidad máxima (gr/cm³)</i> | | | | | | 1.903 |
| <i>Humedad óptima (%)</i> | | | | | | 13.0 |



OBSERVACIONES.

TESIS: "MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA INMACULADA AL ADICIONAR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ, JAEN 2023"



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO

DISTRITO: JAEN, PROVINCIA: JAEN, DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA: JULIO - 2023

RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132)

I. Datos Generales

| | |
|---|--------------------------------------|
| PROCEDENCIA : ADICION DE 5% CENIZA (REPETICION 01) | CLASF. (SUCS) : ML |
| P. EXPLOR. : C - 1 | CLASF. (AASHTO) : A-4 (5) |
| MATERIAL : - | LADO : AV. INMACULADA CDRA 02 |
| PROFUND. : 0.20 - 1.70 | |

| Molde N° | 126 | | 127 | | 128 | |
|--------------------------------------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|
| Capas N° | 5 | | 5 | | 5 | |
| Golpes por capa N° | 56 | | 25 | | 12 | |
| Condición de la muestra | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO |
| Peso de molde + Suelo húmedo (g) | 12002.00 | 12060.00 | 11848.00 | 11910.00 | 11812.00 | 11810.00 |
| Peso de molde (g) | 7500.00 | 7500.00 | 7420.00 | 7420.00 | 7484.00 | 7484.00 |
| Peso del suelo húmedo (g) | 4502 | 4560 | 4428 | 4490 | 4328 | 4326.00 |
| Volumen del molde (cm ³) | 2109.00 | 2109.00 | 2118.00 | 2118.00 | 2120.00 | 2120.00 |
| Densidad húmeda (g/cm ³) | 2.135 | 2.162 | 2.091 | 2.120 | 2.042 | 2.041 |
| Tara (N°) | 4 | 15 | 12 | 22 | 8 | 20 |
| Peso suelo húmedo + tara (g) | 144.60 | 124.10 | 104.70 | 115.80 | 127.60 | 137.50 |
| Peso suelo seco + tara (g) | 131.20 | 110.30 | 95.40 | 102.50 | 115.30 | 121.00 |
| Peso de tara (g) | 21.10 | 21.30 | 18.40 | 20.50 | 20.10 | 22.30 |
| Peso de agua (g) | 13.40 | 13.80 | 9.30 | 13.30 | 12.30 | 16.50 |
| Peso de suelo seco (g) | 110.10 | 89.00 | 77.00 | 82.00 | 95.20 | 98.70 |
| Contenido de humedad (%) | 12.17 | 15.51 | 12.08 | 16.22 | 12.92 | 16.72 |
| Densidad seca (g/cm ³) | 1.903 | 1.872 | 1.865 | 1.824 | 1.808 | 1.748 |

EXPANSION

| FECHA | HORA | TIEMPO | DIAL | EXPANSION | | DIAL | EXPANSION | | DIAL | EXPANSION | |
|------------|-------|--------|-------|-----------|------|-------|-----------|------|-------|-----------|------|
| | | | | mm | % | | mm | % | | mm | % |
| 03/08/2023 | 11:00 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.0 | 0.000 | 0.000 | 0.0 | 0.000 | 0.000 | 0.0 |
| 04/08/2023 | 11:06 | 24 | 0.380 | 0.380 | 0.32 | 0.450 | 0.450 | 0.38 | 0.500 | 0.500 | 0.42 |
| 05/08/2023 | 11:12 | 48 | 0.700 | 0.700 | 0.59 | 0.760 | 0.760 | 0.64 | 0.800 | 0.800 | 0.68 |
| 06/08/2023 | 11:18 | 72 | 0.950 | 0.950 | 0.81 | 1.000 | 1.000 | 0.85 | 1.080 | 1.080 | 0.92 |
| 07/08/2023 | 11:24 | 84 | 1.050 | 1.050 | 0.89 | 1.150 | 1.150 | 0.97 | 1.200 | 1.200 | 1.02 |

PENETRACION

| | | DATOS DEL PISON | | | | | | | | | | | |
|-------------------|---------------------------------------|--------------------------|-------|------------|------|--------------|-------|------------|------|--------------|-------|------------|-----|
| | | Diametro del Piston (cm) | | | | | | 5.08 | | | | | |
| | | Area (cm ²) | | | | | | 20.27 | | | | | |
| PENETRACION mm | CARGA STAND. kg/cm ² | MOLDE N° 126 | | | | MOLDE N° 127 | | | | MOLDE N° 128 | | | |
| | | CARGA | | CORRECCION | | CARGA | | CORRECCION | | CARGA | | CORRECCION | |
| | | Dial (div) | kg | kg | % | Dial (div) | kg | kg | % | Dial (div) | kg | kg | % |
| 0.000 | | 0.0 | 0.0 | | | 0.0 | 0.0 | | | 0.0 | 0.0 | | |
| 0.635 | | 45.3 | 45.3 | | | 32.1 | 32.1 | | | 30.8 | 30.8 | | |
| 1.270 | | 107.0 | 107.0 | | | 87.4 | 87.4 | | | 61.5 | 61.5 | | |
| 1.905 | | 158.6 | 158.6 | | | 125.6 | 125.6 | | | 101.3 | 101.3 | | |
| 2.540 | 70.5 | 210.4 | 210.4 | 203.6 | 14.3 | 172.3 | 172.3 | 162.5 | 11.4 | 128.4 | 128.4 | 121.1 | 8.5 |
| 3.810 | | 283.3 | 283.3 | | | 225.0 | 225.0 | | | 158.9 | 158.9 | | |
| 5.080 | 105.7 | 328.0 | 328.0 | 335.9 | 15.7 | 270.3 | 270.3 | 277.4 | 13.0 | 207.7 | 207.7 | 208.9 | 9.8 |
| 6.350 | | 384.5 | 384.5 | | | 315.6 | 315.6 | | | 241.1 | 241.1 | | |
| 7.620 | | 426.0 | 426.0 | | | 352.1 | 352.1 | | | 272.0 | 272.0 | | |
| 10.160 | | | | | | 375.0 | 375.0 | | | 300.4 | 300.4 | | |

OBSERVACIONES.

TESIS: "MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA INMACULADA AL ADICIONAR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ, JAEN 2023"



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO

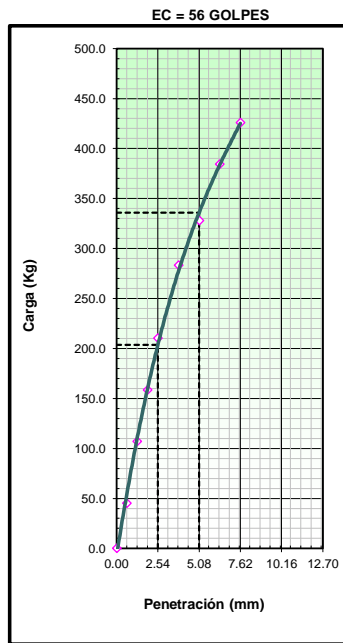
DISTRITO: JAEN, PROVINCIA: JAEN, DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA: JULIO - 2023

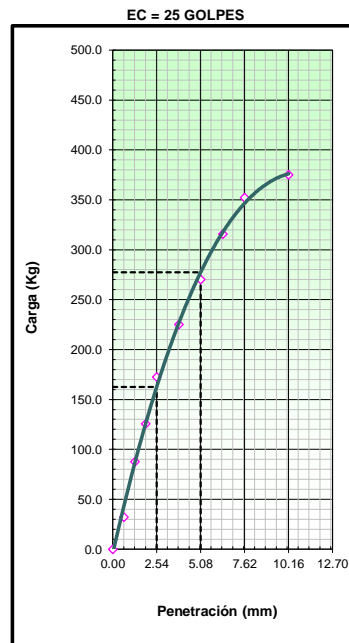
RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132)

I. Datos Generales

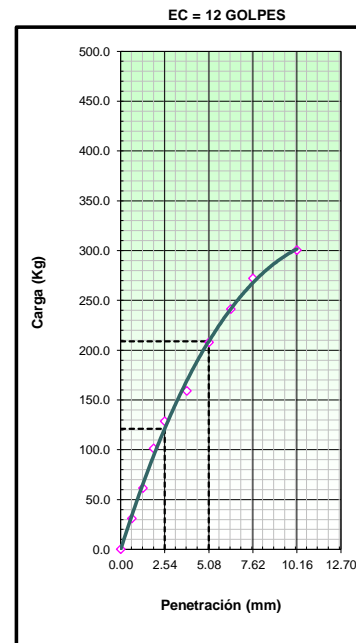
| | | | |
|--------------------|--|------------------------|--------------------------|
| PROCEDENCIA | : ADICION DE 5% CENIZA (REPETICION 01) | CLASF. (SUCS) | : ML |
| P. EXPLOR. | : C - 1 | CLASF. (AASHTO) | : A-4 (5) |
| MATERIAL | : - | LADO | : AV. INMACULADA CDRA 02 |
| PROFUND. | : 0.20 - 1.70 | | |



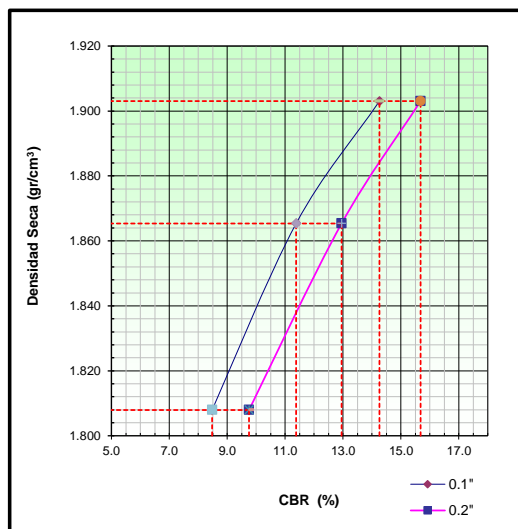
| | |
|------------|-------|
| CBR (0.1") | 14.3% |
| CBR (0.2") | 15.7% |



| | |
|------------|-------|
| CBR (0.1") | 11.4% |
| CBR (0.2") | 13.0% |



| | |
|------------|------|
| CBR (0.1") | 8.5% |
| CBR (0.2") | 9.8% |



METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 1.903
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 13.0
 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 1.808
 DENSIDAD INSITU (g/cm3) :

| | | | | |
|------------------------------|------|------|------|------|
| C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) | 0.1" | 14.3 | 0.2" | 15.7 |
| C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) | 0.1" | 8.5 | 0.2" | 9.8 |

RESULTADOS CBR a 0.1":
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 8.5 (%)

OBSERVACIONES:

OBSERVACIONES.



FECHA: JULIO - 2023

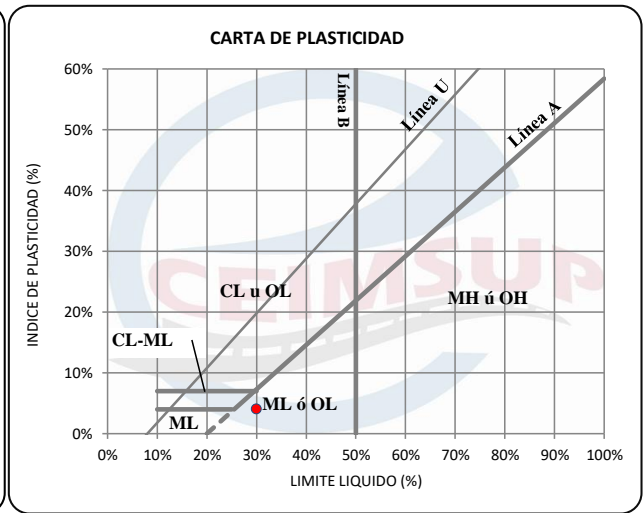
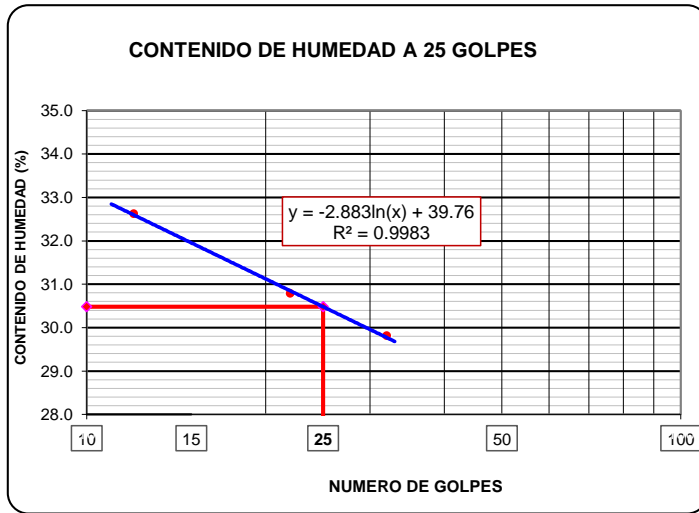
METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS MTC E 110 Y E 111 - A.S.T.M. D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90

I. Datos Generales

| | |
|---|---|
| PROCEDENCIA : ADICION DE 8% CENIZA (REPETICION 01) | TAMAÑO MAXIMO : 1" |
| CALICATA : C-1 / M-1 | DESCRIPCION : AV. INMACULADA CDRA 02 |
| PROFUND. : 0.20 - 1.70 m. | |

| LIMITE LIQUIDO (MTC E 110) | | | | | |
|-------------------------------|--|-------|-------|-------|--|
| Nº TARRO | | 17 | 51 | 18 | |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g) | | 38.40 | 35.10 | 33.38 | |
| PESO TARRO + SUELO SECO (g) | | 33.20 | 31.40 | 29.60 | |
| PESO DE AGUA (g) | | 5.20 | 3.70 | 3.78 | |
| PESO DEL TARRO (g) | | 17.26 | 19.38 | 16.92 | |
| PESO DEL SUELO SECO (g) | | 15.94 | 12.02 | 12.68 | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | | 32.62 | 30.78 | 29.81 | |
| NUMERO DE GOLPES | | 12 | 22 | 32 | |

| LIMITE PLASTICO (MTC E 111) | | | | | |
|-------------------------------|--|-------|-------|--|--|
| Nº TARRO | | 15 | 1 | | |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g) | | 10.42 | 9.94 | | |
| PESO TARRO + SUELO SECO (g) | | 9.62 | 9.33 | | |
| PESO DE AGUA (g) | | 0.80 | 0.61 | | |
| PESO DEL TARRO (g) | | 6.44 | 6.98 | | |
| PESO DEL SUELO SECO (g) | | 3.18 | 2.35 | | |
| CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%) | | 25.16 | 25.96 | | |



| CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA | |
|----------------------------------|-----|
| LIMITE LIQUIDO | 30% |
| LIMITE PLASTICO | 26% |
| INDICE DE PLASTICIDAD | 4% |

| OBSERVACIONES |
|---------------|
| |

TESIS: "MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA INMACULADA AL ADICIONAR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ, JAEN 2023"



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO

DISTRITO: JAEN, PROVINCIA: JAEN, DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA: JULIO - 2023

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557, MTC-115)

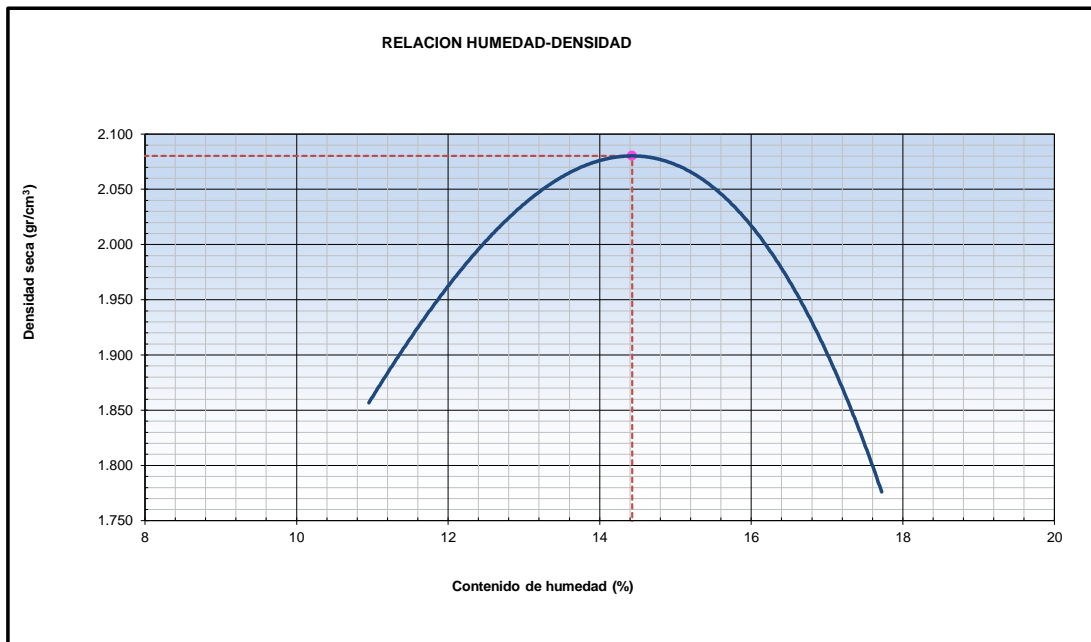
I. Datos Generales

PROCEDENCIA : ADICION DE 8% CENIZA (REPETICION 01)
P. EXPLOR. : C - 1
MATERIAL : -
PROFUND. : 0.20 - 1.70

CLASF. (SUCS) : ML
CLASF. (AASHTO) : A-4 (5)
LADO : AV. INMACULADA CDRA 02

Método "A"

| Número de Ensayo | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--|--------------------|--------|--------|--------|--------|-------|
| Peso suelo + molde | gr | 5863 | 6135 | 6142 | 5892 | |
| Peso molde | gr | 3910 | 3910 | 3910 | 3910 | |
| Peso suelo húmedo compactado | gr | 1953 | 2225 | 2232 | 1982 | |
| Volumen del molde | cm ³ | 948 | 948 | 948 | 948 | |
| Peso volumétrico húmedo | gr | 2.060 | 2.347 | 2.354 | 2.091 | |
| Recipiente N° | | 19 | 43 | 25 | 22 | |
| Peso del suelo húmedo+tara | gr | 122.88 | 151.40 | 143.30 | 134.10 | |
| Peso del suelo seco + tara | gr | 112.95 | 135.90 | 126.80 | 117.30 | |
| Tara | gr | 22.30 | 22.10 | 22.30 | 22.50 | |
| Peso de agua | gr | 9.93 | 15.50 | 16.50 | 16.80 | |
| Peso del suelo seco | gr | 90.65 | 113.80 | 104.50 | 94.80 | |
| Contenido de agua | % | 10.95 | 13.62 | 15.79 | 17.72 | |
| Peso volumétrico seco | gr/cm ³ | 1.857 | 2.066 | 2.033 | 1.776 | |
| <i>Densidad máxima (gr/cm³)</i> | | | | | | 2.080 |
| <i>Humedad óptima (%)</i> | | | | | | 14.4 |



OBSERVACIONES.

TESIS: "MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA INMACULADA AL ADICIONAR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ, JAEN 2023"



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO

DISTRITO: JAEN, PROVINCIA: JAEN, DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA: JULIO - 2023

RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132)

I. Datos Generales

| | |
|---|--------------------------------------|
| PROCEDENCIA : ADICION DE 8% CENIZA (REPETICION 01) | CLASF. (SUCS) : ML |
| P. EXPLOR. : C - 1 | CLASF. (AASHTO) : A-4 (5) |
| MATERIAL : - | LADO : AV. INMACULADA CDRA 02 |
| PROFUND. : 0.20 - 1.70 | |

| Molde N° | 126 | | 127 | | 128 | |
|--------------------------------------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|
| Capas N° | 5 | | 5 | | 5 | |
| Golpes por capa N° | 56 | | 25 | | 12 | |
| Condición de la muestra | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO |
| Peso de molde + Suelo húmedo (g) | 12471.00 | 12691.00 | 12312.00 | 12580.00 | 12267.00 | 12485.00 |
| Peso de molde (g) | 7500.00 | 7500.00 | 7420.00 | 7420.00 | 7484.00 | 7484.00 |
| Peso del suelo húmedo (g) | 4971 | 5191 | 4892 | 5160 | 4783 | 5001.00 |
| Volumen del molde (cm ³) | 2109.00 | 2109.00 | 2118.00 | 2118.00 | 2120.00 | 2120.00 |
| Densidad húmeda (g/cm ³) | 2.357 | 2.461 | 2.310 | 2.436 | 2.256 | 2.359 |
| Tara (N°) | 23 | 30 | 7 | 18 | 11 | 66 |
| Peso suelo húmedo + tara (g) | 160.50 | 129.70 | 145.30 | 162.80 | 138.20 | 150.30 |
| Peso suelo seco + tara (g) | 144.60 | 113.30 | 130.70 | 141.10 | 124.10 | 130.40 |
| Peso de tara (g) | 25.10 | 20.40 | 24.00 | 21.70 | 24.70 | 22.40 |
| Peso de agua (g) | 15.90 | 16.40 | 14.60 | 21.70 | 14.10 | 19.90 |
| Peso de suelo seco (g) | 119.50 | 92.90 | 106.70 | 119.40 | 99.40 | 108.00 |
| Contenido de humedad (%) | 13.31 | 17.65 | 13.68 | 18.17 | 14.19 | 18.43 |
| Densidad seca (g/cm ³) | 2.080 | 2.092 | 2.032 | 2.062 | 1.976 | 1.992 |

EXPANSION

| FECHA | HORA | TIEMPO | DIAL | EXPANSION | | DIAL | EXPANSION | | DIAL | EXPANSION | |
|------------|-------|--------|-------|-----------|------|-------|-----------|------|-------|-----------|------|
| | | | | mm | % | | mm | % | | mm | % |
| 08/08/2023 | 16:00 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.0 | 0.000 | 0.000 | 0.0 | 0.000 | 0.000 | 0.0 |
| 09/08/2023 | 16:06 | 24 | 0.220 | 0.220 | 0.19 | 0.260 | 0.260 | 0.22 | 0.300 | 0.300 | 0.25 |
| 10/08/2023 | 16:12 | 48 | 0.300 | 0.300 | 0.25 | 0.400 | 0.400 | 0.34 | 0.480 | 0.480 | 0.41 |
| 11/08/2023 | 16:18 | 72 | 0.620 | 0.620 | 0.53 | 0.700 | 0.700 | 0.59 | 0.720 | 0.720 | 0.61 |
| 12/08/2023 | 16:24 | 84 | 0.850 | 0.850 | 0.72 | 0.900 | 0.900 | 0.76 | 0.980 | 0.980 | 0.83 |

PENETRACION

DATOS DEL PISON

| | |
|--------------------------|-------|
| Diametro del Piston (cm) | 5.08 |
| Area (cm ²) | 20.27 |

| PENETRACION mm | CARGA STAND. kg/cm ² | MOLDE N° 126 | | | | MOLDE N° 127 | | | | MOLDE N° 128 | | | |
|-------------------|---------------------------------------|--------------|-------|------------|------|--------------|-------|------------|------|--------------|-------|------------|------|
| | | CARGA | | CORRECCION | | CARGA | | CORRECCION | | CARGA | | CORRECCION | |
| | | Dial (div) | kg | kg | % | Dial (div) | kg | kg | % | Dial (div) | kg | kg | % |
| 0.000 | | 0.0 | 0.0 | | | 0.0 | 0.0 | | | 0.0 | 0.0 | | |
| 0.635 | | 71.4 | 71.4 | | | 62.3 | 62.3 | | | 50.0 | 50.0 | | |
| 1.270 | | 136.3 | 136.3 | | | 121.3 | 121.3 | | | 83.2 | 83.2 | | |
| 1.905 | | 182.0 | 182.0 | | | 164.5 | 164.5 | | | 133.7 | 133.7 | | |
| 2.540 | 70.5 | 255.7 | 255.7 | 242.1 | 17.0 | 226.2 | 226.2 | 212.0 | 14.8 | 181.2 | 181.2 | 173.2 | 12.1 |
| 3.810 | | 320.3 | 320.3 | | | 285.4 | 285.4 | | | 244.2 | 244.2 | | |
| 5.080 | 105.7 | 391.2 | 391.2 | 390.6 | 18.2 | 340.5 | 340.5 | 355.3 | 16.6 | 299.8 | 299.8 | 303.7 | 14.2 |
| 6.350 | | 450.0 | 450.0 | | | 405.9 | 405.9 | | | 349.3 | 349.3 | | |
| 7.620 | | 514.9 | 514.9 | | | 457.7 | 457.7 | | | 389.9 | 389.9 | | |
| 10.160 | | 551.0 | | | | 490.0 | 490.0 | | | 416.0 | 416.0 | | |

OBSERVACIONES.



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO

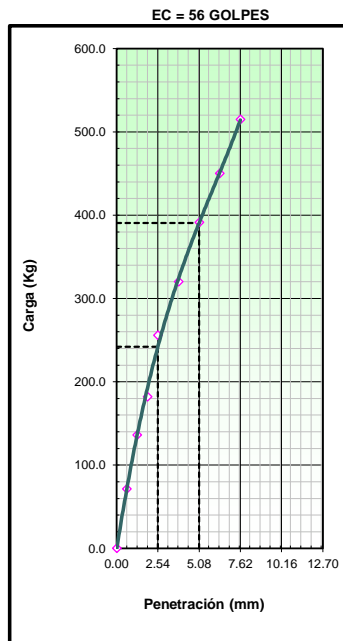
DISTRITO: JAEN, PROVINCIA: JAEN, DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA: JULIO - 2023

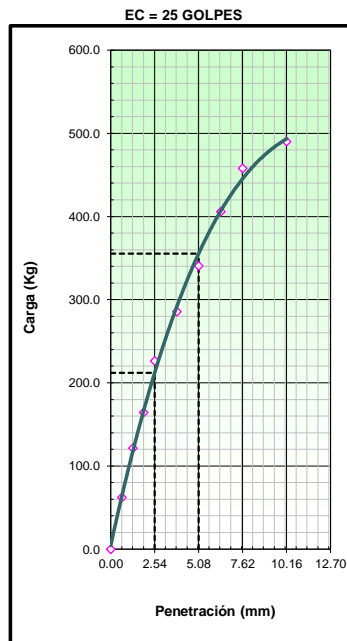
RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132)

I. Datos Generales

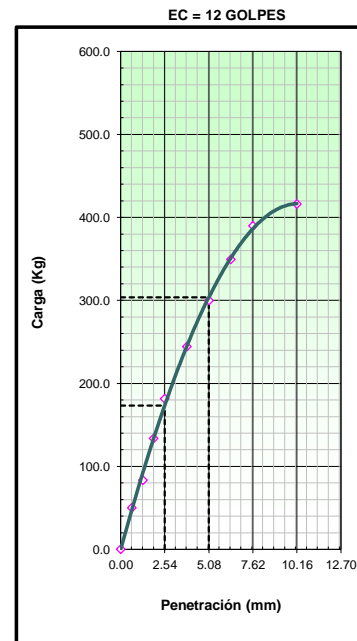
| | | | |
|--------------------|--|------------------------|--------------------------|
| PROCEDENCIA | : ADICION DE 8% CENIZA (REPETICION 01) | CLASF. (SUCS) | : ML |
| P. EXPLOR. | : C - 1 | CLASF. (AASHTO) | : A-4 (5) |
| MATERIAL | : - | LADO | : AV. INMACULADA CDRA 02 |
| PROFUND. | : 0.20 - 1.70 | | |



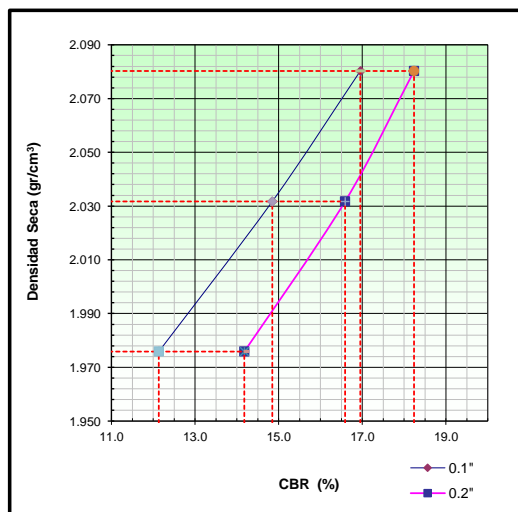
| | |
|-------------------|-------|
| CBR (0.1") | 17.0% |
| CBR (0.2") | 18.2% |



| | |
|-------------------|-------|
| CBR (0.1") | 14.8% |
| CBR (0.2") | 16.6% |



| | |
|-------------------|-------|
| CBR (0.1") | 12.1% |
| CBR (0.2") | 14.2% |



| | |
|---|--------------|
| METODO DE COMPACTACION | : ASTM D1557 |
| MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) | : 2.080 |
| OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | : 14.4 |
| 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) | : 1.976 |
| DENSIDAD INSITU (g/cm3) | : |

| | | | | |
|------------------------------|-------------|------|-------------|------|
| C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) | 0.1" | 17.0 | 0.2" | 18.2 |
| C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) | 0.1" | 12.2 | 0.2" | 14.2 |

RESULTADOS CBR a 0.1":
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = **12.2 (%)**

OBSERVACIONES:

OBSERVACIONES.



FECHA: JULIO - 2023

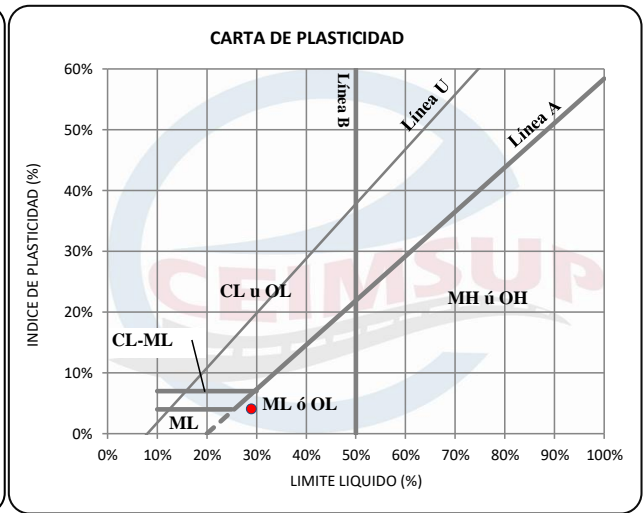
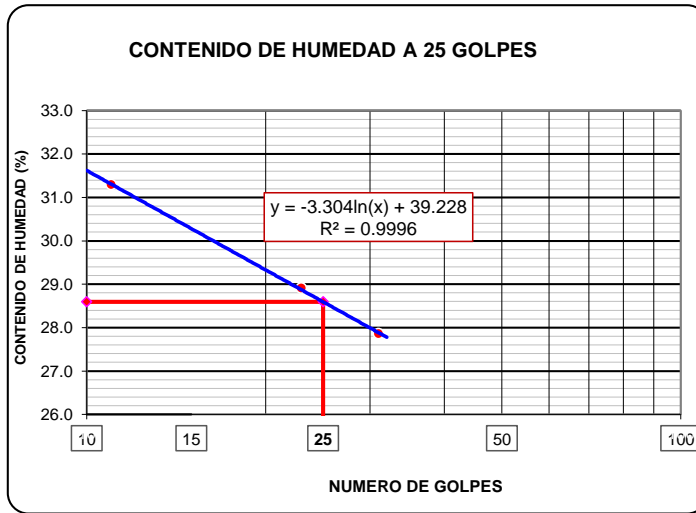
METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS MTC E 110 Y E 111 - A.S.T.M. D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90

I. Datos Generales

| | |
|--|---|
| PROCEDENCIA : ADICION DE 11% CENIZA (REPETICION 01) | TAMAÑO MAXIMO : 1" |
| CALICATA : C-1 / M-1 | DESCRIPCION : AV. INMACULADA CDRA 02 |
| PROFUND. : 0.20 - 1.70 m. | |

| LIMITE LIQUIDO (MTC E 110) | | | | |
|-------------------------------|--|-------|-------|-------|
| Nº TARRO | | 8 | 2 | 14 |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g) | | 33.70 | 40.50 | 43.01 |
| PESO TARRO + SUELO SECO (g) | | 29.30 | 35.10 | 37.40 |
| PESO DE AGUA (g) | | 4.40 | 5.40 | 5.61 |
| PESO DEL TARRO (g) | | 15.24 | 16.42 | 17.26 |
| PESO DEL SUELO SECO (g) | | 14.06 | 18.68 | 20.14 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | | 31.29 | 28.91 | 27.86 |
| NUMERO DE GOLPES | | 11 | 23 | 31 |

| LIMITE PLASTICO (MTC E 111) | | | | |
|-------------------------------|--|-------|-------|--|
| Nº TARRO | | 11 | 7 | |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g) | | 10.25 | 10.48 | |
| PESO TARRO + SUELO SECO (g) | | 9.54 | 9.76 | |
| PESO DE AGUA (g) | | 0.71 | 0.72 | |
| PESO DEL TARRO (g) | | 6.70 | 6.90 | |
| PESO DEL SUELO SECO (g) | | 2.84 | 2.86 | |
| CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%) | | 25.00 | 25.17 | |



| CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA | |
|----------------------------------|-----|
| LIMITE LIQUIDO | 29% |
| LIMITE PLASTICO | 25% |
| INDICE DE PLASTICIDAD | 4% |

| OBSERVACIONES |
|---------------|
| |

TESIS: "MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA INMACULADA AL ADICIONAR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ, JAEN 2023"



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO

DISTRITO: JAEN, PROVINCIA: JAEN, DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA: JULIO - 2023

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557, MTC-115)

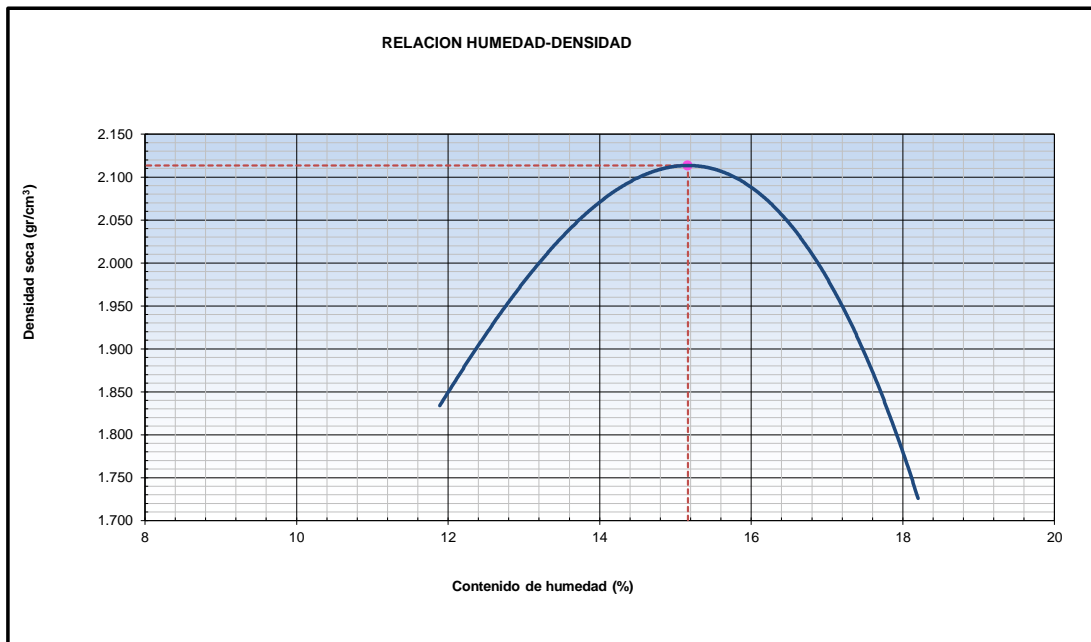
I. Datos Generales

PROCEDENCIA : ADICION DE 11% CENIZA (REPETICION 01)
P. EXPLOR. : C - 1
MATERIAL : -
PROFUND. : 0.20 - 1.70

CLASF. (SUCS) : ML
CLASF. (AASHTO) : A-4 (5)
LADO : AV. INMACULADA CDRA 02

Método "A"

| Número de Ensayo | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--|--------------------|--------|--------|--------|--------|-------|
| Peso suelo + molde | gr | 5855 | 6164 | 6187 | 5844 | |
| Peso molde | gr | 3910 | 3910 | 3910 | 3910 | |
| Peso suelo húmedo compactado | gr | 1945 | 2254 | 2277 | 1934 | |
| Volumen del molde | cm ³ | 948 | 948 | 948 | 948 | |
| Peso volumétrico húmedo | gr | 2.052 | 2.378 | 2.402 | 2.040 | |
| Recipiente N° | | 8 | 13 | 1 | 11 | |
| Peso del suelo húmedo+tara | gr | 131.74 | 113.40 | 122.14 | 129.90 | |
| Peso del suelo seco + tara | gr | 120.10 | 102.10 | 108.20 | 113.30 | |
| Tara | gr | 22.20 | 22.40 | 22.70 | 22.10 | |
| Peso de agua | gr | 11.64 | 11.30 | 13.94 | 16.60 | |
| Peso del suelo seco | gr | 97.90 | 79.70 | 85.50 | 91.20 | |
| Contenido de agua | % | 11.89 | 14.18 | 16.30 | 18.20 | |
| Peso volumétrico seco | gr/cm ³ | 1.834 | 2.082 | 2.065 | 1.726 | |
| <i>Densidad máxima (gr/cm³)</i> | | | | | | 2.113 |
| <i>Humedad óptima (%)</i> | | | | | | 15.2 |



OBSERVACIONES.

TESIS: "MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA INMACULADA AL ADICIONAR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ, JAEN 2023"



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO

DISTRITO: JAEN, PROVINCIA: JAEN, DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA: JULIO - 2023

RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132)

I. Datos Generales

| | |
|--|--------------------------------------|
| PROCEDENCIA : ADICION DE 11% CENIZA (REPETICION 01) | CLASF. (SUCS) : ML |
| P. EXPLOR. : C - 1 | CLASF. (AASHTO) : A-4 (5) |
| MATERIAL : - | LADO : AV. INMACULADA CDRA 02 |
| PROFUND. : 0.20 - 1.70 | |

| Molde N° | 126 | | 127 | | 128 | |
|--------------------------------------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|
| Capas N° | 5 | | 5 | | 5 | |
| Golpes por capa N° | 56 | | 25 | | 12 | |
| Condición de la muestra | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO |
| Peso de molde + Suelo húmedo (g) | 12588.00 | 12760.00 | 12412.00 | 12642.00 | 12368.00 | 12512.00 |
| Peso de molde (g) | 7500.00 | 7500.00 | 7420.00 | 7420.00 | 7484.00 | 7484.00 |
| Peso del suelo húmedo (g) | 5088 | 5260 | 4992 | 5222 | 4884 | 5028.00 |
| Volumen del molde (cm ³) | 2109.00 | 2109.00 | 2118.00 | 2118.00 | 2120.00 | 2120.00 |
| Densidad húmeda (g/cm ³) | 2.413 | 2.494 | 2.357 | 2.466 | 2.304 | 2.372 |
| Tara (N°) | 74 | 15 | 62 | 72 | 18 | 42 |
| Peso suelo húmedo + tara (g) | 122.70 | 120.80 | 119.80 | 176.30 | 124.50 | 162.60 |
| Peso suelo seco + tara (g) | 110.20 | 105.20 | 107.40 | 151.80 | 111.00 | 139.80 |
| Peso de tara (g) | 22.10 | 20.40 | 21.70 | 21.30 | 21.40 | 22.40 |
| Peso de agua (g) | 12.50 | 15.60 | 12.40 | 24.50 | 13.50 | 22.80 |
| Peso de suelo seco (g) | 88.10 | 84.80 | 85.70 | 130.50 | 89.60 | 117.40 |
| Contenido de humedad (%) | 14.19 | 18.40 | 14.47 | 18.77 | 15.07 | 19.42 |
| Densidad seca (g/cm ³) | 2.113 | 2.107 | 2.059 | 2.076 | 2.002 | 1.986 |

EXPANSION

| FECHA | HORA | TIEMPO | DIAL | EXPANSION | | DIAL | EXPANSION | | DIAL | EXPANSION | |
|------------|-------|--------|-------|-----------|------|-------|-----------|------|-------|-----------|------|
| | | | | mm | % | | mm | % | | mm | % |
| 13/08/2023 | 11:00 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.0 | 0.000 | 0.000 | 0.0 | 0.000 | 0.000 | 0.0 |
| 14/08/2023 | 11:06 | 24 | 0.150 | 0.150 | 0.13 | 0.180 | 0.180 | 0.15 | 0.200 | 0.200 | 0.17 |
| 15/08/2023 | 11:12 | 48 | 0.200 | 0.200 | 0.17 | 0.260 | 0.260 | 0.22 | 0.310 | 0.310 | 0.26 |
| 16/08/2023 | 11:18 | 72 | 0.280 | 0.280 | 0.24 | 0.320 | 0.320 | 0.27 | 0.360 | 0.360 | 0.31 |
| 17/08/2023 | 11:24 | 84 | 0.400 | 0.400 | 0.34 | 0.450 | 0.450 | 0.38 | 0.490 | 0.490 | 0.42 |

PENETRACION

| DATOS DEL PISON | |
|--------------------------|-------|
| Diametro del Piston (cm) | 5.08 |
| Area (cm ²) | 20.27 |

| PENETRACION mm | CARGA STAND. kg/cm ² | MOLDE N° 126 | | | | MOLDE N° 127 | | | | MOLDE N° 128 | | | |
|-------------------|---------------------------------------|--------------|-------|------------|------|--------------|-------|------------|------|--------------|-------|------------|------|
| | | CARGA | | CORRECCION | | CARGA | | CORRECCION | | CARGA | | CORRECCION | |
| | | Dial (div) | kg | kg | % | Dial (div) | kg | kg | % | Dial (div) | kg | kg | % |
| 0.000 | | 0.0 | 0.0 | | | 0.0 | 0.0 | | | 0.0 | 0.0 | | |
| 0.635 | | 82.0 | 82.0 | | | 67.0 | 67.0 | | | 61.3 | 61.3 | | |
| 1.270 | | 158.6 | 158.6 | | | 128.0 | 128.0 | | | 98.4 | 98.4 | | |
| 1.905 | | 224.8 | 224.8 | | | 172.3 | 172.3 | | | 145.6 | 145.6 | | |
| 2.540 | 70.5 | 291.4 | 291.4 | 282.6 | 19.8 | 234.8 | 234.8 | 223.2 | 15.6 | 195.3 | 195.3 | 189.0 | 13.2 |
| 3.810 | | 370.8 | 370.8 | | | 294.6 | 294.6 | | | 255.4 | 255.4 | | |
| 5.080 | 105.7 | 444.0 | 444.0 | 451.1 | 21.1 | 362.0 | 362.0 | 366.3 | 17.1 | 314.3 | 314.3 | 312.5 | 14.6 |
| 6.350 | | 520.2 | 520.2 | | | 415.6 | 415.6 | | | 351.5 | 351.5 | | |
| 7.620 | | 555.0 | 555.0 | | | 461.2 | 461.2 | | | 385.6 | 385.6 | | |
| 10.160 | | 595.6 | | | | 510.8 | 510.8 | | | 415.6 | 415.6 | | |

OBSERVACIONES.



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO

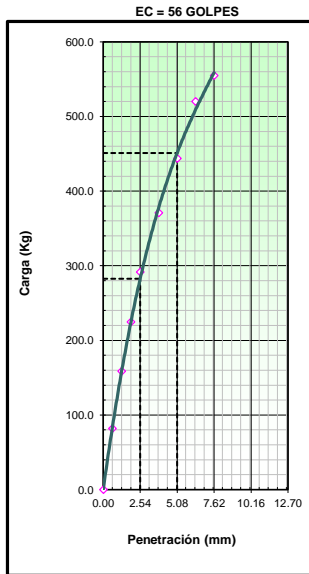
DISTRITO: JAEN, PROVINCIA: JAEN, DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA: JULIO - 2023

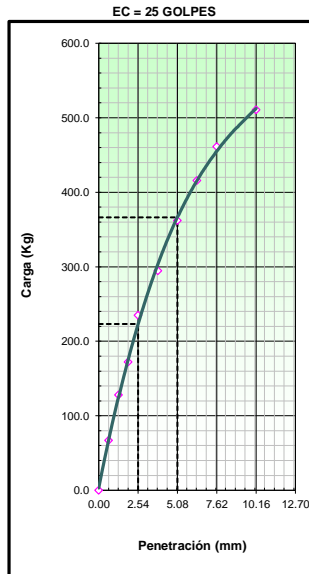
RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132)

I. Datos Generales

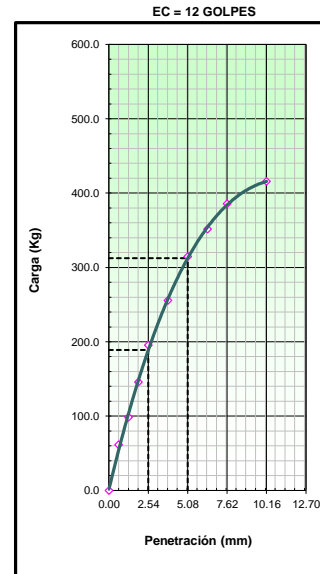
| | | | |
|--------------------|---|------------------------|--------------------------|
| PROCEDENCIA | : ADICION DE 11% CENIZA (REPETICION 01) | CLASF. (SUCS) | : ML |
| P. EXPLOR. | : C - 1 | CLASF. (AASHTO) | : A-4 (5) |
| MATERIAL | : - | LADO | : AV. INMACULADA CDRA 02 |
| PROFUND. | : 0.20 - 1.70 | | |



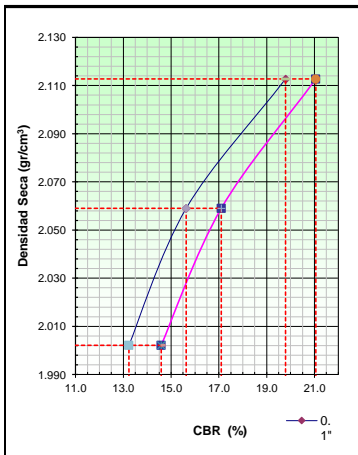
| | |
|------------|-------|
| CBR (0.1") | 19.8% |
| CBR (0.2") | 21.1% |



| | |
|------------|-------|
| CBR (0.1") | 15.6% |
| CBR (0.2") | 17.1% |



| | |
|------------|-------|
| CBR (0.1") | 13.2% |
| CBR (0.2") | 14.6% |



| | |
|----------------------------------|--------------|
| METODO DE COMPACTACION | : ASTM D1557 |
| MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) | : 2.113 |
| OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | : 15.2 |
| 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) | : 2.008 |
| DENSIDAD INSITU (g/cm3) | : |

| | | | | |
|------------------------------|------|------|------|------|
| C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) | 0.1" | 19.9 | 0.2" | 21.1 |
| C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) | 0.1" | 13.4 | 0.2" | 14.8 |

RESULTADOS CBR a 0.1":
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 13.4 (%)

OBSERVACIONES:

OBSERVACIONES.

| LABORATORIO | TECNICO DE LABORATORIO | PROFESIONAL |
|-------------|------------------------|-------------|
| | | |



FECHA: JULIO - 2023

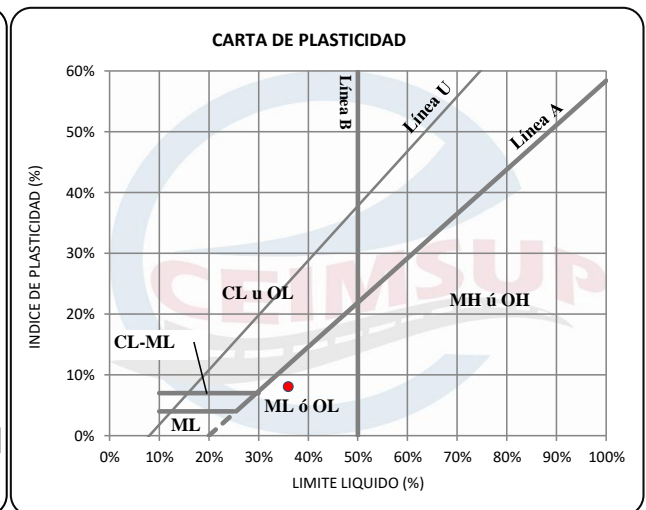
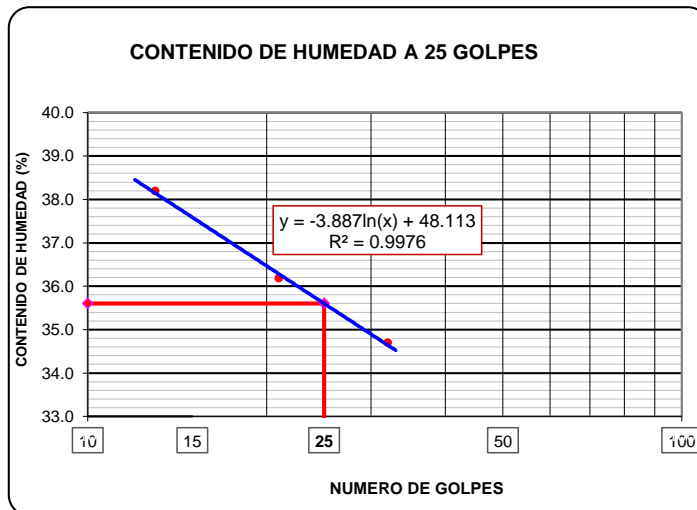
METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS MTC E 110 Y E 111 - A.S.T.M. D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90

I. Datos Generales

| | |
|---|---|
| PROCEDENCIA : MUESTRA PATRON (REPETICION 02) | TAMAÑO MAXIMO : 1" |
| CALICATA : C-1 / M-1 | DESCRIPCION : AV. INMACULADA CDRA 02 |
| PROFUND. : 0.20 - 1.70 m. | |

| LIMITE LIQUIDO (MTC E 110) | | | | |
|-------------------------------|--|-------|-------|-------|
| Nº TARRO | | 2 | 33 | 24 |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g) | | 37.95 | 32.55 | 41.40 |
| PESO TARRO + SUELO SECO (g) | | 32.00 | 28.10 | 35.20 |
| PESO DE AGUA (g) | | 5.95 | 4.45 | 6.20 |
| PESO DEL TARRO (g) | | 16.42 | 15.80 | 17.33 |
| PESO DEL SUELO SECO (g) | | 15.58 | 12.30 | 17.87 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | | 38.19 | 36.18 | 34.70 |
| NUMERO DE GOLPES | | 13 | 21 | 32 |

| LIMITE PLASTICO (MTC E 111) | | | | |
|-------------------------------|--|-------|-------|--|
| Nº TARRO | | 72 | 19 | |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g) | | 10.58 | 10.14 | |
| PESO TARRO + SUELO SECO (g) | | 10.15 | 9.24 | |
| PESO DE AGUA (g) | | 0.43 | 0.90 | |
| PESO DEL TARRO (g) | | 8.62 | 6.10 | |
| PESO DEL SUELO SECO (g) | | 1.53 | 3.14 | |
| CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%) | | 28.10 | 28.66 | |



| CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA | |
|----------------------------------|-----|
| LIMITE LIQUIDO | 36% |
| LIMITE PLASTICO | 28% |
| INDICE DE PLASTICIDAD | 8% |

| OBSERVACIONES |
|---------------|
| |

TESIS: "MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA INMACULADA AL ADICIONAR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ, JAEN 2023"



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO

DISTRITO: JAEN, PROVINCIA: JAEN, DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA: JULIO - 2023

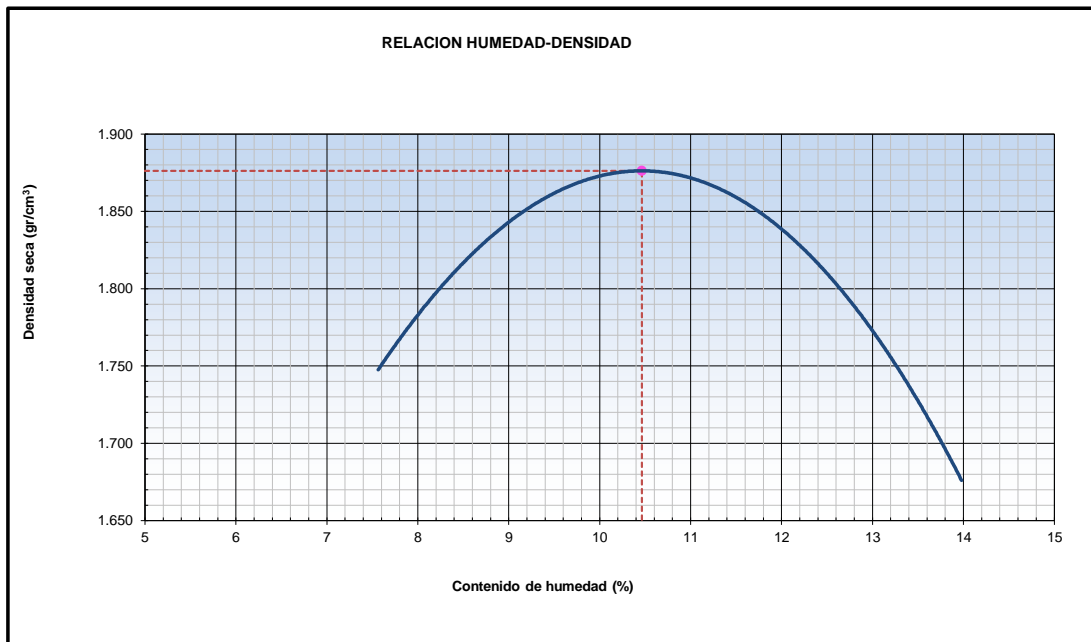
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557, MTC-115)

I. Datos Generales

| | |
|---|--------------------------------------|
| PROCEDENCIA : MUESTRA PATRON (REPETICION 02) | CLASF. (SUCS) : ML |
| P. EXPLOR. : C - 1 | CLASF. (AASHTO) : A-4 (5) |
| MATERIAL : - | LADO : AV. INMACULADA CDRA 02 |
| PROFUND. : 0.20 - 1.70 | |

Método "A"

| Número de Ensayo | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--|--------------------|--------|--------|--------|--------|-------|
| Peso suelo + molde | gr | 5692 | 5866 | 5872 | 5721 | |
| Peso molde | gr | 3910 | 3910 | 3910 | 3910 | |
| Peso suelo húmedo compactado | gr | 1782 | 1956 | 1962 | 1811 | |
| Volumen del molde | cm ³ | 948 | 948 | 948 | 948 | |
| Peso volumétrico húmedo | gr | 1.880 | 2.063 | 2.070 | 1.910 | |
| Recipiente N° | | 12 | 9 | 42 | 5 | |
| Peso del suelo húmedo+tara | gr | 105.30 | 125.90 | 119.00 | 143.80 | |
| Peso del suelo seco + tara | gr | 99.40 | 116.30 | 108.80 | 128.80 | |
| Tara | gr | 21.40 | 21.20 | 21.30 | 21.50 | |
| Peso de agua | gr | 5.90 | 9.60 | 10.20 | 15.00 | |
| Peso del suelo seco | gr | 78.00 | 95.10 | 87.50 | 107.30 | |
| Contenido de agua | % | 7.56 | 10.09 | 11.66 | 13.98 | |
| Peso volumétrico seco | gr/cm ³ | 1.748 | 1.874 | 1.854 | 1.676 | |
| <i>Densidad máxima (gr/cm³)</i> | | | | | | 1.876 |
| <i>Humedad óptima (%)</i> | | | | | | 10.5 |



OBSERVACIONES.

TESIS: "MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA INMACULADA AL ADICIONAR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ, JAEN 2023"



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO

DISTRITO: JAEN, PROVINCIA: JAEN, DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA: JULIO - 2023

RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132)

I. Datos Generales

| | |
|---|--------------------------------------|
| PROCEDENCIA : MUESTRA PATRON (REPETICION 02) | CLASF. (SUCS) : ML |
| P. EXPLOR. : C - 1 | CLASF. (AASHTO) : A-4 (5) |
| MATERIAL : - | LADO : AV. INMACULADA CDRA 02 |
| PROFUND. : 0.20 - 1.70 | |

| Molde N° | 123 | | 122 | | 121 | |
|--------------------------------------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|
| Capas N° | 5 | | 5 | | 5 | |
| Golpes por capa N° | 56 | | 25 | | 12 | |
| Condición de la muestra | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO |
| Peso de molde + Suelo húmedo (g) | 11850.00 | 12085.00 | 11720.00 | 11972.00 | 11651.00 | 11856.00 |
| Peso de molde (g) | 7500.00 | 7500.00 | 7420.00 | 7420.00 | 7484.00 | 7484.00 |
| Peso del suelo húmedo (g) | 4350 | 4585 | 4300 | 4552 | 4167 | 4372.00 |
| Volumen del molde (cm ³) | 2109.00 | 2109.00 | 2118.00 | 2118.00 | 2120.00 | 2120.00 |
| Densidad húmeda (g/cm ³) | 2.063 | 2.174 | 2.030 | 2.149 | 1.966 | 2.062 |
| Tara (N°) | 8 | 36 | 27 | 87 | 81 | 15 |
| Peso suelo húmedo + tara (g) | 134.50 | 128.50 | 128.90 | 155.60 | 123.80 | 144.60 |
| Peso suelo seco + tara (g) | 124.00 | 115.30 | 118.80 | 137.70 | 114.20 | 127.20 |
| Peso de tara (g) | 18.70 | 21.60 | 18.90 | 21.70 | 21.10 | 21.70 |
| Peso de agua (g) | 10.50 | 13.20 | 10.10 | 17.90 | 9.60 | 17.40 |
| Peso de suelo seco (g) | 105.30 | 93.70 | 99.90 | 116.00 | 93.10 | 105.50 |
| Contenido de humedad (%) | 9.97 | 14.09 | 10.11 | 15.43 | 10.31 | 16.49 |
| Densidad seca (g/cm ³) | 1.876 | 1.906 | 1.844 | 1.862 | 1.782 | 1.770 |

EXPANSION

| FECHA | HORA | TIEMPO | DIAL | EXPANSION | | DIAL | EXPANSION | | DIAL | EXPANSION | |
|------------|-------|--------|-------|-----------|------|-------|-----------|------|-------|-----------|------|
| | | | | mm | % | | mm | % | | mm | % |
| 18/08/2023 | 11:00 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.0 | 0.000 | 0.000 | 0.0 | 0.000 | 0.000 | 0.0 |
| 19/08/2023 | 11:06 | 24 | 0.420 | 0.420 | 0.36 | 0.450 | 0.450 | 0.38 | 0.560 | 0.560 | 0.47 |
| 20/08/2023 | 11:12 | 48 | 0.820 | 0.820 | 0.69 | 0.960 | 0.960 | 0.81 | 1.000 | 1.000 | 0.85 |
| 21/08/2023 | 11:18 | 72 | 1.240 | 1.240 | 1.05 | 1.360 | 1.360 | 1.15 | 1.400 | 1.400 | 1.19 |
| 22/08/2023 | 11:24 | 84 | 1.370 | 1.370 | 1.16 | 1.500 | 1.500 | 1.27 | 1.550 | 1.550 | 1.31 |

PENETRACION

| PENETRACION mm | CARGA STAND. kg/cm2 | DATOS DEL PISON | | | | | | | | | | | |
|-------------------|---------------------------|--------------------------|------------|------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|-------|-------|-----|
| | | Diametro del Piston (cm) | | Area (cm2) | | MOLDE N° 122 | | MOLDE N° 121 | | MOLDE N° 123 | | | |
| | | CARGA | CORRECCION | CARGA | CORRECCION | CARGA | CORRECCION | CARGA | CORRECCION | | | | |
| | | Dial (div) | kg | kg | % | Dial (div) | kg | kg | % | Dial (div) | kg | kg | % |
| 0.000 | | 0.0 | 0.0 | | | 0.0 | 0.0 | | | 0.0 | 0.0 | | |
| 0.635 | | 32.6 | 32.6 | | | 28.6 | 28.6 | | | 24.1 | 24.1 | | |
| 1.270 | | 67.7 | 67.7 | | | 55.6 | 55.6 | | | 39.5 | 39.5 | | |
| 1.905 | | 102.6 | 102.6 | | | 85.4 | 85.4 | | | 57.2 | 57.2 | | |
| 2.540 | 70.5 | 138.2 | 138.2 | 130.4 | 9.1 | 115.7 | 115.7 | 105.9 | 7.4 | 73.8 | 73.8 | 70.4 | 4.9 |
| 3.810 | | 177.4 | 177.4 | | | 142.3 | 142.3 | | | 95.1 | 95.1 | | |
| 5.080 | 105.7 | 221.8 | 221.8 | 228.9 | 10.7 | 177.2 | 177.2 | 185.1 | 8.6 | 118.0 | 118.0 | 124.0 | 5.8 |
| 6.350 | | 277.7 | 277.7 | | | 215.9 | 215.9 | | | 146.3 | 146.3 | | |
| 7.620 | | 295.6 | 295.6 | | | 248.8 | 248.8 | | | 166.6 | 166.6 | | |
| 10.160 | | | | | | 275.2 | 275.2 | | | 180.0 | 180.0 | | |

OBSERVACIONES.

TESIS: "MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA INMACULADA AL ADICIONAR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ, JAEN 2023"



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO

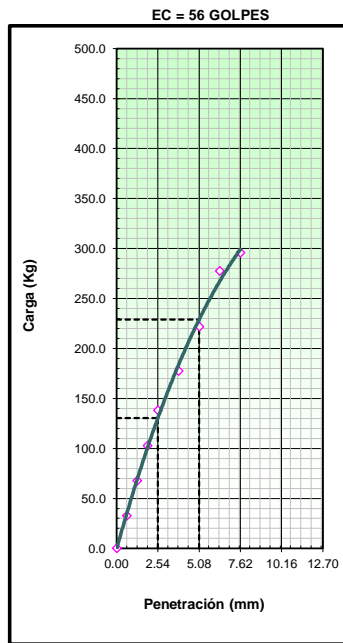
DISTRITO: JAEN, PROVINCIA: JAEN, DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA: JULIO - 2023

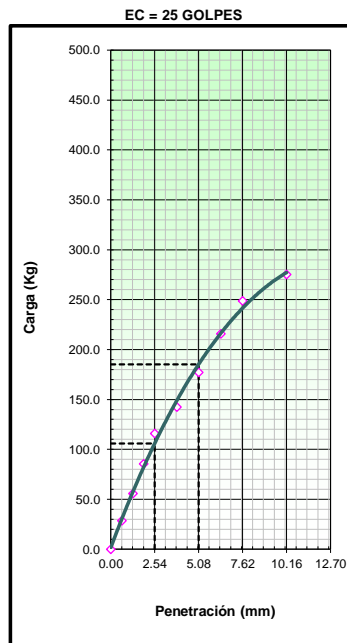
RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132)

I. Datos Generales

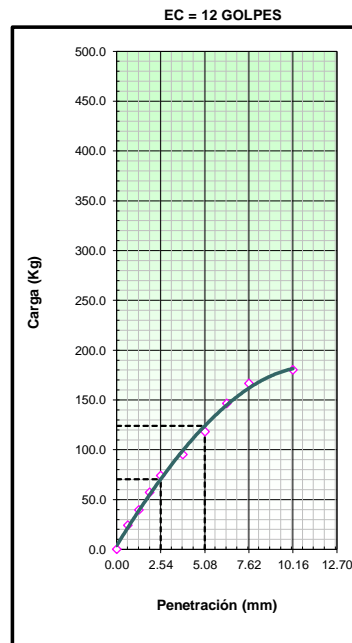
| | | | |
|--------------------|----------------------------------|------------------------|--------------------------|
| PROCEDENCIA | : MUESTRA PATRON (REPETICION 02) | CLASF. (SUCS) | : ML |
| P. EXPLOR. | : C - 1 | CLASF. (AASHTO) | : A-4 (5) |
| MATERIAL | : - | LADO | : AV. INMACULADA CDRA 02 |
| PROFUND. | : 0.20 - 1.70 | | |



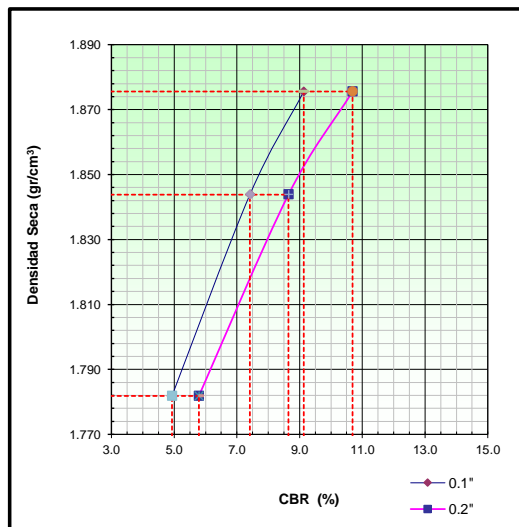
| | |
|------------|-------|
| CBR (0.1") | 9.1% |
| CBR (0.2") | 10.7% |



| | |
|------------|------|
| CBR (0.1") | 7.4% |
| CBR (0.2") | 8.6% |



| | |
|------------|------|
| CBR (0.1") | 4.9% |
| CBR (0.2") | 5.8% |



METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 1.876
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 10.5
 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 1.782
 DENSIDAD INSITU (g/cm3) :

| | | | | |
|------------------------------|------|-----|------|------|
| C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) | 0.1" | 9.2 | 0.2" | 10.7 |
| C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) | 0.1" | 4.9 | 0.2" | 5.8 |

RESULTADOS CBR a 0.1":
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 4.9 (%)

OBSERVACIONES:

OBSERVACIONES.



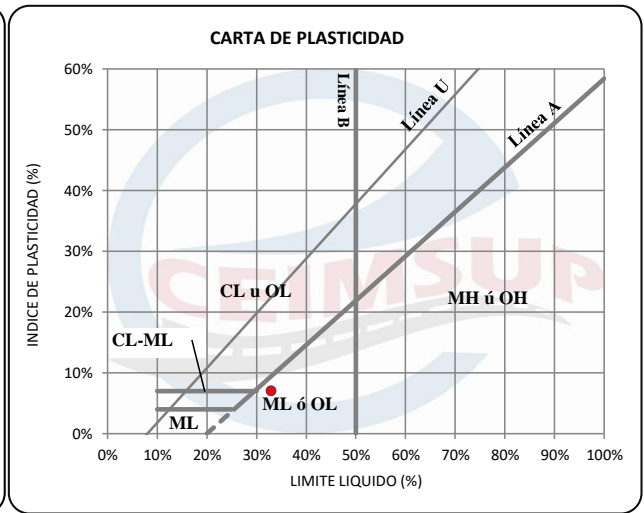
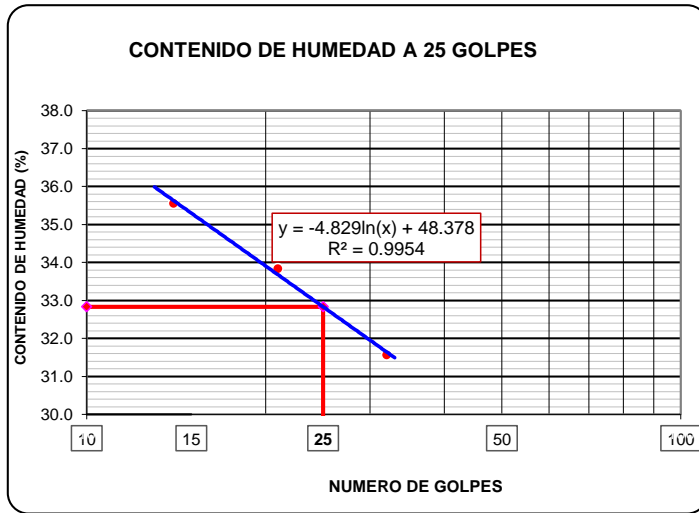
METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS MTC E 110 Y E 111 - A.S.T.M. D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90

I. Datos Generales

| | |
|---|---|
| PROCEDENCIA : ADICION DE 5% CENIZA (REPETICION 02) | TAMAÑO MAXIMO : 1" |
| CALICATA : C-1 / M-1 | DESCRIPCION : AV. INMACULADA CDRA 02 |
| PROFUND. : 0.20 - 1.70 m. | |

| LIMITE LIQUIDO (MTC E 110) | | | | |
|----------------------------|-----|-------|-------|-------|
| Nº TARRO | | 4 | 8 | 17 |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO | (g) | 41.30 | 38.50 | 35.60 |
| PESO TARRO + SUELO SECO | (g) | 35.00 | 32.62 | 31.20 |
| PESO DE AGUA | (g) | 6.30 | 5.88 | 4.40 |
| PESO DEL TARRO | (g) | 17.28 | 15.24 | 17.26 |
| PESO DEL SUELO SECO | (g) | 17.72 | 17.38 | 13.94 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | (%) | 35.55 | 33.83 | 31.56 |
| NUMERO DE GOLPES | | 14 | 21 | 32 |

| LIMITE PLASTICO (MTC E 111) | | | | |
|-----------------------------|-----|-------|-------|--|
| Nº TARRO | | 8 | 14 | |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO | (g) | 10.32 | 10.45 | |
| PESO TARRO + SUELO SECO | (g) | 9.48 | 9.57 | |
| PESO DE AGUA | (g) | 0.84 | 0.88 | |
| PESO DEL TARRO | (g) | 6.25 | 6.20 | |
| PESO DEL SUELO SECO | (g) | 3.23 | 3.37 | |
| CONTENIDO DE DE HUMEDAD | (%) | 26.01 | 26.11 | |



| CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA | |
|----------------------------------|-----|
| LIMITE LIQUIDO | 33% |
| LIMITE PLASTICO | 26% |
| INDICE DE PLASTICIDAD | 7% |

| OBSERVACIONES |
|---------------|
| |

TESIS: "MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA INMACULADA AL ADICIONAR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ, JAEN 2023"



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO

DISTRITO: JAEN, PROVINCIA: JAEN, DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA: JULIO - 2023

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557, MTC-115)

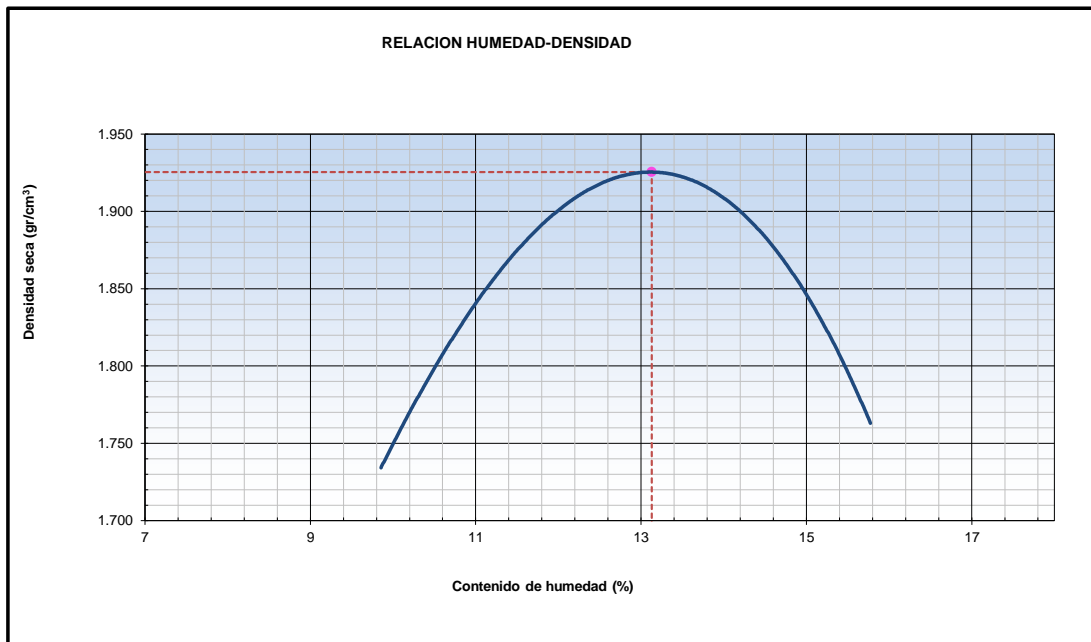
I. Datos Generales

PROCEDENCIA : ADICION DE 5% CENIZA (REPETICION 02)
P. EXPLOR. : C - 1
MATERIAL : -
PROFUND. : 0.20 - 1.70

CLASF. (SUCS) : ML
CLASF. (AASHTO) : A-4 (5)
LADO : AV. INMACULADA CDRA 02

Método "A"

| Número de Ensayo | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--|--------------------|--------|--------|--------|--------|-------|
| Peso suelo + molde | gr | 5716 | 5886 | 5974 | 5845 | |
| Peso molde | gr | 3910 | 3910 | 3910 | 3910 | |
| Peso suelo húmedo compactado | gr | 1806 | 1976 | 2064 | 1935 | |
| Volumen del molde | cm ³ | 948 | 948 | 948 | 948 | |
| Peso volumétrico húmedo | gr | 1.905 | 2.084 | 2.177 | 2.041 | |
| Recipiente N° | | 15 | 21 | 47 | 28 | |
| Peso del suelo húmedo+tara | gr | 127.40 | 117.70 | 135.27 | 131.57 | |
| Peso del suelo seco + tara | gr | 117.90 | 107.80 | 122.10 | 116.60 | |
| Tara | gr | 21.50 | 21.20 | 21.40 | 21.70 | |
| Peso de agua | gr | 9.50 | 9.90 | 13.17 | 14.97 | |
| Peso del suelo seco | gr | 96.40 | 86.60 | 100.70 | 94.90 | |
| Contenido de agua | % | 9.85 | 11.43 | 13.08 | 15.77 | |
| Peso volumétrico seco | gr/cm ³ | 1.734 | 1.871 | 1.925 | 1.763 | |
| <i>Densidad máxima (gr/cm³)</i> | | | | | | 1.925 |
| <i>Humedad óptima (%)</i> | | | | | | 13.1 |



OBSERVACIONES.

TESIS: "MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA INMACULADA AL ADICIONAR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ, JAEN 2023"



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO

DISTRITO: JAEN, PROVINCIA: JAEN, DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA: JULIO - 2023

RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132)

I. Datos Generales

| | |
|---|--------------------------------------|
| PROCEDENCIA : ADICION DE 5% CENIZA (REPETICION 02) | CLASF. (SUCS) : ML |
| P. EXPLOR. : C - 1 | CLASF. (AASHTO) : A-4 (5) |
| MATERIAL : - | LADO : AV. INMACULADA CDRA 02 |
| PROFUND. : 0.20 - 1.70 | |

| Molde N° | 126 | | 127 | | 128 | |
|--------------------------------------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|
| Capas N° | 5 | | 5 | | 5 | |
| Golpes por capa N° | 56 | | 25 | | 12 | |
| Condición de la muestra | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO |
| Peso de molde + Suelo húmedo (g) | 12076.00 | 12234.00 | 11896.00 | 12124.00 | 11875.00 | 12072.00 |
| Peso de molde (g) | 7500.00 | 7500.00 | 7420.00 | 7420.00 | 7484.00 | 7484.00 |
| Peso del suelo húmedo (g) | 4576 | 4734 | 4476 | 4704 | 4391 | 4588.00 |
| Volumen del molde (cm ³) | 2109.00 | 2109.00 | 2118.00 | 2118.00 | 2120.00 | 2120.00 |
| Densidad húmeda (g/cm ³) | 2.170 | 2.245 | 2.113 | 2.221 | 2.071 | 2.164 |
| Tara (N°) | 19 | 21 | 8 | 5 | 31 | 25 |
| Peso suelo húmedo + tara (g) | 125.60 | 138.60 | 128.60 | 182.20 | 137.20 | 127.90 |
| Peso suelo seco + tara (g) | 113.80 | 122.50 | 116.00 | 159.60 | 123.50 | 112.50 |
| Peso de tara (g) | 21.10 | 21.60 | 18.40 | 21.70 | 20.10 | 21.80 |
| Peso de agua (g) | 11.80 | 16.10 | 12.60 | 22.60 | 13.70 | 15.40 |
| Peso de suelo seco (g) | 92.70 | 100.90 | 97.60 | 137.90 | 103.40 | 90.70 |
| Contenido de humedad (%) | 12.73 | 15.96 | 12.91 | 16.39 | 13.25 | 16.98 |
| Densidad seca (g/cm ³) | 1.925 | 1.936 | 1.872 | 1.908 | 1.829 | 1.850 |

EXPANSION

| FECHA | HORA | TIEMPO | DIAL | EXPANSION | | DIAL | EXPANSION | | DIAL | EXPANSION | |
|------------|-------|--------|-------|-----------|------|-------|-----------|------|-------|-----------|------|
| | | | | mm | % | | mm | % | | mm | % |
| 23/08/2023 | 08:00 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.0 | 0.000 | 0.000 | 0.0 | 0.000 | 0.000 | 0.0 |
| 24/08/2023 | 08:06 | 24 | 0.340 | 0.340 | 0.29 | 0.400 | 0.400 | 0.34 | 0.430 | 0.430 | 0.36 |
| 25/08/2023 | 08:12 | 48 | 0.650 | 0.650 | 0.55 | 0.700 | 0.700 | 0.59 | 0.770 | 0.770 | 0.65 |
| 26/08/2023 | 08:18 | 72 | 0.970 | 0.970 | 0.82 | 1.050 | 1.050 | 0.89 | 1.100 | 1.100 | 0.93 |
| 27/08/2023 | 08:24 | 84 | 1.080 | 1.080 | 0.92 | 1.100 | 1.100 | 0.93 | 1.180 | 1.180 | 1.00 |

PENETRACION

| DATOS DEL PISON | |
|--------------------------|-------|
| Diametro del Piston (cm) | 5.08 |
| Area (cm ²) | 20.27 |

| PENETRACION mm | CARGA STAND. kg/cm ² | MOLDE N° 126 | | | | MOLDE N° 127 | | | | MOLDE N° 128 | | | |
|-------------------|---------------------------------------|--------------|-------|------------|------|--------------|-------|------------|------|--------------|-------|------------|------|
| | | CARGA | | CORRECCION | | CARGA | | CORRECCION | | CARGA | | CORRECCION | |
| | | Dial (div) | kg | kg | % | Dial (div) | kg | kg | % | Dial (div) | kg | kg | % |
| 0.000 | | 0.0 | 0.0 | | | 0.0 | 0.0 | | | 0.0 | 0.0 | | |
| 0.635 | | 71.0 | 71.0 | | | 54.0 | 54.0 | | | 42.6 | 42.6 | | |
| 1.270 | | 123.9 | 123.9 | | | 91.0 | 91.0 | | | 65.6 | 65.6 | | |
| 1.905 | | 180.6 | 180.6 | | | 128.6 | 128.6 | | | 96.9 | 96.9 | | |
| 2.540 | 70.5 | 241.2 | 241.2 | 230.6 | 16.1 | 175.6 | 175.6 | 167.5 | 11.7 | 127.9 | 127.9 | 124.9 | 8.7 |
| 3.810 | | 304.2 | 304.2 | | | 231.0 | 231.0 | | | 171.5 | 171.5 | | |
| 5.080 | 105.7 | 369.8 | 369.8 | 372.9 | 17.4 | 290.5 | 290.5 | 296.9 | 13.9 | 214.0 | 214.0 | 214.1 | 10.0 |
| 6.350 | | 429.3 | 429.3 | | | 347.5 | 347.5 | | | 244.0 | 244.0 | | |
| 7.620 | | 466.0 | 466.0 | | | 395.7 | 395.7 | | | 278.0 | 278.0 | | |
| 10.160 | | 518.3 | | | | 436.0 | 436.0 | | | 306.0 | 306.0 | | |

OBSERVACIONES.



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO

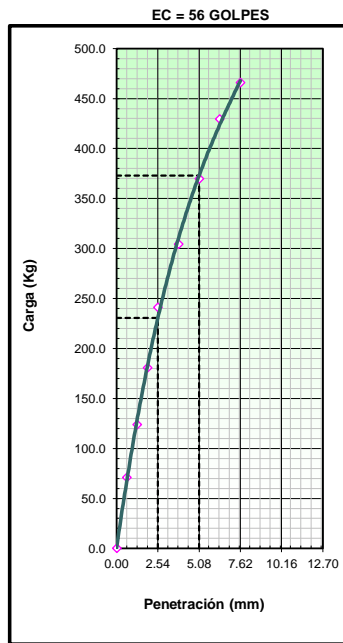
DISTRITO: JAEN, PROVINCIA: JAEN, DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA: JULIO - 2023

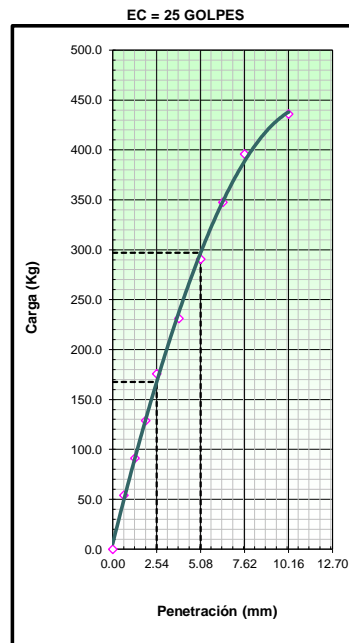
RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132)

I. Datos Generales

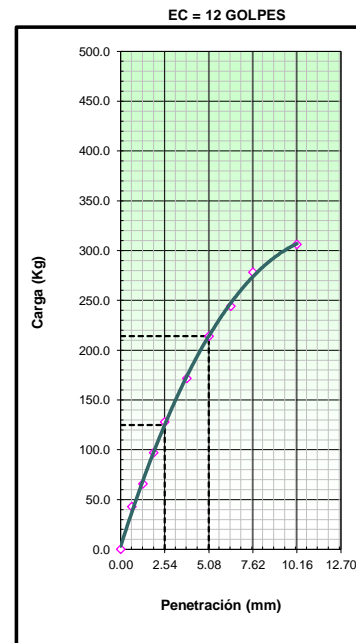
| | | | |
|--------------------|--|------------------------|--------------------------|
| PROCEDENCIA | : ADICION DE 5% CENIZA (REPETICION 02) | CLASF. (SUCS) | : ML |
| P. EXPLOR. | : C - 1 | CLASF. (AASHTO) | : A-4 (5) |
| MATERIAL | : - | LADO | : AV. INMACULADA CDRA 02 |
| PROFUND. | : 0.20 - 1.70 | | |



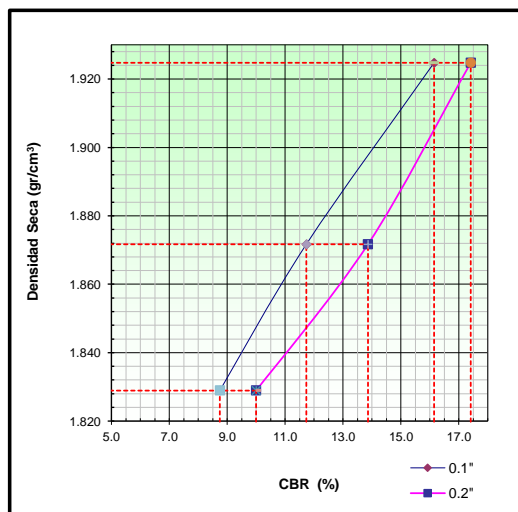
| | |
|------------|-------|
| CBR (0.1") | 16.1% |
| CBR (0.2") | 17.4% |



| | |
|------------|-------|
| CBR (0.1") | 11.7% |
| CBR (0.2") | 13.9% |



| | |
|------------|-------|
| CBR (0.1") | 8.7% |
| CBR (0.2") | 10.0% |



| | |
|----------------------------------|--------------|
| METODO DE COMPACTACION | : ASTM D1557 |
| MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) | : 1.925 |
| OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | : 13.1 |
| 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) | : 1.829 |
| DENSIDAD INSITU (g/cm3) | : |

| | | | | |
|------------------------------|------|------|------|------|
| C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) | 0.1" | 16.2 | 0.2" | 17.4 |
| C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) | 0.1" | 8.8 | 0.2" | 10.0 |

RESULTADOS CBR a 0.1":
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 8.8 (%)

OBSERVACIONES:

OBSERVACIONES.



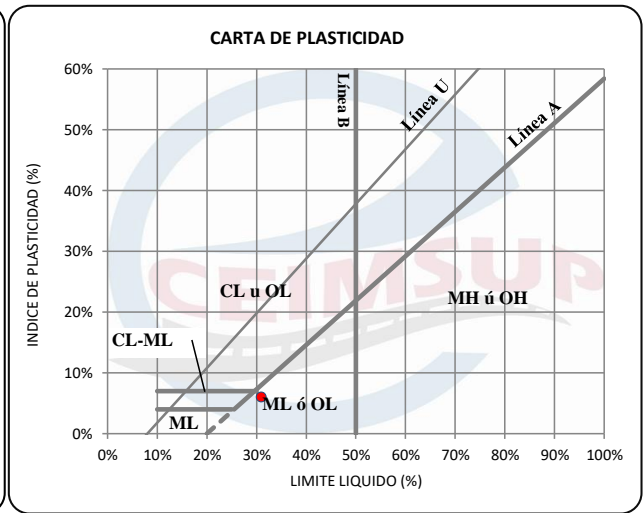
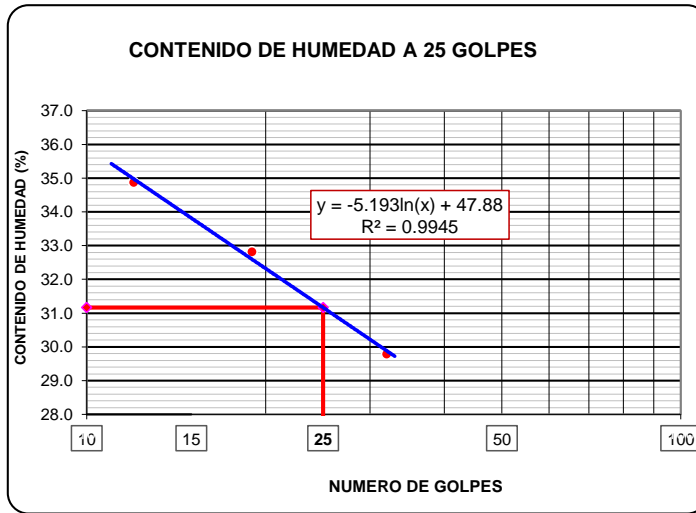
METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS MTC E 110 Y E 111 - A.S.T.M. D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90

I. Datos Generales

| | |
|---|---|
| PROCEDENCIA : ADICION DE 8% CENIZA (REPETICION 02) | TAMAÑO MAXIMO : 1" |
| CALICATA : C-1 / M-1 | DESCRIPCION : AV. INMACULADA CDRA 02 |
| PROFUND. : 0.20 - 1.70 m. | |

| LIMITE LIQUIDO (MTC E 110) | | | | | |
|-------------------------------|--|-------|-------|-------|--|
| Nº TARRO | | 41 | 13 | 71 | |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g) | | 31.20 | 34.10 | 37.62 | |
| PESO TARRO + SUELO SECO (g) | | 27.70 | 30.35 | 33.40 | |
| PESO DE AGUA (g) | | 3.50 | 3.75 | 4.22 | |
| PESO DEL TARRO (g) | | 17.66 | 18.92 | 19.23 | |
| PESO DEL SUELO SECO (g) | | 10.04 | 11.43 | 14.17 | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | | 34.86 | 32.81 | 29.78 | |
| NUMERO DE GOLPES | | 12 | 19 | 32 | |

| LIMITE PLASTICO (MTC E 111) | | | | | |
|-------------------------------|--|-------|-------|--|--|
| Nº TARRO | | 26 | 63 | | |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g) | | 10.11 | 11.06 | | |
| PESO TARRO + SUELO SECO (g) | | 9.32 | 10.59 | | |
| PESO DE AGUA (g) | | 0.79 | 0.47 | | |
| PESO DEL TARRO (g) | | 6.14 | 8.67 | | |
| PESO DEL SUELO SECO (g) | | 3.18 | 1.92 | | |
| CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%) | | 24.84 | 24.48 | | |



| CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA | |
|----------------------------------|-----|
| LIMITE LIQUIDO | 31% |
| LIMITE PLASTICO | 25% |
| INDICE DE PLASTICIDAD | 6% |

| OBSERVACIONES |
|---------------|
| |

TESIS: "MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA INMACULADA AL ADICIONAR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ, JAEN 2023"



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO

DISTRITO: JAEN, PROVINCIA: JAEN, DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA: JULIO - 2023

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557, MTC-115)

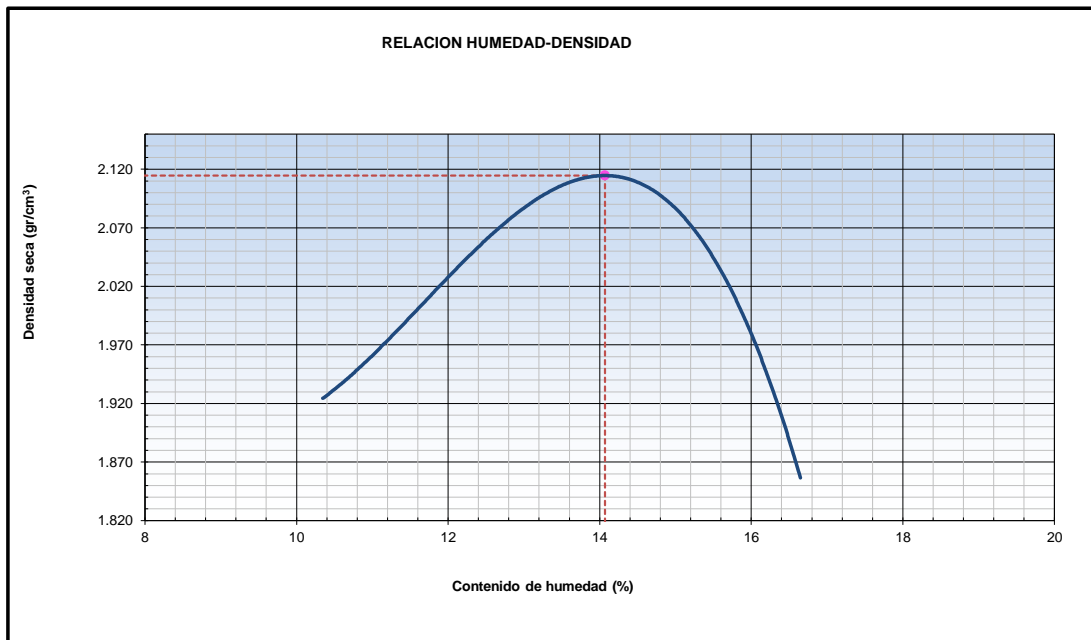
I. Datos Generales

PROCEDENCIA : ADICION DE 8% CENIZA (REPETICION 02)
P. EXPLOR. : C - 1
MATERIAL : -
PROFUND. : 0.20 - 1.70

CLASF. (SUCS) : ML
CLASF. (AASHTO) : A-4 (5)
LADO : AV. INMACULADA CDRA 02

Método "A"

| Número de Ensayo | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--|--------------------|--------|--------|--------|--------|-------|
| Peso suelo + molde | gr | 5923 | 6104 | 6189 | 5963 | |
| Peso molde | gr | 3910 | 3910 | 3910 | 3910 | |
| Peso suelo húmedo compactado | gr | 2013 | 2194 | 2279 | 2053 | |
| Volumen del molde | cm ³ | 948 | 948 | 948 | 948 | |
| Peso volumétrico húmedo | gr | 2.123 | 2.314 | 2.404 | 2.166 | |
| Recipiente N° | | 52 | 82 | 14 | 2 | |
| Peso del suelo húmedo+tara | gr | 136.60 | 147.50 | 137.30 | 130.80 | |
| Peso del suelo seco + tara | gr | 125.80 | 133.50 | 122.25 | 115.20 | |
| Tara | gr | 21.40 | 21.20 | 21.30 | 21.50 | |
| Peso de agua | gr | 10.80 | 14.00 | 15.05 | 15.60 | |
| Peso del suelo seco | gr | 104.40 | 112.30 | 100.95 | 93.70 | |
| Contenido de agua | % | 10.34 | 12.47 | 14.91 | 16.65 | |
| Peso volumétrico seco | gr/cm ³ | 1.924 | 2.058 | 2.092 | 1.857 | |
| <i>Densidad máxima (gr/cm³)</i> | | | | | | 2.115 |
| <i>Humedad óptima (%)</i> | | | | | | 14.1 |



OBSERVACIONES.

TESIS: "MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA INMACULADA AL ADICIONAR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ, JAEN 2023"



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO

DISTRITO: JAEN, PROVINCIA: JAEN, DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA: JULIO - 2023

RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132)

I. Datos Generales

| | |
|---|--------------------------------------|
| PROCEDENCIA : ADICION DE 8% CENIZA (REPETICION 02) | CLASF. (SUCS) : ML |
| P. EXPLOR. : C - 1 | CLASF. (AASHTO) : A-4 (5) |
| MATERIAL : - | LADO : AV. INMACULADA CDRA 02 |
| PROFUND. : 0.20 - 1.70 | |

| Molde N° | 126 | | 127 | | 128 | |
|--------------------------------------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|
| Capas N° | 5 | | 5 | | 5 | |
| Golpes por capa N° | 56 | | 25 | | 12 | |
| Condición de la muestra | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO |
| Peso de molde + Suelo húmedo (g) | 12562.00 | 12751.00 | 12402.00 | 12623.00 | 12335.00 | 12562.00 |
| Peso de molde (g) | 7500.00 | 7500.00 | 7420.00 | 7420.00 | 7484.00 | 7484.00 |
| Peso del suelo húmedo (g) | 5062 | 5251 | 4982 | 5203 | 4851 | 5078.00 |
| Volumen del molde (cm ³) | 2109.00 | 2109.00 | 2118.00 | 2118.00 | 2120.00 | 2120.00 |
| Densidad húmeda (g/cm ³) | 2.400 | 2.490 | 2.352 | 2.457 | 2.288 | 2.395 |
| Tara (N°) | 20 | 18 | 18 | 16 | 39 | 81 |
| Peso suelo húmedo + tara (g) | 161.60 | 145.00 | 158.80 | 135.80 | 174.80 | 139.00 |
| Peso suelo seco + tara (g) | 145.00 | 127.50 | 142.20 | 119.10 | 156.40 | 120.60 |
| Peso de tara (g) | 21.70 | 21.60 | 21.40 | 21.70 | 24.20 | 21.80 |
| Peso de agua (g) | 16.60 | 17.50 | 16.60 | 16.70 | 18.40 | 18.40 |
| Peso de suelo seco (g) | 123.30 | 105.90 | 120.80 | 97.40 | 132.20 | 98.80 |
| Contenido de humedad (%) | 13.46 | 16.53 | 13.74 | 17.15 | 13.92 | 18.62 |
| Densidad seca (g/cm ³) | 2.115 | 2.137 | 2.068 | 2.097 | 2.009 | 2.019 |

EXPANSION

| FECHA | HORA | TIEMPO | DIAL | EXPANSION | | DIAL | EXPANSION | | DIAL | EXPANSION | |
|------------|-------|--------|-------|-----------|------|-------|-----------|------|-------|-----------|------|
| | | | | mm | % | | mm | % | | mm | % |
| 28/08/2023 | 15:00 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.0 | 0.000 | 0.000 | 0.0 | 0.000 | 0.000 | 0.0 |
| 29/08/2023 | 15:06 | 24 | 0.240 | 0.240 | 0.20 | 0.300 | 0.300 | 0.25 | 0.350 | 0.350 | 0.30 |
| 30/08/2023 | 15:12 | 48 | 0.350 | 0.350 | 0.30 | 0.400 | 0.400 | 0.34 | 0.440 | 0.440 | 0.37 |
| 31/08/2023 | 15:18 | 72 | 0.600 | 0.600 | 0.51 | 0.700 | 0.700 | 0.59 | 0.730 | 0.730 | 0.62 |
| 01/09/2023 | 15:24 | 84 | 0.900 | 0.900 | 0.76 | 1.000 | 1.000 | 0.85 | 1.050 | 1.050 | 0.89 |

PENETRACION

DATOS DEL PISON

| | |
|--------------------------|-------|
| Diametro del Piston (cm) | 5.08 |
| Area (cm ²) | 20.27 |

| PENETRACION mm | CARGA STAND. kg/cm ² | MOLDE N° 126 | | | | MOLDE N° 127 | | | | MOLDE N° 128 | | | |
|-------------------|---------------------------------------|--------------|-------|------------|------|--------------|-------|------------|------|--------------|-------|------------|------|
| | | CARGA | | CORRECCION | | CARGA | | CORRECCION | | CARGA | | CORRECCION | |
| | | Dial (div) | kg | kg | % | Dial (div) | kg | kg | % | Dial (div) | kg | kg | % |
| 0.000 | | 0.0 | 0.0 | | | 0.0 | 0.0 | | | 0.0 | 0.0 | | |
| 0.635 | | 77.0 | 77.0 | | | 72.0 | 72.0 | | | 61.0 | 61.0 | | |
| 1.270 | | 128.0 | 128.0 | | | 112.0 | 112.0 | | | 98.6 | 98.6 | | |
| 1.905 | | 177.8 | 177.8 | | | 155.0 | 155.0 | | | 146.7 | 146.7 | | |
| 2.540 | 70.5 | 250.3 | 250.3 | 233.7 | 16.4 | 200.8 | 200.8 | 197.1 | 13.8 | 170.2 | 170.2 | 169.7 | 11.9 |
| 3.810 | | 304.3 | 304.3 | | | 268.0 | 268.0 | | | 221.4 | 221.4 | | |
| 5.080 | 105.7 | 362.0 | 362.0 | 366.3 | 17.1 | 315.0 | 315.0 | 325.7 | 15.2 | 261.5 | 261.5 | 273.2 | 12.8 |
| 6.350 | | 422.0 | 422.0 | | | 372.0 | 372.0 | | | 308.4 | 308.4 | | |
| 7.620 | | 472.3 | 472.3 | | | 421.2 | 421.2 | | | 350.9 | 350.9 | | |
| 10.160 | | 525.3 | | | | 472.0 | 472.0 | | | 381.5 | 381.5 | | |

OBSERVACIONES.



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO

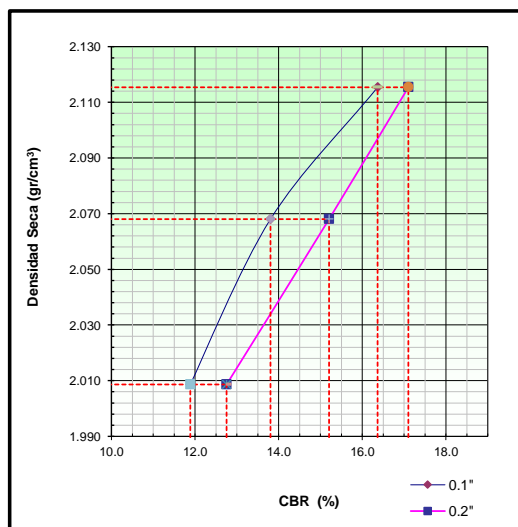
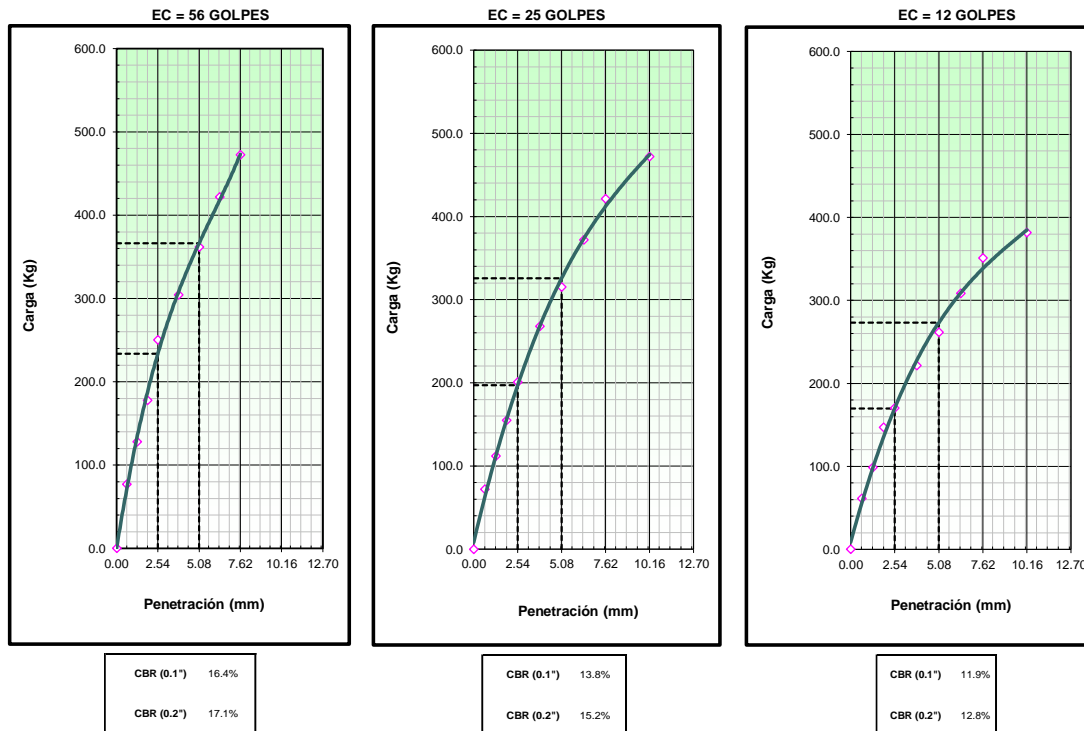
DISTRITO: JAEN, PROVINCIA: JAEN, DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA: JULIO - 2023

RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132)

I. Datos Generales

| | | | |
|--------------------|--|------------------------|--------------------------|
| PROCEDENCIA | : ADICION DE 8% CENIZA (REPETICION 02) | CLASF. (SUCS) | : ML |
| P. EXPLOR. | : C - 1 | CLASF. (AASHTO) | : A-4 (5) |
| MATERIAL | : - | LADO | : AV. INMACULADA CDRA 02 |
| PROFUND. | : 0.20 - 1.70 | | |



METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 2.115
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 14.1
 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 2.009
 DENSIDAD INSITU (g/cm3) :

| | | | | |
|------------------------------|------|------|------|------|
| C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) | 0.1" | 16.3 | 0.2" | 17.1 |
| C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) | 0.1" | 11.9 | 0.2" | 12.8 |

RESULTADOS CBR a 0.1":
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 11.9 (%)

OBSERVACIONES:

OBSERVACIONES.



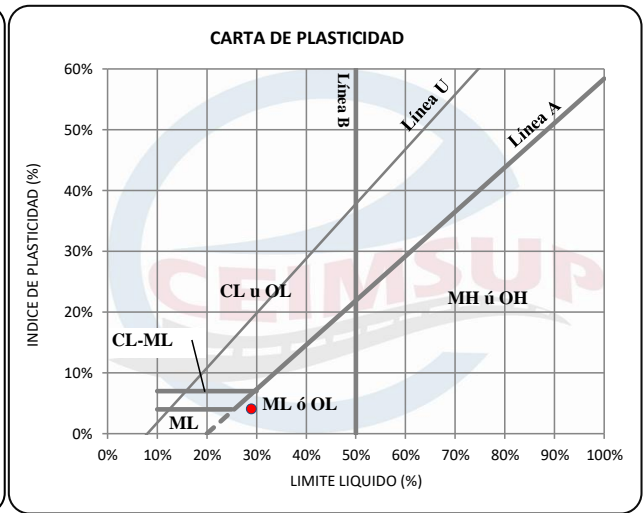
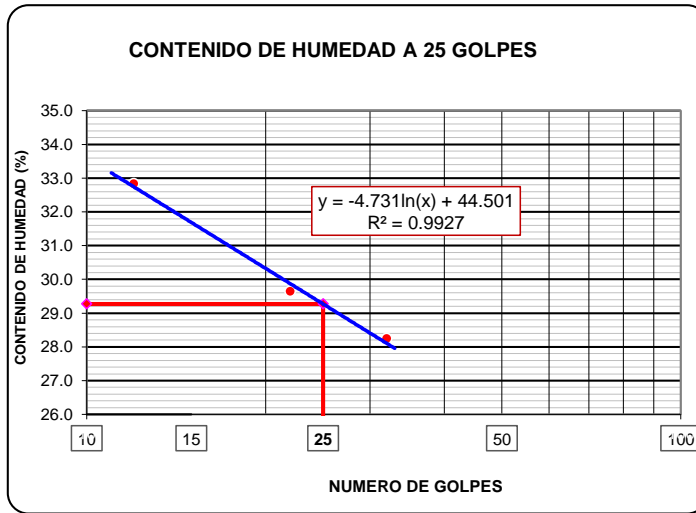
METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS MTC E 110 Y E 111 - A.S.T.M. D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90

I. Datos Generales

| | |
|--|---|
| PROCEDENCIA : ADICION DE 11% CENIZA (REPETICION 02) | TAMAÑO MAXIMO : 1" |
| CALICATA : C-1 / M-1 | DESCRIPCION : AV. INMACULADA CDRA 02 |
| PROFUND. : 0.20 - 1.70 m. | |

| LIMITE LIQUIDO (MTC E 110) | | | | | |
|-------------------------------|--|-------|-------|-------|--|
| Nº TARRO | | 35 | 39 | 34 | |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g) | | 29.75 | 30.10 | 31.80 | |
| PESO TARRO + SUELO SECO (g) | | 26.70 | 27.50 | 28.10 | |
| PESO DE AGUA (g) | | 3.05 | 2.60 | 3.70 | |
| PESO DEL TARRO (g) | | 17.41 | 18.73 | 15.00 | |
| PESO DEL SUELO SECO (g) | | 9.29 | 8.77 | 13.10 | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | | 32.83 | 29.65 | 28.24 | |
| NUMERO DE GOLPES | | 12 | 22 | 32 | |

| LIMITE PLASTICO (MTC E 111) | | | | | |
|-------------------------------|--|-------|-------|--|--|
| Nº TARRO | | 12 | 14 | | |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g) | | 10.40 | 10.75 | | |
| PESO TARRO + SUELO SECO (g) | | 9.68 | 9.81 | | |
| PESO DE AGUA (g) | | 0.72 | 0.94 | | |
| PESO DEL TARRO (g) | | 6.80 | 6.20 | | |
| PESO DEL SUELO SECO (g) | | 2.88 | 3.61 | | |
| CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%) | | 25.00 | 26.04 | | |



| CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA | |
|----------------------------------|-----|
| LIMITE LIQUIDO | 29% |
| LIMITE PLASTICO | 26% |
| INDICE DE PLASTICIDAD | 4% |

| OBSERVACIONES |
|---------------|
| |

TESIS: "MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA INMACULADA AL ADICIONAR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ, JAEN 2023"



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO

DISTRITO: JAEN, PROVINCIA: JAEN, DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA: JULIO - 2023

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557, MTC-115)

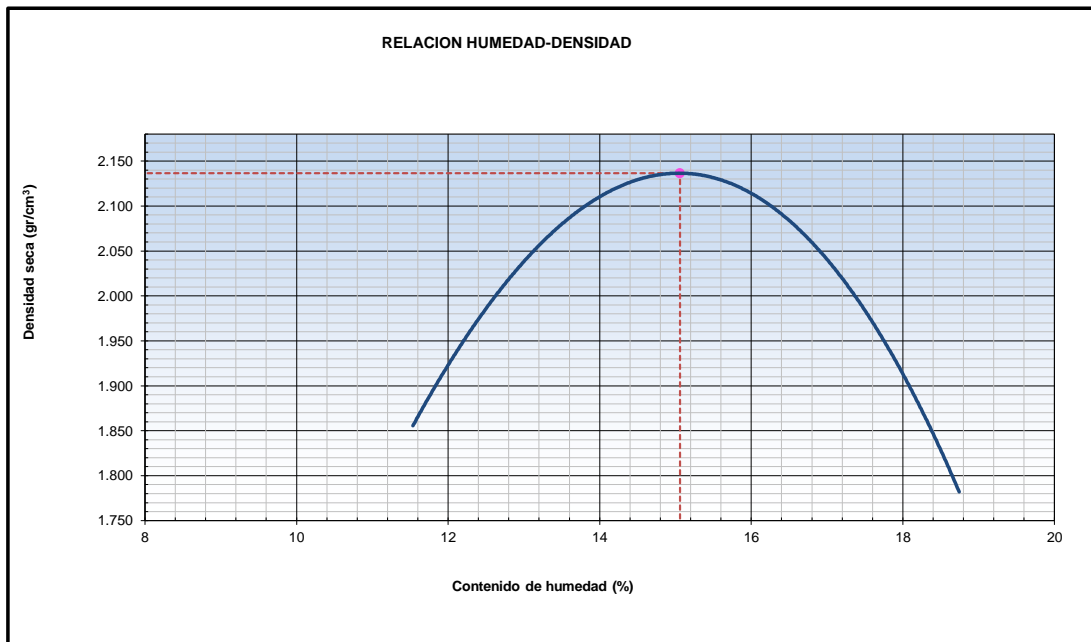
I. Datos Generales

PROCEDENCIA : ADICION DE 11% CENIZA (REPETICION 02)
P. EXPLOR. : C - 1
MATERIAL : -
PROFUND. : 0.20 - 1.70

CLASF. (SUCS) : ML
CLASF. (AASHTO) : A-4 (5)
LADO : AV. INMACULADA CDRA 02

Método "A"

| Número de Ensayo | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--|--------------------|--------|--------|--------|--------|-------|
| Peso suelo + molde | gr | 5872 | 6202 | 6217 | 5916 | |
| Peso molde | gr | 3910 | 3910 | 3910 | 3910 | |
| Peso suelo húmedo compactado | gr | 1962 | 2292 | 2307 | 2006 | |
| Volumen del molde | cm ³ | 948 | 948 | 948 | 948 | |
| Peso volumétrico húmedo | gr | 2.070 | 2.418 | 2.434 | 2.116 | |
| Recipiente N° | | 19 | 14 | 21 | 45 | |
| Peso del suelo húmedo+tara | gr | 147.20 | 134.35 | 126.70 | 140.80 | |
| Peso del suelo seco + tara | gr | 134.20 | 120.30 | 112.00 | 122.00 | |
| Tara | gr | 21.50 | 21.10 | 22.40 | 21.70 | |
| Peso de agua | gr | 13.00 | 14.05 | 14.70 | 18.80 | |
| Peso del suelo seco | gr | 112.70 | 99.20 | 89.60 | 100.30 | |
| Contenido de agua | % | 11.54 | 14.16 | 16.41 | 18.74 | |
| Peso volumétrico seco | gr/cm ³ | 1.856 | 2.118 | 2.091 | 1.782 | |
| <i>Densidad máxima (gr/cm³)</i> | | | | | | 2.137 |
| <i>Humedad óptima (%)</i> | | | | | | 15.1 |



OBSERVACIONES.

TESIS: "MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA INMACULADA AL ADICIONAR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ, JAEN 2023"



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO

DISTRITO: JAEN, PROVINCIA: JAEN, DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA: JULIO - 2023

RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132)

I. Datos Generales

| | |
|--|--------------------------------------|
| PROCEDENCIA : ADICION DE 11% CENIZA (REPETICION 02) | CLASF. (SUCS) : ML |
| P. EXPLOR. : C - 1 | CLASF. (AASHTO) : A-4 (5) |
| MATERIAL : - | LADO : AV. INMACULADA CDRA 02 |
| PROFUND. : 0.20 - 1.70 | |

| Molde N° | 126 | | 127 | | 128 | |
|--------------------------------------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|
| Capas N° | 5 | | 5 | | 5 | |
| Golpes por capa N° | 56 | | 25 | | 12 | |
| Condición de la muestra | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO |
| Peso de molde + Suelo húmedo (g) | 12647.00 | 12852.00 | 12472.00 | 12763.00 | 12432.00 | 12657.00 |
| Peso de molde (g) | 7500.00 | 7500.00 | 7420.00 | 7420.00 | 7484.00 | 7484.00 |
| Peso del suelo húmedo (g) | 5147 | 5352 | 5052 | 5343 | 4948 | 5173.00 |
| Volumen del molde (cm ³) | 2109.00 | 2109.00 | 2118.00 | 2118.00 | 2120.00 | 2120.00 |
| Densidad húmeda (g/cm ³) | 2.440 | 2.538 | 2.385 | 2.523 | 2.334 | 2.440 |
| Tara (N°) | 4 | 7 | 3 | 21 | 8 | 39 |
| Peso suelo húmedo + tara (g) | 122.80 | 144.30 | 135.60 | 123.40 | 119.40 | 131.84 |
| Peso suelo seco + tara (g) | 110.20 | 125.50 | 121.45 | 107.50 | 106.67 | 113.80 |
| Peso de tara (g) | 21.40 | 21.20 | 22.50 | 21.70 | 21.60 | 20.80 |
| Peso de agua (g) | 12.60 | 18.80 | 14.15 | 15.90 | 12.73 | 18.04 |
| Peso de suelo seco (g) | 88.80 | 104.30 | 98.95 | 85.80 | 85.07 | 93.00 |
| Contenido de humedad (%) | 14.19 | 18.02 | 14.30 | 18.53 | 14.96 | 19.40 |
| Densidad seca (g/cm ³) | 2.137 | 2.150 | 2.087 | 2.128 | 2.030 | 2.044 |

EXPANSION

| FECHA | HORA | TIEMPO | DIAL | EXPANSION | | DIAL | EXPANSION | | DIAL | EXPANSION | |
|------------|-------|--------|-------|-----------|------|-------|-----------|------|-------|-----------|------|
| | | | | mm | % | | mm | % | | mm | % |
| 02/09/2023 | 10:00 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.0 | 0.000 | 0.000 | 0.0 | 0.000 | 0.000 | 0.0 |
| 03/09/2023 | 10:06 | 24 | 0.120 | 0.120 | 0.10 | 0.170 | 0.170 | 0.14 | 0.200 | 0.200 | 0.17 |
| 04/09/2023 | 10:12 | 48 | 0.180 | 0.180 | 0.15 | 0.250 | 0.250 | 0.21 | 0.300 | 0.300 | 0.25 |
| 05/09/2023 | 10:18 | 72 | 0.300 | 0.300 | 0.25 | 0.350 | 0.350 | 0.30 | 0.400 | 0.400 | 0.34 |
| 06/09/2023 | 10:24 | 84 | 0.450 | 0.450 | 0.38 | 0.500 | 0.500 | 0.42 | 0.550 | 0.550 | 0.47 |

PENETRACION

| DATOS DEL PISON | |
|--------------------------|-------|
| Diametro del Piston (cm) | 5.08 |
| Area (cm ²) | 20.27 |

| PENETRACION mm | CARGA STAND. kg/cm ² | MOLDE N° 126 | | | | MOLDE N° 127 | | | | MOLDE N° 128 | | | |
|-------------------|---------------------------------------|--------------|-------|------------|------|--------------|-------|------------|------|--------------|-------|------------|------|
| | | CARGA | | CORRECCION | | CARGA | | CORRECCION | | CARGA | | CORRECCION | |
| | | Dial (div) | kg | kg | % | Dial (div) | kg | kg | % | Dial (div) | kg | kg | % |
| 0.000 | | 0.0 | 0.0 | | | 0.0 | 0.0 | | | 0.0 | 0.0 | | |
| 0.635 | | 90.0 | 90.0 | | | 76.0 | 76.0 | | | 68.3 | 68.3 | | |
| 1.270 | | 164.5 | 164.5 | | | 130.2 | 130.2 | | | 103.5 | 103.5 | | |
| 1.905 | | 238.0 | 238.0 | | | 189.6 | 189.6 | | | 153.8 | 153.8 | | |
| 2.540 | 70.5 | 301.7 | 301.7 | 295.7 | 20.7 | 245.0 | 245.0 | 235.5 | 16.5 | 200.9 | 200.9 | 192.5 | 13.5 |
| 3.810 | | 386.0 | 386.0 | | | 309.0 | 309.0 | | | 257.3 | 257.3 | | |
| 5.080 | 105.7 | 470.0 | 470.0 | 470.1 | 21.9 | 375.6 | 375.6 | 381.4 | 17.8 | 320.7 | 320.7 | 328.7 | 15.3 |
| 6.350 | | 537.6 | 537.6 | | | 430.0 | 430.0 | | | 382.3 | 382.3 | | |
| 7.620 | | 590.0 | 590.0 | | | 478.9 | 478.9 | | | 425.5 | 425.5 | | |
| 10.160 | | 635.7 | | | | 530.0 | 530.0 | | | 463.8 | 463.8 | | |

OBSERVACIONES.

TESIS: "MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA INMACULADA AL ADICIONAR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ, JAEN 2023"



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO

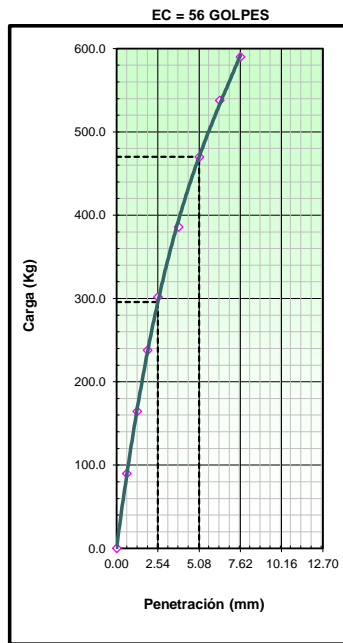
DISTRITO: JAEN, PROVINCIA: JAEN, DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA: JULIO - 2023

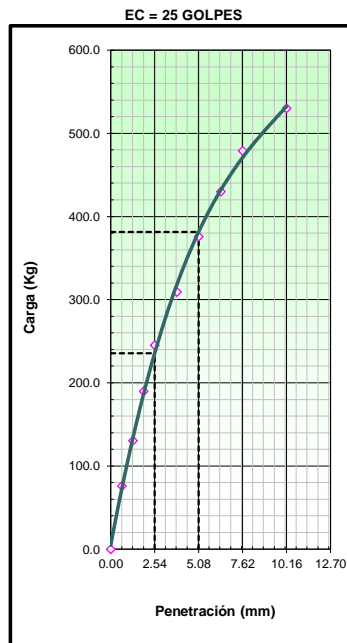
RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132)

I. Datos Generales

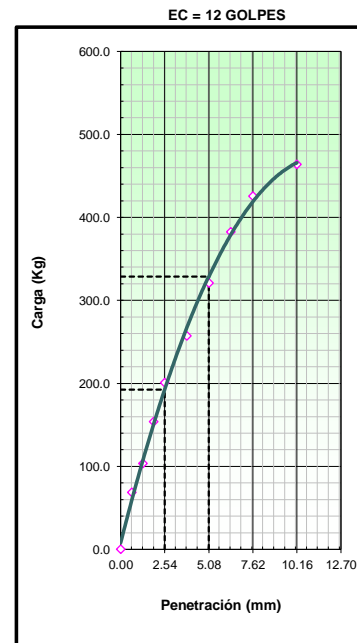
| | | | |
|--------------------|---|------------------------|--------------------------|
| PROCEDENCIA | : ADICION DE 11% CENIZA (REPETICION 02) | CLASF. (SUCS) | : ML |
| P. EXPLOR. | : C - 1 | CLASF. (AASHTO) | : A-4 (5) |
| MATERIAL | : - | LADO | : AV. INMACULADA CDRA 02 |
| PROFUND. | : 0.20 - 1.70 | | |



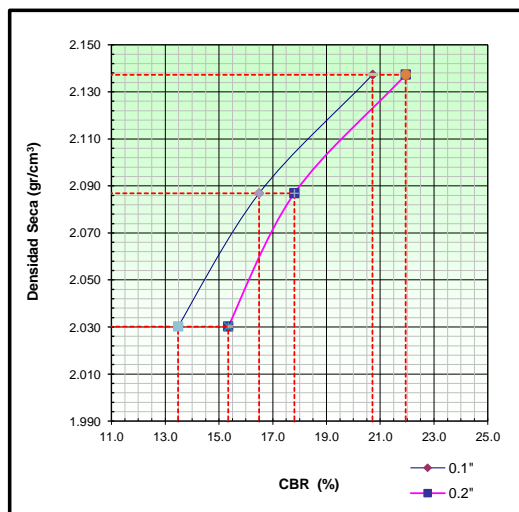
| | |
|-------------------|-------|
| CBR (0.1") | 20.7% |
| CBR (0.2") | 21.9% |



| | |
|-------------------|-------|
| CBR (0.1") | 16.5% |
| CBR (0.2") | 17.8% |



| | |
|-------------------|-------|
| CBR (0.1") | 13.5% |
| CBR (0.2") | 15.3% |



METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 2.137
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 15.1
 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 2.030
 DENSIDAD INSITU (g/cm3) :

| | | | | |
|------------------------------|-------------|------|-------------|------|
| C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) | 0.1" | 20.6 | 0.2" | 21.9 |
| C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) | 0.1" | 13.5 | 0.2" | 15.3 |

RESULTADOS CBR a 0.1":
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 13.5 (%)

OBSERVACIONES:

OBSERVACIONES.



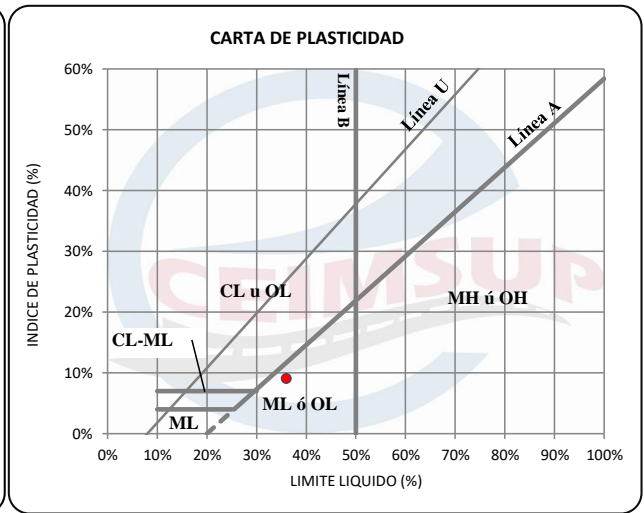
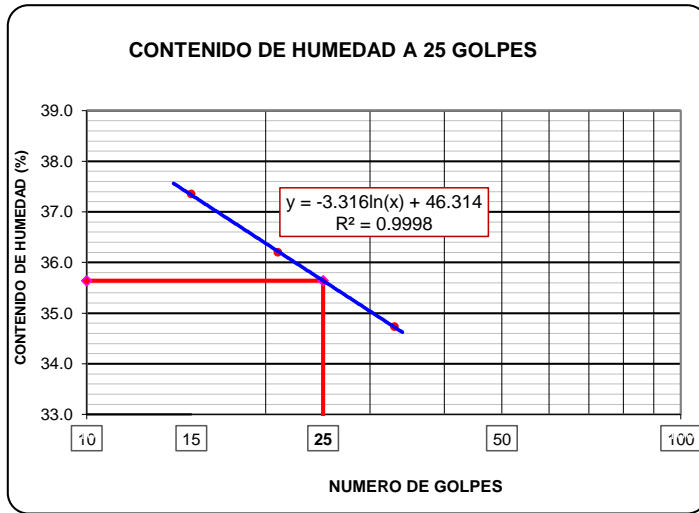
METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS MTC E 110 Y E 111 - A.S.T.M. D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90

I. Datos Generales

| | |
|---|---|
| PROCEDENCIA : MUESTRA PATRON (REPETICION 03) | TAMAÑO MAXIMO : 1" |
| CALICATA : C-1 / M-1 | DESCRIPCION : AV. INMACULADA CDRA 02 |
| PROFUND. : 0.20 - 1.70 m. | |

| LIMITE LIQUIDO (MTC E 110) | | | | |
|-------------------------------|--|-------|-------|-------|
| Nº TARRO | | 37 | 30 | 31 |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g) | | 30.70 | 32.20 | 29.60 |
| PESO TARRO + SUELO SECO (g) | | 26.70 | 27.90 | 26.70 |
| PESO DE AGUA (g) | | 4.00 | 4.30 | 2.90 |
| PESO DEL TARRO (g) | | 15.99 | 16.02 | 18.35 |
| PESO DEL SUELO SECO (g) | | 10.71 | 11.88 | 8.35 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | | 37.35 | 36.20 | 34.73 |
| NUMERO DE GOLPES | | 15 | 21 | 33 |

| LIMITE PLASTICO (MTC E 111) | | | | |
|-------------------------------|--|-------|-------|--|
| Nº TARRO | | 17 | 37 | |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g) | | 10.16 | 10.85 | |
| PESO TARRO + SUELO SECO (g) | | 9.35 | 9.95 | |
| PESO DE AGUA (g) | | 0.81 | 0.90 | |
| PESO DEL TARRO (g) | | 6.38 | 6.69 | |
| PESO DEL SUELO SECO (g) | | 2.97 | 3.26 | |
| CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%) | | 27.27 | 27.61 | |



| CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA | |
|----------------------------------|-----|
| LIMITE LIQUIDO | 36% |
| LIMITE PLASTICO | 27% |
| INDICE DE PLASTICIDAD | 9% |

| OBSERVACIONES |
|---------------|
| |

TESIS: "MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA INMACULADA AL ADICIONAR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ, JAEN 2023"



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO

DISTRITO: JAEN, PROVINCIA: JAEN, DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA: JULIO - 2023

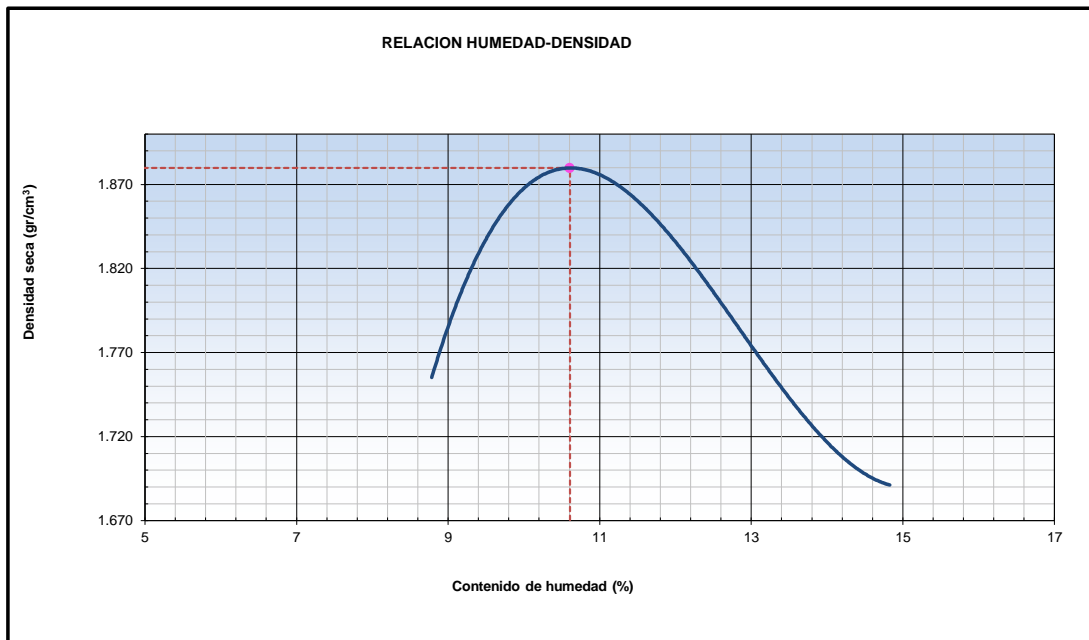
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557, MTC-115)

I. Datos Generales

| | | | |
|--------------------|----------------------------------|------------------------|--------------------------|
| PROCEDENCIA | : MUESTRA PATRON (REPETICION 03) | CLASF. (SUCS) | : ML |
| P. EXPLOR. | : C - 1 | CLASF. (AASHTO) | : A-4 (5) |
| MATERIAL | : - | LADO | : AV. INMACULADA CDRA 02 |
| PROFUND. | : 0.20 - 1.70 | | |

Método "A"

| Número de Ensayo | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--|--------------------|--------|--------|--------|--------|-------|
| Peso suelo + molde | gr | 5720 | 5883 | 5821 | 5751 | |
| Peso molde | gr | 3910 | 3910 | 3910 | 3910 | |
| Peso suelo húmedo compactado | gr | 1810 | 1973 | 1911 | 1841 | |
| Volumen del molde | cm ³ | 948 | 948 | 948 | 948 | |
| Peso volumétrico húmedo | gr | 1.909 | 2.081 | 2.016 | 1.942 | |
| Recipiente N° | | 17 | 14 | 71 | 45 | |
| Peso del suelo húmedo+tara | gr | 141.30 | 135.60 | 111.85 | 118.40 | |
| Peso del suelo seco + tara | gr | 131.70 | 124.50 | 101.60 | 105.90 | |
| Tara | gr | 22.40 | 21.10 | 21.50 | 21.60 | |
| Peso de agua | gr | 9.60 | 11.10 | 10.25 | 12.50 | |
| Peso del suelo seco | gr | 109.30 | 103.40 | 80.10 | 84.30 | |
| Contenido de agua | % | 8.78 | 10.74 | 12.80 | 14.83 | |
| Peso volumétrico seco | gr/cm ³ | 1.755 | 1.879 | 1.787 | 1.691 | |
| <i>Densidad máxima (gr/cm³)</i> | | | | | | 1.880 |
| <i>Humedad óptima (%)</i> | | | | | | 10.6 |



OBSERVACIONES.

TESIS: "MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA INMACULADA AL ADICIONAR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ, JAEN 2023"



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO

DISTRITO: JAEN, PROVINCIA: JAEN, DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA: JULIO - 2023

RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132)

I. Datos Generales

| | |
|---|--------------------------------------|
| PROCEDENCIA : MUESTRA PATRON (REPETICION 03) | CLASF. (SUCS) : ML |
| P. EXPLOR. : C - 1 | CLASF. (AASHTO) : A-4 (5) |
| MATERIAL : - | LADO : AV. INMACULADA CDRA 02 |
| PROFUND. : 0.20 - 1.70 | |

| Molde N° | 123 | | 122 | | 121 | |
|--------------------------------------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|
| Capas N° | 5 | | 5 | | 5 | |
| Golpes por capa N° | 56 | | 25 | | 12 | |
| Condición de la muestra | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO |
| Peso de molde + Suelo húmedo (g) | 11865.00 | 12100.00 | 11700.00 | 11963.00 | 11669.00 | 11862.00 |
| Peso de molde (g) | 7500.00 | 7500.00 | 7420.00 | 7420.00 | 7484.00 | 7484.00 |
| Peso del suelo húmedo (g) | 4365 | 4600 | 4280 | 4543 | 4185 | 4378.00 |
| Volumen del molde (cm ³) | 2109.00 | 2109.00 | 2118.00 | 2118.00 | 2120.00 | 2120.00 |
| Densidad húmeda (g/cm ³) | 2.070 | 2.181 | 2.021 | 2.145 | 1.974 | 2.065 |
| Tara (N°) | 30 | 23 | 40 | 21 | 8 | 24 |
| Peso suelo húmedo + tara (g) | 98.60 | 133.50 | 124.60 | 141.80 | 137.80 | 152.30 |
| Peso suelo seco + tara (g) | 91.60 | 118.60 | 115.10 | 125.00 | 126.70 | 133.50 |
| Peso de tara (g) | 22.30 | 21.50 | 22.80 | 21.30 | 21.40 | 21.40 |
| Peso de agua (g) | 7.00 | 14.90 | 9.50 | 16.80 | 11.10 | 18.80 |
| Peso de suelo seco (g) | 69.30 | 97.10 | 92.30 | 103.70 | 105.30 | 112.10 |
| Contenido de humedad (%) | 10.10 | 15.35 | 10.29 | 16.20 | 10.54 | 16.77 |
| Densidad seca (g/cm ³) | 1.880 | 1.891 | 1.832 | 1.846 | 1.786 | 1.769 |

EXPANSION

| FECHA | HORA | TIEMPO | DIAL | EXPANSION | | DIAL | EXPANSION | | DIAL | EXPANSION | |
|------------|-------|--------|-------|-----------|------|-------|-----------|------|-------|-----------|------|
| | | | | mm | % | | mm | % | | mm | % |
| 10/09/2023 | 10:00 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.0 | 0.000 | 0.000 | 0.0 | 0.000 | 0.000 | 0.0 |
| 11/09/2023 | 10:06 | 24 | 0.450 | 0.450 | 0.38 | 0.500 | 0.500 | 0.42 | 0.600 | 0.600 | 0.51 |
| 12/09/2023 | 10:12 | 48 | 0.800 | 0.800 | 0.68 | 1.000 | 1.000 | 0.85 | 1.100 | 1.100 | 0.93 |
| 13/09/2023 | 10:18 | 72 | 1.200 | 1.200 | 1.02 | 1.500 | 1.500 | 1.27 | 1.650 | 1.650 | 1.40 |
| 14/09/2023 | 10:24 | 84 | 1.400 | 1.400 | 1.19 | 1.600 | 1.600 | 1.36 | 1.700 | 1.700 | 1.44 |

PENETRACION

DATOS DEL PISON

| | |
|--------------------------|-------|
| Diametro del Piston (cm) | 5.08 |
| Area (cm ²) | 20.27 |

| PENETRACION mm | CARGA STAND. kg/cm ² | MOLDE N° 122 | | | | MOLDE N° 121 | | | | MOLDE N° 123 | | | |
|-------------------|---------------------------------------|--------------|-------|------------|------|--------------|-------|------------|-----|--------------|-------|------------|-----|
| | | CARGA | | CORRECCION | | CARGA | | CORRECCION | | CARGA | | CORRECCION | |
| | | Dial (div) | kg | kg | % | Dial (div) | kg | kg | % | Dial (div) | kg | kg | % |
| 0.000 | | 0.0 | 0.0 | | | 0.0 | 0.0 | | | 0.0 | 0.0 | | |
| 0.635 | | 41.0 | 41.0 | | | 32.0 | 32.0 | | | 24.5 | 24.5 | | |
| 1.270 | | 75.0 | 75.0 | | | 52.1 | 52.1 | | | 35.4 | 35.4 | | |
| 1.905 | | 114.2 | 114.2 | | | 85.0 | 85.0 | | | 51.2 | 51.2 | | |
| 2.540 | 70.5 | 156.9 | 156.9 | 144.2 | 10.1 | 114.3 | 114.3 | 104.8 | 7.3 | 68.0 | 68.0 | 67.2 | 4.7 |
| 3.810 | | 182.8 | 182.8 | | | 135.6 | 135.6 | | | 92.3 | 92.3 | | |
| 5.080 | 105.7 | 228.6 | 228.6 | 227.1 | 10.6 | 168.8 | 168.8 | 170.3 | 8.0 | 118.1 | 118.1 | 115.4 | 5.4 |
| 6.350 | | 258.0 | 258.0 | | | 190.4 | 190.4 | | | 131.0 | 131.0 | | |
| 7.620 | | 286.3 | 286.3 | | | 215.0 | 215.0 | | | 152.0 | 152.0 | | |
| 10.160 | | | | | | 238.0 | 238.0 | | | 175.0 | 175.0 | | |

OBSERVACIONES.

TESIS: "MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA INMACULADA AL ADICIONAR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ, JAEN 2023"



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO

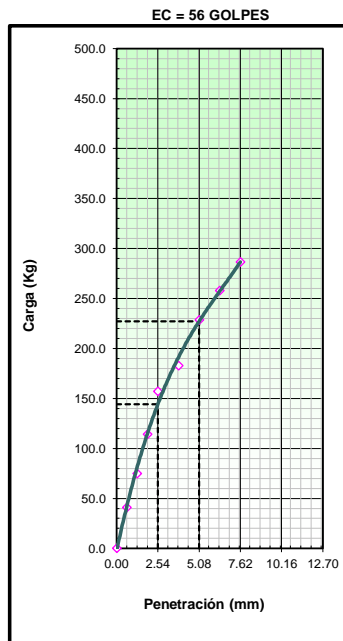
DISTRITO: JAEN, PROVINCIA: JAEN, DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA: JULIO - 2023

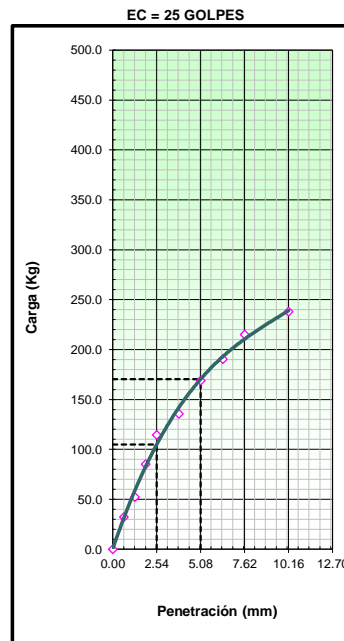
RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132)

I. Datos Generales

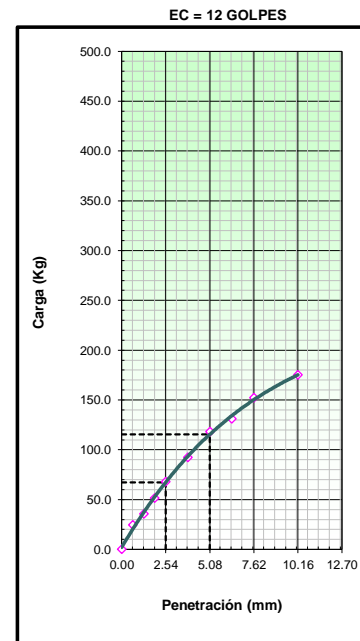
PROCEDENCIA : MUESTRA PATRON (REPETICION 03) **CLASF. (SUCS)** : ML
P. EXPLOR. : C - 1 **CLASF. (AASHTO)** : A-4 (5)
MATERIAL : - **LADO** : AV. INMACULADA CDRA 02
PROFUND. : 0.20 - 1.70



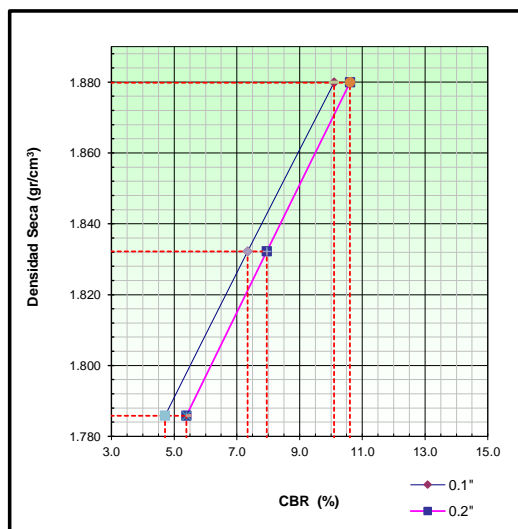
CBR (0.1") 10.1%
CBR (0.2") 10.6%



CBR (0.1") 7.3%
CBR (0.2") 8.0%



CBR (0.1") 4.7%
CBR (0.2") 5.4%



METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 1.880
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 10.6
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 1.786
DENSIDAD INSITU (g/cm3) :

| | | | | |
|------------------------------|------|------|------|------|
| C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) | 0.1" | 10.1 | 0.2" | 10.6 |
| C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) | 0.1" | 4.7 | 0.2" | 5.4 |

RESULTADOS CBR a 0.1":
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 4.7 (%)

OBSERVACIONES:

OBSERVACIONES.



FECHA: JULIO - 2023

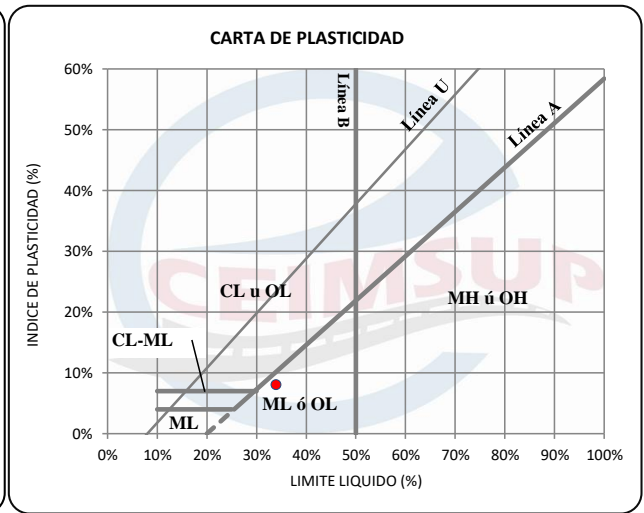
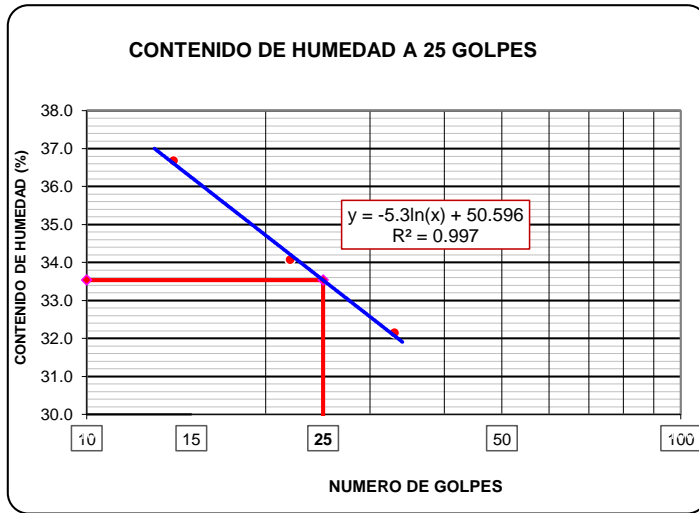
METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS MTC E 110 Y E 111 - A.S.T.M. D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90

I. Datos Generales

| | |
|---|---|
| PROCEDENCIA : ADICION DE 5% CENIZA (REPETICION 03) | TAMAÑO MAXIMO : 1" |
| CALICATA : C-1 / M-1 | DESCRIPCION : AV. INMACULADA CDRA 02 |
| PROFUND. : 0.20 - 1.70 m. | |

| LIMITE LIQUIDO (MTC E 110) | | | | |
|-------------------------------|--|-------|-------|-------|
| Nº TARRO | | 42 | 17 | 5 |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g) | | 31.96 | 34.85 | 38.12 |
| PESO TARRO + SUELO SECO (g) | | 28.45 | 30.38 | 33.54 |
| PESO DE AGUA (g) | | 3.51 | 4.47 | 4.58 |
| PESO DEL TARRO (g) | | 18.88 | 17.26 | 19.29 |
| PESO DEL SUELO SECO (g) | | 9.57 | 13.12 | 14.25 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | | 36.68 | 34.07 | 32.14 |
| NUMERO DE GOLPES | | 14 | 22 | 33 |

| LIMITE PLASTICO (MTC E 111) | | | | |
|-------------------------------|--|-------|-------|--|
| Nº TARRO | | 2 | 15 | |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g) | | 10.47 | 9.62 | |
| PESO TARRO + SUELO SECO (g) | | 9.71 | 8.95 | |
| PESO DE AGUA (g) | | 0.76 | 0.67 | |
| PESO DEL TARRO (g) | | 6.81 | 6.44 | |
| PESO DEL SUELO SECO (g) | | 2.90 | 2.51 | |
| CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%) | | 26.21 | 26.69 | |



| CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA | |
|----------------------------------|-----|
| LIMITE LIQUIDO | 34% |
| LIMITE PLASTICO | 27% |
| INDICE DE PLASTICIDAD | 8% |

| OBSERVACIONES |
|---------------|
| |

TESIS: "MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA INMACULADA AL ADICIONAR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ, JAEN 2023"



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO

DISTRITO: JAEN, PROVINCIA: JAEN, DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA: JULIO - 2023

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557, MTC-115)

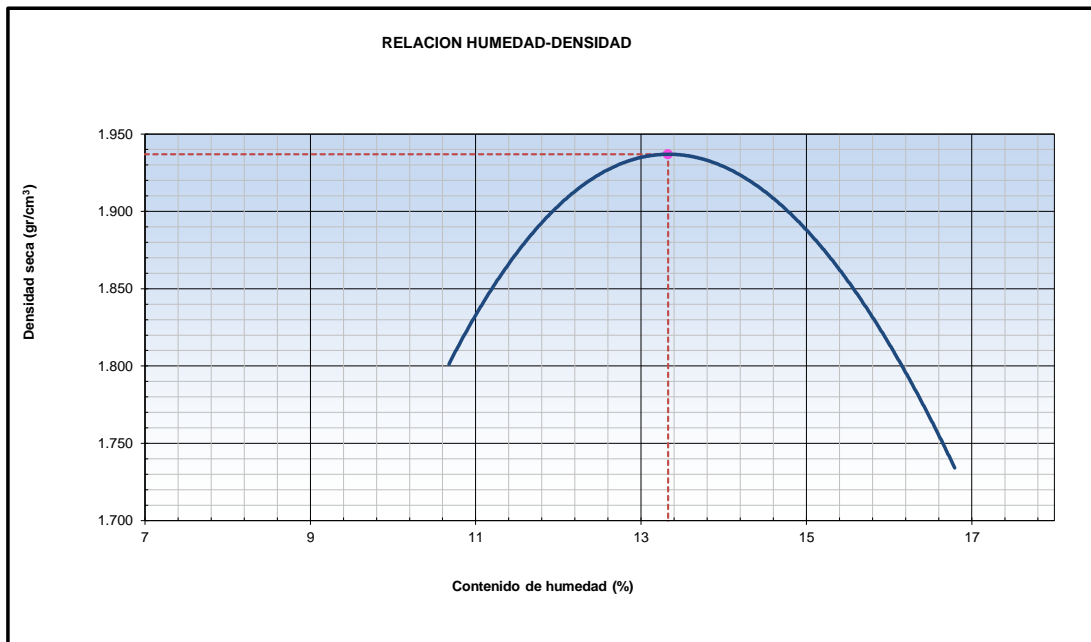
I. Datos Generales

PROCEDENCIA : ADICION DE 5% CENIZA (REPETICION 03)
P. EXPLOR. : C - 1
MATERIAL : -
PROFUND. : 0.20 - 1.70

CLASF. (SUCS) : ML
CLASF. (AASHTO) : A-4 (5)
LADO : AV. INMACULADA CDRA 02

Método "A"

| Número de Ensayo | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--|--------------------|--------|--------|--------|--------|-------|
| Peso suelo + molde | gr | 5800 | 5947 | 5984 | 5830 | |
| Peso molde | gr | 3910 | 3910 | 3910 | 3910 | |
| Peso suelo húmedo compactado | gr | 1890 | 2037 | 2074 | 1920 | |
| Volumen del molde | cm ³ | 948 | 948 | 948 | 948 | |
| Peso volumétrico húmedo | gr | 1.994 | 2.149 | 2.188 | 2.025 | |
| Recipiente N° | | 61 | 7 | 14 | 2 | |
| Peso del suelo húmedo+tara | gr | 117.90 | 143.20 | 127.50 | 116.42 | |
| Peso del suelo seco + tara | gr | 108.60 | 129.90 | 114.00 | 102.80 | |
| Tara | gr | 21.50 | 21.20 | 21.40 | 21.70 | |
| Peso de agua | gr | 9.30 | 13.30 | 13.50 | 13.62 | |
| Peso del suelo seco | gr | 87.10 | 108.70 | 92.60 | 81.10 | |
| Contenido de agua | % | 10.68 | 12.24 | 14.58 | 16.79 | |
| Peso volumétrico seco | gr/cm ³ | 1.801 | 1.914 | 1.909 | 1.734 | |
| <i>Densidad máxima (gr/cm³)</i> | | | | | | 1.937 |
| <i>Humedad óptima (%)</i> | | | | | | 13.3 |



OBSERVACIONES.

TESIS: "MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA INMACULADA AL ADICIONAR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ, JAEN 2023"



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO

DISTRITO: JAEN, PROVINCIA: JAEN, DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA: JULIO - 2023

RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132)

I. Datos Generales

| | |
|---|--------------------------------------|
| PROCEDENCIA : ADICION DE 5% CENIZA (REPETICION 03) | CLASF. (SUCS) : ML |
| P. EXPLOR. : C - 1 | CLASF. (AASHTO) : A-4 (5) |
| MATERIAL : - | LADO : AV. INMACULADA CDRA 02 |
| PROFUND. : 0.20 - 1.70 | |

| Molde N° | 126 | | 127 | | 128 | |
|--------------------------------------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|
| Capas N° | 5 | | 5 | | 5 | |
| Golpes por capa N° | 56 | | 25 | | 12 | |
| Condición de la muestra | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO |
| Peso de molde + Suelo húmedo (g) | 12086.00 | 12060.00 | 11952.00 | 11910.00 | 11896.00 | 11810.00 |
| Peso de molde (g) | 7500.00 | 7500.00 | 7420.00 | 7420.00 | 7482.00 | 7482.00 |
| Peso del suelo húmedo (g) | 4586 | 4560 | 4532 | 4490 | 4414 | 4328.00 |
| Volumen del molde (cm ³) | 2109.00 | 2109.00 | 2118.00 | 2118.00 | 2120.00 | 2120.00 |
| Densidad húmeda (g/cm ³) | 2.174 | 2.162 | 2.140 | 2.120 | 2.082 | 2.042 |
| Tara (N°) | 2 | 14 | 7 | 75 | 13 | 19 |
| Peso suelo húmedo + tara (g) | 132.00 | 160.90 | 156.91 | 142.50 | 167.00 | 155.30 |
| Peso suelo seco + tara (g) | 120.00 | 141.80 | 141.70 | 125.60 | 150.10 | 135.80 |
| Peso de tara (g) | 22.30 | 21.50 | 22.40 | 21.50 | 21.70 | 21.50 |
| Peso de agua (g) | 12.00 | 19.10 | 15.21 | 16.90 | 16.90 | 19.50 |
| Peso de suelo seco (g) | 97.70 | 120.30 | 119.30 | 104.10 | 128.40 | 114.30 |
| Contenido de humedad (%) | 12.28 | 15.88 | 12.75 | 16.23 | 13.16 | 17.06 |
| Densidad seca (g/cm ³) | 1.937 | 1.866 | 1.898 | 1.824 | 1.840 | 1.744 |

EXPANSION

| FECHA | HORA | TIEMPO | DIAL | EXPANSION | | DIAL | EXPANSION | | DIAL | EXPANSION | |
|------------|-------|--------|-------|-----------|------|-------|-----------|------|-------|-----------|------|
| | | | | mm | % | | mm | % | | mm | % |
| 15/09/2023 | 14:00 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.0 | 0.000 | 0.000 | 0.0 | 0.000 | 0.000 | 0.0 |
| 16/09/2023 | 14:06 | 24 | 0.350 | 0.350 | 0.30 | 0.400 | 0.400 | 0.34 | 0.450 | 0.450 | 0.38 |
| 17/09/2023 | 14:12 | 48 | 0.700 | 0.700 | 0.59 | 0.800 | 0.800 | 0.68 | 0.850 | 0.850 | 0.72 |
| 18/09/2023 | 14:18 | 72 | 1.000 | 1.000 | 0.85 | 1.100 | 1.100 | 0.93 | 1.180 | 1.180 | 1.00 |
| 19/09/2023 | 14:24 | 84 | 1.100 | 1.100 | 0.93 | 1.200 | 1.200 | 1.02 | 1.250 | 1.250 | 1.06 |

PENETRACION

DATOS DEL PISON

| | |
|--------------------------|-------|
| Diametro del Piston (cm) | 5.08 |
| Area (cm ²) | 20.27 |

| PENETRACION mm | CARGA STAND. kg/cm ² | MOLDE N° 126 | | | | MOLDE N° 127 | | | | MOLDE N° 128 | | | |
|-------------------|---------------------------------------|--------------|-------|------------|------|--------------|-------|------------|------|--------------|-------|------------|------|
| | | CARGA | | CORRECCION | | CARGA | | CORRECCION | | CARGA | | CORRECCION | |
| | | Dial (div) | kg | kg | % | Dial (div) | kg | kg | % | Dial (div) | kg | kg | % |
| 0.000 | | 0.0 | 0.0 | | | 0.0 | 0.0 | | | 0.0 | 0.0 | | |
| 0.635 | | 71.2 | 71.2 | | | 69.3 | 69.3 | | | 47.6 | 47.6 | | |
| 1.270 | | 142.1 | 142.1 | | | 114.0 | 114.0 | | | 75.5 | 75.5 | | |
| 1.905 | | 198.0 | 198.0 | | | 174.0 | 174.0 | | | 111.0 | 111.0 | | |
| 2.540 | 70.5 | 266.0 | 266.0 | 258.5 | 18.1 | 218.0 | 218.0 | 216.5 | 15.2 | 162.0 | 162.0 | 149.3 | 10.5 |
| 3.810 | | 350.0 | 350.0 | | | 290.0 | 290.0 | | | 205.0 | 205.0 | | |
| 5.080 | 105.7 | 410.0 | 410.0 | 413.2 | 19.3 | 350.0 | 350.0 | 350.8 | 16.4 | 248.0 | 248.0 | 254.0 | 11.9 |
| 6.350 | | 460.0 | 460.0 | | | 396.0 | 396.0 | | | 291.0 | 291.0 | | |
| 7.620 | | 495.0 | 495.0 | | | 420.0 | 420.0 | | | 324.0 | 324.0 | | |
| 10.160 | | 558.3 | | | | 445.0 | 445.0 | | | 350.0 | 350.0 | | |

OBSERVACIONES.



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO

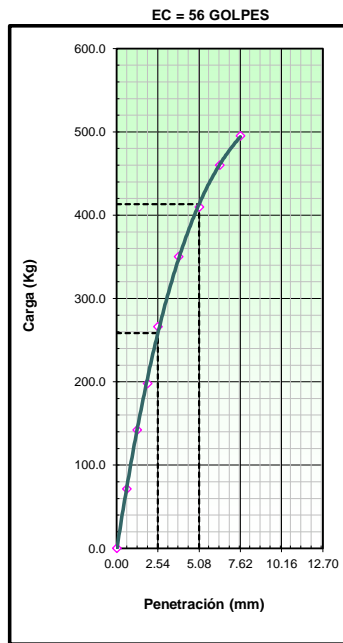
DISTRITO: JAEN, PROVINCIA: JAEN, DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA: JULIO - 2023

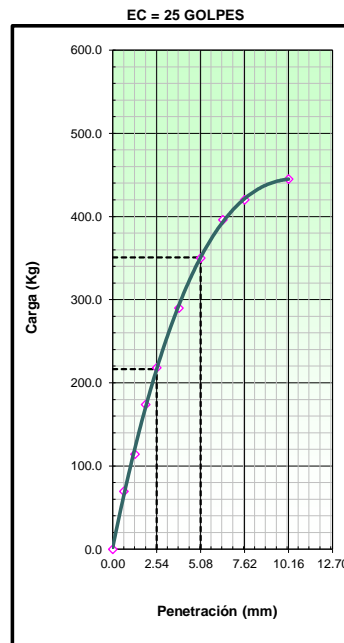
RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132)

I. Datos Generales

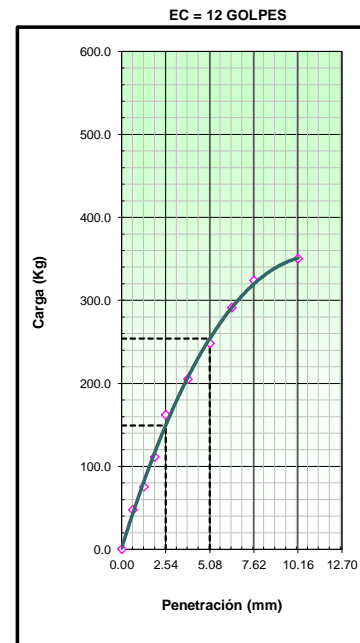
| | | | |
|--------------------|--|------------------------|--------------------------|
| PROCEDENCIA | : ADICION DE 5% CENIZA (REPETICION 03) | CLASF. (SUCS) | : ML |
| P. EXPLOR. | : C - 1 | CLASF. (AASHTO) | : A-4 (5) |
| MATERIAL | : - | LADO | : AV. INMACULADA CDRA 02 |
| PROFUND. | : 0.20 - 1.70 | | |



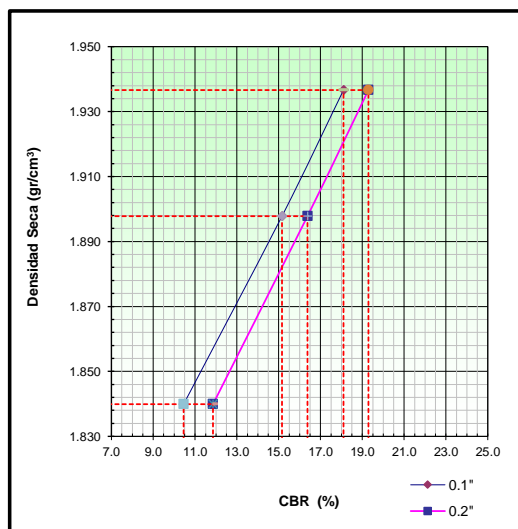
| | |
|-------------------|-------|
| CBR (0.1") | 18.1% |
| CBR (0.2") | 19.3% |



| | |
|-------------------|-------|
| CBR (0.1") | 15.2% |
| CBR (0.2") | 16.4% |



| | |
|-------------------|-------|
| CBR (0.1") | 10.5% |
| CBR (0.2") | 11.9% |



| | |
|---|--------------|
| METODO DE COMPACTACION | : ASTM D1557 |
| MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) | : 1.937 |
| OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | : 13.3 |
| 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) | : 1.840 |
| DENSIDAD INSITU (g/cm3) | : |

| | | | | |
|------------------------------|-------------|------|-------------|------|
| C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) | 0.1" | 18.1 | 0.2" | 19.3 |
| C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) | 0.1" | 10.5 | 0.2" | 11.9 |

RESULTADOS CBR a 0.1":
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 10.5 (%)

OBSERVACIONES:

OBSERVACIONES.



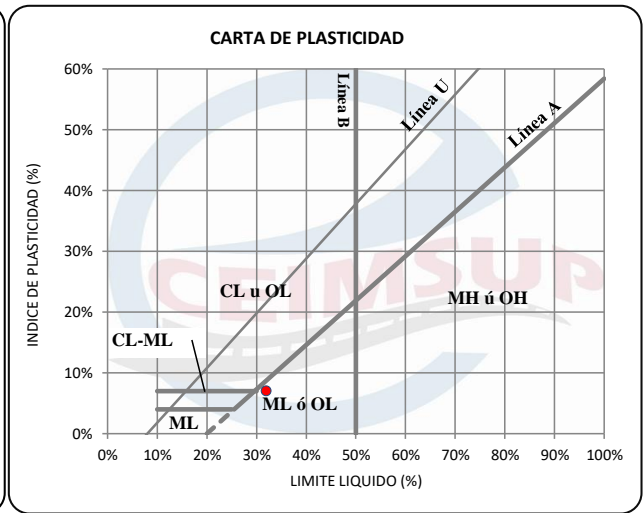
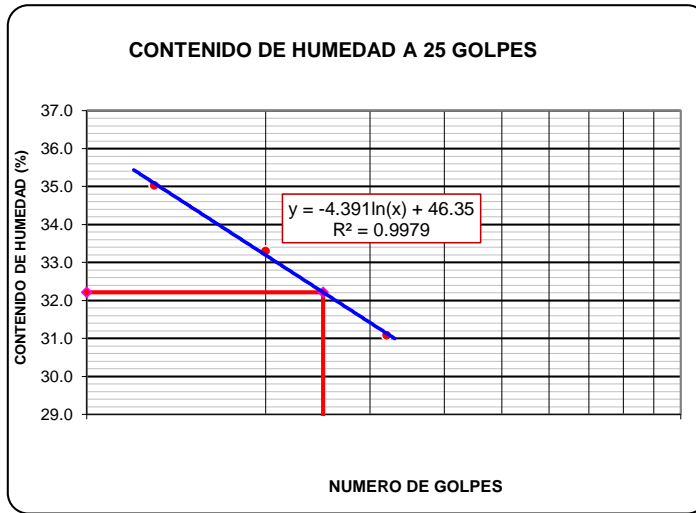
METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS MTC E 110 Y E 111 - A.S.T.M. D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90

I. Datos Generales

| | |
|---|---|
| PROCEDENCIA : ADICION DE 8% CENIZA (REPETICION 03) | TAMAÑO MAXIMO : 1" |
| CALICATA : C-1 / M-1 | DESCRIPCION : AV. INMACULADA CDRA 02 |
| PROFUND. : 0.20 - 1.70 m. | |

| LIMITE LIQUIDO (MTC E 110) | | | | | |
|-------------------------------|--|-------|-------|-------|--|
| Nº TARRO | | 14 | 48 | 41 | |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g) | | 42.70 | 44.80 | 39.00 | |
| PESO TARRO + SUELO SECO (g) | | 36.10 | 37.90 | 33.94 | |
| PESO DE AGUA (g) | | 6.60 | 6.90 | 5.06 | |
| PESO DEL TARRO (g) | | 17.26 | 17.18 | 17.66 | |
| PESO DEL SUELO SECO (g) | | 18.84 | 20.72 | 16.28 | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | | 35.03 | 33.30 | 31.08 | |
| NUMERO DE GOLPES | | 13 | 20 | 32 | |

| LIMITE PLASTICO (MTC E 111) | | | | | |
|-------------------------------|--|-------|-------|--|--|
| Nº TARRO | | 11 | 52 | | |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g) | | 10.47 | 10.22 | | |
| PESO TARRO + SUELO SECO (g) | | 9.72 | 9.91 | | |
| PESO DE AGUA (g) | | 0.75 | 0.31 | | |
| PESO DEL TARRO (g) | | 6.70 | 8.66 | | |
| PESO DEL SUELO SECO (g) | | 3.02 | 1.25 | | |
| CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%) | | 24.83 | 24.80 | | |



| CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA | |
|----------------------------------|-----|
| LIMITE LIQUIDO | 32% |
| LIMITE PLASTICO | 25% |
| INDICE DE PLASTICIDAD | 7% |

| OBSERVACIONES |
|---------------|
| |

TESIS: "MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA INMACULADA AL ADICIONAR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ, JAEN 2023"



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO

DISTRITO: JAEN, PROVINCIA: JAEN, DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA: JULIO - 2023

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557, MTC-115)

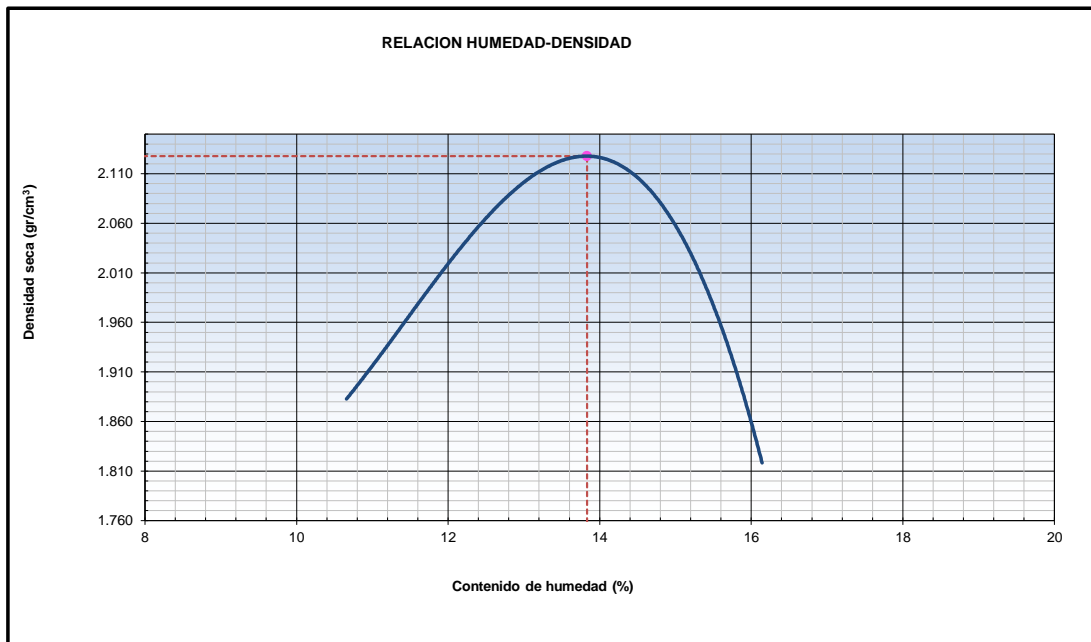
I. Datos Generales

PROCEDENCIA : ADICION DE 8% CENIZA (REPETICION 03)
P. EXPLOR. : C - 1
MATERIAL : -
PROFUND. : 0.20 - 1.70

CLASF. (SUCS) : ML
CLASF. (AASHTO) : A-4 (5)
LADO : AV. INMACULADA CDRA 02

Método "A"

| Número de Ensayo | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--|--------------------|--------|--------|--------|--------|-------|
| Peso suelo + molde | gr | 5885 | 6150 | 6184 | 5912 | |
| Peso molde | gr | 3910 | 3910 | 3910 | 3910 | |
| Peso suelo húmedo compactado | gr | 1975 | 2240 | 2274 | 2002 | |
| Volumen del molde | cm ³ | 948 | 948 | 948 | 948 | |
| Peso volumétrico húmedo | gr | 2.083 | 2.363 | 2.399 | 2.112 | |
| Recipiente N° | | 61 | 55 | 31 | 45 | |
| Peso del suelo húmedo+tara | gr | 127.60 | 176.30 | 148.90 | 128.70 | |
| Peso del suelo seco + tara | gr | 117.40 | 159.90 | 132.70 | 113.80 | |
| Tara | gr | 21.70 | 32.50 | 22.40 | 21.50 | |
| Peso de agua | gr | 10.20 | 16.40 | 16.20 | 14.90 | |
| Peso del suelo seco | gr | 95.70 | 127.40 | 110.30 | 92.30 | |
| Contenido de agua | % | 10.66 | 12.87 | 14.69 | 16.14 | |
| Peso volumétrico seco | gr/cm ³ | 1.883 | 2.093 | 2.092 | 1.818 | |
| <i>Densidad máxima (gr/cm³)</i> | | | | | | 2.128 |
| <i>Humedad óptima (%)</i> | | | | | | 13.8 |



OBSERVACIONES.

TESIS: "MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA INMACULADA AL ADICIONAR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ, JAEN 2023"



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO

DISTRITO: JAEN, PROVINCIA: JAEN, DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA: JULIO - 2023

RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132)

I. Datos Generales

| | |
|---|--------------------------------------|
| PROCEDENCIA : ADICION DE 8% CENIZA (REPETICION 03) | CLASF. (SUCS) : ML |
| P. EXPLOR. : C - 1 | CLASF. (AASHTO) : A-4 (5) |
| MATERIAL : - | LADO : AV. INMACULADA CDRA 02 |
| PROFUND. : 0.20 - 1.70 | |

| Molde N° | 126 | | 127 | | 128 | |
|--------------------------------------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|
| Capas N° | 5 | | 5 | | 5 | |
| Golpes por capa N° | 56 | | 25 | | 12 | |
| Condición de la muestra | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO |
| Peso de molde + Suelo húmedo (g) | 12587.00 | 12763.00 | 12400.00 | 12618.00 | 12355.00 | 12533.00 |
| Peso de molde (g) | 7500.00 | 7500.00 | 7420.00 | 7420.00 | 7484.00 | 7484.00 |
| Peso del suelo húmedo (g) | 5087 | 5263 | 4980 | 5198 | 4871 | 5049.00 |
| Volumen del molde (cm ³) | 2109.00 | 2109.00 | 2118.00 | 2118.00 | 2120.00 | 2120.00 |
| Densidad húmeda (g/cm ³) | 2.412 | 2.495 | 2.351 | 2.454 | 2.298 | 2.382 |
| Tara (N°) | 25 | 21 | 27 | 52 | 16 | 45 |
| Peso suelo húmedo + tara (g) | 128.40 | 111.60 | 133.74 | 176.30 | 144.62 | 115.20 |
| Peso suelo seco + tara (g) | 115.90 | 99.80 | 120.50 | 154.30 | 129.80 | 101.30 |
| Peso de tara (g) | 22.30 | 21.50 | 22.40 | 21.50 | 21.70 | 21.50 |
| Peso de agua (g) | 12.50 | 11.80 | 13.24 | 22.00 | 14.82 | 13.90 |
| Peso de suelo seco (g) | 93.60 | 78.30 | 98.10 | 132.80 | 108.10 | 79.80 |
| Contenido de humedad (%) | 13.35 | 15.07 | 13.50 | 16.57 | 13.71 | 17.42 |
| Densidad seca (g/cm ³) | 2.128 | 2.169 | 2.072 | 2.105 | 2.021 | 2.028 |

EXPANSION

| FECHA | HORA | TIEMPO | DIAL | EXPANSION | | DIAL | EXPANSION | | DIAL | EXPANSION | |
|------------|-------|--------|-------|-----------|------|-------|-----------|------|-------|-----------|------|
| | | | | mm | % | | mm | % | | mm | % |
| 20/09/2023 | 00:00 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.0 | 0.000 | 0.000 | 0.0 | 0.000 | 0.000 | 0.0 |
| 21/09/2023 | 00:06 | 24 | 0.250 | 0.250 | 0.21 | 0.280 | 0.280 | 0.24 | 0.300 | 0.300 | 0.25 |
| 22/09/2023 | 00:12 | 48 | 0.400 | 0.400 | 0.34 | 0.460 | 0.460 | 0.39 | 0.500 | 0.500 | 0.42 |
| 23/09/2023 | 00:18 | 72 | 0.700 | 0.700 | 0.59 | 0.800 | 0.800 | 0.68 | 0.900 | 0.900 | 0.76 |
| 24/09/2023 | 00:24 | 84 | 0.950 | 0.950 | 0.81 | 1.050 | 1.050 | 0.89 | 1.100 | 1.100 | 0.93 |

PENETRACION

DATOS DEL PISON

| | |
|--------------------------|-------|
| Diametro del Piston (cm) | 5.08 |
| Area (cm ²) | 20.27 |

| PENETRACION mm | CARGA STAND. kg/cm ² | MOLDE N° 126 | | | | MOLDE N° 127 | | | | MOLDE N° 128 | | | |
|-------------------|---------------------------------------|--------------|-------|------------|------|--------------|-------|------------|------|--------------|-------|------------|------|
| | | CARGA | | CORRECCION | | CARGA | | CORRECCION | | CARGA | | CORRECCION | |
| | | Dial (div) | kg | kg | % | Dial (div) | kg | kg | % | Dial (div) | kg | kg | % |
| 0.000 | | 0.0 | 0.0 | | | 0.0 | 0.0 | | | 0.0 | 0.0 | | |
| 0.635 | | 96.0 | 96.0 | | | 78.0 | 78.0 | | | 63.0 | 63.0 | | |
| 1.270 | | 155.0 | 155.0 | | | 120.0 | 120.0 | | | 91.0 | 91.0 | | |
| 1.905 | | 214.7 | 214.7 | | | 161.0 | 161.0 | | | 127.2 | 127.2 | | |
| 2.540 | 70.5 | 297.0 | 297.0 | 283.0 | 19.8 | 228.9 | 228.9 | 215.4 | 15.1 | 180.3 | 180.3 | 172.6 | 12.1 |
| 3.810 | | 375.6 | 375.6 | | | 292.8 | 292.8 | | | 244.9 | 244.9 | | |
| 5.080 | 105.7 | 458.6 | 458.6 | 460.3 | 21.5 | 362.0 | 362.0 | 372.0 | 17.4 | 307.8 | 307.8 | 313.2 | 14.6 |
| 6.350 | | 536.0 | 536.0 | | | 435.0 | 435.0 | | | 367.0 | 367.0 | | |
| 7.620 | | 607.0 | 607.0 | | | 491.0 | 491.0 | | | 425.0 | 425.0 | | |
| 10.160 | | 641.0 | | | | 551.0 | 551.0 | | | 469.0 | 469.0 | | |

OBSERVACIONES.



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO

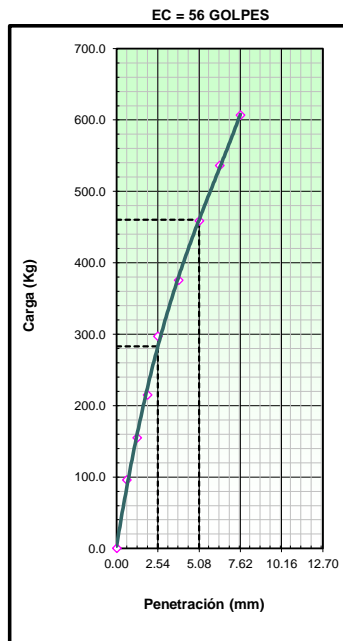
DISTRITO: JAEN, PROVINCIA: JAEN, DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA: JULIO - 2023

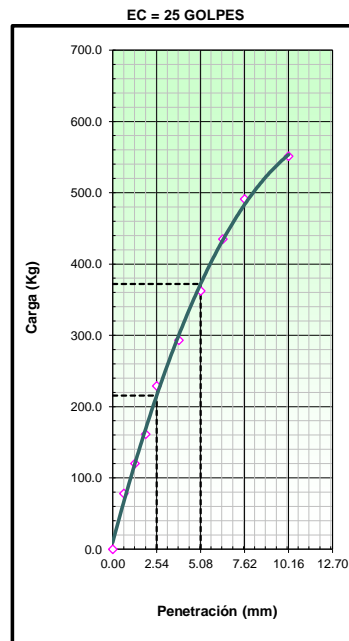
RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132)

I. Datos Generales

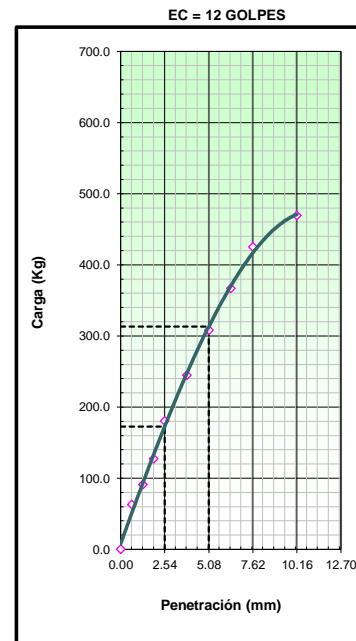
| | | | |
|--------------------|--|------------------------|--------------------------|
| PROCEDENCIA | : ADICION DE 8% CENIZA (REPETICION 03) | CLASF. (SUCS) | : ML |
| P. EXPLOR. | : C - 1 | CLASF. (AASHTO) | : A-4 (5) |
| MATERIAL | : - | LADO | : AV. INMACULADA CDRA 02 |
| PROFUND. | : 0.20 - 1.70 | | |



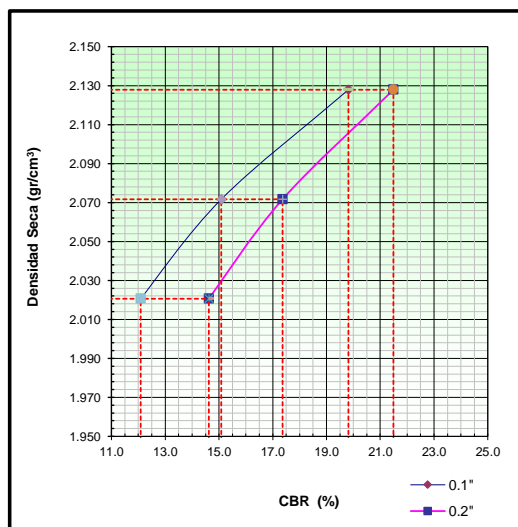
| | |
|------------|-------|
| CBR (0.1") | 19.8% |
| CBR (0.2") | 21.5% |



| | |
|------------|-------|
| CBR (0.1") | 15.1% |
| CBR (0.2") | 17.4% |



| | |
|------------|-------|
| CBR (0.1") | 12.1% |
| CBR (0.2") | 14.6% |



| | |
|----------------------------------|--------------|
| METODO DE COMPACTACION | : ASTM D1557 |
| MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) | : 2.128 |
| OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | : 13.8 |
| 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) | : 2.021 |
| DENSIDAD INSITU (g/cm3) | : |

| | | | | |
|------------------------------|------|------|------|------|
| C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) | 0.1" | 19.8 | 0.2" | 21.5 |
| C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) | 0.1" | 12.1 | 0.2" | 14.7 |

RESULTADOS CBR a 0.1":
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 12.1 (%)

OBSERVACIONES:

OBSERVACIONES.



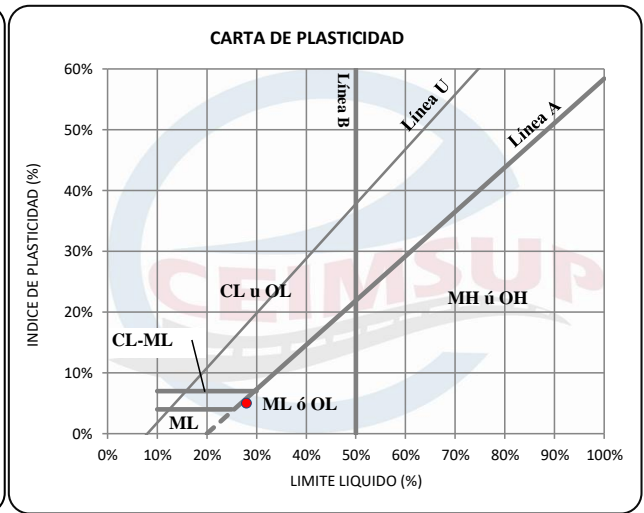
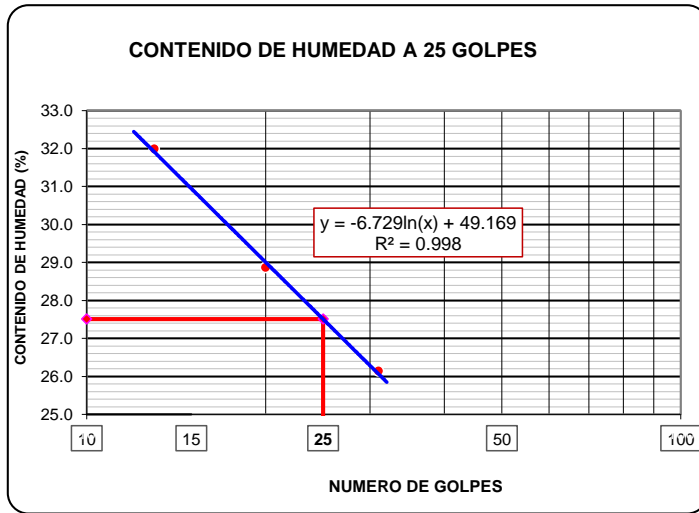
METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS MTC E 110 Y E 111 - A.S.T.M. D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90

I. Datos Generales

| | |
|--|---|
| PROCEDENCIA : ADICION DE 11% CENIZA (REPETICION 03) | TAMAÑO MAXIMO : 1" |
| CALICATA : C-1 / M-1 | DESCRIPCION : AV. INMACULADA CDRA 02 |
| PROFUND. : 0.20 - 1.70 m. | |

| LIMITE LIQUIDO (MTC E 110) | | | | | |
|-------------------------------|--|-------|-------|-------|--|
| Nº TARRO | | 21 | 17 | 12 | |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g) | | 35.00 | 37.80 | 32.40 | |
| PESO TARRO + SUELO SECO (g) | | 31.20 | 33.20 | 29.70 | |
| PESO DE AGUA (g) | | 3.80 | 4.60 | 2.70 | |
| PESO DEL TARRO (g) | | 19.32 | 17.26 | 19.37 | |
| PESO DEL SUELO SECO (g) | | 11.88 | 15.94 | 10.33 | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | | 31.99 | 28.86 | 26.14 | |
| NUMERO DE GOLPES | | 13 | 20 | 31 | |

| LIMITE PLASTICO (MTC E 111) | | | | | |
|-------------------------------|--|-------|-------|--|--|
| Nº TARRO | | 18 | 4 | | |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g) | | 10.00 | 9.93 | | |
| PESO TARRO + SUELO SECO (g) | | 9.28 | 9.31 | | |
| PESO DE AGUA (g) | | 0.72 | 0.62 | | |
| PESO DEL TARRO (g) | | 6.19 | 6.70 | | |
| PESO DEL SUELO SECO (g) | | 3.09 | 2.61 | | |
| CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%) | | 23.30 | 23.75 | | |



| CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA | |
|----------------------------------|-----|
| LIMITE LIQUIDO | 28% |
| LIMITE PLASTICO | 24% |
| INDICE DE PLASTICIDAD | 5% |

| OBSERVACIONES |
|---------------|
| |

TESIS: "MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA INMACULADA AL ADICIONAR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ, JAEN 2023"



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO

DISTRITO: JAEN, PROVINCIA: JAEN, DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA: JULIO - 2023

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557, MTC-115)

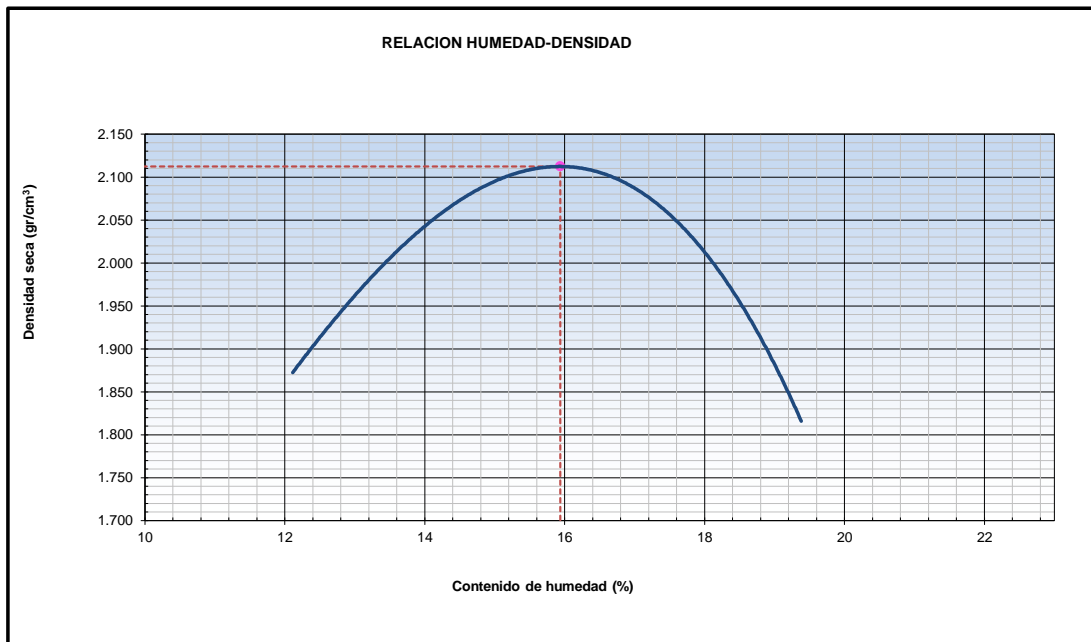
I. Datos Generales

PROCEDENCIA : ADICION DE 11% CENIZA (REPETICION 03)
P. EXPLOR. : C - 1
MATERIAL : -
PROFUND. : 0.20 - 1.70

CLASF. (SUCS) : ML
CLASF. (AASHTO) : A-4 (5)
LADO : AV. INMACULADA CDRA 02

Método "A"

| Número de Ensayo | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--|--------------------|--------|--------|--------|--------|-------|
| Peso suelo + molde | gr | 5900 | 6190 | 6215 | 5965 | |
| Peso molde | gr | 3910 | 3910 | 3910 | 3910 | |
| Peso suelo húmedo compactado | gr | 1990 | 2280 | 2305 | 2055 | |
| Volumen del molde | cm ³ | 948 | 948 | 948 | 948 | |
| Peso volumétrico húmedo | gr | 2.099 | 2.405 | 2.431 | 2.168 | |
| Recipiente N° | | 25 | 17 | 47 | 51 | |
| Peso del suelo húmedo+tara | gr | 130.00 | 134.10 | 121.00 | 137.30 | |
| Peso del suelo seco + tara | gr | 118.30 | 120.90 | 106.50 | 118.50 | |
| Tara | gr | 21.70 | 32.50 | 22.40 | 21.50 | |
| Peso de agua | gr | 11.70 | 13.20 | 14.50 | 18.80 | |
| Peso del suelo seco | gr | 96.60 | 88.40 | 84.10 | 97.00 | |
| Contenido de agua | % | 12.11 | 14.93 | 17.24 | 19.38 | |
| Peso volumétrico seco | gr/cm ³ | 1.872 | 2.093 | 2.074 | 1.816 | |
| <i>Densidad máxima (gr/cm³)</i> | | | | | | 2.112 |
| <i>Humedad óptima (%)</i> | | | | | | 15.9 |



OBSERVACIONES.

TESIS: "MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA INMACULADA AL ADICIONAR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ, JAEN 2023"



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO

DISTRITO: JAEN, PROVINCIA: JAEN, DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA: JULIO - 2023

RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132)

I. Datos Generales

| | |
|--|--------------------------------------|
| PROCEDENCIA : ADICION DE 11% CENIZA (REPETICION 03) | CLASF. (SUCS) : ML |
| P. EXPLOR. : C - 1 | CLASF. (AASHTO) : A-4 (5) |
| MATERIAL : - | LADO : AV. INMACULADA CDRA 02 |
| PROFUND. : 0.20 - 1.70 | |

| Molde N° | 126 | | 127 | | 128 | |
|--------------------------------------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|
| Capas N° | 5 | | 5 | | 5 | |
| Golpes por capa N° | 56 | | 25 | | 12 | |
| Condición de la muestra | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO |
| Peso de molde + Suelo húmedo (g) | 12635.00 | 12800.00 | 12475.00 | 12681.00 | 12402.00 | 12604.00 |
| Peso de molde (g) | 7500.00 | 7500.00 | 7420.00 | 7420.00 | 7484.00 | 7484.00 |
| Peso del suelo húmedo (g) | 5135 | 5300 | 5055 | 5261 | 4918 | 5120.00 |
| Volumen del molde (cm ³) | 2109.00 | 2109.00 | 2118.00 | 2118.00 | 2120.00 | 2120.00 |
| Densidad húmeda (g/cm ³) | 2.435 | 2.513 | 2.387 | 2.484 | 2.320 | 2.415 |
| Tara (N°) | 46 | 77 | 21 | 10 | 11 | 61 |
| Peso suelo húmedo + tara (g) | 156.30 | 167.50 | 164.80 | 143.30 | 178.40 | 132.40 |
| Peso suelo seco + tara (g) | 138.50 | 145.30 | 145.80 | 124.60 | 157.20 | 114.00 |
| Peso de tara (g) | 21.84 | 21.50 | 21.70 | 21.80 | 21.40 | 21.80 |
| Peso de agua (g) | 17.80 | 22.20 | 19.00 | 18.70 | 21.20 | 18.40 |
| Peso de suelo seco (g) | 116.66 | 123.80 | 124.10 | 102.80 | 135.80 | 92.20 |
| Contenido de humedad (%) | 15.26 | 17.93 | 15.31 | 18.19 | 15.61 | 19.96 |
| Densidad seca (g/cm ³) | 2.112 | 2.131 | 2.070 | 2.102 | 2.007 | 2.013 |

EXPANSION

| FECHA | HORA | TIEMPO | DIAL | EXPANSION | | DIAL | EXPANSION | | DIAL | EXPANSION | |
|------------|-------|--------|-------|-----------|------|-------|-----------|------|-------|-----------|------|
| | | | | mm | % | | mm | % | | mm | % |
| 25/09/2023 | 09:00 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.0 | 0.000 | 0.000 | 0.0 | 0.000 | 0.000 | 0.0 |
| 26/09/2023 | 09:06 | 24 | 0.100 | 0.100 | 0.08 | 0.120 | 0.120 | 0.10 | 0.150 | 0.150 | 0.13 |
| 27/09/2023 | 09:12 | 48 | 0.200 | 0.200 | 0.17 | 0.300 | 0.300 | 0.25 | 0.320 | 0.320 | 0.27 |
| 28/09/2023 | 09:18 | 72 | 0.350 | 0.350 | 0.30 | 0.450 | 0.450 | 0.38 | 0.520 | 0.520 | 0.44 |
| 29/09/2023 | 09:24 | 84 | 0.500 | 0.500 | 0.42 | 0.600 | 0.600 | 0.51 | 0.650 | 0.650 | 0.55 |

PENETRACION

| DATOS DEL PISON | |
|--------------------------|-------|
| Diametro del Piston (cm) | 5.08 |
| Area (cm ²) | 20.27 |

| PENETRACION mm | CARGA STAND. kg/cm ² | MOLDE N° 126 | | | | MOLDE N° 127 | | | | MOLDE N° 128 | | | |
|-------------------|---------------------------------------|--------------|-------|------------|------|--------------|-------|------------|------|--------------|-------|------------|------|
| | | CARGA | | CORRECCION | | CARGA | | CORRECCION | | CARGA | | CORRECCION | |
| | | Dial (div) | kg | kg | % | Dial (div) | kg | kg | % | Dial (div) | kg | kg | % |
| 0.000 | | 0.0 | 0.0 | | | 0.0 | 0.0 | | | 0.0 | 0.0 | | |
| 0.635 | | 101.2 | 101.2 | | | 95.0 | 95.0 | | | 87.5 | 87.5 | | |
| 1.270 | | 164.7 | 164.7 | | | 131.3 | 131.3 | | | 122.5 | 122.5 | | |
| 1.905 | | 227.5 | 227.5 | | | 186.3 | 186.3 | | | 154.5 | 154.5 | | |
| 2.540 | 70.5 | 305.8 | 305.8 | 294.3 | 20.6 | 245.0 | 245.0 | 238.3 | 16.7 | 197.1 | 197.1 | 193.6 | 13.6 |
| 3.810 | | 386.9 | 386.9 | | | 316.9 | 316.9 | | | 248.3 | 248.3 | | |
| 5.080 | 105.7 | 470.0 | 470.0 | 473.5 | 22.1 | 398.6 | 398.6 | 400.5 | 18.7 | 315.2 | 315.2 | 323.7 | 15.1 |
| 6.350 | | 555.4 | 555.4 | | | 459.6 | 459.6 | | | 376.3 | 376.3 | | |
| 7.620 | | 628.0 | 628.0 | | | 519.5 | 519.5 | | | 425.3 | 425.3 | | |
| 10.160 | | 670.0 | | | | 581.1 | 581.1 | | | 462.7 | 462.7 | | |

OBSERVACIONES.

TESIS: "MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA INMACULADA AL ADICIONAR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ, JAEN 2023"



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO

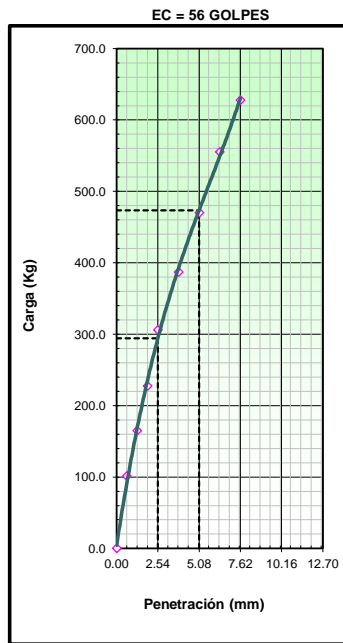
DISTRITO: JAEN, PROVINCIA: JAEN, DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA: JULIO - 2023

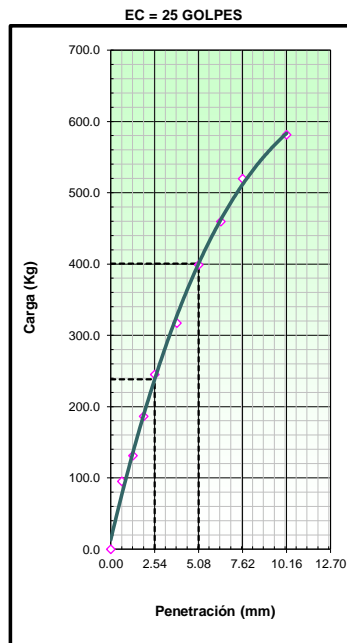
RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132)

I. Datos Generales

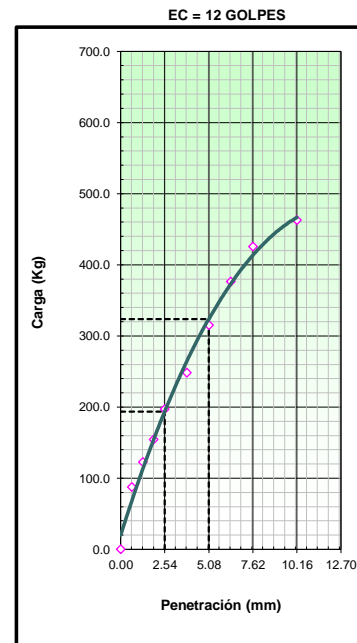
| | | | |
|--------------------|---|------------------------|--------------------------|
| PROCEDENCIA | : ADICION DE 11% CENIZA (REPETICION 03) | CLASF. (SUCS) | : ML |
| P. EXPLOR. | : C - 1 | CLASF. (AASHTO) | : A-4 (5) |
| MATERIAL | : - | LADO | : AV. INMACULADA CDRA 02 |
| PROFUND. | : 0.20 - 1.70 | | |



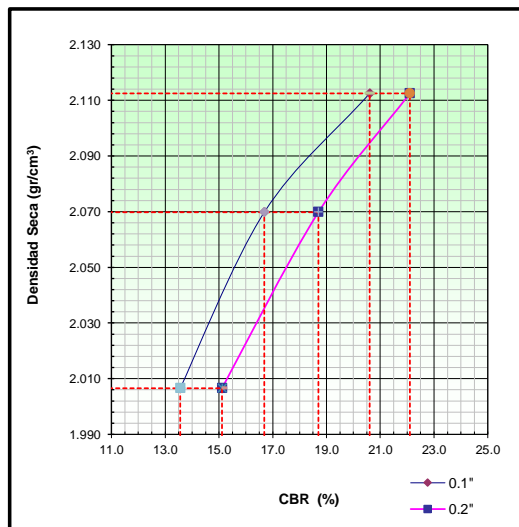
| | |
|-------------------|-------|
| CBR (0.1") | 20.6% |
| CBR (0.2") | 22.1% |



| | |
|-------------------|-------|
| CBR (0.1") | 16.7% |
| CBR (0.2") | 18.7% |



| | |
|-------------------|-------|
| CBR (0.1") | 13.6% |
| CBR (0.2") | 15.1% |



METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 2.112
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 15.9
 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 2.007
 DENSIDAD INSITU (g/cm3) :

| | | | | |
|------------------------------|-------------|------|-------------|------|
| C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) | 0.1" | 20.6 | 0.2" | 22.1 |
| C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) | 0.1" | 13.6 | 0.2" | 15.1 |

RESULTADOS CBR a 0.1":
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 13.6 (%)

OBSERVACIONES:

OBSERVACIONES.

A.3 RESULTADOS DE LABORATORIO FÍSICO- MECÁNICOS DE LA CALICATA 2

TESIS: "MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA INMACULADA AL ADICIONAR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ, JAEN 2023"



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO
DISTRITO: JAEN, **PROVINCIA:** JAEN, **DEPARTAMENTO:** CAJAMARCA

FECHA: JULIO - 2023

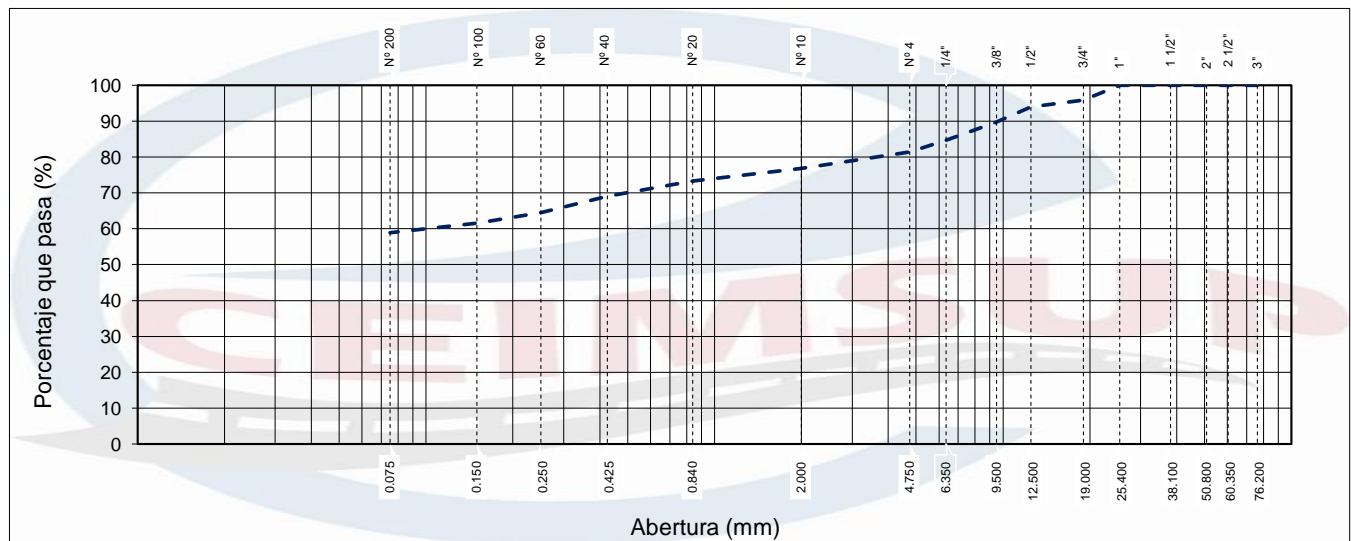
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO
 (ASTM D422 - MTC E107 - MTC E204 - ASTM C136)

I. Datos Generales

| | |
|--------------------------------------|---|
| PROCEDENCIA : Terreno Natural | TAMANO MÁXIMO : 1" |
| CALICATA : C-2 / M-1 | DESCRIPCION : AV. INMACULADA CDRA 07 |
| PROFUND. : 0.30 - 1.80 m. | NIVEL FREATICO : - |

| TAMIZ | AASHTO T-27 (mm) | PESO RETENIDO | PORCENTAJE RETENIDO | RETENIDO ACUMULADO | PORCENTAJE QUE PASA | ESPECIFICACIÓN | DESCRIPCION DE LA MUESTRA |
|----------|------------------|---------------|---------------------|--------------------|---------------------|----------------|---|
| 10" | 254.000 | | | | | | |
| 6" | 152.400 | | | | | | Peso inicial seco : 2150.0 gr. |
| 5" | 127.000 | | | | | | Peso fracción : 1266.5 gr. |
| 4" | 101.600 | | | | | | |
| 3" | 76.200 | | | | | | Contenido de Humedad (%) : 11.2 |
| 2 1/2" | 60.350 | | | | | | Límite Líquido (LL): 35.0 |
| 2" | 50.800 | | | | | | Límite Plástico (LP): 27.0 |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | | | Índice Plástico (IP): 8.0 |
| 1" | 25.400 | | | | 100.0 | | Clasificación (SUCS) : ML |
| 3/4" | 19.000 | 88.5 | 4.1 | 4.1 | 95.9 | | Clasificación (AASHTO) : A-4 (5) |
| 1/2" | 12.500 | 40.2 | 1.9 | 6.0 | 94.0 | | Descripción (AASHTO): REG-MALO |
| 3/8" | 9.500 | 92.6 | 4.3 | 10.3 | 89.7 | | Descripción (SUCS): Limo arenoso de baja plasticidad con grava |
| 1/4" | 6.350 | 108.0 | 5.0 | 15.3 | 84.7 | | |
| Nº 4 | 4.750 | 71.1 | 3.3 | 18.6 | 81.4 | | Índice de Consistencia : 2.97 |
| Nº 10 | 2.000 | 97.2 | 4.5 | 23.1 | 76.9 | | CU : 0.000 CC : 0.000 |
| Nº 20 | 0.840 | 76.0 | 3.5 | 26.7 | 73.3 | | OBSERVACIONES : |
| Nº 40 | 0.425 | 92.3 | 4.3 | 31.0 | 69.0 | | Grava > 2" : 0.0 |
| Nº 60 | 0.250 | 98.5 | 4.6 | 35.6 | 64.4 | | Grava 2" - Nº 4 : 18.6 |
| Nº 100 | 0.150 | 62.3 | 2.9 | 38.5 | 61.5 | | Arena Nº4 - Nº 200 : 22.5 |
| Nº 200 | 0.075 | 56.8 | 2.6 | 41.1 | 58.9 | | Finos < Nº 200 : 58.9 |
| < Nº 200 | FONDO | 1266.5 | 58.9 | 100.0 | | | %>3" 0.0% |

CURVA GRANULOMETRICA



OBSERVACIONES:

LA MUESTRA HA SIDO ALCANZADA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE.



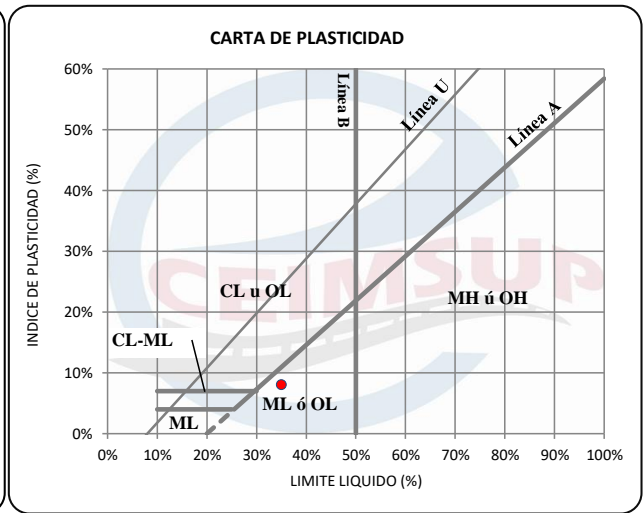
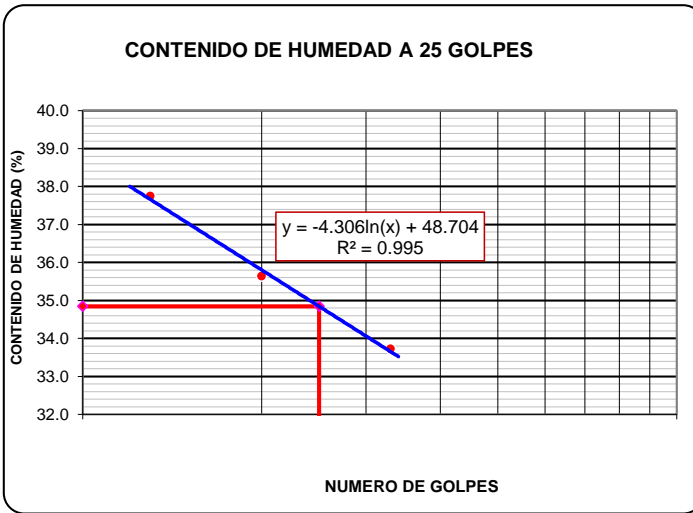
METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS MTC E 110 Y E 111 - A.S.T.M. D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90

I. Datos Generales

| | |
|--------------------------------------|---|
| PROCEDENCIA : Terreno Natural | TAMAÑO MAXIMO : 1" |
| CALICATA : C-2 / M-1 | DESCRIPCION : AV. INMACULADA CDRA 07 |
| PROFUND. : 0.30 - 1.80 m. | |

| LIMITE LIQUIDO (MTC E 110) | | | | |
|-------------------------------|--|-------|-------|-------|
| Nº TARRO | | 7 | 28 | 2 |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g) | | 35.50 | 38.10 | 41.40 |
| PESO TARRO + SUELO SECO (g) | | 30.20 | 32.90 | 35.10 |
| PESO DE AGUA (g) | | 5.30 | 5.20 | 6.30 |
| PESO DEL TARRO (g) | | 16.16 | 18.31 | 16.42 |
| PESO DEL SUELO SECO (g) | | 14.04 | 14.59 | 18.68 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | | 37.75 | 35.64 | 33.73 |
| NUMERO DE GOLPES | | 13 | 20 | 33 |

| LIMITE PLASTICO (MTC E 111) | | | | |
|-------------------------------|--|-------|--|--|
| Nº TARRO | | 9 | | |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g) | | 10.46 | | |
| PESO TARRO + SUELO SECO (g) | | 9.60 | | |
| PESO DE AGUA (g) | | 0.86 | | |
| PESO DEL TARRO (g) | | 6.44 | | |
| PESO DEL SUELO SECO (g) | | 3.16 | | |
| CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%) | | 27.22 | | |



| CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA | |
|----------------------------------|-----|
| LIMITE LIQUIDO | 35% |
| LIMITE PLASTICO | 27% |
| INDICE DE PLASTICIDAD | 8% |

| OBSERVACIONES |
|---------------|
| |

TESIS: "MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA INMACULADA AL ADICIONAR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ, JAEN 2023"



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO
DISTRITO: JAEN, PROVINCIA: JAEN, DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

Nº REGISTRO: EMS-TP-2023-013
FECHA: JULIO - 2023

METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO
MTC E 108 - A.S.T.M. D 2216

I. Datos Generales

| | |
|--------------------------------------|---|
| PROCEDENCIA : Terreno Natural | TAMAÑO MAXIMO : 1" |
| CALICATA : C-2 / M-1 | DESCRIPCION : AV. INMACULADA CDRA 07 |
| PROFUND. : 0.30 - 1.80 | |

| Nº DE ENSAYOS | 1 | 2 | 3 |
|--------------------------------|-------------|-------|---|
| Nº Tara | | | |
| Peso Tara + Suelo Humedo (gr.) | 2526.0 | 900.0 | |
| Peso Tara + Suelo Seco (gr.) | 2274.0 | 808.0 | |
| Peso Tara (gr.) | | | |
| Peso Agua (gr.) | 252.0 | 92.0 | |
| Peso Suelo Seco (gr.) | 2274.0 | 808.0 | |
| Contenido de Humedad (gr.) | 11.1 | 11.4 | |
| Promedio (%) | 11.2 | | |

Observaciones:

.....

.....

.....

.....

TESIS: "MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA INMACULADA AL ADICIONAR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ, JAEN 2023"



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO
DISTRITO: JAEN, PROVINCIA: JAEN, DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA: JULIO - 2023

DENSIDAD NATURAL HUMEDA
A.S.T.M. D 2937

| | |
|--------------------------------------|---|
| PROCEDENCIA : Terreno Natural | TAMAÑO MAXIMO : 1" |
| CALICATA : C-2 / M-1 | DESCRIPCION : AV. INMACULADA CDRA 07 |
| PROFUND. : 0.30 - 1.80 | |

| ENSAYE : | 1 | 2 | 3 | | |
|---|--------|--------|---|--|--|
| W Muestreador + M.Humeda Inicial (gr) | 431.00 | 432.00 | | | |
| W Muestreador (gr) | 248.00 | 248.00 | | | |
| W M. Humeda (gr) | 183.00 | 184.00 | | | |
| Volumen Muestreador (cm ³) | 103.80 | 103.80 | | | |
| Densidad Humeda (gr/cm ³) | 1.76 | 1.77 | | | |
| Densidad Humeda Promedio (gr/cm³) | 1.77 | | | | |

DENSIDAD SECA
A.S.T.M. D 2937

| ENSAYE : | 1 | 2 | | | |
|---|-------|---|--|--|--|
| Densidad Humeda (gr/cm ³) | 1.77 | | | | |
| Densidad Agua (gr/cm ³) | 1.00 | | | | |
| Humedad Natural (%) | 11.23 | | | | |
| Densidad Seca (%) | 1.59 | | | | |
| Densidad Seca Promedio (gr/cm³) | 1.59 | | | | |

OBSERVACIONES:

LA MUESTRA HA SIDO ALCANZADA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE.

A.4 RESULTADOS DE LABORATORIO FÍSICO- MECÁNICOS DE LA CALICATA 3

TESIS: "MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA INMACULADA AL ADICIONAR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ, JAEN 2023"



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO
DISTRITO: JAEN, **PROVINCIA:** JAEN, **DEPARTAMENTO:** CAJAMARCA

FECHA: JULIO - 2023

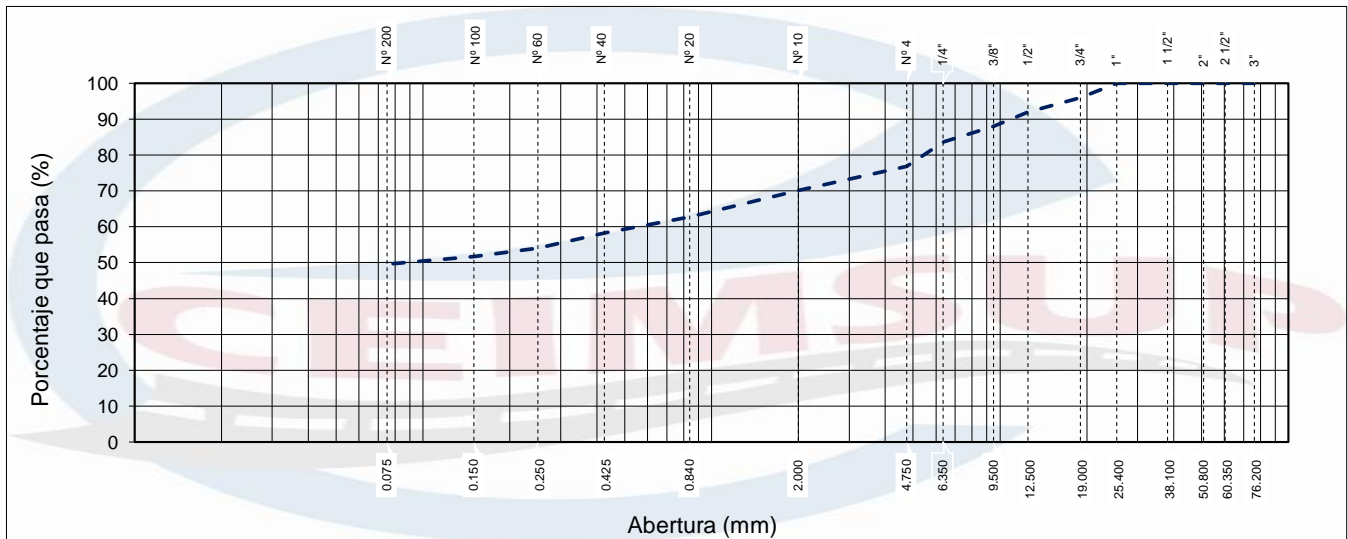
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO
 (ASTM D422 - MTC E107 - MTC E204 - ASTM C136)

I. Datos Generales

| | |
|---|---|
| PROCEDENCIA : MUESTRA PATRON (REPETICION 01) | TAMANO MÁXIMO : 1" |
| CALICATA : C-3 / M-1 | DESCRIPCION : AV. INMACULADA CDRA 10 |
| PROFUND. : 0.20 - 1.70 m. | NIVEL FREATICO : - |

| TAMIZ | AASHTO T-27 (mm) | PESO RETENIDO | PORCENTAJE RETENIDO | RETENIDO ACUMULADO | PORCENTAJE QUE PASA | ESPECIFICACIÓN | DESCRIPCION DE LA MUESTRA |
|----------|------------------|---------------|---------------------|--------------------|---------------------|----------------|---|
| 10" | 254.000 | | | | | | |
| 6" | 152.400 | | | | | | Peso inicial seco : 2104.0 gr. |
| 5" | 127.000 | | | | | | Peso fracción : 1042.9 gr. |
| 4" | 101.600 | | | | | | |
| 3" | 76.200 | | | | | | Contenido de Humedad (%) : 12.6 |
| 2 1/2" | 60.350 | | | | | | Límite Líquido (LL): 37.0 |
| 2" | 50.800 | | | | | | Límite Plástico (LP): 27.0 |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | | | Índice Plástico (IP): 10.0 |
| 1" | 25.400 | | | | 100.0 | | Clasificación (SUCS) : SM |
| 3/4" | 19.000 | 84.9 | 4.0 | 4.0 | 96.0 | | Clasificación (AASHTO) : A-4 (3) |
| 1/2" | 12.500 | 82.8 | 3.9 | 8.0 | 92.0 | | Descripción (AASHTO): REG-MALO |
| 3/8" | 9.500 | 84.7 | 4.0 | 12.0 | 88.0 | | Descripción (SUCS): Arena limosa con grava |
| 1/4" | 6.350 | 90.7 | 4.3 | 16.3 | 83.7 | | |
| Nº 4 | 4.750 | 144.8 | 6.9 | 23.2 | 76.8 | | Índice de Consistencia : 2.44 |
| Nº 10 | 2.000 | 141.4 | 6.7 | 29.9 | 70.1 | | CU : 0.000 CC : 0.000 |
| Nº 20 | 0.840 | 155.3 | 7.4 | 37.3 | 62.7 | | OBSERVACIONES : |
| Nº 40 | 0.425 | 93.8 | 4.5 | 41.7 | 58.3 | | Grava > 2" : 0.0 |
| Nº 60 | 0.250 | 89.6 | 4.3 | 46.0 | 54.0 | | Grava 2" - Nº 4 : 23.2 |
| Nº 100 | 0.150 | 47.2 | 2.2 | 48.3 | 51.7 | | Arena Nº4 - Nº 200 : 27.2 |
| Nº 200 | 0.075 | 45.9 | 2.2 | 50.4 | 49.6 | | Finos < Nº 200 : 49.6 |
| < Nº 200 | FONDO | 1042.9 | 49.6 | 100.0 | | | %>3" 0.0% |

CURVA GRANULOMETRICA



OBSERVACIONES:
 LA MUESTRA HA SIDO ALCANZADA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE.



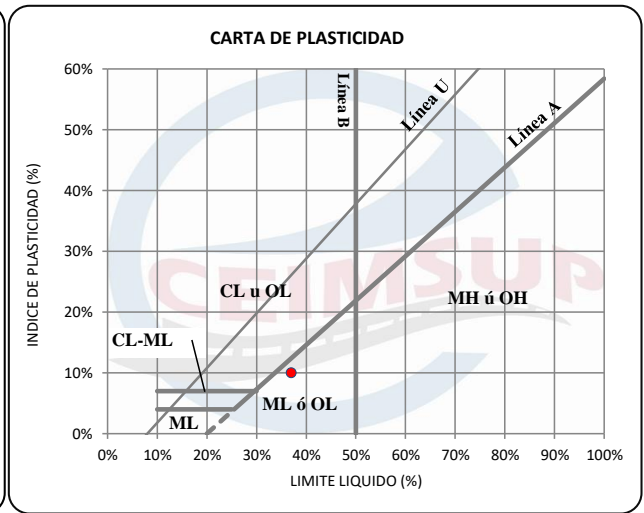
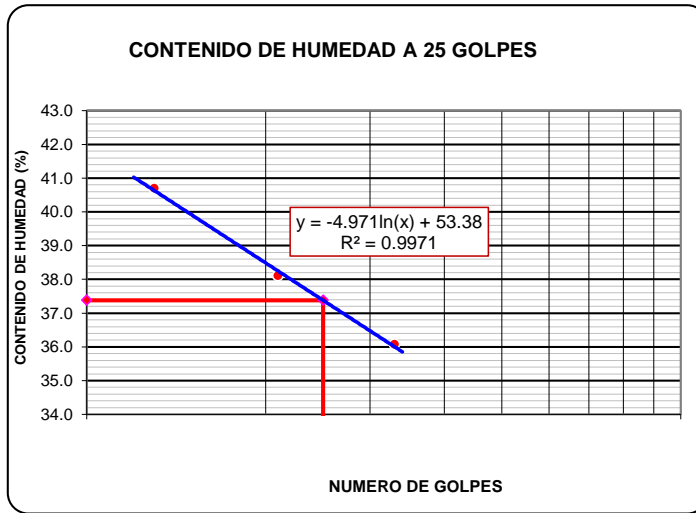
METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS MTC E 110 Y E 111 - A.S.T.M. D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90

I. Datos Generales

| | |
|---|---|
| PROCEDENCIA : MUESTRA PATRON (REPETICION 01) | TAMAÑO MAXIMO : 1" |
| CALICATA : C-3 / M-1 | DESCRIPCION : AV. INMACULADA CDRA 10 |
| PROFUND. : 0.20 - 1.70 m. | |

| LIMITE LIQUIDO (MTC E 110) | | | | | |
|-------------------------------|--|-------|-------|-------|--|
| Nº TARRO | | 14 | 9 | 28 | |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g) | | 38.14 | 39.60 | 35.85 | |
| PESO TARRO + SUELO SECO (g) | | 32.10 | 33.90 | 31.20 | |
| PESO DE AGUA (g) | | 6.04 | 5.70 | 4.65 | |
| PESO DEL TARRO (g) | | 17.26 | 18.94 | 18.31 | |
| PESO DEL SUELO SECO (g) | | 14.84 | 14.96 | 12.89 | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | | 40.70 | 38.10 | 36.07 | |
| NUMERO DE GOLPES | | 13 | 21 | 33 | |

| LIMITE PLASTICO (MTC E 111) | | | | | |
|-------------------------------|--|-------|-------|--|--|
| Nº TARRO | | 18 | 25 | | |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g) | | 10.05 | 10.27 | | |
| PESO TARRO + SUELO SECO (g) | | 9.22 | 9.51 | | |
| PESO DE AGUA (g) | | 0.83 | 0.76 | | |
| PESO DEL TARRO (g) | | 6.19 | 6.73 | | |
| PESO DEL SUELO SECO (g) | | 3.03 | 2.78 | | |
| CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%) | | 27.39 | 27.34 | | |



| CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA | |
|----------------------------------|-----|
| LIMITE LIQUIDO | 37% |
| LIMITE PLASTICO | 27% |
| INDICE DE PLASTICIDAD | 10% |

| OBSERVACIONES |
|---------------|
| |

TESIS: "MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA INMACULADA AL ADICIONAR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ, JAEN 2023"



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO
DISTRITO: JAEN, PROVINCIA: JAEN, DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA: JULIO - 2023

METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO
MTC E 108 - A.S.T.M. D 2216

I. Datos Generales

| | |
|---|---|
| PROCEDENCIA : MUESTRA PATRON (REPETICION 01) | TAMAÑO MAXIMO : 1" |
| CALICATA : C-3 / M-1 | DESCRIPCION : AV. INMACULADA CDRA 10 |
| PROFUND. : 0.20 - 1.70 | |

| Nº DE ENSAYOS | 1 | 2 | 3 |
|--------------------------------|--------------|--------------|--------------|
| Nº Tara | | | |
| Peso Tara + Suelo Humedo (gr.) | 700.0 | 850.0 | 900.0 |
| Peso Tara + Suelo Seco (gr.) | 621.4 | 754.5 | 800.3 |
| Peso Tara (gr.) | | | |
| Peso Agua (gr.) | 78.6 | 95.5 | 99.7 |
| Peso Suelo Seco (gr.) | 621.4 | 754.5 | 800.3 |
| Contenido de Humedad (gr.) | 12.6 | 12.7 | 12.5 |
| Promedio (%) | 12.6 | | |

Observaciones:

.....
.....
.....
.....

TESIS: "MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA INMACULADA AL ADICIONAR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ, JAEN 2023"



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO
DISTRITO: JAEN, PROVINCIA: JAEN, DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA: JULIO - 2023

DENSIDAD NATURAL HUMEDA
A.S.T.M. D 2937

| | |
|---|---|
| PROCEDENCIA : MUESTRA PATRON (REPETICION 01) | TAMAÑO MAXIMO : 1" |
| CALICATA : C-3 / M-1 | DESCRIPCION : AV. INMACULADA CDRA 10 |
| PROFUND. : 0.20 - 1.70 | |

| ENSAYE : | 1 | 2 | 3 | | |
|---|--------|--------|---|--|--|
| W Muestreador + M.Humeda Inicial (gr) | 430.00 | 430.20 | | | |
| W Muestreador (gr) | 248.00 | 248.00 | | | |
| W M. Humeda (gr) | 182.00 | 182.20 | | | |
| Volumen Muestreador (cm ³) | 103.80 | 103.80 | | | |
| Densidad Humeda (gr/cm ³) | 1.75 | 1.76 | | | |
| Densidad Humeda Promedio (gr/cm³) | 1.75 | | | | |

DENSIDAD SECA
A.S.T.M. D 2937

| ENSAYE : | 1 | 2 | | | |
|---|-------|---|--|--|--|
| Densidad Humeda (gr/cm ³) | 1.75 | | | | |
| Densidad Agua (gr/cm ³) | 1.00 | | | | |
| Humedad Natural (%) | 12.59 | | | | |
| Densidad Seca (%) | 1.56 | | | | |
| Densidad Seca Promedio (gr/cm³) | 1.56 | | | | |

OBSERVACIONES:

LA MUESTRA HA SIDO ALCANZADA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE.

TESIS: "MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA INMACULADA AL ADICIONAR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ, JAEN 2023"



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO

DISTRITO: JAEN, PROVINCIA: JAEN, DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA: JULIO - 2023

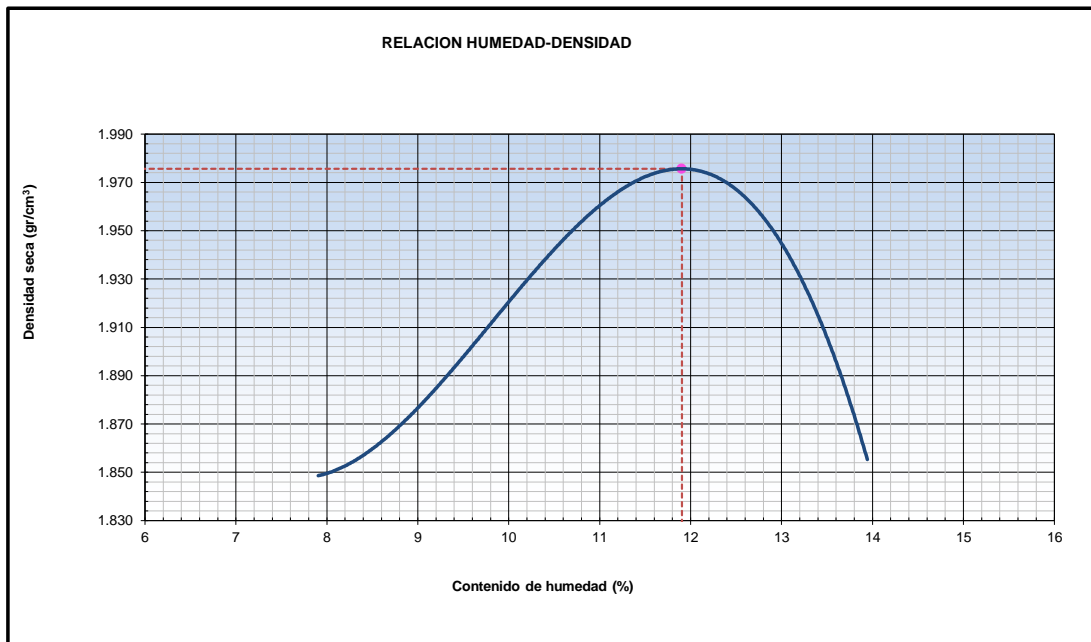
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557, MTC-115)

I. Datos Generales

| | | | |
|--------------------|----------------------------------|------------------------|--------------------------|
| PROCEDENCIA | : MUESTRA PATRON (REPETICION 01) | CLASF. (SUCS) | : SM |
| P. EXPLOR. | : C-3 / M-1 | CLASF. (AASHTO) | : A-4 (3) |
| MATERIAL | : - | LADO | : AV. INMACULADA CDRA 10 |
| PROFUND. | : 0.20 - 1.70 | | |

Método "B"

| Número de Ensayo | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--|--------------------|--------|--------|--------|--------|-------|
| Peso suelo + molde | gr | 5801 | 5902 | 6007 | 5914 | |
| Peso molde | gr | 3910 | 3910 | 3910 | 3910 | |
| Peso suelo húmedo compactado | gr | 1891 | 1992 | 2097 | 2004 | |
| Volumen del molde | cm ³ | 948 | 948 | 948 | 948 | |
| Peso volumétrico húmedo | gr | 1.995 | 2.101 | 2.212 | 2.114 | |
| Recipiente N° | | 25 | 29 | 24 | 17 | |
| Peso del suelo húmedo+tara | gr | 107.10 | 115.20 | 114.20 | 149.70 | |
| Peso del suelo seco + tara | gr | 100.80 | 106.80 | 104.30 | 134.00 | |
| Tara | gr | 21.10 | 21.40 | 21.60 | 21.40 | |
| Peso de agua | gr | 6.30 | 8.40 | 9.90 | 15.70 | |
| Peso del suelo seco | gr | 79.70 | 85.40 | 82.70 | 112.60 | |
| Contenido de agua | % | 7.90 | 9.84 | 11.97 | 13.94 | |
| Peso volumétrico seco | gr/cm ³ | 1.849 | 1.913 | 1.976 | 1.855 | |
| <i>Densidad máxima (gr/cm³)</i> | | | | | | 1.976 |
| <i>Humedad óptima (%)</i> | | | | | | 11.9 |



OBSERVACIONES.

TESIS: "MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA INMACULADA AL ADICIONAR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ, JAEN 2023"



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO

DISTRITO: JAEN, PROVINCIA: JAEN, DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA: JULIO - 2023

RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132)

I. Datos Generales

| | |
|---|--------------------------------------|
| PROCEDENCIA : MUESTRA PATRON (REPETICION 01) | CLASF. (SUCS) : SM |
| P. EXPLOR. : C-3 / M-1 | CLASF. (AASHTO) : A-4 (3) |
| MATERIAL : - | LADO : AV. INMACULADA CDRA 10 |
| PROFUND. : 0.20 - 1.70 | |

| Molde N° | 121 | | 122 | | 123 | |
|--------------------------------------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|
| Capas N° | 5 | | 5 | | 5 | |
| Golpes por capa N° | 56 | | 25 | | 12 | |
| Condición de la muestra | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO |
| Peso de molde + Suelo húmedo (g) | 12707.00 | 12845.00 | 12687.00 | 12780.00 | 12392.00 | 12505.00 |
| Peso de molde (g) | 8075.00 | 8075.00 | 8107.00 | 8107.00 | 7929.00 | 7929.00 |
| Peso del suelo húmedo (g) | 4632 | 4770 | 4580 | 4673 | 4463 | 4576.00 |
| Volumen del molde (cm ³) | 2109.00 | 2109.00 | 2118.00 | 2118.00 | 2120.00 | 2120.00 |
| Densidad húmeda (g/cm ³) | 2.196 | 2.262 | 2.162 | 2.206 | 2.105 | 2.158 |
| Tara (N°) | 11 | 4 | 18 | 2 | 27 | 42 |
| Peso suelo húmedo + tara (g) | 123.40 | 135.70 | 132.50 | 143.60 | 145.70 | 107.30 |
| Peso suelo seco + tara (g) | 112.60 | 119.60 | 120.60 | 125.80 | 132.10 | 94.20 |
| Peso de tara (g) | 14.70 | 14.20 | 14.40 | 14.50 | 14.10 | 14.10 |
| Peso de agua (g) | 10.80 | 16.10 | 11.90 | 17.80 | 13.60 | 13.10 |
| Peso de suelo seco (g) | 97.90 | 105.40 | 106.20 | 111.30 | 118.00 | 80.10 |
| Contenido de humedad (%) | 11.03 | 15.28 | 11.21 | 15.99 | 11.53 | 16.35 |
| Densidad seca (g/cm ³) | 1.978 | 1.962 | 1.945 | 1.902 | 1.888 | 1.855 |

EXPANSION

| FECHA | HORA | TIEMPO | DIAL | EXPANSION | | DIAL | EXPANSION | | DIAL | EXPANSION | |
|------------|-------|--------|-------|-----------|------|-------|-----------|------|-------|-----------|------|
| | | | | mm | % | | mm | % | | mm | % |
| 20/07/2023 | 10:00 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.0 | 0.000 | 0.000 | 0.0 | 0.000 | 0.000 | 0.0 |
| 21/07/2023 | 10:06 | 24 | 0.400 | 0.400 | 0.34 | 0.470 | 0.470 | 0.40 | 0.550 | 0.550 | 0.47 |
| 22/07/2023 | 10:12 | 48 | 0.700 | 0.700 | 0.59 | 0.820 | 0.820 | 0.69 | 0.900 | 0.900 | 0.76 |
| 23/07/2023 | 10:18 | 72 | 1.100 | 1.100 | 0.93 | 1.240 | 1.240 | 1.05 | 1.350 | 1.350 | 1.14 |
| 24/07/2023 | 10:24 | 84 | 1.300 | 1.300 | 1.10 | 1.450 | 1.450 | 1.23 | 1.580 | 1.580 | 1.34 |

PENETRACION

DATOS DEL PISON

| | |
|--------------------------|-------|
| Diametro del Piston (cm) | 5.08 |
| Area (cm ²) | 20.27 |

| PENETRACION mm | CARGA STAND. kg/cm ² | MOLDE N° 122 | | | | MOLDE N° 121 | | | | MOLDE N° 123 | | | |
|-------------------|---------------------------------------|--------------|-------|------------|------|--------------|-------|------------|------|--------------|-------|------------|-----|
| | | CARGA | | CORRECCION | | CARGA | | CORRECCION | | CARGA | | CORRECCION | |
| | | Dial (div) | kg | kg | % | Dial (div) | kg | kg | % | Dial (div) | kg | kg | % |
| 0.000 | | 0.0 | 0.0 | | | 0.0 | 0.0 | | | 0.0 | 0.0 | | |
| 0.635 | | 45.3 | 45.3 | | | 35.8 | 35.8 | | | 19.7 | 19.7 | | |
| 1.270 | | 86.9 | 86.9 | | | 50.2 | 50.2 | | | 35.5 | 35.5 | | |
| 1.905 | | 145.3 | 145.3 | | | 83.6 | 83.6 | | | 50.6 | 50.6 | | |
| 2.540 | 70.5 | 190.3 | 190.3 | 181.5 | 12.7 | 117.6 | 117.6 | 108.2 | 7.6 | 72.2 | 72.2 | 71.1 | 5.0 |
| 3.810 | | 249.6 | 249.6 | | | 156.9 | 156.9 | | | 110.7 | 110.7 | | |
| 5.080 | 105.7 | 295.2 | 295.2 | 301.7 | 14.1 | 205.6 | 205.6 | 214.5 | 10.0 | 161.3 | 161.3 | 161.8 | 7.6 |
| 6.350 | | 344.7 | 344.7 | | | 261.4 | 261.4 | | | 207.0 | 207.0 | | |
| 7.620 | | 371.1 | 371.1 | | | 308.6 | 308.6 | | | 245.3 | 245.3 | | |
| 10.160 | | | | | | 340.3 | 340.3 | | | 283.6 | 283.6 | | |

OBSERVACIONES.

TESIS: "MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA INMACULADA AL ADICIONAR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ, JAEN 2023"



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO

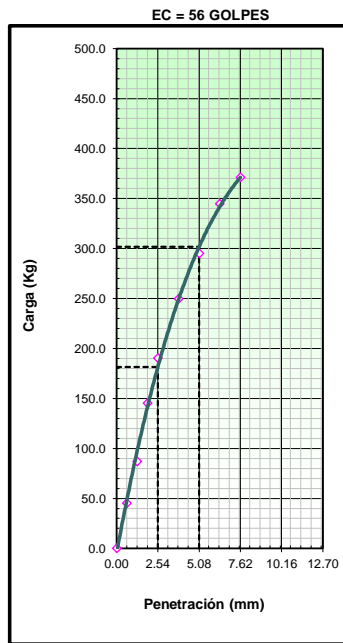
DISTRITO: JAEN, PROVINCIA: JAEN, DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA: JULIO - 2023

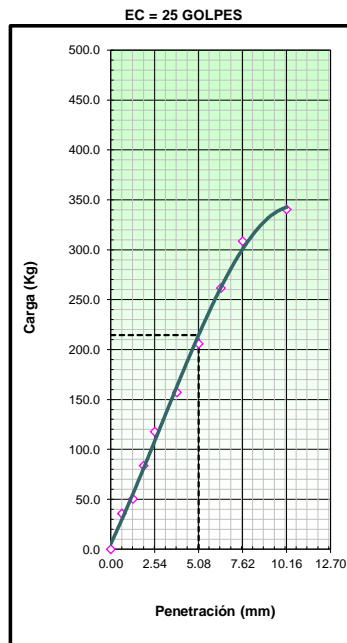
RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132)

I. Datos Generales

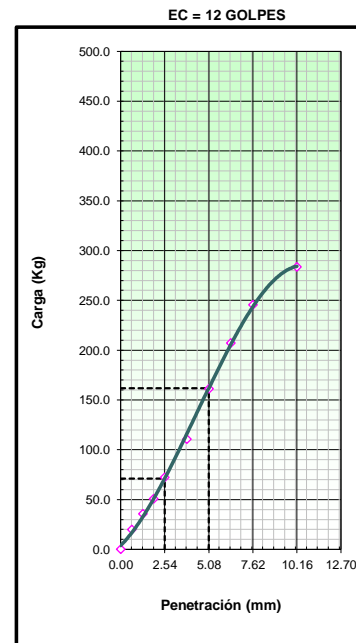
| | | | |
|--------------------|----------------------------------|------------------------|--------------------------|
| PROCEDENCIA | : MUESTRA PATRON (REPETICION 01) | CLASF. (SUCS) | : SM |
| P. EXPLOR. | : C-3 / M-1 | CLASF. (AASHTO) | : A-4 (3) |
| MATERIAL | : - | LADO | : AV. INMACULADA CDRA 10 |
| PROFUND. | : 0.20 - 1.70 | | |



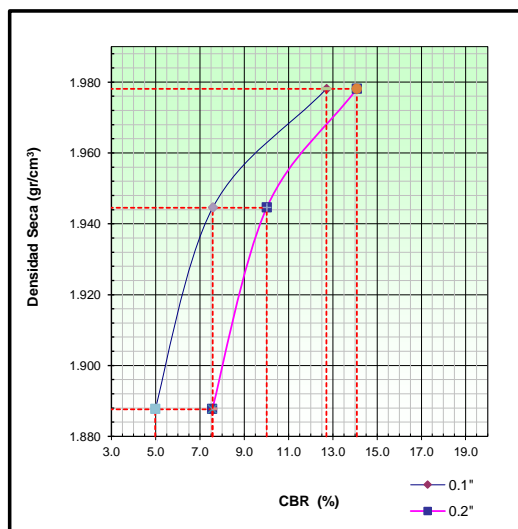
| | |
|-------------------|-------|
| CBR (0.1") | 12.7% |
| CBR (0.2") | 14.1% |



| | |
|-------------------|-------|
| CBR (0.1") | 7.6% |
| CBR (0.2") | 10.0% |



| | |
|-------------------|------|
| CBR (0.1") | 5.0% |
| CBR (0.2") | 7.6% |



| | |
|---|--------------|
| METODO DE COMPACTACION | : ASTM D1557 |
| MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) | : 1.976 |
| OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | : 11.9 |
| 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) | : 1.877 |
| DENSIDAD INSITU (g/cm3) | : |

| | | | | |
|------------------------------|-------------|------|-------------|------|
| C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) | 0.1" | 12.2 | 0.2" | 13.7 |
| C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) | 0.1" | 5.3 | 0.2" | 7.7 |

RESULTADOS CBR a 0.1":
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = **5.3** (%)

OBSERVACIONES:

OBSERVACIONES.



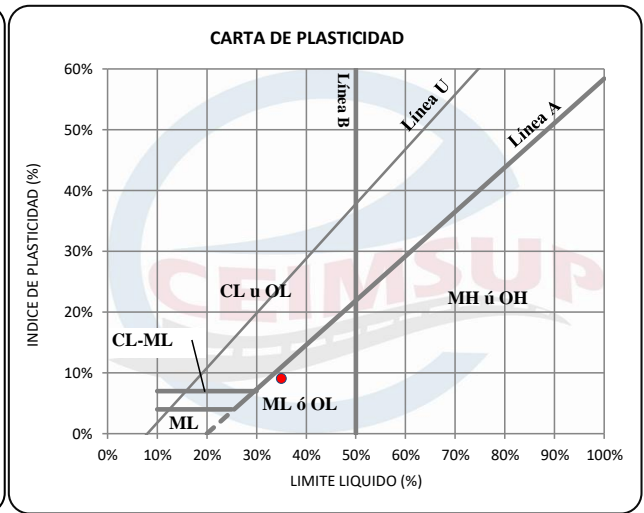
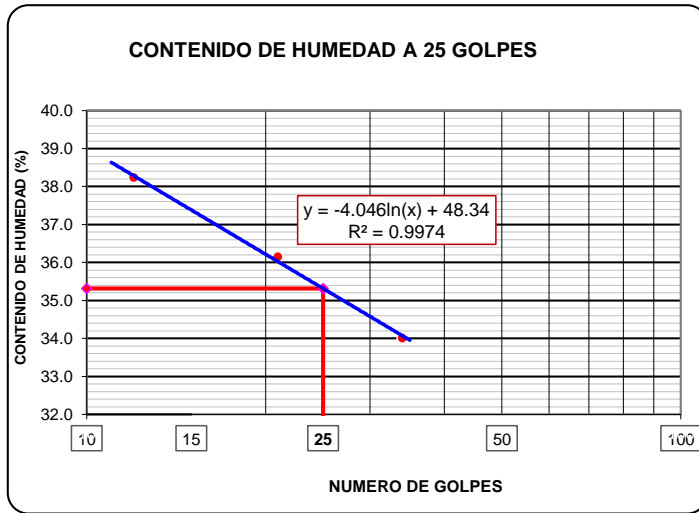
METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS MTC E 110 Y E 111 - A.S.T.M. D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90

I. Datos Generales

| | |
|---|---|
| PROCEDENCIA : ADICION DE 5% CENIZA (REPETICION 01) | TAMAÑO MAXIMO : 1" |
| CALICATA : C-3 / M-1 | DESCRIPCION : AV. INMACULADA CDRA 10 |
| PROFUND. : 0.20 - 1.70 m. | |

| LIMITE LIQUIDO (MTC E 110) | | | | |
|-------------------------------|--|-------|-------|-------|
| Nº TARRO | | 45 | 37 | 2 |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g) | | 40.80 | 35.20 | 37.70 |
| PESO TARRO + SUELO SECO (g) | | 34.50 | 30.10 | 32.30 |
| PESO DE AGUA (g) | | 6.30 | 5.10 | 5.40 |
| PESO DEL TARRO (g) | | 18.02 | 15.99 | 16.42 |
| PESO DEL SUELO SECO (g) | | 16.48 | 14.11 | 15.88 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | | 38.23 | 36.14 | 34.01 |
| NUMERO DE GOLPES | | 12 | 21 | 34 |

| LIMITE PLASTICO (MTC E 111) | | | | |
|-------------------------------|--|-------|--|--|
| Nº TARRO | | 7 | | |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g) | | 10.34 | | |
| PESO TARRO + SUELO SECO (g) | | 9.62 | | |
| PESO DE AGUA (g) | | 0.72 | | |
| PESO DEL TARRO (g) | | 6.90 | | |
| PESO DEL SUELO SECO (g) | | 2.72 | | |
| CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%) | | 26.47 | | |



| CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA | |
|----------------------------------|-----|
| LIMITE LIQUIDO | 35% |
| LIMITE PLASTICO | 27% |
| INDICE DE PLASTICIDAD | 8% |

| OBSERVACIONES |
|---------------|
| |

TESIS: "MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA INMACULADA AL ADICIONAR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ, JAEN 2023"



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO

DISTRITO: JAEN, PROVINCIA: JAEN, DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA: JULIO - 2023

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557, MTC-115)

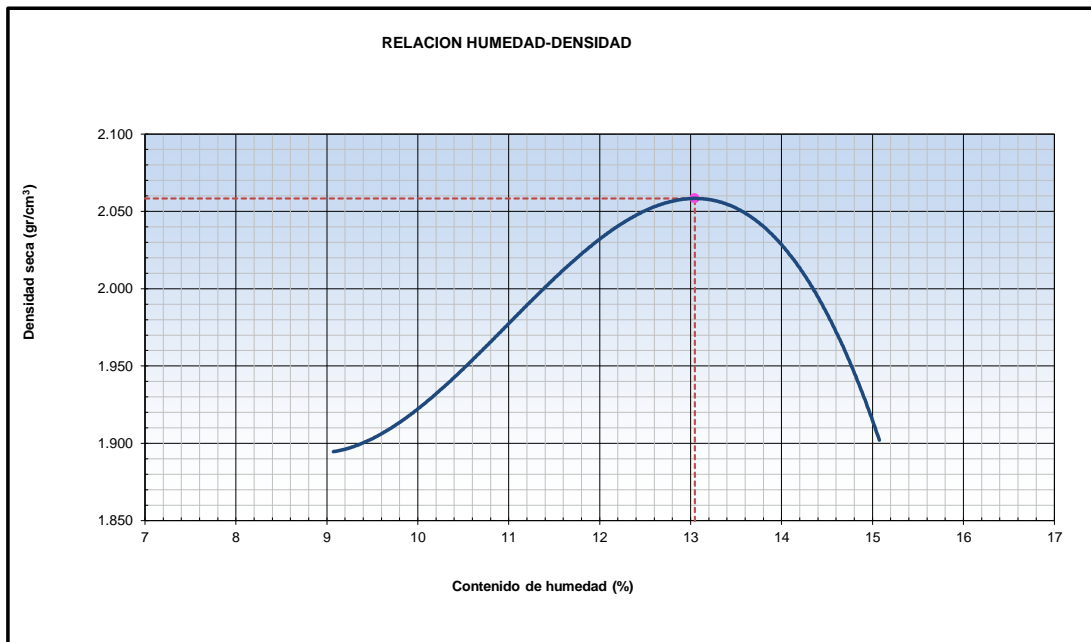
I. Datos Generales

PROCEDENCIA : ADICION DE 5% CENIZA (REPETICION 01)
P. EXPLOR. : C - 3
MATERIAL : -
PROFUND. : 0.20 - 1.70

CLASF. (SUCS) : SM
CLASF. (AASHTO) : A-4 (3)
LADO : AV. INMACULADA CDRA 10

Método "B"

| Número de Ensayo | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--|--------------------|-------|-------|--------|-------|-------|
| Peso suelo + molde | gr | 5869 | 5979 | 6117 | 5985 | |
| Peso molde | gr | 3910 | 3910 | 3910 | 3910 | |
| Peso suelo húmedo compactado | gr | 1959 | 2069 | 2207 | 2075 | |
| Volumen del molde | cm ³ | 948 | 948 | 948 | 948 | |
| Peso volumétrico húmedo | gr | 2.066 | 2.182 | 2.328 | 2.189 | |
| Recipiente N° | | 4 | 70 | 35 | 7 | |
| Peso del suelo húmedo+tara | gr | 97.93 | 84.60 | 105.30 | 90.10 | |
| Peso del suelo seco + tara | gr | 91.54 | 78.50 | 95.60 | 81.10 | |
| Tara | gr | 21.10 | 22.30 | 21.60 | 21.40 | |
| Peso de agua | gr | 6.39 | 6.10 | 9.70 | 9.00 | |
| Peso del suelo seco | gr | 70.44 | 56.20 | 74.00 | 59.70 | |
| Contenido de agua | % | 9.07 | 10.85 | 13.11 | 15.08 | |
| Peso volumétrico seco | gr/cm ³ | 1.895 | 1.969 | 2.058 | 1.902 | |
| <i>Densidad máxima (gr/cm³)</i> | | | | | | 2.058 |
| <i>Humedad óptima (%)</i> | | | | | | 13.0 |



OBSERVACIONES.

TESIS: "MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA INMACULADA AL ADICIONAR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ, JAEN 2023"



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO

DISTRITO: JAEN, PROVINCIA: JAEN, DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA: JULIO - 2023

RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132)

I. Datos Generales

| | |
|---|--------------------------------------|
| PROCEDENCIA : ADICION DE 5% CENIZA (REPETICION 01) | CLASF. (SUCS) : SM |
| P. EXPLOR. : C - 3 | CLASF. (AASHTO) : A-4 (3) |
| MATERIAL : - | LADO : AV. INMACULADA CDRA 10 |
| PROFUND. : 0.20 - 1.70 | |

| Molde N° | 123 | | 122 | | 121 | |
|--------------------------------------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|
| Capas N° | 5 | | 5 | | 5 | |
| Golpes por capa N° | 56 | | 25 | | 12 | |
| Condición de la muestra | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO |
| Peso de molde + Suelo húmedo (g) | 12325.00 | 12520.00 | 12165.00 | 12360.00 | 12134.00 | 12140.00 |
| Peso de molde (g) | 7500.00 | 7500.00 | 7420.00 | 7420.00 | 7484.00 | 7484.00 |
| Peso del suelo húmedo (g) | 4825 | 5020 | 4745 | 4940 | 4650 | 4656.00 |
| Volumen del molde (cm ³) | 2109.00 | 2109.00 | 2118.00 | 2118.00 | 2120.00 | 2120.00 |
| Densidad húmeda (g/cm ³) | 2.288 | 2.380 | 2.240 | 2.332 | 2.193 | 2.196 |
| Tara (N°) | | | | | | |
| Peso suelo húmedo + tara (g) | 107.30 | 104.40 | 88.70 | 97.70 | 77.43 | 94.20 |
| Peso suelo seco + tara (g) | 96.30 | 90.60 | 79.20 | 83.60 | 69.00 | 80.50 |
| Peso de tara (g) | | | | | | |
| Peso de agua (g) | 11.00 | 13.80 | 9.50 | 14.10 | 8.43 | 13.70 |
| Peso de suelo seco (g) | 96.30 | 90.60 | 79.20 | 83.60 | 69.00 | 80.50 |
| Contenido de humedad (%) | 11.42 | 15.23 | 11.99 | 16.87 | 12.22 | 17.02 |
| Densidad seca (g/cm ³) | 2.053 | 2.066 | 2.000 | 1.996 | 1.955 | 1.877 |

EXPANSION

| FECHA | HORA | TIEMPO | DIAL | EXPANSION | | DIAL | EXPANSION | | DIAL | EXPANSION | |
|------------|-------|--------|-------|-----------|------|-------|-----------|------|-------|-----------|------|
| | | | | mm | % | | mm | % | | mm | % |
| 25/07/2023 | 11:00 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.0 | 0.000 | 0.000 | 0.0 | 0.000 | 0.000 | 0.0 |
| 26/07/2023 | 11:06 | 24 | 0.200 | 0.200 | 0.17 | 0.250 | 0.250 | 0.21 | 0.300 | 0.300 | 0.25 |
| 27/07/2023 | 11:12 | 48 | 0.400 | 0.400 | 0.34 | 0.520 | 0.520 | 0.44 | 0.550 | 0.550 | 0.47 |
| 28/07/2023 | 11:18 | 72 | 0.750 | 0.750 | 0.64 | 0.900 | 0.900 | 0.76 | 0.970 | 0.970 | 0.82 |
| 29/07/2023 | 11:24 | 84 | 1.000 | 1.000 | 0.85 | 1.150 | 1.150 | 0.97 | 1.300 | 1.300 | 1.10 |

PENETRACION

| | | DATOS DEL PISON | | | | | | | | | | | |
|-------------------|---------------------------|--------------------------|-------|------------|------|--------------|-------|------------|------|--------------|-------|------------|-----|
| | | Diametro del Piston (cm) | | | | | | 5.08 | | | | | |
| | | Area (cm2) | | | | | | 20.27 | | | | | |
| PENETRACION mm | CARGA STAND. kg/cm2 | MOLDE N° 122 | | | | MOLDE N° 121 | | | | MOLDE N° 123 | | | |
| | | CARGA | | CORRECCION | | CARGA | | CORRECCION | | CARGA | | CORRECCION | |
| | | Dial (div) | kg | kg | % | Dial (div) | kg | kg | % | Dial (div) | kg | kg | % |
| 0.000 | | 0.0 | 0.0 | | | 0.0 | 0.0 | | | 0.0 | 0.0 | | |
| 0.635 | | 41.0 | 41.0 | | | 39.8 | 39.8 | | | 27.5 | 27.5 | | |
| 1.270 | | 102.5 | 102.5 | | | 73.3 | 73.3 | | | 56.3 | 56.3 | | |
| 1.905 | | 175.5 | 175.5 | | | 107.8 | 107.8 | | | 73.3 | 73.3 | | |
| 2.540 | 70.5 | 227.2 | 227.2 | 214.2 | 15.0 | 151.3 | 151.3 | 143.5 | 10.1 | 98.2 | 98.2 | 98.1 | 6.9 |
| 3.810 | | 288.8 | 288.8 | | | 198.3 | 198.3 | | | 145.8 | 145.8 | | |
| 5.080 | 105.7 | 339.3 | 339.3 | 346.3 | 16.2 | 262.7 | 262.7 | 260.7 | 12.2 | 197.7 | 197.7 | 200.6 | 9.4 |
| 6.350 | | 387.0 | 387.0 | | | 308.0 | 308.0 | | | 244.0 | 244.0 | | |
| 7.620 | | 409.1 | 409.1 | | | 341.8 | 341.8 | | | 293.0 | 293.0 | | |
| 10.160 | | | | | | 378.0 | 378.0 | | | 324.2 | 324.2 | | |

OBSERVACIONES.

TESIS: "MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA INMACULADA AL ADICIONAR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ, JAEN 2023"



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO

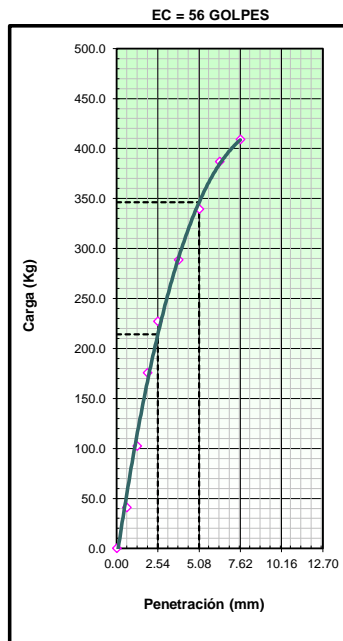
DISTRITO: JAEN, PROVINCIA: JAEN, DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA: JULIO - 2023

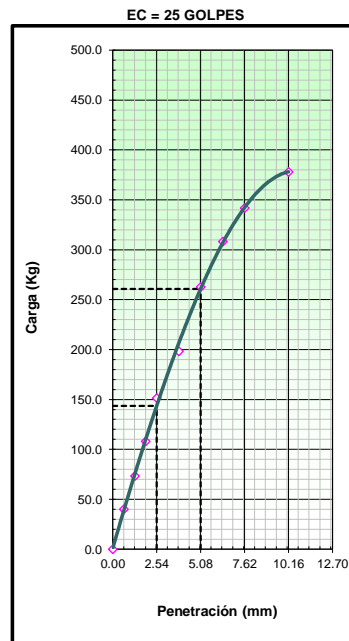
RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132)

I. Datos Generales

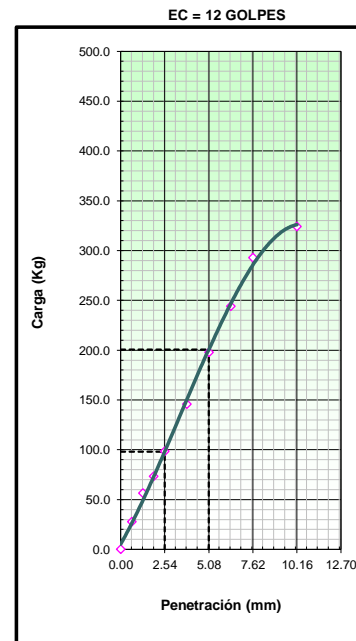
| | | | |
|--------------------|--|------------------------|--------------------------|
| PROCEDENCIA | : ADICION DE 5% CENIZA (REPETICION 01) | CLASF. (SUCS) | : SM |
| P. EXPLOR. | : C - 3 | CLASF. (AASHTO) | : A-4 (3) |
| MATERIAL | : - | LADO | : AV. INMACULADA CDRA 10 |
| PROFUND. | : 0.20 - 1.70 | | |



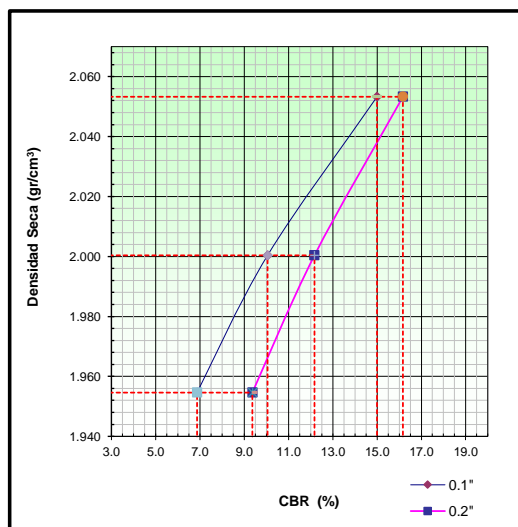
| | |
|------------|-------|
| CBR (0.1") | 15.0% |
| CBR (0.2") | 16.2% |



| | |
|------------|-------|
| CBR (0.1") | 10.1% |
| CBR (0.2") | 12.2% |



| | |
|------------|------|
| CBR (0.1") | 6.9% |
| CBR (0.2") | 9.4% |



| | |
|---|--------------|
| METODO DE COMPACTACION | : ASTM D1557 |
| MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) | : 2.058 |
| OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | : 13.0 |
| 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) | : 1.955 |
| DENSIDAD INSITU (g/cm3) | : |

| | | | | |
|------------------------------|-------------|------|-------------|------|
| C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) | 0.1" | 15.5 | 0.2" | 16.6 |
| C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) | 0.1" | 6.9 | 0.2" | 9.4 |

RESULTADOS CBR a 0.1":
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = **6.9** (%)

OBSERVACIONES:

OBSERVACIONES.



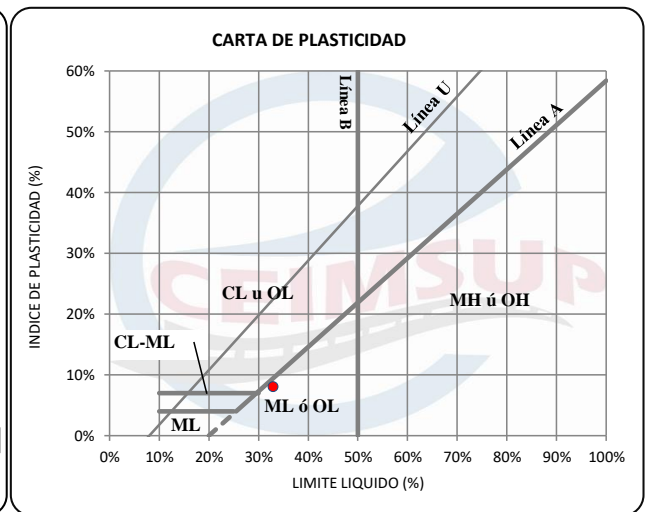
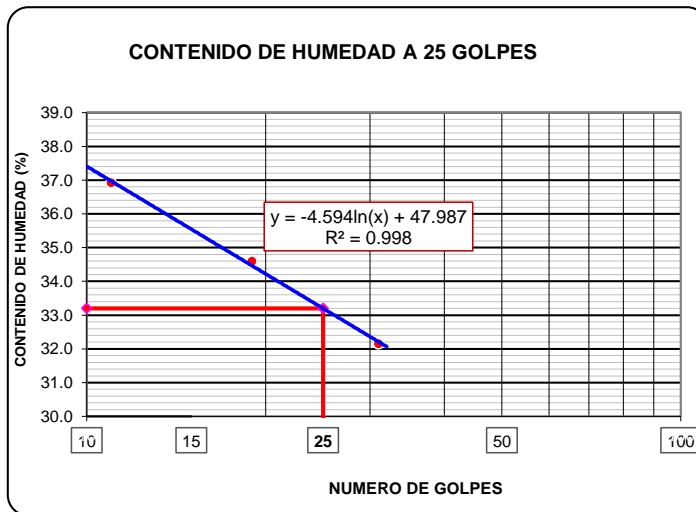
METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS MTC E 110 Y E 111 - A.S.T.M. D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90

I. Datos Generales

| | |
|---|---|
| PROCEDENCIA : ADICION DE 8% CENIZA (REPETICION 01) | TAMAÑO MAXIMO : 1" |
| CALICATA : C-3 / M-1 | DESCRIPCION : AV. INMACULADA CDRA 10 |
| PROFUND. : 0.20 - 1.70 m. | |

| LIMITE LIQUIDO (MTC E 110) | | | | | |
|-------------------------------|--|-------|-------|-------|--|
| Nº TARRO | | 24 | 8 | 11 | |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g) | | 32.76 | 38.20 | 35.60 | |
| PESO TARRO + SUELO SECO (g) | | 28.60 | 32.30 | 31.00 | |
| PESO DE AGUA (g) | | 4.16 | 5.90 | 4.60 | |
| PESO DEL TARRO (g) | | 17.33 | 15.24 | 16.69 | |
| PESO DEL SUELO SECO (g) | | 11.27 | 17.06 | 14.31 | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | | 36.91 | 34.58 | 32.15 | |
| NUMERO DE GOLPES | | 11 | 19 | 31 | |

| LIMITE PLASTICO (MTC E 111) | | | | | |
|-------------------------------|--|-------|--|--|--|
| Nº TARRO | | 7 | | | |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g) | | 10.19 | | | |
| PESO TARRO + SUELO SECO (g) | | 9.54 | | | |
| PESO DE AGUA (g) | | 0.65 | | | |
| PESO DEL TARRO (g) | | 6.90 | | | |
| PESO DEL SUELO SECO (g) | | 2.64 | | | |
| CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%) | | 24.62 | | | |



| CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA | |
|----------------------------------|-----|
| LIMITE LIQUIDO | 33% |
| LIMITE PLASTICO | 25% |
| INDICE DE PLASTICIDAD | 8% |

| OBSERVACIONES |
|---------------|
| |

TESIS: "MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA INMACULADA AL ADICIONAR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ, JAEN 2023"



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO

DISTRITO: JAEN, PROVINCIA: JAEN, DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA: JULIO - 2023

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557, MTC-115)

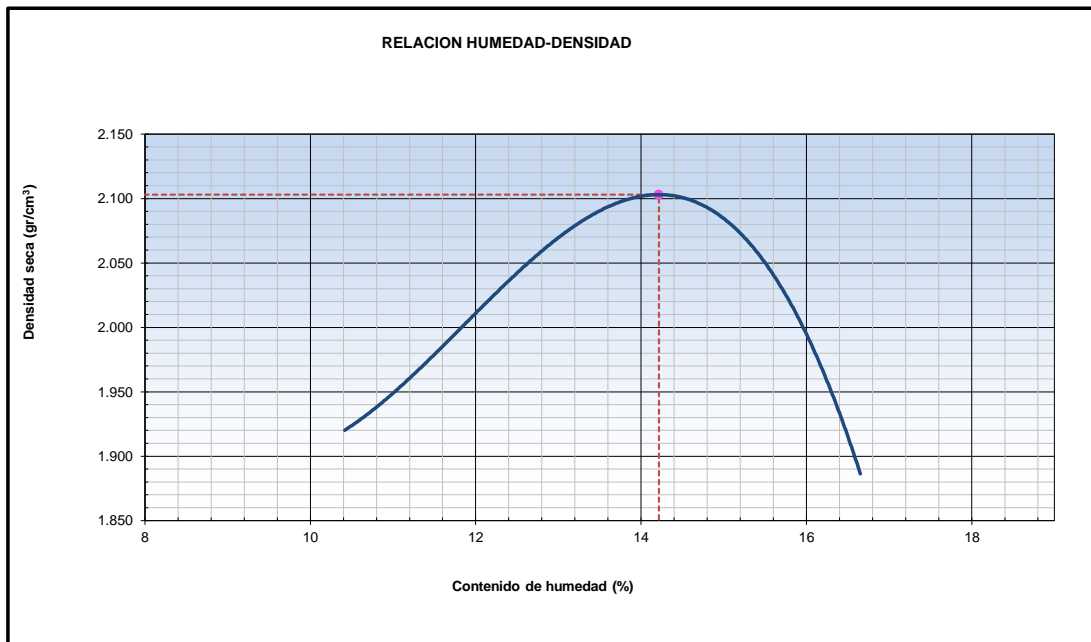
I. Datos Generales

PROCEDENCIA : ADICION DE 8% CENIZA (REPETICION 01)
P. EXPLOR. : C - 3
MATERIAL : -
PROFUND. : 0.20 - 1.70

CLASF. (SUCS) : ML
CLASF. (AASHTO) : A-4 (3)
LADO : AV. INMACULADA CDRA 10

Método "B"

| Número de Ensayo | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--|--------------------|--------|--------|--------|--------|-------|
| Peso suelo + molde | gr | 5920 | 6089 | 6185 | 5996 | |
| Peso molde | gr | 3910 | 3910 | 3910 | 3910 | |
| Peso suelo húmedo compactado | gr | 2010 | 2179 | 2275 | 2086 | |
| Volumen del molde | cm ³ | 948 | 948 | 948 | 948 | |
| Peso volumétrico húmedo | gr | 2.120 | 2.299 | 2.400 | 2.200 | |
| Recipiente N° | | 28 | 13 | 45 | 14 | |
| Peso del suelo húmedo+tara | gr | 143.00 | 133.80 | 137.90 | 160.10 | |
| Peso del suelo seco + tara | gr | 131.50 | 121.40 | 122.80 | 140.30 | |
| Tara | gr | 21.10 | 22.30 | 21.60 | 21.40 | |
| Peso de agua | gr | 11.50 | 12.40 | 15.10 | 19.80 | |
| Peso del suelo seco | gr | 110.40 | 99.10 | 101.20 | 118.90 | |
| Contenido de agua | % | 10.42 | 12.51 | 14.92 | 16.65 | |
| Peso volumétrico seco | gr/cm ³ | 1.920 | 2.043 | 2.088 | 1.886 | |
| <i>Densidad máxima (gr/cm³)</i> | | | | | | 2.103 |
| <i>Humedad óptima (%)</i> | | | | | | 14.2 |



OBSERVACIONES.

TESIS: "MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA INMACULADA AL ADICIONAR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ, JAEN 2023"



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO

DISTRITO: JAEN, PROVINCIA: JAEN, DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA: JULIO - 2023

RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132)

I. Datos Generales

| | |
|---|--------------------------------------|
| PROCEDENCIA : ADICION DE 8% CENIZA (REPETICION 01) | CLASF. (SUCS) : ML |
| P. EXPLOR. : C - 3 | CLASF. (AASHTO) : A-4 (3) |
| MATERIAL : - | LADO : AV. INMACULADA CDRA 10 |
| PROFUND. : 0.20 - 1.70 | |

| Molde N° | 123 | | 122 | | 121 | |
|--------------------------------------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|
| Capas N° | 5 | | 5 | | 5 | |
| Golpes por capa N° | 56 | | 25 | | 12 | |
| Condición de la muestra | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO |
| Peso de molde + Suelo húmedo (g) | 12470.00 | 12600.00 | 12315.00 | 12520.00 | 12300.00 | 12450.00 |
| Peso de molde (g) | 7500.00 | 7500.00 | 7420.00 | 7420.00 | 7484.00 | 7484.00 |
| Peso del suelo húmedo (g) | 4970 | 5100 | 4895 | 5100 | 4816 | 4966.00 |
| Volumen del molde (cm ³) | 2109.00 | 2109.00 | 2118.00 | 2118.00 | 2120.00 | 2120.00 |
| Densidad húmeda (g/cm ³) | 2.357 | 2.418 | 2.311 | 2.408 | 2.272 | 2.342 |
| Tara (N°) | | | | | | |
| Peso suelo húmedo + tara (g) | 127.60 | 142.30 | 144.50 | 163.30 | 114.20 | 134.60 |
| Peso suelo seco + tara (g) | 113.90 | 122.90 | 128.60 | 139.50 | 100.10 | 114.40 |
| Peso de tara (g) | | | | | | |
| Peso de agua (g) | 13.70 | 19.40 | 15.90 | 23.80 | 14.10 | 20.20 |
| Peso de suelo seco (g) | 113.90 | 122.90 | 128.60 | 139.50 | 100.10 | 114.40 |
| Contenido de humedad (%) | 12.03 | 15.79 | 12.36 | 17.06 | 14.09 | 17.66 |
| Densidad seca (g/cm ³) | 2.104 | 2.089 | 2.057 | 2.057 | 1.991 | 1.991 |

EXPANSION

| FECHA | HORA | TIEMPO | DIAL | EXPANSION | | DIAL | EXPANSION | | DIAL | EXPANSION | |
|------------|-------|--------|-------|-----------|------|-------|-----------|------|-------|-----------|------|
| | | | | mm | % | | mm | % | | mm | % |
| 31/08/2023 | 11:00 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.0 | 0.000 | 0.000 | 0.0 | 0.000 | 0.000 | 0.0 |
| 01/09/2023 | 11:06 | 24 | 0.080 | 0.080 | 0.07 | 0.100 | 0.100 | 0.08 | 0.110 | 0.110 | 0.09 |
| 02/09/2023 | 11:12 | 48 | 0.120 | 0.120 | 0.10 | 0.160 | 0.160 | 0.14 | 0.200 | 0.200 | 0.17 |
| 03/09/2023 | 11:18 | 72 | 0.170 | 0.170 | 0.14 | 0.230 | 0.230 | 0.19 | 0.250 | 0.250 | 0.21 |
| 04/09/2023 | 11:24 | 84 | 0.220 | 0.220 | 0.19 | 0.280 | 0.280 | 0.24 | 0.300 | 0.300 | 0.25 |

PENETRACION

DATOS DEL PISON

| | |
|--------------------------|-------|
| Diametro del Piston (cm) | 5.08 |
| Area (cm ²) | 20.27 |

| PENETRACION mm | CARGA STAND. kg/cm ² | MOLDE N° 123 | | | | MOLDE N° 122 | | | | MOLDE N° 121 | | | |
|-------------------|---------------------------------------|--------------|-------|------------|------|--------------|-------|------------|------|--------------|-------|------------|------|
| | | CARGA | | CORRECCION | | CARGA | | CORRECCION | | CARGA | | CORRECCION | |
| | | Dial (div) | kg | kg | % | Dial (div) | kg | kg | % | Dial (div) | kg | kg | % |
| 0.000 | | 0.0 | 0.0 | | | 0.0 | 0.0 | | | 0.0 | 0.0 | | |
| 0.635 | | 47.7 | 47.7 | | | 41.0 | 41.0 | | | 32.2 | 32.2 | | |
| 1.270 | | 128.7 | 128.7 | | | 99.6 | 99.6 | | | 79.6 | 79.6 | | |
| 1.905 | | 183.8 | 183.8 | | | 136.9 | 136.9 | | | 121.2 | 121.2 | | |
| 2.540 | 70.5 | 229.6 | 229.6 | 230.5 | 16.1 | 191.3 | 191.3 | 178.1 | 12.5 | 161.5 | 161.5 | 151.9 | 10.6 |
| 3.810 | | 316.4 | 316.4 | | | 242.3 | 242.3 | | | 202.7 | 202.7 | | |
| 5.080 | 105.7 | 375.6 | 375.6 | 376.2 | 17.6 | 291.0 | 291.0 | 300.9 | 14.0 | 251.9 | 251.9 | 252.9 | 11.8 |
| 6.350 | | 421.3 | 421.3 | | | 342.8 | 342.8 | | | 284.4 | 284.4 | | |
| 7.620 | | 465.6 | 465.6 | | | 387.6 | 387.6 | | | 317.0 | 317.0 | | |
| 10.160 | | | | | | 421.8 | 421.8 | | | 346.1 | 346.1 | | |

OBSERVACIONES.



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO

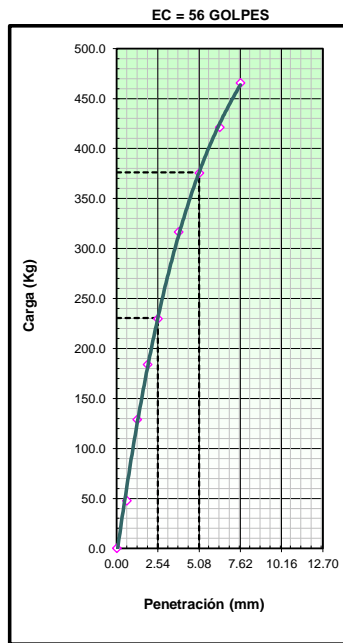
DISTRITO: JAEN, PROVINCIA: JAEN, DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA: JULIO - 2023

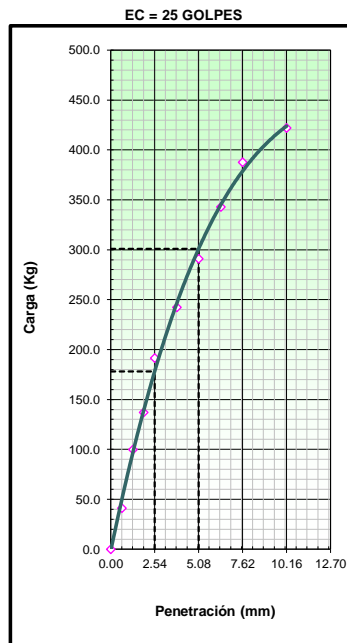
RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132)

I. Datos Generales

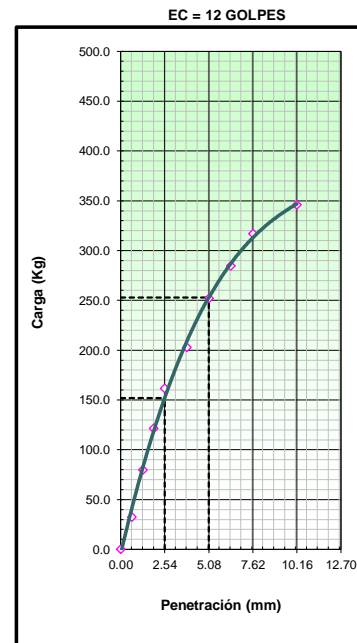
| | | | |
|--------------------|--|------------------------|--------------------------|
| PROCEDENCIA | : ADICION DE 8% CENIZA (REPETICION 01) | CLASF. (SUCS) | : ML |
| P. EXPLOR. | : C - 3 | CLASF. (AASHTO) | : A-4 (3) |
| MATERIAL | : - | LADO | : AV. INMACULADA CDRA 10 |
| PROFUND. | : 0.20 - 1.70 | | |



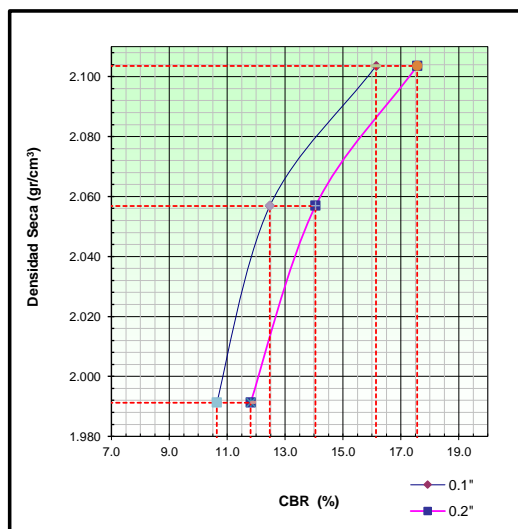
| | |
|-------------------|-------|
| CBR (0.1") | 16.7% |
| CBR (0.2") | 17.6% |



| | |
|-------------------|-------|
| CBR (0.1") | 12.5% |
| CBR (0.2") | 14.0% |



| | |
|-------------------|-------|
| CBR (0.1") | 10.6% |
| CBR (0.2") | 11.8% |



| | |
|---|--------------|
| METODO DE COMPACTACION | : ASTM D1557 |
| MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) | : 2.103 |
| OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | : 14.2 |
| 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) | : 1.998 |
| DENSIDAD INSITU (g/cm3) | : |

| | | | | |
|-------------------------------------|-------------|------|-------------|------|
| C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) | 0.1" | 16.1 | 0.2" | 17.5 |
| C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) | 0.1" | 10.6 | 0.2" | 11.9 |

RESULTADOS CBR a 0.1":
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 10.6 (%)

OBSERVACIONES:

OBSERVACIONES.



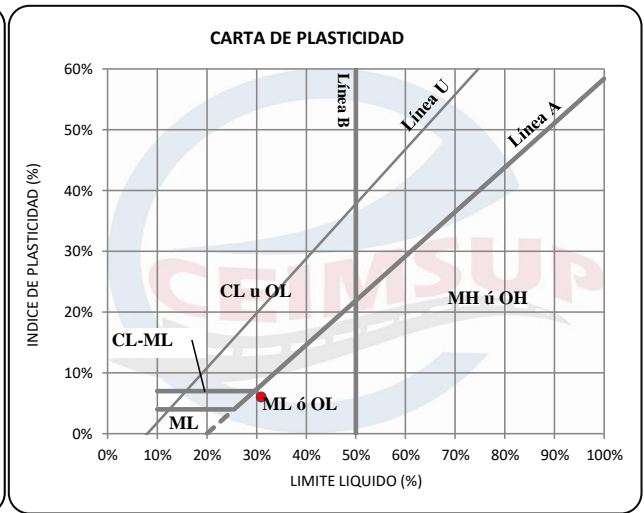
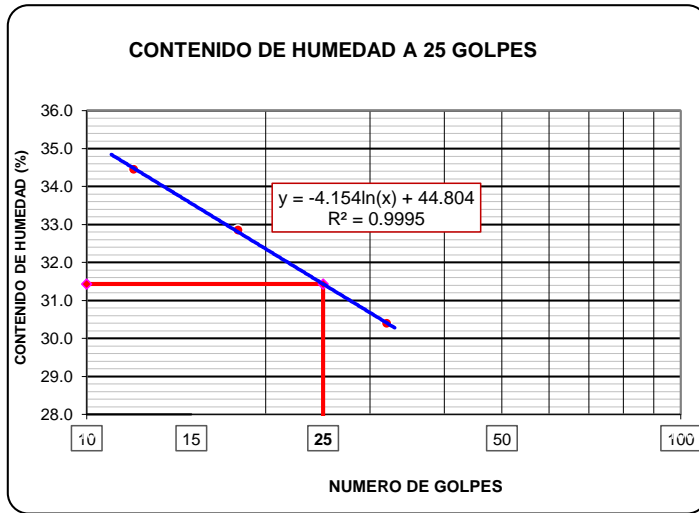
METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS MTC E 110 Y E 111 - A.S.T.M. D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90

I. Datos Generales

| | |
|--|---|
| PROCEDENCIA : ADICION DE 11% CENIZA (REPETICION 01) | TAMAÑO MAXIMO : 1" |
| CALICATA : C-3 / M-1 | DESCRIPCION : AV. INMACULADA CDRA 10 |
| PROFUND. : 0.20 - 1.70 m. | |

| LIMITE LIQUIDO (MTC E 110) | | | | |
|-------------------------------|--|-------|-------|-------|
| Nº TARRO | | 7 | 51 | 18 |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g) | | 34.58 | 36.81 | 33.74 |
| PESO TARRO + SUELO SECO (g) | | 29.86 | 32.50 | 29.82 |
| PESO DE AGUA (g) | | 4.72 | 4.31 | 3.92 |
| PESO DEL TARRO (g) | | 16.16 | 19.38 | 16.92 |
| PESO DEL SUELO SECO (g) | | 13.70 | 13.12 | 12.90 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | | 34.45 | 32.85 | 30.39 |
| NUMERO DE GOLPES | | 12 | 18 | 32 |

| LIMITE PLASTICO (MTC E 111) | | | | |
|-------------------------------|--|-------|--|--|
| Nº TARRO | | 23 | | |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g) | | 10.87 | | |
| PESO TARRO + SUELO SECO (g) | | 10.05 | | |
| PESO DE AGUA (g) | | 0.82 | | |
| PESO DEL TARRO (g) | | 6.71 | | |
| PESO DEL SUELO SECO (g) | | 3.34 | | |
| CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%) | | 24.55 | | |



| CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA | |
|----------------------------------|-----|
| LIMITE LIQUIDO | 31% |
| LIMITE PLASTICO | 25% |
| INDICE DE PLASTICIDAD | 6% |

| OBSERVACIONES |
|---------------|
| |

TESIS: "MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA INMACULADA AL ADICIONAR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ, JAEN 2023"



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO

DISTRITO: JAEN, PROVINCIA: JAEN, DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA: JULIO - 2023

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557, MTC-115)

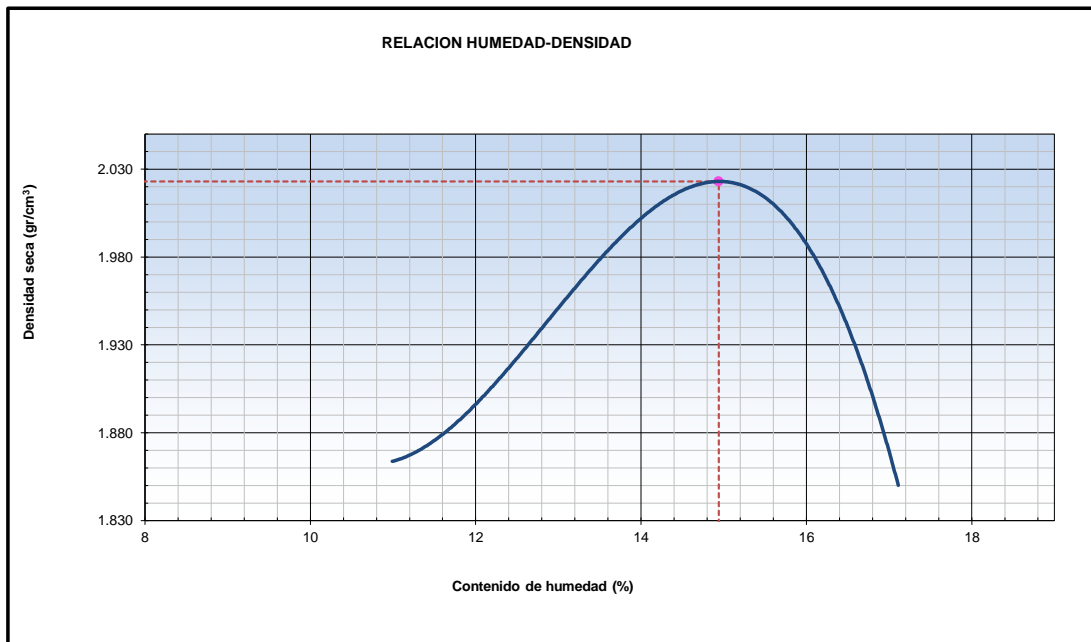
I. Datos Generales

PROCEDENCIA : ADICION DE 11% CENIZA (REPETICION 01)
P. EXPLOR. : C - 3
MATERIAL : -
PROFUND. : 0.20 - 1.70

CLASF. (SUCS) : ML
CLASF. (AASHTO) : A-4 (3)
LADO : AV. INMACULADA CDRA 10

Método "B"

| Número de Ensayo | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--|--------------------|--------|--------|--------|--------|-------|
| Peso suelo + molde | gr | 5871 | 5993 | 6117 | 5964 | |
| Peso molde | gr | 3910 | 3910 | 3910 | 3910 | |
| Peso suelo húmedo compactado | gr | 1961 | 2083 | 2207 | 2054 | |
| Volumen del molde | cm ³ | 948 | 948 | 948 | 948 | |
| Peso volumétrico húmedo | gr | 2.069 | 2.197 | 2.328 | 2.167 | |
| Recipiente N° | | 15 | 8 | 18 | 3 | |
| Peso del suelo húmedo+tara | gr | 117.44 | 108.00 | 124.27 | 111.81 | |
| Peso del suelo seco + tara | gr | 107.90 | 98.20 | 110.60 | 98.60 | |
| Tara | gr | 21.10 | 22.30 | 21.60 | 21.40 | |
| Peso de agua | gr | 9.54 | 9.80 | 13.67 | 13.21 | |
| Peso del suelo seco | gr | 86.80 | 75.90 | 89.00 | 77.20 | |
| Contenido de agua | % | 10.99 | 12.91 | 15.36 | 17.11 | |
| Peso volumétrico seco | gr/cm ³ | 1.864 | 1.946 | 2.018 | 1.850 | |
| <i>Densidad máxima (gr/cm³)</i> | | | | | | 2.023 |
| <i>Humedad óptima (%)</i> | | | | | | 14.9 |



OBSERVACIONES.

TESIS: "MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA INMACULADA AL ADICIONAR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ, JAEN 2023"



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO

DISTRITO: JAEN, PROVINCIA: JAEN, DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA: JULIO - 2023

RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132)

I. Datos Generales

| | |
|--|--------------------------------------|
| PROCEDENCIA : ADICION DE 11% CENIZA (REPETICION 01) | CLASF. (SUCS) : ML |
| P. EXPLOR. : C - 3 | CLASF. (AASHTO) : A-4 (3) |
| MATERIAL : - | LADO : AV. INMACULADA CDRA 10 |
| PROFUND. : 0.20 - 1.70 | |

| Molde N° | 123 | | 122 | | 121 | |
|--------------------------------------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|
| Capas N° | 5 | | 5 | | 5 | |
| Golpes por capa N° | 56 | | 25 | | 12 | |
| Condición de la muestra | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO |
| Peso de molde + Suelo húmedo (g) | 12337.00 | 12521.00 | 12224.00 | 12452.00 | 12158.00 | 12288.00 |
| Peso de molde (g) | 7500.00 | 7500.00 | 7420.00 | 7420.00 | 7484.00 | 7484.00 |
| Peso del suelo húmedo (g) | 4837 | 5021 | 4804 | 5032 | 4674 | 4804.00 |
| Volumen del molde (cm ³) | 2109.00 | 2109.00 | 2118.00 | 2118.00 | 2120.00 | 2120.00 |
| Densidad húmeda (g/cm ³) | 2.294 | 2.381 | 2.268 | 2.376 | 2.205 | 2.266 |
| Tara (N°) | | | | | | |
| Peso suelo húmedo + tara (g) | 96.30 | 125.70 | 85.20 | 91.30 | 107.20 | 96.70 |
| Peso suelo seco + tara (g) | 85.20 | 107.70 | 74.60 | 77.40 | 93.60 | 81.85 |
| Peso de tara (g) | | | | | | |
| Peso de agua (g) | 11.10 | 18.00 | 10.60 | 13.90 | 13.60 | 14.85 |
| Peso de suelo seco (g) | 85.20 | 107.70 | 74.60 | 77.40 | 93.60 | 81.85 |
| Contenido de humedad (%) | 13.03 | 16.71 | 14.21 | 17.96 | 14.53 | 18.14 |
| Densidad seca (g/cm ³) | 2.029 | 2.040 | 1.986 | 2.014 | 1.925 | 1.918 |

EXPANSION

| FECHA | HORA | TIEMPO | DIAL | EXPANSION | | DIAL | EXPANSION | | DIAL | EXPANSION | |
|------------|-------|--------|-------|-----------|------|-------|-----------|------|-------|-----------|------|
| | | | | mm | % | | mm | % | | mm | % |
| 07/08/2023 | 15:00 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.0 | 0.000 | 0.000 | 0.0 | 0.000 | 0.000 | 0.0 |
| 08/08/2023 | 15:06 | 24 | 0.050 | 0.050 | 0.04 | 0.070 | 0.070 | 0.06 | 0.100 | 0.100 | 0.08 |
| 09/08/2023 | 15:12 | 48 | 0.100 | 0.100 | 0.08 | 0.140 | 0.140 | 0.12 | 0.150 | 0.150 | 0.13 |
| 10/08/2023 | 15:18 | 72 | 0.150 | 0.150 | 0.13 | 0.200 | 0.200 | 0.17 | 0.220 | 0.220 | 0.19 |
| 11/08/2023 | 15:24 | 84 | 0.200 | 0.200 | 0.17 | 0.240 | 0.240 | 0.20 | 0.260 | 0.260 | 0.22 |

PENETRACION

DATOS DEL PISON

| | |
|--------------------------|-------|
| Diametro del Piston (cm) | 5.08 |
| Area (cm ²) | 20.27 |

| PENETRACION mm | CARGA STAND. kg/cm ² | MOLDE N° 123 | | | | MOLDE N° 122 | | | | MOLDE N° 121 | | | |
|-------------------|---------------------------------------|--------------|-------|------------|------|--------------|-------|------------|------|--------------|-------|------------|------|
| | | CARGA | | CORRECCION | | CARGA | | CORRECCION | | CARGA | | CORRECCION | |
| | | Dial (div) | kg | kg | % | Dial (div) | kg | kg | % | Dial (div) | kg | kg | % |
| 0.000 | | 0.0 | 0.0 | | | 0.0 | 0.0 | | | 0.0 | 0.0 | | |
| 0.635 | | 42.0 | 42.0 | | | 35.1 | 35.1 | | | 28.0 | 28.0 | | |
| 1.270 | | 100.2 | 100.2 | | | 76.9 | 76.9 | | | 59.3 | 59.3 | | |
| 1.905 | | 163.2 | 163.2 | | | 118.6 | 118.6 | | | 88.8 | 88.8 | | |
| 2.540 | 70.5 | 214.8 | 214.8 | 207.2 | 14.5 | 151.2 | 151.2 | 149.1 | 10.4 | 119.6 | 119.6 | 117.3 | 8.2 |
| 3.810 | | 294.6 | 294.6 | | | 215.0 | 215.0 | | | 170.5 | 170.5 | | |
| 5.080 | 105.7 | 371.1 | 371.1 | 375.7 | 17.5 | 272.3 | 272.3 | 276.0 | 12.9 | 219.3 | 219.3 | 220.4 | 10.3 |
| 6.350 | | 444.5 | 444.5 | | | 321.1 | 321.1 | | | 262.3 | 262.3 | | |
| 7.620 | | 491.2 | 491.2 | | | 377.3 | 377.3 | | | 297.0 | 297.0 | | |
| 10.160 | | | | | | 412.5 | 412.5 | | | 330.8 | 330.8 | | |

OBSERVACIONES.



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO

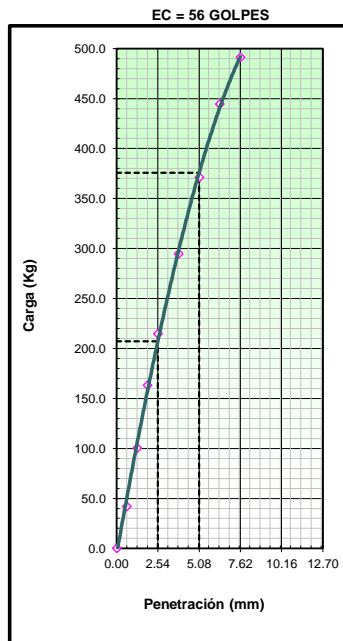
DISTRITO: JAEN, PROVINCIA: JAEN, DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA: JULIO - 2023

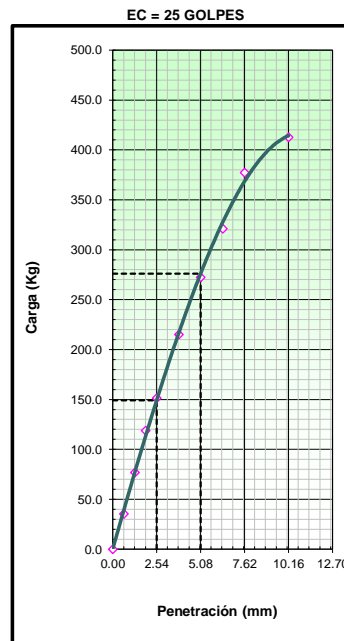
RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132)

I. Datos Generales

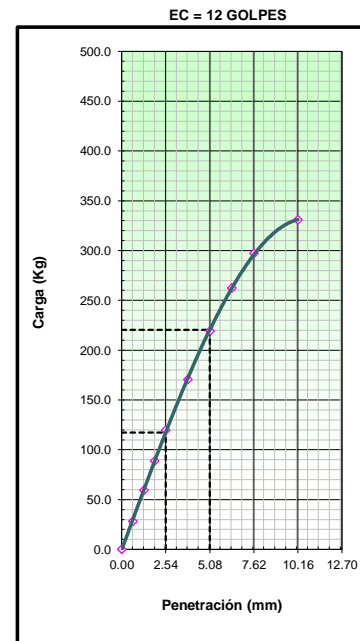
| | | | |
|--------------------|---|------------------------|--------------------------|
| PROCEDENCIA | : ADICION DE 11% CENIZA (REPETICION 01) | CLASF. (SUCS) | : ML |
| P. EXPLOR. | : C - 3 | CLASF. (AASHTO) | : A-4 (3) |
| MATERIAL | : - | LADO | : AV. INMACULADA CDRA 10 |
| PROFUND. | : 0.20 - 1.70 | | |



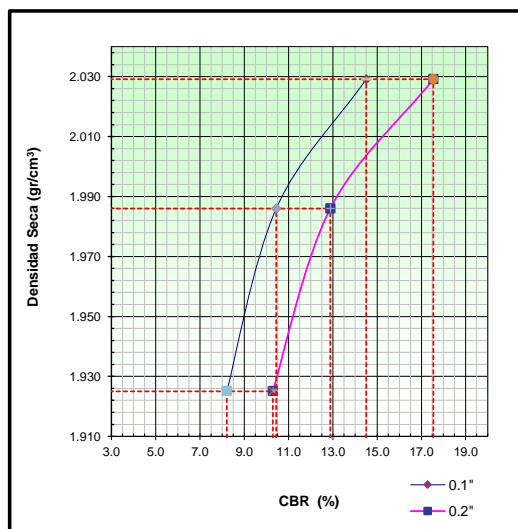
| | |
|-------------------|-------|
| CBR (0.1") | 14.5% |
| CBR (0.2") | 17.5% |



| | |
|-------------------|-------|
| CBR (0.1") | 10.4% |
| CBR (0.2") | 12.9% |



| | |
|-------------------|-------|
| CBR (0.1") | 8.2% |
| CBR (0.2") | 10.3% |



| | |
|---|--------------|
| METODO DE COMPACTACION | : ASTM D1557 |
| MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) | : 2.023 |
| OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | : 14.9 |
| 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) | : 1.922 |
| DENSIDAD INSITU (g/cm3) | : |

| | | | | |
|------------------------------|-------------|------|-------------|------|
| C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) | 0.1" | 13.8 | 0.2" | 16.7 |
| C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) | 0.1" | 8.2 | 0.2" | 10.3 |

RESULTADOS CBR a 0.1":
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = **8.2** (%)

OBSERVACIONES:

OBSERVACIONES.



FECHA: JULIO - 2023

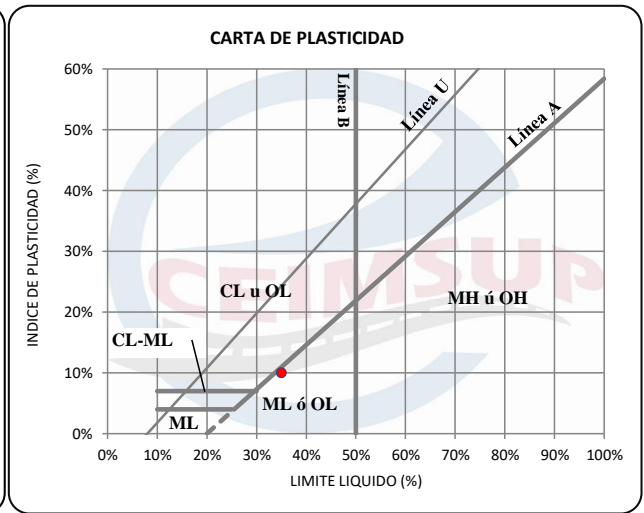
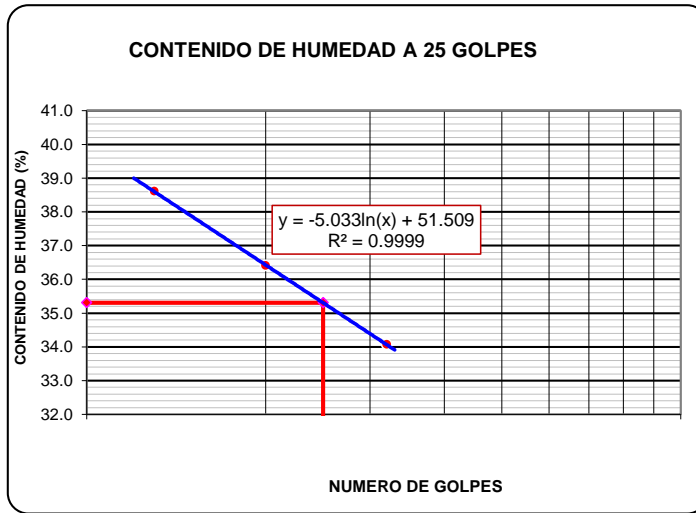
METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS MTC E 110 Y E 111 - A.S.T.M. D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90

I. Datos Generales

| | |
|---|---|
| PROCEDENCIA : MUESTRA PATRON (REPETICION 02) | TAMAÑO MAXIMO : 1" |
| CALICATA : C-3 / M-1 | DESCRIPCION : AV. INMACULADA CDRA 10 |
| PROFUND. : 0.20 - 1.70 m. | |

| LIMITE LIQUIDO (MTC E 110) | | | | | |
|-------------------------------|--|-------|-------|-------|--|
| Nº TARRO | | 7 | 9 | 13 | |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g) | | 37.70 | 35.80 | 38.20 | |
| PESO TARRO + SUELO SECO (g) | | 31.70 | 31.30 | 33.30 | |
| PESO DE AGUA (g) | | 6.00 | 4.50 | 4.90 | |
| PESO DEL TARRO (g) | | 16.16 | 18.94 | 18.92 | |
| PESO DEL SUELO SECO (g) | | 15.54 | 12.36 | 14.38 | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | | 38.61 | 36.41 | 34.08 | |
| NUMERO DE GOLPES | | 13 | 20 | 32 | |

| LIMITE PLASTICO (MTC E 111) | | | | | |
|-------------------------------|--|-------|-------|--|--|
| Nº TARRO | | 11 | 6 | | |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g) | | 10.55 | 10.17 | | |
| PESO TARRO + SUELO SECO (g) | | 9.77 | 9.46 | | |
| PESO DE AGUA (g) | | 0.78 | 0.71 | | |
| PESO DEL TARRO (g) | | 6.70 | 6.65 | | |
| PESO DEL SUELO SECO (g) | | 3.07 | 2.81 | | |
| CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%) | | 25.41 | 25.27 | | |



| CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA | |
|----------------------------------|-----|
| LIMITE LIQUIDO | 35% |
| LIMITE PLASTICO | 25% |
| INDICE DE PLASTICIDAD | 10% |

| OBSERVACIONES |
|---------------|
| |

TESIS: "MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA INMACULADA AL ADICIONAR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ, JAEN 2023"



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO

DISTRITO: JAEN, PROVINCIA: JAEN, DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA: JULIO - 2023

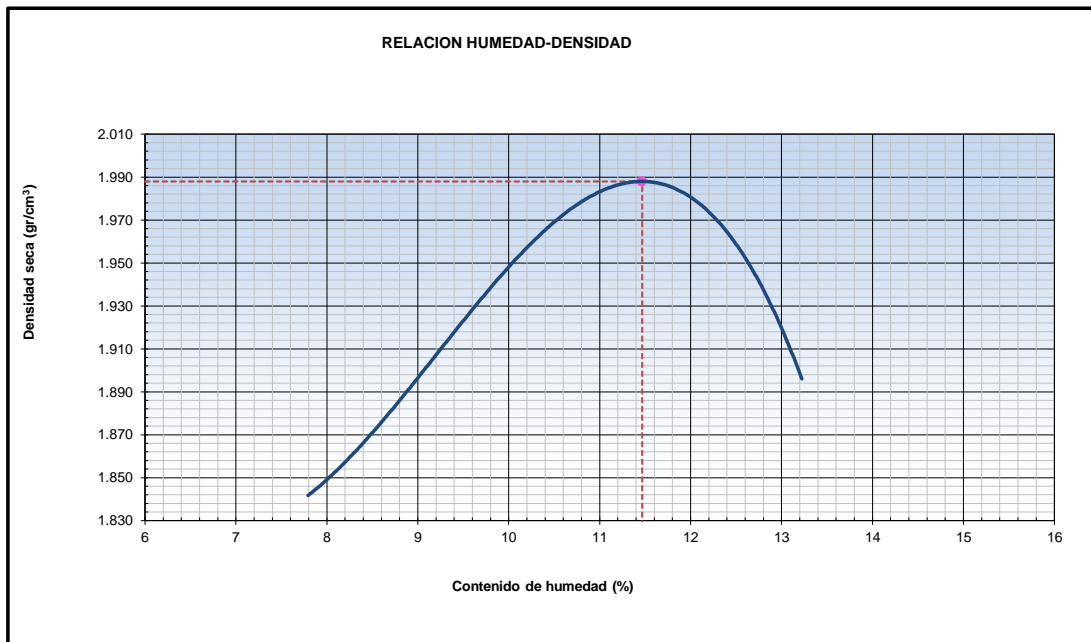
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557, MTC-115)

I. Datos Generales

| | | | |
|--------------------|----------------------------------|------------------------|--------------------------|
| PROCEDENCIA | : MUESTRA PATRON (REPETICION 02) | CLASF. (SUCS) | : SM |
| P. EXPLOR. | : C-3 / M-1 | CLASF. (AASHTO) | : A-4 (3) |
| MATERIAL | : - | LADO | : AV. INMACULADA CDRA 10 |
| PROFUND. | : 0.20 - 1.70 | | |

Método "B"

| Número de Ensayo | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--|--------------------|--------|--------|--------|--------|-------|
| Peso suelo + molde | gr | 5792 | 5909 | 6014 | 5945 | |
| Peso molde | gr | 3910 | 3910 | 3910 | 3910 | |
| Peso suelo húmedo compactado | gr | 1882 | 1999 | 2104 | 2035 | |
| Volumen del molde | cm ³ | 948 | 948 | 948 | 948 | |
| Peso volumétrico húmedo | gr | 1.985 | 2.109 | 2.219 | 2.147 | |
| Recipiente N° | | 4 | 73 | 2 | 24 | |
| Peso del suelo húmedo+tara | gr | 145.60 | 135.10 | 128.70 | 131.00 | |
| Peso del suelo seco + tara | gr | 136.60 | 125.20 | 117.40 | 118.20 | |
| Tara | gr | 21.10 | 21.40 | 21.60 | 21.40 | |
| Peso de agua | gr | 9.00 | 9.90 | 11.30 | 12.80 | |
| Peso del suelo seco | gr | 115.50 | 103.80 | 95.80 | 96.80 | |
| Contenido de agua | % | 7.79 | 9.54 | 11.80 | 13.22 | |
| Peso volumétrico seco | gr/cm ³ | 1.842 | 1.925 | 1.985 | 1.896 | |
| <i>Densidad máxima (gr/cm³)</i> | | | | | | 1.988 |
| <i>Humedad óptima (%)</i> | | | | | | 11.5 |



OBSERVACIONES.

TESIS: "MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA INMACULADA AL ADICIONAR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ, JAEN 2023"



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO

DISTRITO: JAEN, PROVINCIA: JAEN, DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA: JULIO - 2023

RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132)

I. Datos Generales

| | |
|---|--------------------------------------|
| PROCEDENCIA : MUESTRA PATRON (REPETICION 02) | CLASF. (SUCS) : SM |
| P. EXPLOR. : C-3 / M-1 | CLASF. (AASHTO) : A-4 (3) |
| MATERIAL : - | LADO : AV. INMACULADA CDRA 10 |
| PROFUND. : 0.20 - 1.70 | |

| Molde N° | 121 | | 122 | | 123 | |
|--------------------------------------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|
| Capas N° | 5 | | 5 | | 5 | |
| Golpes por capa N° | 56 | | 25 | | 12 | |
| Condición de la muestra | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO |
| Peso de molde + Suelo húmedo (g) | 12725.00 | 12901.00 | 12665.00 | 12842.00 | 12391.00 | 12613.00 |
| Peso de molde (g) | 8075.00 | 8075.00 | 8107.00 | 8107.00 | 7929.00 | 7929.00 |
| Peso del suelo húmedo (g) | 4650 | 4826 | 4558 | 4735 | 4462 | 4684.00 |
| Volumen del molde (cm ³) | 2109.00 | 2109.00 | 2118.00 | 2118.00 | 2120.00 | 2120.00 |
| Densidad húmeda (g/cm ³) | 2.205 | 2.288 | 2.152 | 2.236 | 2.105 | 2.209 |
| Tara (N°) | 23 | 1 | 13 | 41 | 63 | 14 |
| Peso suelo húmedo + tara (g) | 145.20 | 163.50 | 139.40 | 147.70 | 124.50 | 150.60 |
| Peso suelo seco + tara (g) | 132.40 | 144.30 | 126.90 | 130.20 | 113.20 | 131.80 |
| Peso de tara (g) | 14.50 | 14.10 | 14.20 | 14.70 | 14.20 | 14.10 |
| Peso de agua (g) | 12.80 | 19.20 | 12.50 | 17.50 | 11.30 | 18.80 |
| Peso de suelo seco (g) | 117.90 | 130.20 | 112.70 | 115.50 | 99.00 | 117.70 |
| Contenido de humedad (%) | 10.86 | 14.75 | 11.09 | 15.15 | 11.41 | 15.97 |
| Densidad seca (g/cm ³) | 1.989 | 1.994 | 1.937 | 1.941 | 1.889 | 1.905 |

EXPANSION

| FECHA | HORA | TIEMPO | DIAL | EXPANSION | | DIAL | EXPANSION | | DIAL | EXPANSION | |
|------------|-------|--------|-------|-----------|------|-------|-----------|------|-------|-----------|------|
| | | | | mm | % | | mm | % | | mm | % |
| 14/08/2023 | 09:00 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.0 | 0.000 | 0.000 | 0.0 | 0.000 | 0.000 | 0.0 |
| 15/08/2023 | 09:06 | 24 | 0.350 | 0.350 | 0.30 | 0.410 | 0.410 | 0.35 | 0.500 | 0.500 | 0.42 |
| 16/08/2023 | 09:12 | 48 | 0.600 | 0.600 | 0.51 | 0.720 | 0.720 | 0.61 | 0.800 | 0.800 | 0.68 |
| 17/08/2023 | 09:18 | 72 | 0.900 | 0.900 | 0.76 | 0.980 | 0.980 | 0.83 | 1.150 | 1.150 | 0.97 |
| 18/08/2023 | 09:24 | 84 | 1.200 | 1.200 | 1.02 | 1.280 | 1.280 | 1.08 | 1.350 | 1.350 | 1.14 |

PENETRACION

| | | DATOS DEL PISON | | | | | | | | | | | |
|-------------------|---------------------------------------|--------------------------|-------|------------|------|--------------|-------|------------|------|--------------|-------|------------|-----|
| | | Diametro del Piston (cm) | | | | 5.08 | | | | | | | |
| | | Area (cm ²) | | | | 20.27 | | | | | | | |
| PENETRACION mm | CARGA STAND. kg/cm ² | MOLDE N° 121 | | | | MOLDE N° 122 | | | | MOLDE N° 123 | | | |
| | | CARGA | | CORRECCION | | CARGA | | CORRECCION | | CARGA | | CORRECCION | |
| | | Dial (div) | kg | kg | % | Dial (div) | kg | kg | % | Dial (div) | kg | kg | % |
| 0.000 | | 0.0 | 0.0 | | | 0.0 | 0.0 | | | 0.0 | 0.0 | | |
| 0.635 | | 38.0 | 38.0 | | | 31.7 | 31.7 | | | 22.4 | 22.4 | | |
| 1.270 | | 81.7 | 81.7 | | | 53.8 | 53.8 | | | 40.1 | 40.1 | | |
| 1.905 | | 138.6 | 138.6 | | | 90.4 | 90.4 | | | 55.6 | 55.6 | | |
| 2.540 | 70.5 | 180.4 | 180.4 | 173.5 | 12.2 | 112.8 | 112.8 | 110.9 | 7.8 | 75.4 | 75.4 | 79.2 | 5.5 |
| 3.810 | | 240.0 | 240.0 | | | 159.6 | 159.6 | | | 125.5 | 125.5 | | |
| 5.080 | 105.7 | 312.5 | 312.5 | 308.2 | 14.4 | 210.8 | 210.8 | 213.2 | 10.0 | 177.6 | 177.6 | 172.7 | 8.1 |
| 6.350 | | 352.2 | 352.2 | | | 253.2 | 253.2 | | | 211.8 | 211.8 | | |
| 7.620 | | 387.0 | 387.0 | | | 302.7 | 302.7 | | | 257.0 | 257.0 | | |
| 10.160 | | | | | | 340.3 | 340.3 | | | 296.0 | 296.0 | | |

OBSERVACIONES.

TESIS: "MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA INMACULADA AL ADICIONAR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ, JAEN 2023"



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO

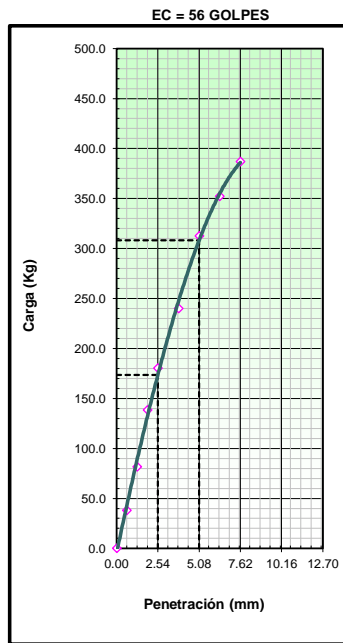
DISTRITO: JAEN, PROVINCIA: JAEN, DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA: JULIO - 2023

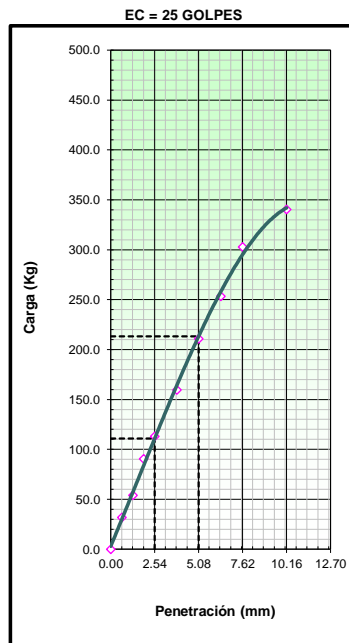
RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132)

I. Datos Generales

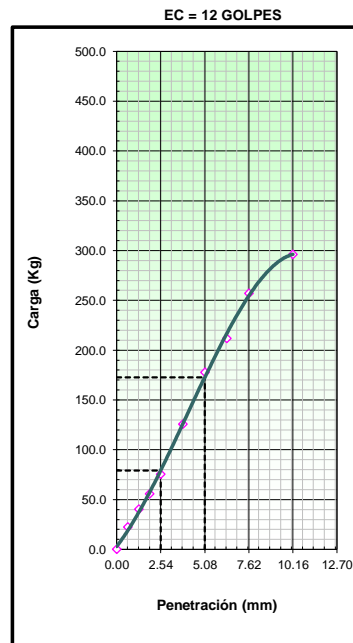
| | | | |
|--------------------|----------------------------------|------------------------|--------------------------|
| PROCEDENCIA | : MUESTRA PATRON (REPETICION 02) | CLASF. (SUCS) | : SM |
| P. EXPLOR. | : C-3 / M-1 | CLASF. (AASHTO) | : A-4 (3) |
| MATERIAL | : - | LADO | : AV. INMACULADA CDRA 10 |
| PROFUND. | : 0.20 - 1.70 | | |



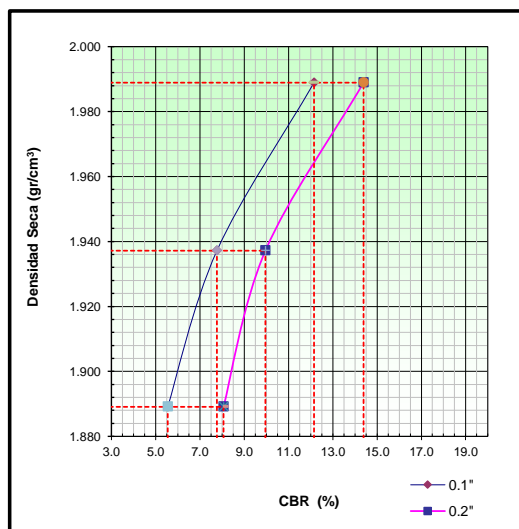
| | |
|------------|-------|
| CBR (0.1") | 12.2% |
| CBR (0.2") | 14.4% |



| | |
|------------|-------|
| CBR (0.1") | 7.8% |
| CBR (0.2") | 10.0% |



| | |
|------------|------|
| CBR (0.1") | 5.5% |
| CBR (0.2") | 8.1% |



METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 1.988
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 11.5
 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 1.889
 DENSIDAD INSITU (g/cm3) :

| | | | | |
|------------------------------|------|------|------|------|
| C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) | 0.1" | 12.1 | 0.2" | 14.3 |
| C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) | 0.1" | 5.5 | 0.2" | 8.1 |

RESULTADOS CBR a 0.1":
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 5.5 (%)

OBSERVACIONES:

OBSERVACIONES.



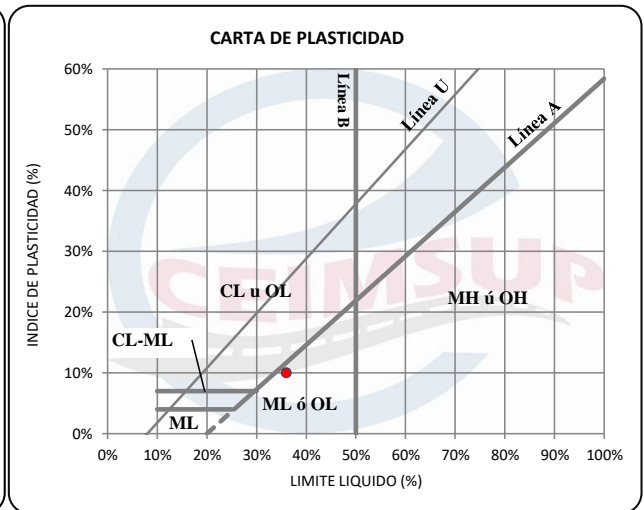
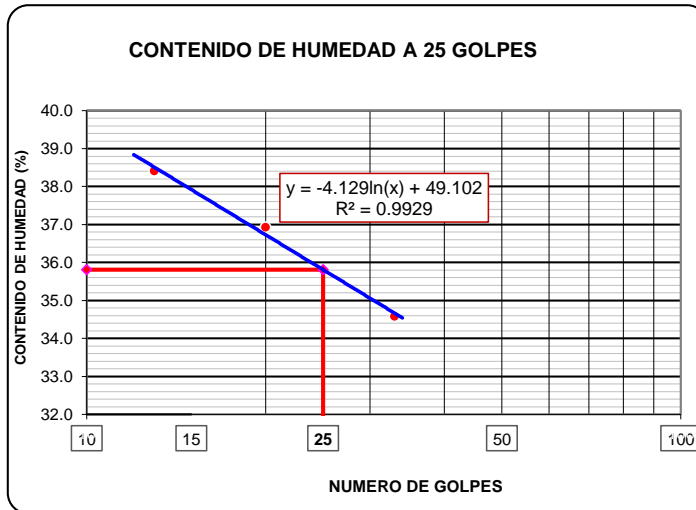
METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS MTC E 110 Y E 111 - A.S.T.M. D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90

I. Datos Generales

| | |
|---|---|
| PROCEDENCIA : ADICION DE 5% CENIZA (REPETICION 02) | TAMAÑO MAXIMO : 1" |
| CALICATA : C-3 / M-1 | DESCRIPCION : AV. INMACULADA CDRA 10 |
| PROFUND. : 0.20 - 1.70 m. | |

| LIMITE LIQUIDO (MTC E 110) | | | | | |
|-------------------------------|--|-------|-------|-------|--|
| Nº TARRO | | 17 | 11 | 4 | |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g) | | 37.80 | 47.10 | 41.80 | |
| PESO TARRO + SUELO SECO (g) | | 32.10 | 38.90 | 35.50 | |
| PESO DE AGUA (g) | | 5.70 | 8.20 | 6.30 | |
| PESO DEL TARRO (g) | | 17.26 | 16.69 | 17.28 | |
| PESO DEL SUELO SECO (g) | | 14.84 | 22.21 | 18.22 | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | | 38.41 | 36.92 | 34.58 | |
| NUMERO DE GOLPES | | 13 | 20 | 33 | |

| LIMITE PLASTICO (MTC E 111) | | | | | |
|-------------------------------|--|-------|-------|--|--|
| Nº TARRO | | 24 | 47 | | |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g) | | 10.11 | 10.28 | | |
| PESO TARRO + SUELO SECO (g) | | 9.31 | 9.52 | | |
| PESO DE AGUA (g) | | 0.80 | 0.76 | | |
| PESO DEL TARRO (g) | | 6.33 | 6.62 | | |
| PESO DEL SUELO SECO (g) | | 2.98 | 2.90 | | |
| CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%) | | 26.85 | 26.21 | | |



| CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA | |
|----------------------------------|-----|
| LIMITE LIQUIDO | 36% |
| LIMITE PLASTICO | 27% |
| INDICE DE PLASTICIDAD | 9% |

| OBSERVACIONES |
|---------------|
| |

TESIS: "MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA INMACULADA AL ADICIONAR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ, JAEN 2023"



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO

DISTRITO: JAEN, PROVINCIA: JAEN, DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA: JULIO - 2023

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557, MTC-115)

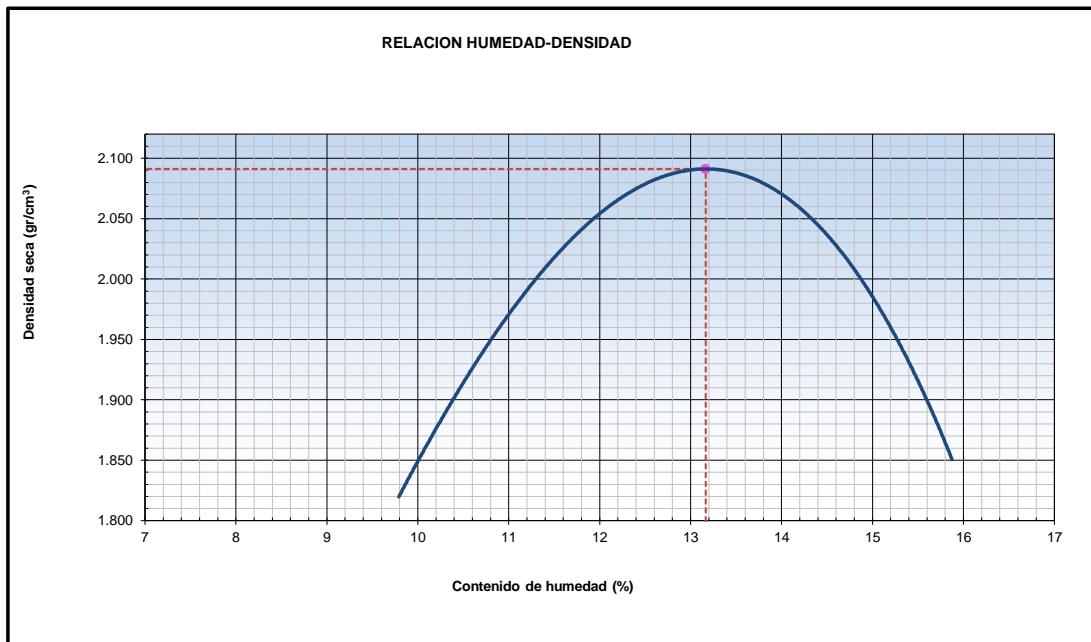
I. Datos Generales

PROCEDENCIA : ADICION DE 5% CENIZA (REPETICION 02)
P. EXPLOR. : C - 3
MATERIAL : -
PROFUND. : 0.20 - 1.70

CLASF. (SUCS) : SM
CLASF. (AASHTO) : A-4 (3)
LADO : AV. INMACULADA CDRA 10

Método "B"

| Número de Ensayo | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--|--------------------|--------|--------|--------|--------|-------|
| Peso suelo + molde | gr | 5804 | 5991 | 6154 | 5943 | |
| Peso molde | gr | 3910 | 3910 | 3910 | 3910 | |
| Peso suelo húmedo compactado | gr | 1894 | 2081 | 2244 | 2033 | |
| Volumen del molde | cm ³ | 948 | 948 | 948 | 948 | |
| Peso volumétrico húmedo | gr | 1.998 | 2.195 | 2.367 | 2.145 | |
| Recipiente N° | | 25 | 30 | 12 | 17 | |
| Peso del suelo húmedo+tara | gr | 105.20 | 112.70 | 104.80 | 121.40 | |
| Peso del suelo seco + tara | gr | 97.70 | 103.70 | 95.10 | 107.70 | |
| Tara | gr | 21.10 | 22.30 | 21.60 | 21.40 | |
| Peso de agua | gr | 7.50 | 9.00 | 9.70 | 13.70 | |
| Peso del suelo seco | gr | 76.60 | 81.40 | 73.50 | 86.30 | |
| Contenido de agua | % | 9.79 | 11.06 | 13.20 | 15.87 | |
| Peso volumétrico seco | gr/cm ³ | 1.820 | 1.977 | 2.091 | 1.851 | |
| <i>Densidad máxima (gr/cm³)</i> | | | | | | 2.091 |
| <i>Humedad óptima (%)</i> | | | | | | 13.2 |



OBSERVACIONES.

TESIS: "MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA INMACULADA AL ADICIONAR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ, JAEN 2023"



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO

DISTRITO: JAEN, PROVINCIA: JAEN, DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA: JULIO - 2023

RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132)

I. Datos Generales

| | |
|---|--------------------------------------|
| PROCEDENCIA : ADICION DE 5% CENIZA (REPETICION 02) | CLASF. (SUCS) : SM |
| P. EXPLOR. : C - 3 | CLASF. (AASHTO) : A-4 (3) |
| MATERIAL : - | LADO : AV. INMACULADA CDRA 10 |
| PROFUND. : 0.20 - 1.70 | |

| Molde N° | 123 | | 122 | | 121 | |
|--------------------------------------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|
| Capas N° | 5 | | 5 | | 5 | |
| Golpes por capa N° | 56 | | 25 | | 12 | |
| Condición de la muestra | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO |
| Peso de molde + Suelo húmedo (g) | 12433.00 | 12615.00 | 12291.00 | 12540.00 | 12247.00 | 12410.00 |
| Peso de molde (g) | 7500.00 | 7500.00 | 7420.00 | 7420.00 | 7484.00 | 7484.00 |
| Peso del suelo húmedo (g) | 4933 | 5115 | 4871 | 5120 | 4763 | 4926.00 |
| Volumen del molde (cm ³) | 2109.00 | 2109.00 | 2118.00 | 2118.00 | 2120.00 | 2120.00 |
| Densidad húmeda (g/cm ³) | 2.339 | 2.425 | 2.300 | 2.417 | 2.247 | 2.324 |
| Tara (N°) | 7 | 4 | 72 | 48 | 25 | 11 |
| Peso suelo húmedo + tara (g) | 95.80 | 117.00 | 97.60 | 102.70 | 84.40 | 94.20 |
| Peso suelo seco + tara (g) | 87.90 | 103.90 | 89.50 | 90.50 | 77.20 | 83.20 |
| Peso de tara (g) | 21.20 | 22.40 | 22.40 | 22.10 | 22.10 | 22.20 |
| Peso de agua (g) | 7.90 | 13.10 | 8.10 | 12.20 | 7.20 | 11.00 |
| Peso de suelo seco (g) | 66.70 | 81.50 | 67.10 | 68.40 | 55.10 | 61.00 |
| Contenido de humedad (%) | 11.84 | 16.07 | 12.07 | 17.84 | 13.07 | 18.03 |
| Densidad seca (g/cm ³) | 2.091 | 2.089 | 2.052 | 2.051 | 1.987 | 1.969 |

EXPANSION

| FECHA | HORA | TIEMPO | DIAL | EXPANSION | | DIAL | EXPANSION | | DIAL | EXPANSION | |
|------------|-------|--------|-------|-----------|------|-------|-----------|------|-------|-----------|------|
| | | | | mm | % | | mm | % | | mm | % |
| 21/08/2023 | 11:00 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.0 | 0.000 | 0.000 | 0.0 | 0.000 | 0.000 | 0.0 |
| 22/08/2023 | 11:06 | 24 | 0.100 | 0.100 | 0.08 | 0.150 | 0.150 | 0.13 | 0.160 | 0.160 | 0.14 |
| 23/08/2023 | 11:12 | 48 | 0.150 | 0.150 | 0.13 | 0.200 | 0.200 | 0.17 | 0.220 | 0.220 | 0.19 |
| 24/08/2023 | 11:18 | 72 | 0.200 | 0.200 | 0.17 | 0.250 | 0.250 | 0.21 | 0.360 | 0.360 | 0.31 |
| 25/08/2023 | 11:24 | 84 | 0.300 | 0.300 | 0.25 | 0.350 | 0.350 | 0.30 | 0.400 | 0.400 | 0.34 |

PENETRACION

DATOS DEL PISON

| | |
|--------------------------|-------|
| Diametro del Piston (cm) | 5.08 |
| Area (cm ²) | 20.27 |

| PENETRACION mm | CARGA STAND. kg/cm ² | MOLDE N° 123 | | | | MOLDE N° 122 | | | | MOLDE N° 121 | | | |
|-------------------|---------------------------------------|--------------|-------|------------|------|--------------|-------|------------|------|--------------|-------|------------|-----|
| | | CARGA | | CORRECCION | | CARGA | | CORRECCION | | CARGA | | CORRECCION | |
| | | Dial (div) | kg | kg | % | Dial (div) | kg | kg | % | Dial (div) | kg | kg | % |
| 0.000 | | 0.0 | 0.0 | | | 0.0 | 0.0 | | | 0.0 | 0.0 | | |
| 0.635 | | 45.8 | 45.8 | | | 35.4 | 35.4 | | | 31.5 | 31.5 | | |
| 1.270 | | 108.7 | 108.7 | | | 77.9 | 77.9 | | | 58.8 | 58.8 | | |
| 1.905 | | 174.5 | 174.5 | | | 113.5 | 113.5 | | | 80.6 | 80.6 | | |
| 2.540 | 70.5 | 238.9 | 238.9 | 220.0 | 15.4 | 164.8 | 164.8 | 149.5 | 10.5 | 102.0 | 102.0 | 102.6 | 7.2 |
| 3.810 | | 293.3 | 293.3 | | | 204.6 | 204.6 | | | 149.5 | 149.5 | | |
| 5.080 | 105.7 | 352.7 | 352.7 | 360.4 | 16.8 | 261.0 | 261.0 | 267.6 | 12.5 | 200.4 | 200.4 | 206.8 | 9.7 |
| 6.350 | | 411.4 | 411.4 | | | 314.1 | 314.1 | | | 255.6 | 255.6 | | |
| 7.620 | | 435.6 | 435.6 | | | 357.8 | 357.8 | | | 297.8 | 297.8 | | |
| 10.160 | | | | | | 398.0 | 398.0 | | | 328.7 | 328.7 | | |

OBSERVACIONES.



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO

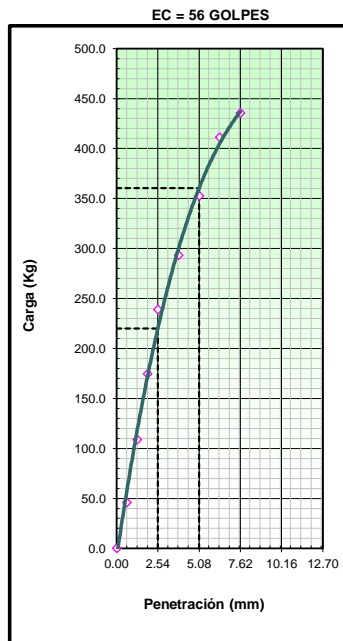
DISTRITO: JAEN, PROVINCIA: JAEN, DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA: JULIO - 2023

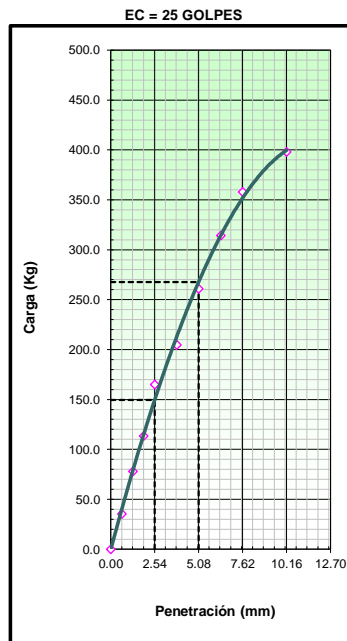
RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132)

I. Datos Generales

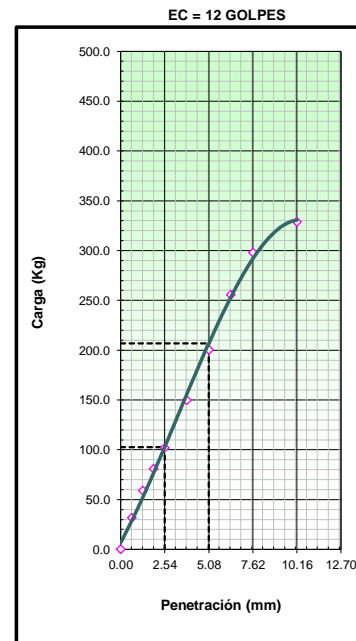
| | | | |
|--------------------|--|------------------------|--------------------------|
| PROCEDENCIA | : ADICION DE 5% CENIZA (REPETICION 02) | CLASF. (SUCS) | : SM |
| P. EXPLOR. | : C - 3 | CLASF. (AASHTO) | : A-4 (3) |
| MATERIAL | : - | LADO | : AV. INMACULADA CDRA 10 |
| PROFUND. | : 0.20 - 1.70 | | |



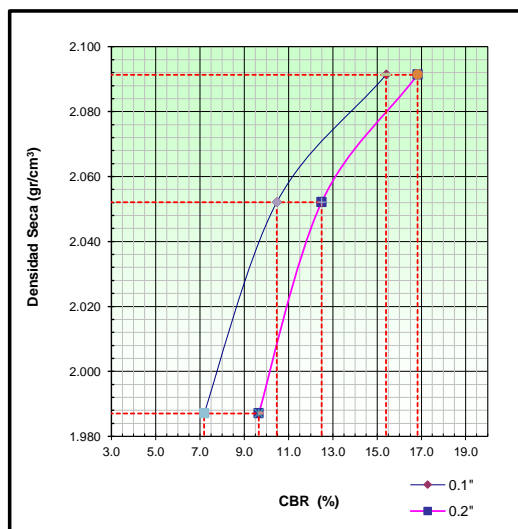
| | |
|------------|-------|
| CBR (0.1") | 15.4% |
| CBR (0.2") | 16.8% |



| | |
|------------|-------|
| CBR (0.1") | 10.5% |
| CBR (0.2") | 12.5% |



| | |
|------------|------|
| CBR (0.1") | 7.2% |
| CBR (0.2") | 9.7% |



| | |
|----------------------------------|--------------|
| METODO DE COMPACTACION | : ASTM D1557 |
| MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) | : 2.091 |
| OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | : 13.2 |
| 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) | : 1.987 |
| DENSIDAD INSITU (g/cm3) | : |

| | | | | |
|------------------------------|------|------|------|------|
| C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) | 0.1" | 15.4 | 0.2" | 16.8 |
| C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) | 0.1" | 7.2 | 0.2" | 9.7 |

RESULTADOS CBR a 0.1":
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 7.2 (%)

OBSERVACIONES:

OBSERVACIONES.



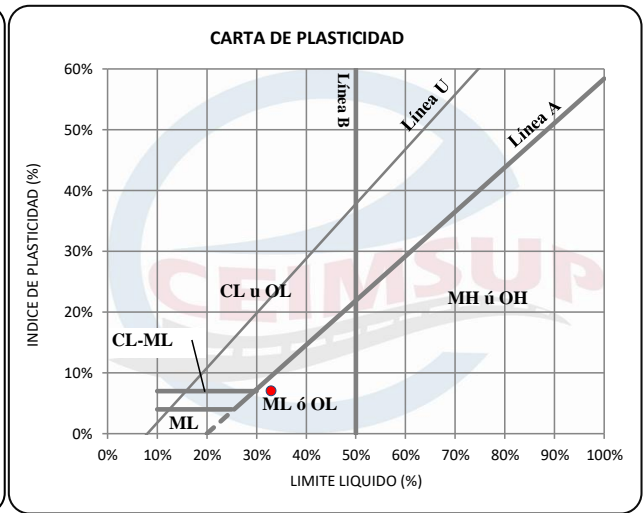
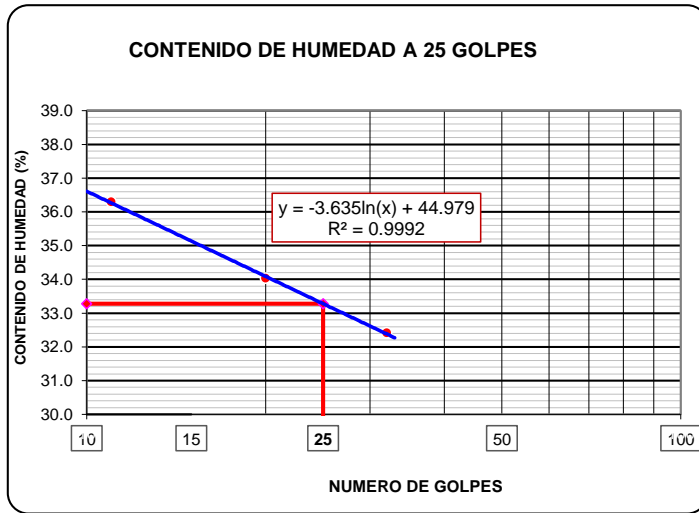
METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS MTC E 110 Y E 111 - A.S.T.M. D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90

I. Datos Generales

| | |
|---|---|
| PROCEDENCIA : ADICION DE 8% CENIZA (REPETICION 02) | TAMAÑO MAXIMO : 1" |
| CALICATA : C-3 / M-1 | DESCRIPCION : AV. INMACULADA CDRA 10 |
| PROFUND. : 0.20 - 1.70 m. | |

| LIMITE LIQUIDO (MTC E 110) | | | | |
|-------------------------------|--|-------|-------|-------|
| Nº TARRO | | 41 | 3 | 17 |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g) | | 44.70 | 34.80 | 39.40 |
| PESO TARRO + SUELO SECO (g) | | 37.50 | 30.07 | 33.98 |
| PESO DE AGUA (g) | | 7.20 | 4.73 | 5.42 |
| PESO DEL TARRO (g) | | 17.66 | 16.17 | 17.26 |
| PESO DEL SUELO SECO (g) | | 19.84 | 13.90 | 16.72 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | | 36.29 | 34.03 | 32.42 |
| NUMERO DE GOLPES | | 11 | 20 | 32 |

| LIMITE PLASTICO (MTC E 111) | | | | |
|-------------------------------|--|-------|-------|--|
| Nº TARRO | | 28 | 51 | |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g) | | 10.71 | 11.12 | |
| PESO TARRO + SUELO SECO (g) | | 9.88 | 10.59 | |
| PESO DE AGUA (g) | | 0.83 | 0.53 | |
| PESO DEL TARRO (g) | | 6.63 | 8.55 | |
| PESO DEL SUELO SECO (g) | | 3.25 | 2.04 | |
| CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%) | | 25.54 | 25.98 | |



| CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA | |
|----------------------------------|-----|
| LIMITE LIQUIDO | 33% |
| LIMITE PLASTICO | 26% |
| INDICE DE PLASTICIDAD | 7% |

| OBSERVACIONES |
|---------------|
| |

TESIS: "MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA INMACULADA AL ADICIONAR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ, JAEN 2023"



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO

DISTRITO: JAEN, PROVINCIA: JAEN, DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA: JULIO - 2023

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557, MTC-115)

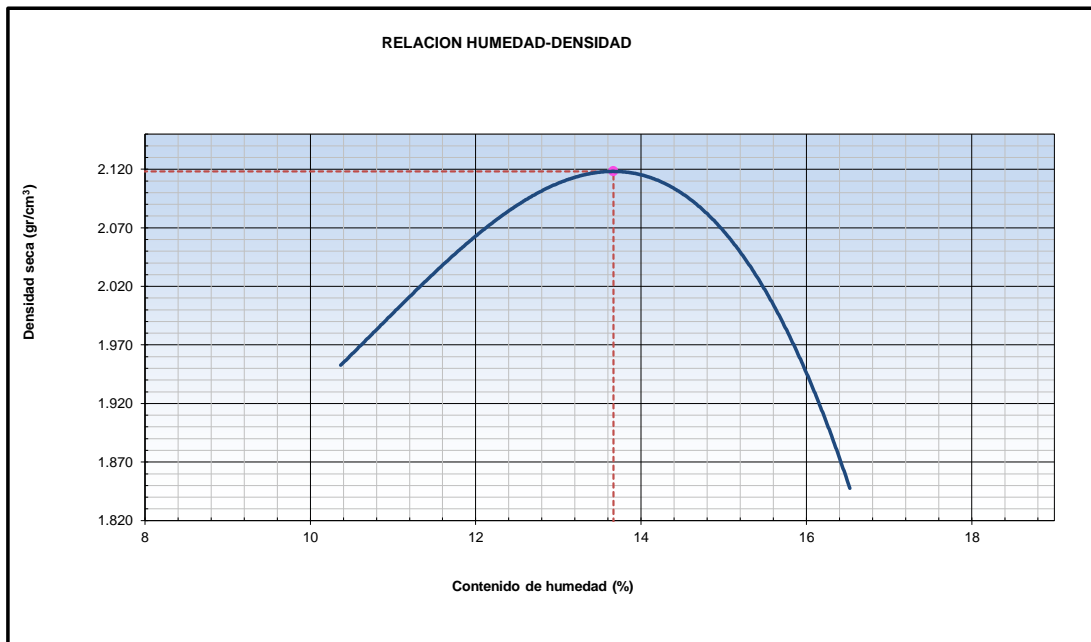
I. Datos Generales

PROCEDENCIA : ADICION DE 8% CENIZA (REPETICION 02)
P. EXPLOR. : C - 3
MATERIAL : -
PROFUND. : 0.20 - 1.70

CLASF. (SUCS) : ML
CLASF. (AASHTO) : A-4 (3)
LADO : AV. INMACULADA CDRA 10

Método "B"

| Número de Ensayo | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--|--------------------|--------|--------|--------|--------|-------|
| Peso suelo + molde | gr | 5953 | 6140 | 6166 | 5951 | |
| Peso molde | gr | 3910 | 3910 | 3910 | 3910 | |
| Peso suelo húmedo compactado | gr | 2043 | 2230 | 2256 | 2041 | |
| Volumen del molde | cm ³ | 948 | 948 | 948 | 948 | |
| Peso volumétrico húmedo | gr | 2.155 | 2.352 | 2.380 | 2.153 | |
| Recipiente N° | | 5 | 9 | 4 | 19 | |
| Peso del suelo húmedo+tara | gr | 108.40 | 123.80 | 116.10 | 118.00 | |
| Peso del suelo seco + tara | gr | 100.20 | 112.50 | 103.80 | 104.30 | |
| Tara | gr | 21.10 | 22.30 | 21.60 | 21.40 | |
| Peso de agua | gr | 8.20 | 11.30 | 12.30 | 13.70 | |
| Peso del suelo seco | gr | 79.10 | 90.20 | 82.20 | 82.90 | |
| Contenido de agua | % | 10.37 | 12.53 | 14.96 | 16.53 | |
| Peso volumétrico seco | gr/cm ³ | 1.953 | 2.090 | 2.070 | 1.848 | |
| <i>Densidad máxima (gr/cm³)</i> | | | | | | 2.118 |
| <i>Humedad óptima (%)</i> | | | | | | 13.7 |



OBSERVACIONES.

TESIS: "MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA INMACULADA AL ADICIONAR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ, JAEN 2023"



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO

DISTRITO: JAEN, PROVINCIA: JAEN, DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA: JULIO - 2023

RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132)

I. Datos Generales

| | |
|---|--------------------------------------|
| PROCEDENCIA : ADICION DE 8% CENIZA (REPETICION 02) | CLASF. (SUCS) : ML |
| P. EXPLOR. : C - 3 | CLASF. (AASHTO) : A-4 (3) |
| MATERIAL : - | LADO : AV. INMACULADA CDRA 10 |
| PROFUND. : 0.20 - 1.70 | |

| Molde N° | 123 | | 122 | | 121 | |
|--------------------------------------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|
| Capas N° | 5 | | 5 | | 5 | |
| Golpes por capa N° | 56 | | 25 | | 12 | |
| Condición de la muestra | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO |
| Peso de molde + Suelo húmedo (g) | 12504.00 | 12638.00 | 12356.00 | 12546.00 | 12350.00 | 12495.00 |
| Peso de molde (g) | 7500.00 | 7500.00 | 7420.00 | 7420.00 | 7484.00 | 7484.00 |
| Peso del suelo húmedo (g) | 5004 | 5138 | 4936 | 5126 | 4866 | 5011.00 |
| Volumen del molde (cm ³) | 2109.00 | 2109.00 | 2118.00 | 2118.00 | 2120.00 | 2120.00 |
| Densidad húmeda (g/cm ³) | 2.373 | 2.436 | 2.331 | 2.420 | 2.295 | 2.364 |
| Tara (N°) | | | | | | |
| Peso suelo húmedo + tara (g) | 127.60 | 142.30 | 144.50 | 163.30 | 114.20 | 134.60 |
| Peso suelo seco + tara (g) | 113.90 | 122.90 | 128.60 | 139.50 | 100.10 | 114.40 |
| Peso de tara (g) | | | | | | |
| Peso de agua (g) | 13.70 | 19.40 | 15.90 | 23.80 | 14.10 | 20.20 |
| Peso de suelo seco (g) | 113.90 | 122.90 | 128.60 | 139.50 | 100.10 | 114.40 |
| Contenido de humedad (%) | 12.03 | 15.79 | 12.36 | 17.06 | 14.09 | 17.66 |
| Densidad seca (g/cm ³) | 2.118 | 2.104 | 2.074 | 2.067 | 2.012 | 2.009 |

EXPANSION

| FECHA | HORA | TIEMPO | DIAL | EXPANSION | | DIAL | EXPANSION | | DIAL | EXPANSION | |
|------------|-------|--------|-------|-----------|------|-------|-----------|------|-------|-----------|------|
| | | | | mm | % | | mm | % | | mm | % |
| 28/08/2023 | 10:00 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.0 | 0.000 | 0.000 | 0.0 | 0.000 | 0.000 | 0.0 |
| 29/08/2023 | 10:06 | 24 | 0.070 | 0.070 | 0.06 | 0.100 | 0.100 | 0.08 | 0.110 | 0.110 | 0.09 |
| 30/08/2023 | 10:12 | 48 | 0.130 | 0.130 | 0.11 | 0.160 | 0.160 | 0.14 | 0.200 | 0.200 | 0.17 |
| 31/08/2023 | 10:18 | 72 | 0.180 | 0.180 | 0.15 | 0.230 | 0.230 | 0.19 | 0.250 | 0.250 | 0.21 |
| 01/09/2023 | 10:24 | 84 | 0.250 | 0.250 | 0.21 | 0.280 | 0.280 | 0.24 | 0.300 | 0.300 | 0.25 |

PENETRACION

| | | DATOS DEL PISON | | | | | | | | | | | |
|-------------------|---------------------------|--------------------------|-------|------------|------|--------------|-------|------------|------|--------------|-------|------------|------|
| | | Diametro del Piston (cm) | | | | 5.08 | | | | | | | |
| | | Area (cm2) | | | | 20.27 | | | | | | | |
| PENETRACION mm | CARGA STAND. kg/cm2 | MOLDE N° 123 | | | | MOLDE N° 122 | | | | MOLDE N° 121 | | | |
| | | CARGA | | CORRECCION | | CARGA | | CORRECCION | | CARGA | | CORRECCION | |
| | | Dial (div) | kg | kg | % | Dial (div) | kg | kg | % | Dial (div) | kg | kg | % |
| 0.000 | | 0.0 | 0.0 | | | 0.0 | 0.0 | | | 0.0 | 0.0 | | |
| 0.635 | | 45.2 | 45.2 | | | 38.5 | 38.5 | | | 33.8 | 33.8 | | |
| 1.270 | | 118.4 | 118.4 | | | 95.1 | 95.1 | | | 75.4 | 75.4 | | |
| 1.905 | | 165.3 | 165.3 | | | 125.6 | 125.6 | | | 123.6 | 123.6 | | |
| 2.540 | 70.5 | 215.4 | 215.4 | 213.6 | 15.0 | 185.6 | 185.6 | 171.5 | 12.0 | 151.8 | 151.8 | 146.5 | 10.3 |
| 3.810 | | 298.6 | 298.6 | | | 230.5 | 230.5 | | | 195.6 | 195.6 | | |
| 5.080 | 105.7 | 355.9 | 355.9 | 360.0 | 16.8 | 285.6 | 285.6 | 288.6 | 13.5 | 238.7 | 238.7 | 241.9 | 11.3 |
| 6.350 | | 411.2 | 411.2 | | | 335.7 | 335.7 | | | 270.0 | 270.0 | | |
| 7.620 | | 450.6 | 450.6 | | | 360.0 | 360.0 | | | 304.5 | 304.5 | | |
| 10.160 | | | | | | 408.9 | 408.9 | | | 328.0 | 328.0 | | |

OBSERVACIONES.

TESIS: "MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA INMACULADA AL ADICIONAR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ, JAEN 2023"



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO

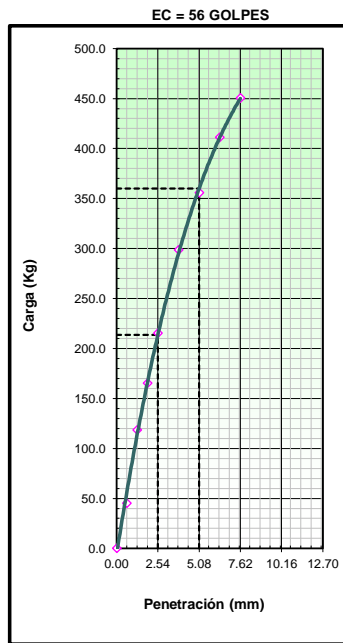
DISTRITO: JAEN, PROVINCIA: JAEN, DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA: JULIO - 2023

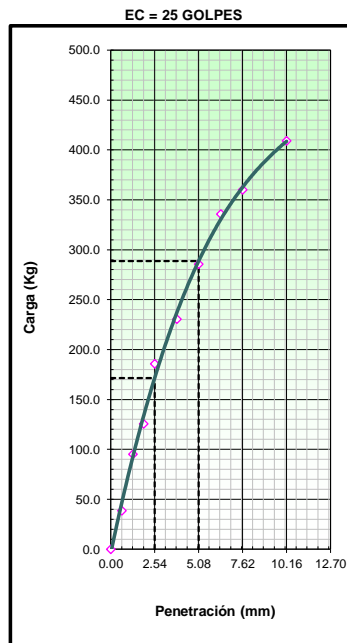
RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132)

I. Datos Generales

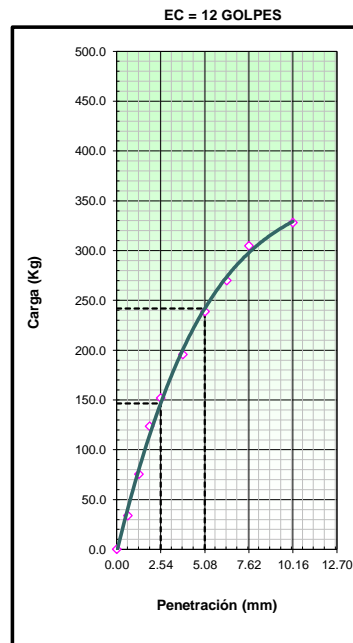
| | | | |
|--------------------|--|------------------------|--------------------------|
| PROCEDENCIA | : ADICION DE 8% CENIZA (REPETICION 02) | CLASF. (SUCS) | : ML |
| P. EXPLOR. | : C - 3 | CLASF. (AASHTO) | : A-4 (3) |
| MATERIAL | : - | LADO | : AV. INMACULADA CDRA 10 |
| PROFUND. | : 0.20 - 1.70 | | |



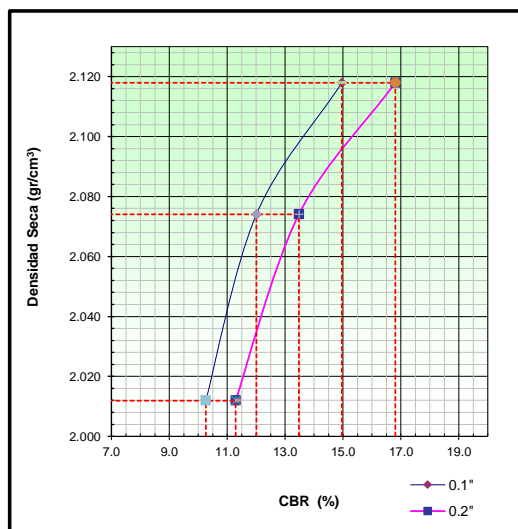
| | |
|------------|-------|
| CBR (0.1") | 15.0% |
| CBR (0.2") | 16.8% |



| | |
|------------|-------|
| CBR (0.1") | 12.0% |
| CBR (0.2") | 13.5% |



| | |
|------------|-------|
| CBR (0.1") | 10.3% |
| CBR (0.2") | 11.3% |



| | |
|----------------------------------|--------------|
| METODO DE COMPACTACION | : ASTM D1557 |
| MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) | : 2.118 |
| OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | : 13.7 |
| 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) | : 2.012 |
| DENSIDAD INSITU (g/cm3) | : |

| | | | | |
|------------------------------|------|------|------|------|
| C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) | 0.1" | 15.0 | 0.2" | 16.8 |
| C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) | 0.1" | 10.3 | 0.2" | 11.3 |

RESULTADOS CBR a 0.1":
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 10.3 (%)

OBSERVACIONES:

OBSERVACIONES.



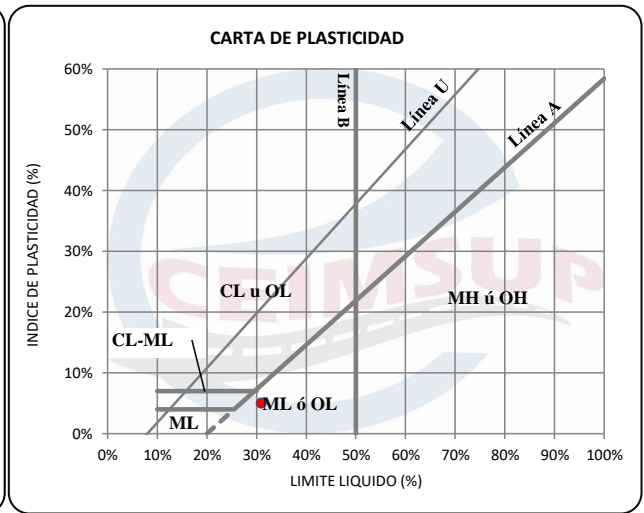
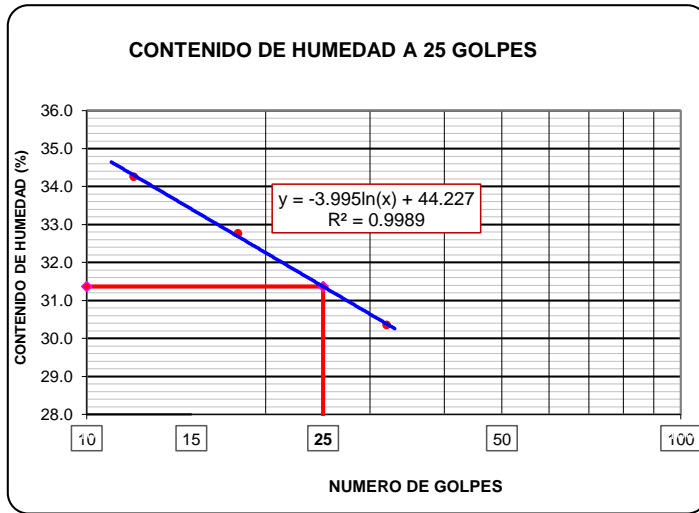
METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS MTC E 110 Y E 111 - A.S.T.M. D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90

I. Datos Generales

| | |
|--|---|
| PROCEDENCIA : ADICION DE 11% CENIZA (REPETICION 02) | TAMAÑO MAXIMO : 1" |
| CALICATA : C-3 / M-1 | DESCRIPCION : AV. INMACULADA CDRA 10 |
| PROFUND. : 0.20 - 1.70 m. | |

| LIMITE LIQUIDO (MTC E 110) | | | | | |
|-------------------------------|--|-------|-------|-------|--|
| Nº TARRO | | 23 | 17 | 85 | |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g) | | 38.50 | 40.28 | 38.14 | |
| PESO TARRO + SUELO SECO (g) | | 32.80 | 34.60 | 33.80 | |
| PESO DE AGUA (g) | | 5.70 | 5.68 | 4.34 | |
| PESO DEL TARRO (g) | | 16.16 | 17.26 | 19.50 | |
| PESO DEL SUELO SECO (g) | | 16.64 | 17.34 | 14.30 | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | | 34.25 | 32.76 | 30.35 | |
| NUMERO DE GOLPES | | 12 | 18 | 32 | |

| LIMITE PLASTICO (MTC E 111) | | | | | |
|-------------------------------|--|-------|-------|--|--|
| Nº TARRO | | 11 | 3 | | |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g) | | 10.15 | 10.75 | | |
| PESO TARRO + SUELO SECO (g) | | 9.45 | 10.01 | | |
| PESO DE AGUA (g) | | 0.70 | 0.74 | | |
| PESO DEL TARRO (g) | | 6.70 | 7.16 | | |
| PESO DEL SUELO SECO (g) | | 2.75 | 2.85 | | |
| CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%) | | 25.45 | 25.96 | | |



| CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA | |
|----------------------------------|-----|
| LIMITE LIQUIDO | 31% |
| LIMITE PLASTICO | 26% |
| INDICE DE PLASTICIDAD | 5% |

| OBSERVACIONES |
|---------------|
| |

TESIS: "MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA INMACULADA AL ADICIONAR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ, JAEN 2023"



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO

DISTRITO: JAEN, PROVINCIA: JAEN, DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA: JULIO - 2023

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557, MTC-115)

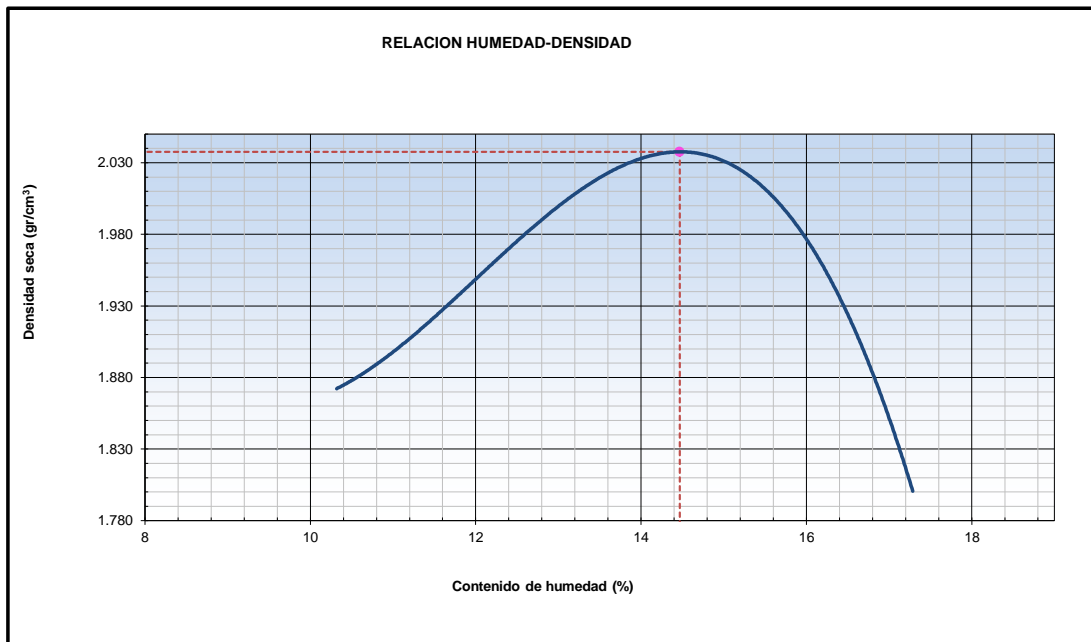
I. Datos Generales

PROCEDENCIA : ADICION DE 11% CENIZA (REPETICION 02)
P. EXPLOR. : C - 3
MATERIAL : -
PROFUND. : 0.20 - 1.70

CLASF. (SUCS) : ML
CLASF. (AASHTO) : A-4 (3)
LADO : AV. INMACULADA CDRA 10

Método "B"

| Número de Ensayo | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--|--------------------|--------|--------|--------|--------|-------|
| Peso suelo + molde | gr | 5868 | 6018 | 6124 | 5912 | |
| Peso molde | gr | 3910 | 3910 | 3910 | 3910 | |
| Peso suelo húmedo compactado | gr | 1958 | 2108 | 2214 | 2002 | |
| Volumen del molde | cm ³ | 948 | 948 | 948 | 948 | |
| Peso volumétrico húmedo | gr | 2.065 | 2.224 | 2.335 | 2.112 | |
| Recipiente N° | | 5 | 20 | 12 | 14 | |
| Peso del suelo húmedo+tara | gr | 152.60 | 164.30 | 147.00 | 128.60 | |
| Peso del suelo seco + tara | gr | 140.30 | 148.50 | 130.60 | 112.80 | |
| Tara | gr | 21.10 | 22.30 | 21.60 | 21.40 | |
| Peso de agua | gr | 12.30 | 15.80 | 16.40 | 15.80 | |
| Peso del suelo seco | gr | 119.20 | 126.20 | 109.00 | 91.40 | |
| Contenido de agua | % | 10.32 | 12.52 | 15.05 | 17.29 | |
| Peso volumétrico seco | gr/cm ³ | 1.872 | 1.976 | 2.030 | 1.801 | |
| <i>Densidad máxima (gr/cm³)</i> | | | | | | 2.038 |
| <i>Humedad óptima (%)</i> | | | | | | 14.5 |



OBSERVACIONES.

TESIS: "MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA INMACULADA AL ADICIONAR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ, JAEN 2023"



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO

DISTRITO: JAEN, PROVINCIA: JAEN, DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA: JULIO - 2023

RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132)

I. Datos Generales

| | |
|--|--------------------------------------|
| PROCEDECENCIA : ADICION DE 11% CENIZA (REPETICION 02) | CLASF. (SUCS) : ML |
| P. EXPLOR. : C - 3 | CLASF. (AASHTO) : A-4 (3) |
| MATERIAL : - | LADO : AV. INMACULADA CDRA 10 |
| PROFUND. : 0.20 - 1.70 | |

| Molde N° | 123 | | 122 | | 121 | |
|--------------------------------------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|
| Capas N° | 5 | | 5 | | 5 | |
| Golpes por capa N° | 56 | | 25 | | 12 | |
| Condición de la muestra | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO |
| Peso de molde + Suelo húmedo (g) | 12337.00 | 12521.00 | 12204.00 | 12452.00 | 12160.00 | 12288.00 |
| Peso de molde (g) | 7500.00 | 7500.00 | 7420.00 | 7420.00 | 7484.00 | 7484.00 |
| Peso del suelo húmedo (g) | 4837 | 5021 | 4784 | 5032 | 4676 | 4804.00 |
| Volumen del molde (cm ³) | 2109.00 | 2109.00 | 2118.00 | 2118.00 | 2120.00 | 2120.00 |
| Densidad húmeda (g/cm ³) | 2.294 | 2.381 | 2.259 | 2.376 | 2.206 | 2.266 |
| Tara (N°) | 33 | 28 | 19 | 6 | 17 | 41 |
| Peso suelo húmedo + tara (g) | 139.80 | 132.70 | 133.40 | 142.30 | 138.90 | 147.40 |
| Peso suelo seco + tara (g) | 125.80 | 116.80 | 119.80 | 123.90 | 124.00 | 127.50 |
| Peso de tara (g) | 21.30 | 24.50 | 21.60 | 21.10 | 21.20 | 21.20 |
| Peso de agua (g) | 14.00 | 15.90 | 13.60 | 18.40 | 14.90 | 19.90 |
| Peso de suelo seco (g) | 104.50 | 92.30 | 98.20 | 102.80 | 102.80 | 106.30 |
| Contenido de humedad (%) | 13.40 | 17.23 | 13.85 | 17.90 | 14.49 | 18.72 |
| Densidad seca (g/cm ³) | 2.023 | 2.031 | 1.984 | 2.015 | 1.926 | 1.909 |

EXPANSION

| FECHA | HORA | TIEMPO | DIAL | EXPANSION | | DIAL | EXPANSION | | DIAL | EXPANSION | |
|------------|-------|--------|-------|-----------|------|-------|-----------|------|-------|-----------|------|
| | | | | mm | % | | mm | % | | mm | % |
| 04/09/2023 | 15:00 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.0 | 0.000 | 0.000 | 0.0 | 0.000 | 0.000 | 0.0 |
| 05/09/2023 | 15:06 | 24 | 0.030 | 0.030 | 0.03 | 0.070 | 0.050 | 0.04 | 0.100 | 0.100 | 0.08 |
| 06/09/2023 | 15:12 | 48 | 0.080 | 0.080 | 0.07 | 0.140 | 0.090 | 0.08 | 0.150 | 0.150 | 0.13 |
| 07/09/2023 | 15:18 | 72 | 0.120 | 0.120 | 0.10 | 0.200 | 0.140 | 0.12 | 0.220 | 0.220 | 0.19 |
| 08/09/2023 | 15:24 | 84 | 0.150 | 0.150 | 0.13 | 0.240 | 0.160 | 0.14 | 0.260 | 0.260 | 0.22 |

PENETRACION

| DATOS DEL PISON | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|---------------------------------------|--------------|-------|------------|------|--------------|-------|------------|------|--------------|-------|------------|------|
| Diametro del Piston (cm) | | | | | | | | | | | | 5.08 | |
| Area (cm ²) | | | | | | | | | | | | 20.27 | |
| PENETRACION mm | CARGA STAND. kg/cm ² | MOLDE N° 123 | | | | MOLDE N° 122 | | | | MOLDE N° 121 | | | |
| | | CARGA | | CORRECCION | | CARGA | | CORRECCION | | CARGA | | CORRECCION | |
| | | Dial (div) | kg | kg | % | Dial (div) | kg | kg | % | Dial (div) | kg | kg | % |
| 0.000 | | 0.0 | 0.0 | | | 0.0 | 0.0 | | | 0.0 | 0.0 | | |
| 0.635 | | 38.0 | 38.0 | | | 34.7 | 34.7 | | | 30.0 | 30.0 | | |
| 1.270 | | 112.2 | 112.2 | | | 81.1 | 81.1 | | | 68.2 | 68.2 | | |
| 1.905 | | 178.5 | 178.5 | | | 124.5 | 124.5 | | | 110.4 | 110.4 | | |
| 2.540 | 70.5 | 235.6 | 235.6 | 226.1 | 15.8 | 170.0 | 170.0 | 160.3 | 11.2 | 143.2 | 143.2 | 134.5 | 9.4 |
| 3.810 | | 315.4 | 315.4 | | | 228.6 | 228.6 | | | 185.2 | 185.2 | | |
| 5.080 | 105.7 | 386.0 | 386.0 | 387.0 | 18.1 | 287.3 | 287.3 | 294.0 | 13.7 | 238.6 | 238.6 | 243.1 | 11.4 |
| 6.350 | | 437.7 | 437.7 | | | 341.1 | 341.1 | | | 282.4 | 282.4 | | |
| 7.620 | | 485.0 | 485.0 | | | 395.6 | 395.6 | | | 337.3 | 337.3 | | |
| 10.160 | | | | | | 421.0 | 421.0 | | | 386.3 | 386.3 | | |

OBSERVACIONES.

TESIS: "MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA INMACULADA AL ADICIONAR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ, JAEN 2023"



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO

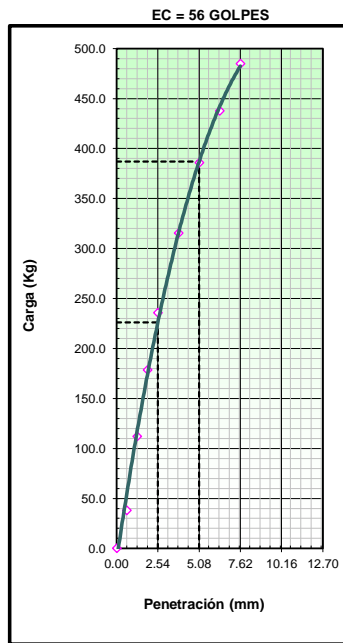
DISTRITO: JAEN, PROVINCIA: JAEN, DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA: JULIO - 2023

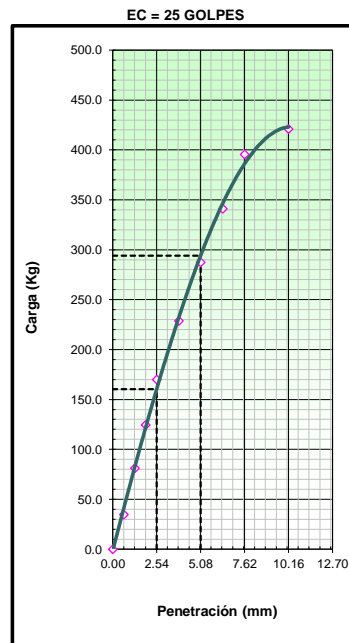
RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132)

I. Datos Generales

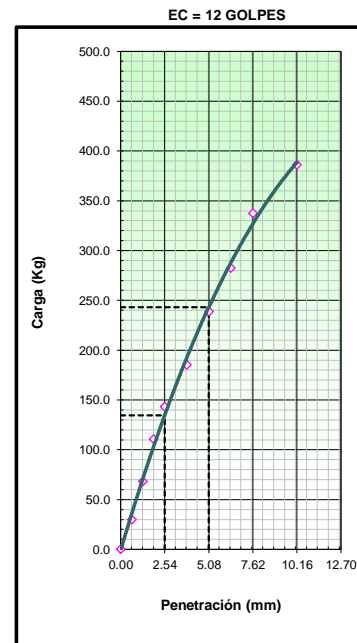
PROCEDENCIA : ADICION DE 11% CENIZA (REPETICION 02) **CLASF. (SUCS)** : ML
P. EXPLOR. : C - 3 **CLASF. (AASHTO)** : A-4 (3)
MATERIAL : - **LADO** : AV. INMACULADA CDRA 10
PROFUND. : 0.20 - 1.70



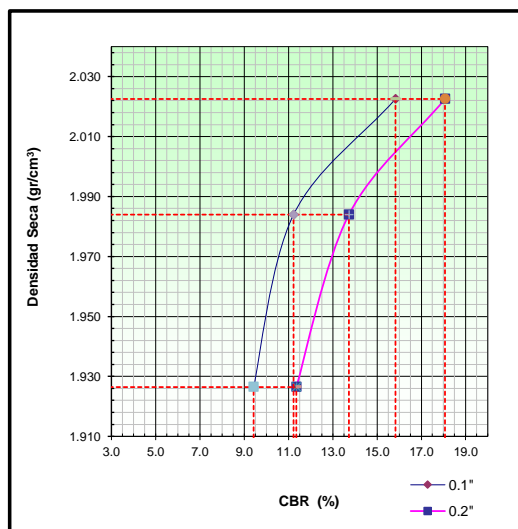
CBR (0.1") 15.8%
 CBR (0.2") 18.1%



CBR (0.1") 11.2%
 CBR (0.2") 13.7%



CBR (0.1") 9.4%
 CBR (0.2") 11.4%



METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 2.038
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 14.5
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 1.936
DENSIDAD INSITU (g/cm3) :

| | | | |
|------------------------------|------|------|-------------|
| C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) | 0.1" | 18.4 | 0.2" : 20.4 |
| C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) | 0.1" | 9.3 | 0.2" : 11.4 |

RESULTADOS CBR a 0.1"
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 9.3 (%)

OBSERVACIONES:

OBSERVACIONES.



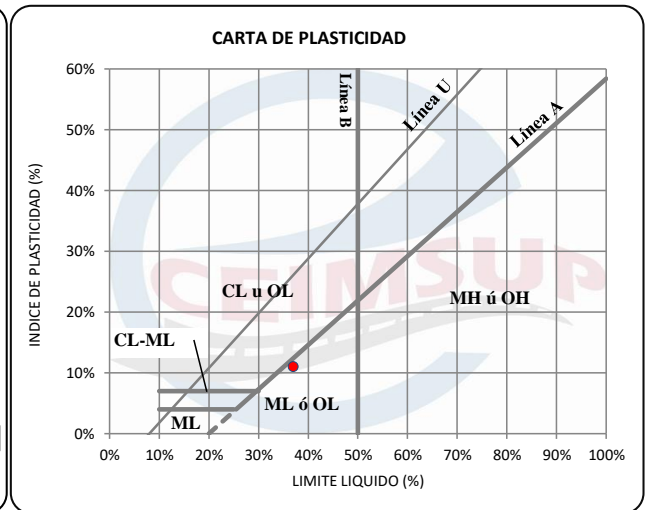
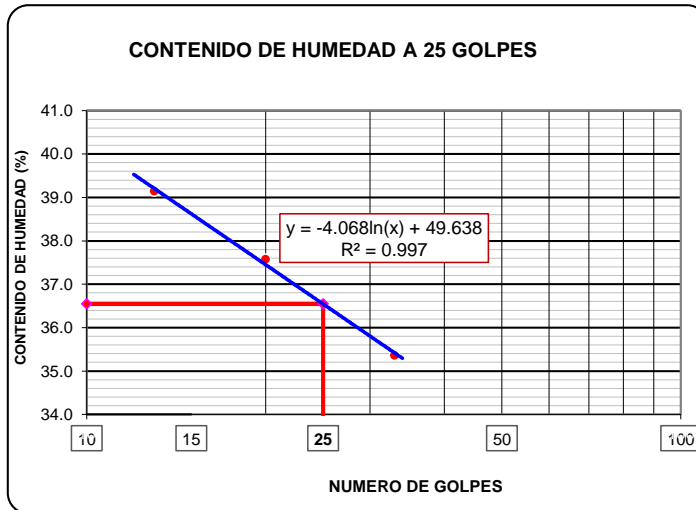
METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS MTC E 110 Y E 111 - A.S.T.M. D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90

I. Datos Generales

| | |
|---|---|
| PROCEDENCIA : MUESTRA PATRON (REPETICION 03) | TAMAÑO MAXIMO : 1" |
| CALICATA : C-3 / M-1 | DESCRIPCION : AV. INMACULADA CDRA 10 |
| PROFUND. : 0.20 - 1.70 m. | |

| LIMITE LIQUIDO (MTC E 110) | | | | | |
|-------------------------------|--|-------|-------|-------|--|
| Nº TARRO | | 4 | 21 | 17 | |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g) | | 31.50 | 33.60 | 30.85 | |
| PESO TARRO + SUELO SECO (g) | | 27.50 | 29.70 | 27.30 | |
| PESO DE AGUA (g) | | 4.00 | 3.90 | 3.55 | |
| PESO DEL TARRO (g) | | 17.28 | 19.32 | 17.26 | |
| PESO DEL SUELO SECO (g) | | 10.22 | 10.38 | 10.04 | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | | 39.14 | 37.57 | 35.36 | |
| NUMERO DE GOLPES | | 13 | 20 | 33 | |

| LIMITE PLASTICO (MTC E 111) | | | | | |
|-------------------------------|--|-------|-------|--|--|
| Nº TARRO | | 22 | 47 | | |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g) | | 9.96 | 10.08 | | |
| PESO TARRO + SUELO SECO (g) | | 9.25 | 9.36 | | |
| PESO DE AGUA (g) | | 0.71 | 0.72 | | |
| PESO DEL TARRO (g) | | 6.52 | 6.62 | | |
| PESO DEL SUELO SECO (g) | | 2.73 | 2.74 | | |
| CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%) | | 26.01 | 26.28 | | |



| CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA | |
|----------------------------------|-----|
| LIMITE LIQUIDO | 37% |
| LIMITE PLASTICO | 26% |
| INDICE DE PLASTICIDAD | 11% |

| OBSERVACIONES |
|---------------|
| |

TESIS: "MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA INMACULADA AL ADICIONAR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ, JAEN 2023"



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO

DISTRITO: JAEN, PROVINCIA: JAEN, DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA: JULIO - 2023

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557, MTC-115)

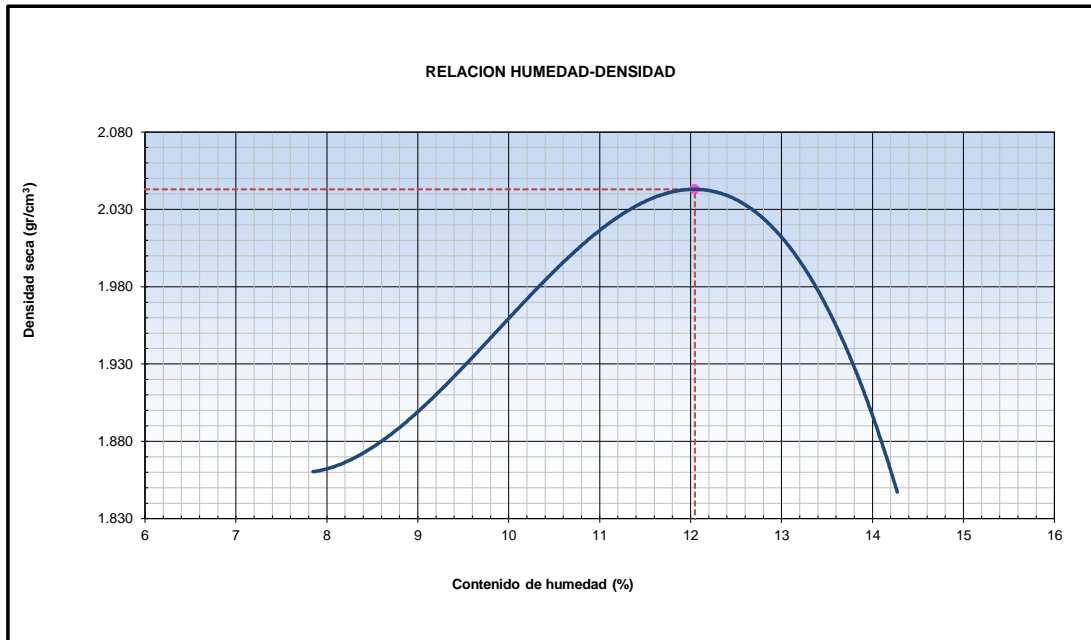
I. Datos Generales

PROCEDENCIA : MUESTRA PATRON (REPETICION 03)
P. EXPLOR. : C-3 / M-1
MATERIAL : -
PROFUND. : 0.20 - 1.70

CLASF. (SUCS) : SM
CLASF. (AASHTO) : A-6 (3)
LADO : AV. INMACULADA CDRA 10

Método "B"

| Número de Ensayo | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--|--------------------|--------|--------|--------|--------|-------|
| Peso suelo + molde | gr | 5812 | 5944 | 6077 | 5911 | |
| Peso molde | gr | 3910 | 3910 | 3910 | 3910 | |
| Peso suelo húmedo compactado | gr | 1902 | 2034 | 2167 | 2001 | |
| Volumen del molde | cm ³ | 948 | 948 | 948 | 948 | |
| Peso volumétrico húmedo | gr | 2.006 | 2.146 | 2.286 | 2.111 | |
| Recipiente N° | | 18 | 27 | 45 | 81 | |
| Peso del suelo húmedo+tara | gr | 128.70 | 140.20 | 151.10 | 145.80 | |
| Peso del suelo seco + tara | gr | 120.90 | 129.50 | 137.40 | 130.60 | |
| Tara | gr | 21.50 | 21.30 | 22.40 | 24.10 | |
| Peso de agua | gr | 7.80 | 10.70 | 13.70 | 15.20 | |
| Peso del suelo seco | gr | 99.40 | 108.20 | 115.00 | 106.50 | |
| Contenido de agua | % | 7.85 | 9.89 | 11.91 | 14.27 | |
| Peso volumétrico seco | gr/cm ³ | 1.860 | 1.952 | 2.043 | 1.847 | |
| <i>Densidad máxima (gr/cm³)</i> | | | | | | 2.043 |
| <i>Humedad óptima (%)</i> | | | | | | 12.0 |



OBSERVACIONES.

TESIS: "MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA INMACULADA AL ADICIONAR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ, JAEN 2023"



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO

DISTRITO: JAEN, PROVINCIA: JAEN, DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA: JULIO - 2023

RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132)

I. Datos Generales

| | |
|---|--------------------------------------|
| PROCEDENCIA : MUESTRA PATRON (REPETICION 03) | CLASF. (SUCS) : SM |
| P. EXPLOR. : C-3 / M-1 | CLASF. (AASHTO) : A-6 (3) |
| MATERIAL : - | LADO : AV. INMACULADA CDRA 10 |
| PROFUND. : 0.20 - 1.70 | |

| Molde N° | 121 | | 122 | | 123 | |
|--------------------------------------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|
| Capas N° | 5 | | 5 | | 5 | |
| Golpes por capa N° | 56 | | 25 | | 12 | |
| Condición de la muestra | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO |
| Peso de molde + Suelo húmedo (g) | 12859.00 | 13052.00 | 12791.00 | 12985.00 | 12531.00 | 12741.00 |
| Peso de molde (g) | 8075.00 | 8075.00 | 8107.00 | 8107.00 | 7929.00 | 7929.00 |
| Peso del suelo húmedo (g) | 4784 | 4977 | 4684 | 4878 | 4602 | 4812.00 |
| Volumen del molde (cm ³) | 2109.00 | 2109.00 | 2118.00 | 2118.00 | 2120.00 | 2120.00 |
| Densidad húmeda (g/cm ³) | 2.268 | 2.360 | 2.212 | 2.303 | 2.171 | 2.270 |
| Tara (N°) | 15 | 7 | 22 | 8 | 12 | 28 |
| Peso suelo húmedo + tara (g) | 150.30 | 129.60 | 141.35 | 147.70 | 128.60 | 133.80 |
| Peso suelo seco + tara (g) | 136.80 | 114.60 | 128.40 | 129.80 | 116.50 | 116.80 |
| Peso de tara (g) | 14.60 | 15.10 | 14.70 | 15.20 | 14.50 | 14.60 |
| Peso de agua (g) | 13.50 | 15.00 | 12.95 | 17.90 | 12.10 | 17.00 |
| Peso de suelo seco (g) | 122.20 | 99.50 | 113.70 | 114.60 | 102.00 | 102.20 |
| Contenido de humedad (%) | 11.05 | 15.08 | 11.39 | 15.62 | 11.86 | 16.63 |
| Densidad seca (g/cm ³) | 2.043 | 2.051 | 1.985 | 1.992 | 1.941 | 1.946 |

EXPANSION

| FECHA | HORA | TIEMPO | DIAL | EXPANSION | | DIAL | EXPANSION | | DIAL | EXPANSION | |
|------------|-------|--------|-------|-----------|------|-------|-----------|------|-------|-----------|------|
| | | | | mm | % | | mm | % | | mm | % |
| 09/09/2023 | 09:00 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.0 | 0.000 | 0.000 | 0.0 | 0.000 | 0.000 | 0.0 |
| 10/09/2023 | 09:06 | 24 | 0.350 | 0.350 | 0.30 | 0.410 | 0.410 | 0.35 | 0.500 | 0.500 | 0.42 |
| 11/09/2023 | 09:12 | 48 | 0.600 | 0.600 | 0.51 | 0.720 | 0.720 | 0.61 | 0.800 | 0.800 | 0.68 |
| 12/09/2023 | 09:18 | 72 | 0.900 | 0.900 | 0.76 | 0.980 | 0.980 | 0.83 | 1.150 | 1.150 | 0.97 |
| 13/09/2023 | 09:24 | 84 | 1.200 | 1.200 | 1.02 | 1.280 | 1.280 | 1.08 | 1.350 | 1.350 | 1.14 |

PENETRACION

DATOS DEL PISON

| | |
|--------------------------|-------|
| Diametro del Piston (cm) | 5.08 |
| Area (cm ²) | 20.27 |

| PENETRACION mm | CARGA STAND. kg/cm ² | MOLDE N° 121 | | | | MOLDE N° 122 | | | | MOLDE N° 123 | | | |
|-------------------|---------------------------------------|--------------|-------|------------|------|--------------|-------|------------|------|--------------|-------|------------|-----|
| | | CARGA | | CORRECCION | | CARGA | | CORRECCION | | CARGA | | CORRECCION | |
| | | Dial (div) | kg | kg | % | Dial (div) | kg | kg | % | Dial (div) | kg | kg | % |
| 0.000 | | 0.0 | 0.0 | | | 0.0 | 0.0 | | | 0.0 | 0.0 | | |
| 0.635 | | 45.0 | 45.0 | | | 36.0 | 36.0 | | | 28.6 | 28.6 | | |
| 1.270 | | 97.2 | 97.2 | | | 61.2 | 61.2 | | | 51.4 | 51.4 | | |
| 1.905 | | 147.4 | 147.4 | | | 104.5 | 104.5 | | | 64.3 | 64.3 | | |
| 2.540 | 70.5 | 196.3 | 196.3 | 186.5 | 13.1 | 128.6 | 128.6 | 122.9 | 8.6 | 80.0 | 80.0 | 83.8 | 5.9 |
| 3.810 | | 251.8 | 251.8 | | | 166.0 | 166.0 | | | 120.9 | 120.9 | | |
| 5.080 | 105.7 | 308.7 | 308.7 | 314.1 | 14.7 | 219.8 | 219.8 | 223.6 | 10.4 | 168.3 | 168.3 | 168.6 | 7.9 |
| 6.350 | | 368.3 | 368.3 | | | 264.0 | 264.0 | | | 208.6 | 208.6 | | |
| 7.620 | | 402.3 | 402.3 | | | 308.9 | 308.9 | | | 244.3 | 244.3 | | |
| 10.160 | | | | | | 350.0 | 350.0 | | | 281.3 | 281.3 | | |

OBSERVACIONES.

TESIS: "MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA INMACULADA AL ADICIONAR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ, JAEN 2023"



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO

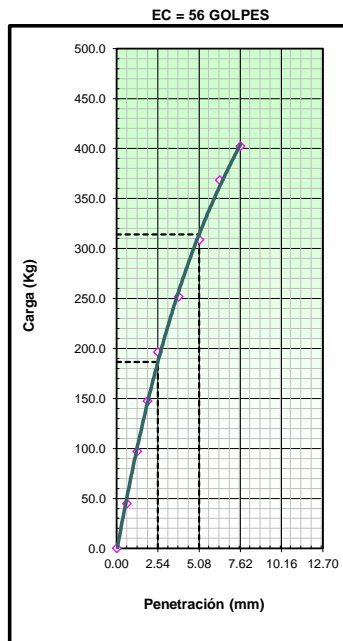
DISTRITO: JAEN, PROVINCIA: JAEN, DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA: JULIO - 2023

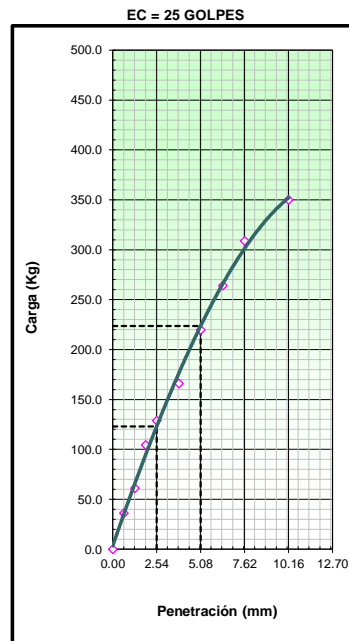
RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132)

I. Datos Generales

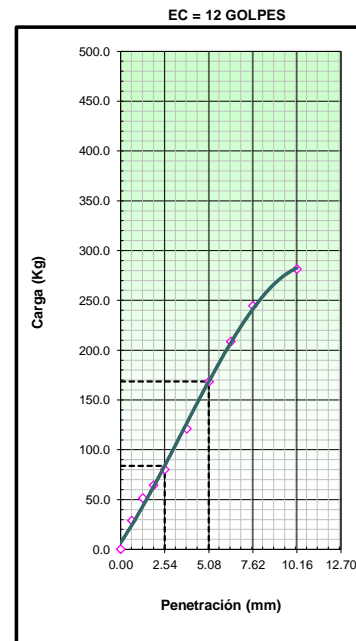
| | | | |
|--------------------|----------------------------------|------------------------|--------------------------|
| PROCEDENCIA | : MUESTRA PATRON (REPETICION 03) | CLASF. (SUCS) | : SM |
| P. EXPLOR. | : C-3 / M-1 | CLASF. (AASHTO) | : A-6 (3) |
| MATERIAL | : - | LADO | : AV. INMACULADA CDRA 10 |
| PROFUND. | : 0.20 - 1.70 | | |



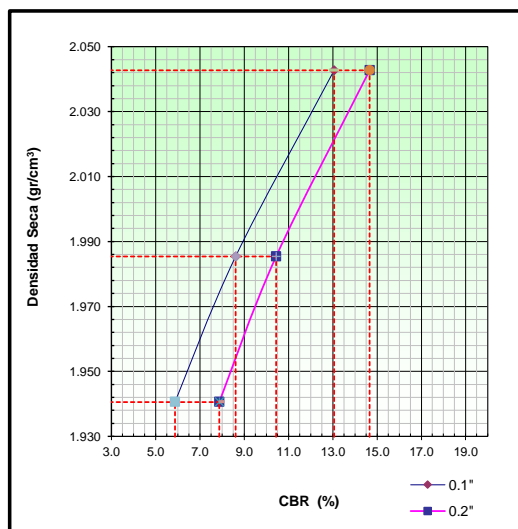
| | |
|------------|-------|
| CBR (0.1") | 13.1% |
| CBR (0.2") | 14.7% |



| | |
|------------|-------|
| CBR (0.1") | 8.6% |
| CBR (0.2") | 10.4% |



| | |
|------------|------|
| CBR (0.1") | 5.9% |
| CBR (0.2") | 7.9% |



| | |
|---|--------------|
| METODO DE COMPACTACION | : ASTM D1557 |
| MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) | : 2.043 |
| OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | : 12.0 |
| 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) | : 1.941 |
| DENSIDAD INSITU (g/cm3) | : |

| | | | | |
|------------------------------|-------------|------|-------------|------|
| C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) | 0.1" | 13.1 | 0.2" | 14.7 |
| C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) | 0.1" | 5.9 | 0.2" | 7.9 |

RESULTADOS CBR a 0.1":
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = **5.9** (%)

OBSERVACIONES:

OBSERVACIONES.



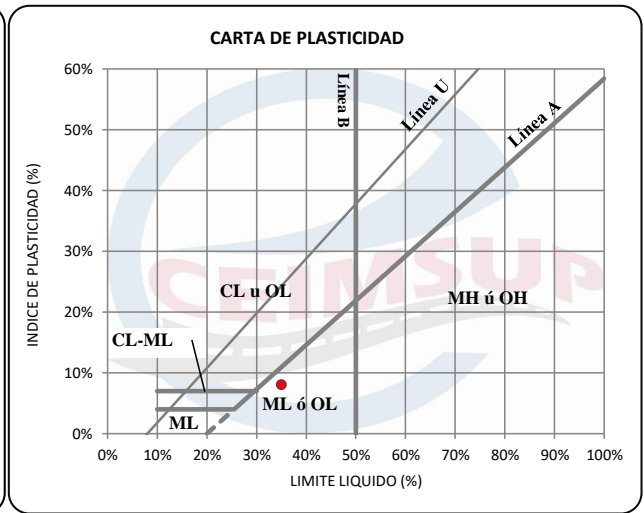
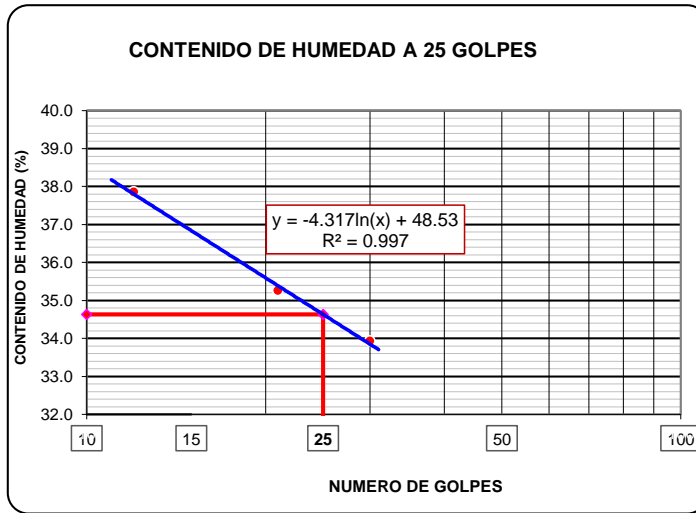
METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS MTC E 110 Y E 111 - A.S.T.M. D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90

I. Datos Generales

| | |
|---|---|
| PROCEDENCIA : ADICION DE 5% CENIZA (REPETICION 03) | TAMAÑO MAXIMO : 1" |
| CALICATA : C-3 / M-1 | DESCRIPCION : AV. INMACULADA CDRA 10 |
| PROFUND. : 0.20 - 1.70 m. | |

| LIMITE LIQUIDO (MTC E 110) | | | | | |
|-------------------------------|--|-------|-------|-------|--|
| Nº TARRO | | 1 | 45 | 7 | |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g) | | 42.30 | 37.20 | 35.82 | |
| PESO TARRO + SUELO SECO (g) | | 35.57 | 32.20 | 30.84 | |
| PESO DE AGUA (g) | | 6.73 | 5.00 | 4.98 | |
| PESO DEL TARRO (g) | | 17.79 | 18.02 | 16.16 | |
| PESO DEL SUELO SECO (g) | | 17.78 | 14.18 | 14.68 | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | | 37.85 | 35.26 | 33.92 | |
| NUMERO DE GOLPES | | 12 | 21 | 30 | |

| LIMITE PLASTICO (MTC E 111) | | | | | |
|-------------------------------|--|-------|-------|--|--|
| Nº TARRO | | 14 | 7 | | |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g) | | 10.38 | 10.48 | | |
| PESO TARRO + SUELO SECO (g) | | 9.50 | 9.72 | | |
| PESO DE AGUA (g) | | 0.88 | 0.76 | | |
| PESO DEL TARRO (g) | | 6.20 | 6.90 | | |
| PESO DEL SUELO SECO (g) | | 3.30 | 2.82 | | |
| CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%) | | 26.67 | 26.95 | | |



| CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA | |
|----------------------------------|-----|
| LIMITE LIQUIDO | 35% |
| LIMITE PLASTICO | 27% |
| INDICE DE PLASTICIDAD | 8% |

| OBSERVACIONES |
|---------------|
| |

TESIS: "MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA INMACULADA AL ADICIONAR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ, JAEN 2023"



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO

DISTRITO: JAEN, PROVINCIA: JAEN, DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA: JULIO - 2023

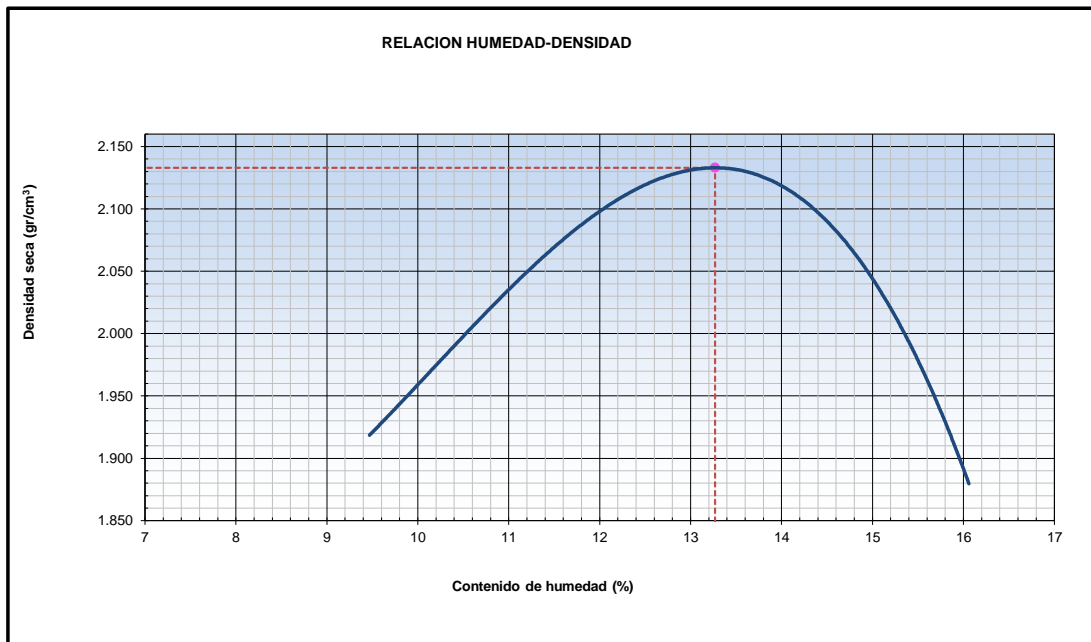
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557, MTC-115)

I. Datos Generales

| | | | |
|--------------------|--|------------------------|--------------------------|
| PROCEDENCIA | : ADICION DE 5% CENIZA (REPETICION 03) | CLASF. (SUCS) | : SM |
| P. EXPLOR. | : C - 3 | CLASF. (AASHTO) | : A-4 (3) |
| MATERIAL | : - | LADO | : AV. INMACULADA CDRA 10 |
| PROFUND. | : 0.20 - 1.70 | | |

Método "B"

| Número de Ensayo | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
|------------------------------|--------------------|--------|--------|-------|-------|---------------------------------------|-------|
| Peso suelo + molde | gr | 5901 | 6114 | 6204 | 5978 | | |
| Peso molde | gr | 3910 | 3910 | 3910 | 3910 | | |
| Peso suelo húmedo compactado | gr | 1991 | 2204 | 2294 | 2068 | | |
| Volumen del molde | cm ³ | 948 | 948 | 948 | 948 | | |
| Peso volumétrico húmedo | gr | 2.100 | 2.325 | 2.420 | 2.181 | | |
| Recipiente N° | | 18 | 23 | 62 | 9 | | |
| Peso del suelo húmedo+tara | gr | 116.30 | 121.80 | 98.60 | 91.30 | | |
| Peso del suelo seco + tara | gr | 108.10 | 111.60 | 89.70 | 81.60 | | |
| Tara | gr | 21.50 | 24.40 | 24.50 | 21.20 | | |
| Peso de agua | gr | 8.20 | 10.20 | 8.90 | 9.70 | | |
| Peso del suelo seco | gr | 86.60 | 87.20 | 65.20 | 60.40 | | |
| Contenido de agua | % | 9.47 | 11.70 | 13.65 | 16.06 | | |
| Peso volumétrico seco | gr/cm ³ | 1.919 | 2.081 | 2.129 | 1.880 | | |
| | | | | | | Densidad máxima (gr/cm ³) | 2.133 |
| | | | | | | Humedad óptima (%) | 13.3 |



OBSERVACIONES.

TESIS: "MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA INMACULADA AL ADICIONAR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ, JAEN 2023"



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO

DISTRITO: JAEN, PROVINCIA: JAEN, DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA: JULIO - 2023

RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132)

I. Datos Generales

| | |
|---|--------------------------------------|
| PROCEDENCIA : ADICION DE 5% CENIZA (REPETICION 03) | CLASF. (SUCS) : SM |
| P. EXPLOR. : C - 3 | CLASF. (AASHTO) : A-4 (3) |
| MATERIAL : - | LADO : AV. INMACULADA CDRA 10 |
| PROFUND. : 0.20 - 1.70 | |

| Molde N° | 123 | | 122 | | 121 | |
|--------------------------------------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|
| Capas N° | 5 | | 5 | | 5 | |
| Golpes por capa N° | 56 | | 25 | | 12 | |
| Condición de la muestra | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO |
| Peso de molde + Suelo húmedo (g) | 12545.00 | 12762.00 | 12411.00 | 12620.00 | 12345.00 | 12531.00 |
| Peso de molde (g) | 7500.00 | 7500.00 | 7420.00 | 7420.00 | 7484.00 | 7484.00 |
| Peso del suelo húmedo (g) | 5045 | 5262 | 4991 | 5200 | 4861 | 5047.00 |
| Volumen del molde (cm ³) | 2109.00 | 2109.00 | 2118.00 | 2118.00 | 2120.00 | 2120.00 |
| Densidad húmeda (g/cm ³) | 2.392 | 2.495 | 2.356 | 2.455 | 2.293 | 2.381 |
| Tara (N°) | 80 | 28 | 8 | 33 | 43 | 36 |
| Peso suelo húmedo + tara (g) | 94.60 | 97.50 | 119.00 | 138.90 | 134.40 | 115.60 |
| Peso suelo seco + tara (g) | 87.00 | 87.30 | 108.15 | 121.60 | 121.37 | 101.60 |
| Peso de tara (g) | 24.40 | 24.60 | 24.10 | 21.40 | 22.40 | 24.20 |
| Peso de agua (g) | 7.60 | 10.20 | 10.85 | 17.30 | 13.03 | 14.00 |
| Peso de suelo seco (g) | 62.60 | 62.70 | 84.05 | 100.20 | 98.97 | 77.40 |
| Contenido de humedad (%) | 12.14 | 16.27 | 12.91 | 17.27 | 13.17 | 18.09 |
| Densidad seca (g/cm ³) | 2.133 | 2.146 | 2.087 | 2.094 | 2.026 | 2.016 |

EXPANSION

| FECHA | HORA | TIEMPO | DIAL | EXPANSION | | DIAL | EXPANSION | | DIAL | EXPANSION | |
|------------|-------|--------|-------|-----------|------|-------|-----------|------|-------|-----------|------|
| | | | | mm | % | | mm | % | | mm | % |
| 14/09/2023 | 11:00 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.0 | 0.000 | 0.000 | 0.0 | 0.000 | 0.000 | 0.0 |
| 15/09/2023 | 11:06 | 24 | 0.100 | 0.100 | 0.08 | 0.150 | 0.150 | 0.13 | 0.160 | 0.160 | 0.14 |
| 16/09/2023 | 11:12 | 48 | 0.150 | 0.150 | 0.13 | 0.200 | 0.200 | 0.17 | 0.220 | 0.220 | 0.19 |
| 17/09/2023 | 11:18 | 72 | 0.200 | 0.200 | 0.17 | 0.250 | 0.250 | 0.21 | 0.360 | 0.360 | 0.31 |
| 18/09/2023 | 11:24 | 84 | 0.300 | 0.300 | 0.25 | 0.350 | 0.350 | 0.30 | 0.400 | 0.400 | 0.34 |

PENETRACION

DATOS DEL PISON

| | |
|--------------------------|-------|
| Diametro del Piston (cm) | 5.08 |
| Area (cm ²) | 20.27 |

| PENETRACION mm | CARGA STAND. kg/cm ² | MOLDE N° 123 | | | | MOLDE N° 122 | | | | MOLDE N° 121 | | | |
|-------------------|---------------------------------------|--------------|-------|------------|------|--------------|-------|------------|------|--------------|-------|------------|-----|
| | | CARGA | | CORRECCION | | CARGA | | CORRECCION | | CARGA | | CORRECCION | |
| | | Dial (div) | kg | kg | % | Dial (div) | kg | kg | % | Dial (div) | kg | kg | % |
| 0.000 | | 0.0 | 0.0 | | | 0.0 | 0.0 | | | 0.0 | 0.0 | | |
| 0.635 | | 42.8 | 42.8 | | | 40.0 | 40.0 | | | 30.4 | 30.4 | | |
| 1.270 | | 110.0 | 110.0 | | | 84.2 | 84.2 | | | 62.7 | 62.7 | | |
| 1.905 | | 181.2 | 181.2 | | | 133.9 | 133.9 | | | 86.3 | 86.3 | | |
| 2.540 | 70.5 | 239.0 | 239.0 | 224.8 | 15.7 | 174.6 | 174.6 | 164.8 | 11.5 | 120.6 | 120.6 | 116.0 | 8.1 |
| 3.810 | | 302.5 | 302.5 | | | 223.4 | 223.4 | | | 165.4 | 165.4 | | |
| 5.080 | 105.7 | 361.7 | 361.7 | 364.4 | 17.0 | 279.0 | 279.0 | 284.8 | 13.3 | 208.6 | 208.6 | 211.0 | 9.9 |
| 6.350 | | 405.5 | 405.5 | | | 327.4 | 327.4 | | | 247.8 | 247.8 | | |
| 7.620 | | 441.2 | 441.2 | | | 371.1 | 371.1 | | | 288.6 | 288.6 | | |
| 10.160 | | | | | | 405.8 | 405.8 | | | 334.0 | 334.0 | | |

OBSERVACIONES.

TESIS: "MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA INMACULADA AL ADICIONAR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ, JAEN 2023"



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO

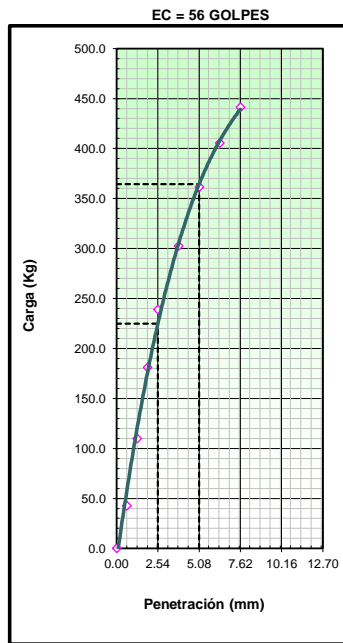
DISTRITO: JAEN, PROVINCIA: JAEN, DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA: JULIO - 2023

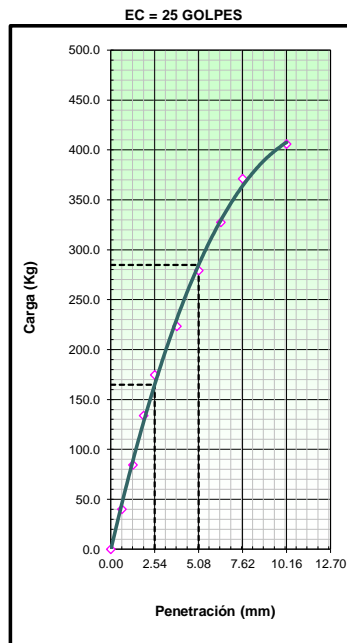
RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132)

I. Datos Generales

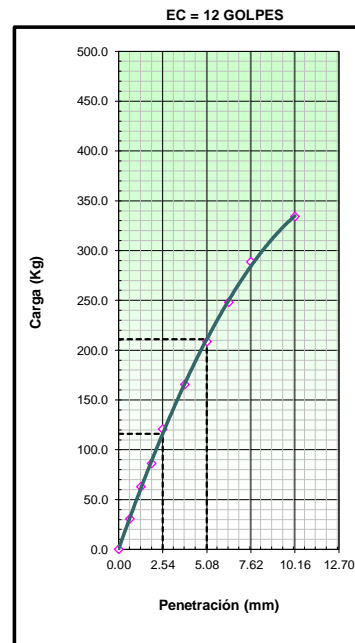
| | | | |
|--------------------|--|------------------------|--------------------------|
| PROCEDENCIA | : ADICION DE 5% CENIZA (REPETICION 03) | CLASF. (SUCS) | : SM |
| P. EXPLOR. | : C - 3 | CLASF. (AASHTO) | : A-4 (3) |
| MATERIAL | : - | LADO | : AV. INMACULADA CDRA 10 |
| PROFUND. | : 0.20 - 1.70 | | |



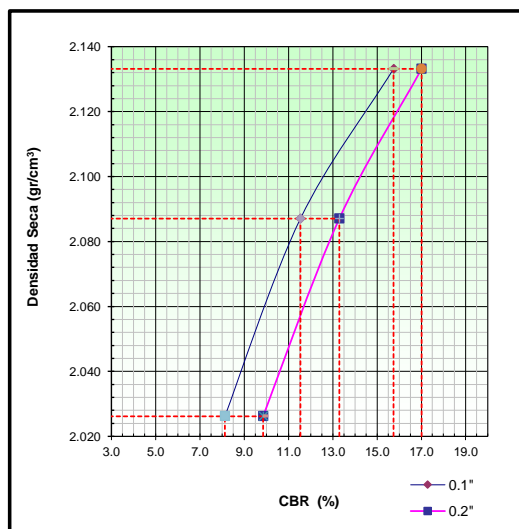
| | |
|-------------------|-------|
| CBR (0.1") | 15.7% |
| CBR (0.2") | 17.0% |



| | |
|-------------------|-------|
| CBR (0.1") | 11.5% |
| CBR (0.2") | 13.3% |



| | |
|-------------------|------|
| CBR (0.1") | 8.1% |
| CBR (0.2") | 9.9% |



METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 2.133
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 13.3
 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 2.026
 DENSIDAD INSITU (g/cm3) :

| | | | | |
|------------------------------|-------------|------|-------------|------|
| C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) | 0.1" | 15.7 | 0.2" | 17.0 |
| C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) | 0.1" | 8.1 | 0.2" | 9.9 |

RESULTADOS CBR a 0.1":
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = **8.1** (%)

OBSERVACIONES:

OBSERVACIONES.



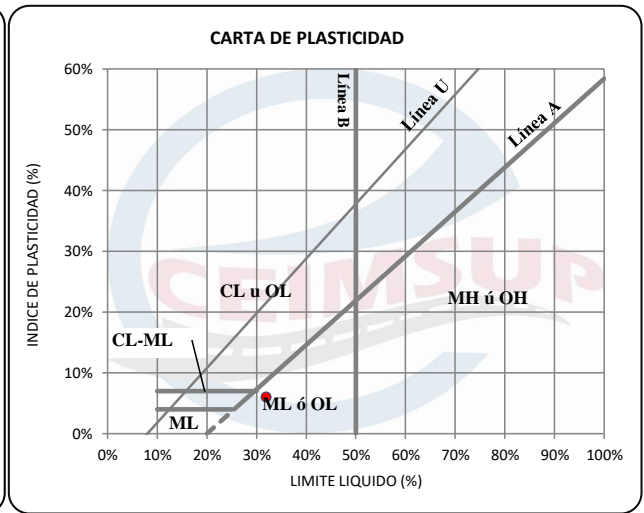
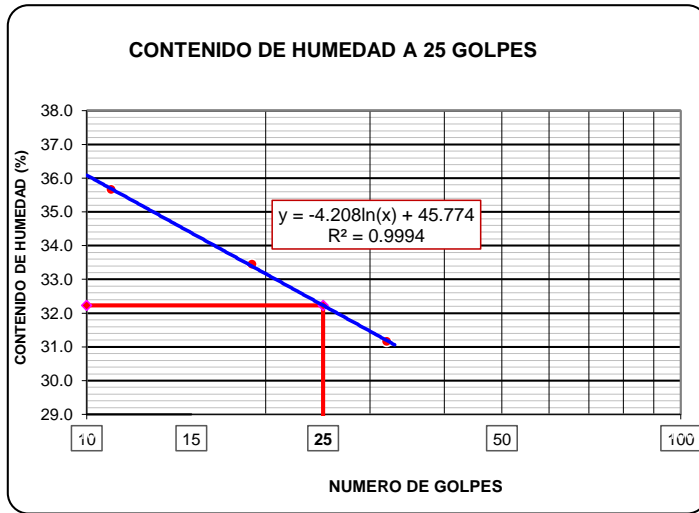
METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS MTC E 110 Y E 111 - A.S.T.M. D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90

I. Datos Generales

| | |
|---|---|
| PROCEDENCIA : ADICION DE 8% CENIZA (REPETICION 03) | TAMAÑO MAXIMO : 1" |
| CALICATA : C-3 / M-1 | DESCRIPCION : AV. INMACULADA CDRA 10 |
| PROFUND. : 0.20 - 1.70 m. | |

| LIMITE LIQUIDO (MTC E 110) | | | | |
|-------------------------------|--|-------|-------|-------|
| Nº TARRO | | 17 | 52 | 30 |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g) | | 36.17 | 38.74 | 36.52 |
| PESO TARRO + SUELO SECO (g) | | 31.20 | 33.90 | 31.65 |
| PESO DE AGUA (g) | | 4.97 | 4.84 | 4.87 |
| PESO DEL TARRO (g) | | 17.26 | 19.43 | 16.02 |
| PESO DEL SUELO SECO (g) | | 13.94 | 14.47 | 15.63 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | | 35.65 | 33.45 | 31.16 |
| NUMERO DE GOLPES | | 11 | 19 | 32 |

| LIMITE PLASTICO (MTC E 111) | | | | |
|-------------------------------|--|-------|-------|--|
| Nº TARRO | | 2 | 19 | |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g) | | 10.55 | 9.98 | |
| PESO TARRO + SUELO SECO (g) | | 9.79 | 9.18 | |
| PESO DE AGUA (g) | | 0.76 | 0.80 | |
| PESO DEL TARRO (g) | | 6.81 | 6.10 | |
| PESO DEL SUELO SECO (g) | | 2.98 | 3.08 | |
| CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%) | | 25.50 | 25.97 | |



| CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA | |
|----------------------------------|-----|
| LIMITE LIQUIDO | 32% |
| LIMITE PLASTICO | 26% |
| INDICE DE PLASTICIDAD | 6% |

| OBSERVACIONES |
|---------------|
| |

TESIS: "MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA INMACULADA AL ADICIONAR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ, JAEN 2023"



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO

DISTRITO: JAEN, PROVINCIA: JAEN, DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA: JULIO - 2023

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557, MTC-115)

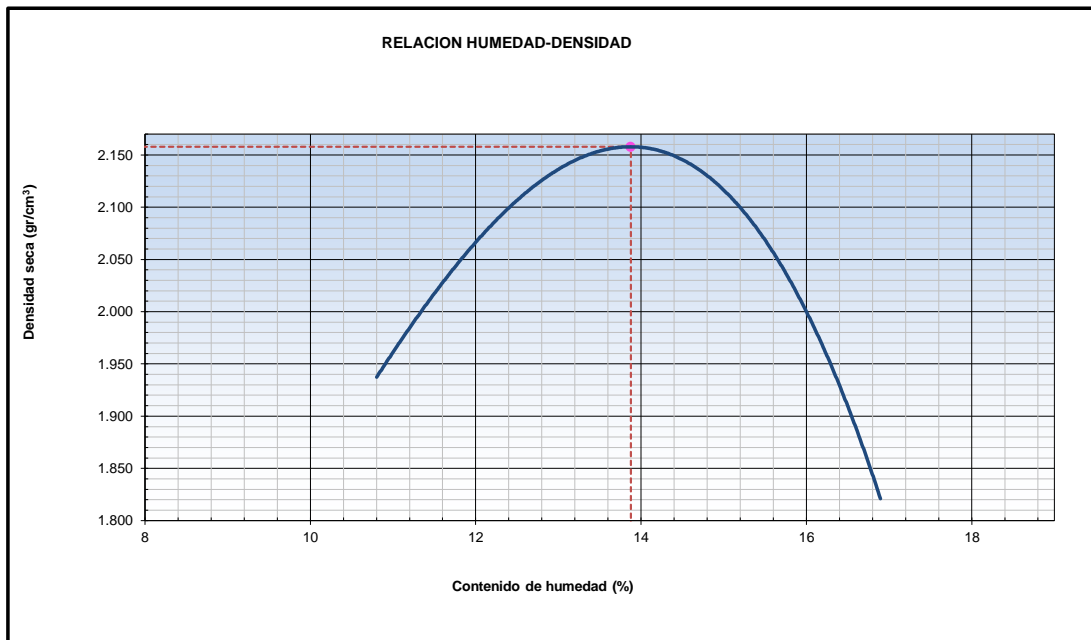
I. Datos Generales

PROCEDENCIA : ADICION DE 8% CENIZA (REPETICION 03)
P. EXPLOR. : C - 3
MATERIAL : -
PROFUND. : 0.20 - 1.70

CLASF. (SUCS) : ML
CLASF. (AASHTO) : A-4 (3)
LADO : AV. INMACULADA CDRA 10

Método "B"

| Número de Ensayo | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--|--------------------|--------|--------|--------|--------|-------|
| Peso suelo + molde | gr | 5945 | 6165 | 6231 | 5928 | |
| Peso molde | gr | 3910 | 3910 | 3910 | 3910 | |
| Peso suelo húmedo compactado | gr | 2035 | 2255 | 2321 | 2018 | |
| Volumen del molde | cm ³ | 948 | 948 | 948 | 948 | |
| Peso volumétrico húmedo | gr | 2.147 | 2.379 | 2.448 | 2.129 | |
| Recipiente N° | | 71 | 17 | 43 | 29 | |
| Peso del suelo húmedo+tara | gr | 162.30 | 148.60 | 137.90 | 144.52 | |
| Peso del suelo seco + tara | gr | 148.70 | 134.50 | 123.10 | 127.10 | |
| Tara | gr | 22.80 | 22.50 | 22.70 | 24.00 | |
| Peso de agua | gr | 13.60 | 14.10 | 14.80 | 17.42 | |
| Peso del suelo seco | gr | 125.90 | 112.00 | 100.40 | 103.10 | |
| Contenido de agua | % | 10.80 | 12.59 | 14.74 | 16.90 | |
| Peso volumétrico seco | gr/cm ³ | 1.937 | 2.113 | 2.134 | 1.821 | |
| <i>Densidad máxima (gr/cm³)</i> | | | | | | 2.158 |
| <i>Humedad óptima (%)</i> | | | | | | 13.9 |



OBSERVACIONES.

TESIS: "MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA INMACULADA AL ADICIONAR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ, JAEN 2023"



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO

DISTRITO: JAEN, PROVINCIA: JAEN, DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA: JULIO - 2023

RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132)

I. Datos Generales

| | |
|---|--------------------------------------|
| PROCEDENCIA : ADICION DE 8% CENIZA (REPETICION 03) | CLASF. (SUCS) : ML |
| P. EXPLOR. : C - 3 | CLASF. (AASHTO) : A-4 (3) |
| MATERIAL : - | LADO : AV. INMACULADA CDRA 10 |
| PROFUND. : 0.20 - 1.70 | |

| Molde N° | 123 | | 122 | | 121 | |
|--------------------------------------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|
| Capas N° | 5 | | 5 | | 5 | |
| Golpes por capa N° | 56 | | 25 | | 12 | |
| Condición de la muestra | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO |
| Peso de molde + Suelo húmedo (g) | 12647.00 | 12845.00 | 12490.00 | 12698.00 | 12426.00 | 12586.00 |
| Peso de molde (g) | 7500.00 | 7500.00 | 7420.00 | 7420.00 | 7484.00 | 7484.00 |
| Peso del suelo húmedo (g) | 5147 | 5345 | 5070 | 5278 | 4942 | 5102.00 |
| Volumen del molde (cm ³) | 2109.00 | 2109.00 | 2118.00 | 2118.00 | 2120.00 | 2120.00 |
| Densidad húmeda (g/cm ³) | 2.440 | 2.534 | 2.394 | 2.492 | 2.331 | 2.407 |
| Tara (N°) | 18 | 46 | 64 | 35 | 80 | 77 |
| Peso suelo húmedo + tara (g) | 105.30 | 90.60 | 87.90 | 94.50 | 91.20 | 97.80 |
| Peso suelo seco + tara (g) | 94.80 | 81.30 | 80.40 | 84.10 | 83.10 | 86.30 |
| Peso de tara (g) | 14.70 | 23.50 | 24.20 | 24.10 | 24.10 | 23.90 |
| Peso de agua (g) | 10.50 | 9.30 | 7.50 | 10.40 | 8.10 | 11.50 |
| Peso de suelo seco (g) | 80.10 | 57.80 | 56.20 | 60.00 | 59.00 | 62.40 |
| Contenido de humedad (%) | 13.11 | 16.09 | 13.35 | 17.33 | 13.73 | 18.43 |
| Densidad seca (g/cm ³) | 2.158 | 2.183 | 2.112 | 2.124 | 2.050 | 2.032 |

EXPANSION

| FECHA | HORA | TIEMPO | DIAL | EXPANSION | | DIAL | EXPANSION | | DIAL | EXPANSION | |
|------------|-------|--------|-------|-----------|------|-------|-----------|------|-------|-----------|------|
| | | | | mm | % | | mm | % | | mm | % |
| 19/09/2023 | 10:00 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.0 | 0.000 | 0.000 | 0.0 | 0.000 | 0.000 | 0.0 |
| 20/09/2023 | 10:06 | 24 | 0.100 | 0.100 | 0.08 | 0.110 | 0.110 | 0.09 | 0.120 | 0.120 | 0.10 |
| 21/09/2023 | 10:12 | 48 | 0.140 | 0.140 | 0.12 | 0.150 | 0.150 | 0.13 | 0.180 | 0.180 | 0.15 |
| 22/09/2023 | 10:18 | 72 | 0.160 | 0.160 | 0.14 | 0.180 | 0.180 | 0.15 | 0.200 | 0.200 | 0.17 |
| 23/09/2023 | 10:24 | 84 | 0.200 | 0.200 | 0.17 | 0.220 | 0.220 | 0.19 | 0.250 | 0.250 | 0.21 |

PENETRACION

DATOS DEL PISON

| | |
|--------------------------|-------|
| Diametro del Piston (cm) | 5.08 |
| Area (cm ²) | 20.27 |

| PENETRACION mm | CARGA STAND. kg/cm ² | MOLDE N° 123 | | | | MOLDE N° 122 | | | | MOLDE N° 121 | | | |
|-------------------|---------------------------------------|--------------|-------|------------|------|--------------|-------|------------|------|--------------|-------|------------|------|
| | | CARGA | | CORRECCION | | CARGA | | CORRECCION | | CARGA | | CORRECCION | |
| | | Dial (div) | kg | kg | % | Dial (div) | kg | kg | % | Dial (div) | kg | kg | % |
| 0.000 | | 0.0 | 0.0 | | | 0.0 | 0.0 | | | 0.0 | 0.0 | | |
| 0.635 | | 40.3 | 40.3 | | | 36.7 | 36.7 | | | 35.1 | 35.1 | | |
| 1.270 | | 115.0 | 115.0 | | | 105.0 | 105.0 | | | 89.3 | 89.3 | | |
| 1.905 | | 174.5 | 174.5 | | | 141.2 | 141.2 | | | 138.2 | 138.2 | | |
| 2.540 | 70.5 | 231.4 | 231.4 | 223.7 | 15.7 | 194.6 | 194.6 | 184.3 | 12.9 | 173.3 | 173.3 | 165.7 | 11.6 |
| 3.810 | | 312.6 | 312.6 | | | 251.1 | 251.1 | | | 215.8 | 215.8 | | |
| 5.080 | 105.7 | 374.0 | 374.0 | 374.8 | 17.5 | 304.6 | 304.6 | 311.4 | 14.5 | 269.6 | 269.6 | 271.1 | 12.7 |
| 6.350 | | 421.4 | 421.4 | | | 357.2 | 357.2 | | | 305.5 | 305.5 | | |
| 7.620 | | 478.9 | 478.9 | | | 395.5 | 395.5 | | | 335.6 | 335.6 | | |
| 10.160 | | | | | | 438.3 | 438.3 | | | 367.1 | 367.1 | | |

OBSERVACIONES.

TESIS: "MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA INMACULADA AL ADICIONAR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ, JAEN 2023"



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO

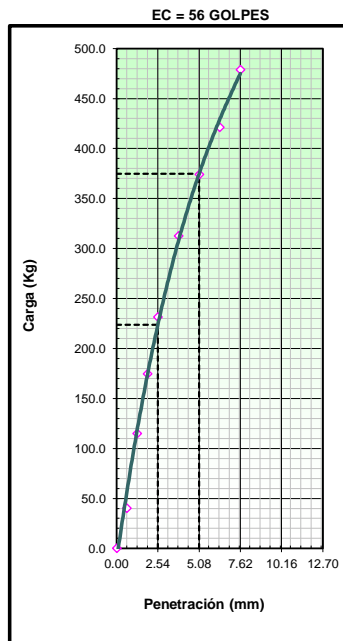
DISTRITO: JAEN, PROVINCIA: JAEN, DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA: JULIO - 2023

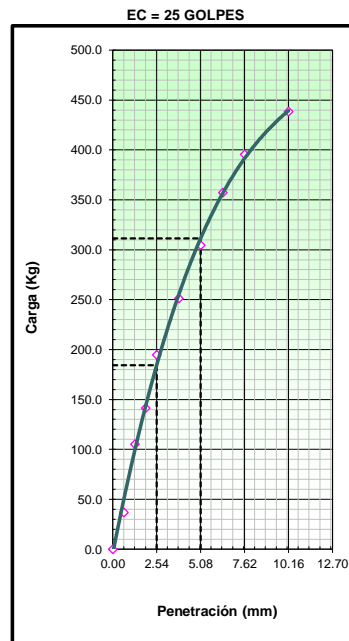
RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132)

I. Datos Generales

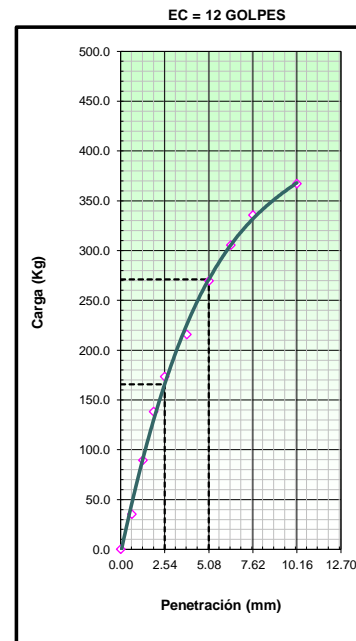
| | | | |
|--------------------|--|------------------------|--------------------------|
| PROCEDENCIA | : ADICION DE 8% CENIZA (REPETICION 03) | CLASF. (SUCS) | : ML |
| P. EXPLOR. | : C - 3 | CLASF. (AASHTO) | : A-4 (3) |
| MATERIAL | : - | LADO | : AV. INMACULADA CDRA 10 |
| PROFUND. | : 0.20 - 1.70 | | |



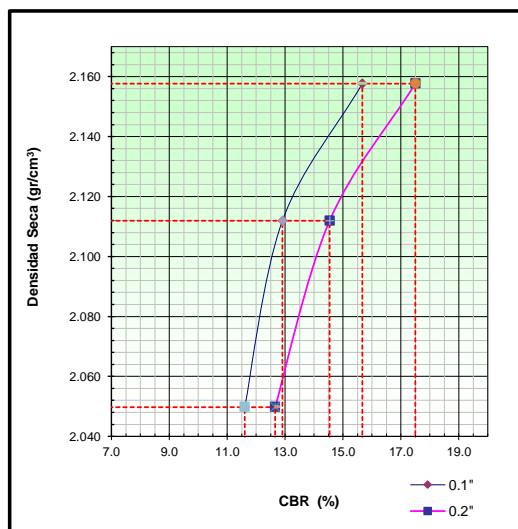
| | |
|------------|-------|
| CBR (0.1") | 15.7% |
| CBR (0.2") | 17.5% |



| | |
|------------|-------|
| CBR (0.1") | 12.9% |
| CBR (0.2") | 14.5% |



| | |
|------------|-------|
| CBR (0.1") | 11.6% |
| CBR (0.2") | 12.7% |



METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 2.158
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 13.9
 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 2.050
 DENSIDAD INSITU (g/cm3) :

| | | | | |
|------------------------------|------|------|------|------|
| C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) | 0.1" | 15.7 | 0.2" | 17.5 |
| C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) | 0.1" | 11.6 | 0.2" | 12.7 |

RESULTADOS CBR a 0.1":
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 11.6 (%)

OBSERVACIONES:

OBSERVACIONES.



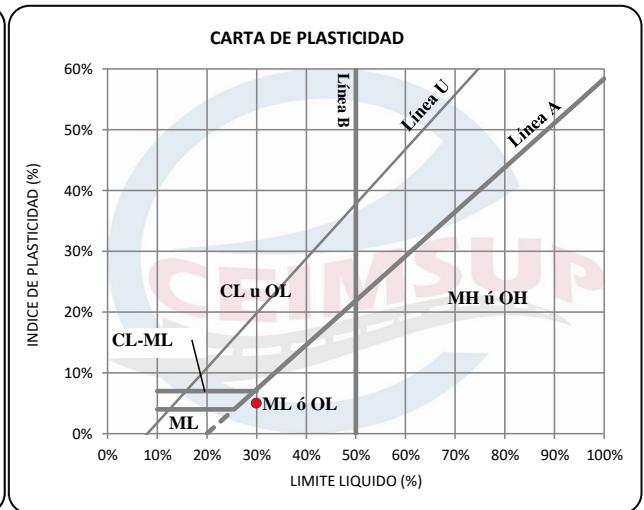
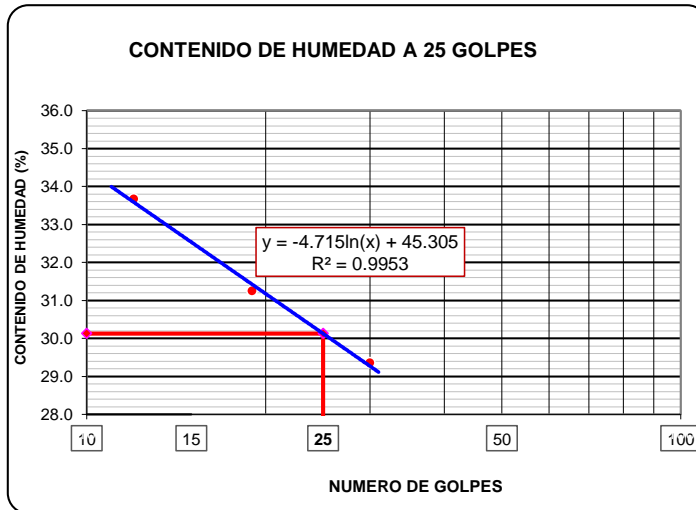
METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS MTC E 110 Y E 111 - A.S.T.M. D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90

I. Datos Generales

| | |
|--|---|
| PROCEDENCIA : ADICION DE 11% CENIZA (REPETICION 03) | TAMAÑO MAXIMO : 1" |
| CALICATA : C-3 / M-1 | DESCRIPCION : AV. INMACULADA CDRA 10 |
| PROFUND. : 0.20 - 1.70 m. | |

| LIMITE LIQUIDO (MTC E 110) | | | | |
|-------------------------------|--|-------|-------|-------|
| Nº TARRO | | 66 | 29 | 12 |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g) | | 41.80 | 35.50 | 39.20 |
| PESO TARRO + SUELO SECO (g) | | 36.20 | 31.00 | 34.70 |
| PESO DE AGUA (g) | | 5.60 | 4.50 | 4.50 |
| PESO DEL TARRO (g) | | 19.57 | 16.60 | 19.37 |
| PESO DEL SUELO SECO (g) | | 16.63 | 14.40 | 15.33 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | | 33.67 | 31.25 | 29.35 |
| NUMERO DE GOLPES | | 12 | 19 | 30 |

| LIMITE PLASTICO (MTC E 111) | | | | |
|-------------------------------|--|-------|-------|--|
| Nº TARRO | | 5 | 54 | |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g) | | 11.21 | 10.85 | |
| PESO TARRO + SUELO SECO (g) | | 10.35 | 10.42 | |
| PESO DE AGUA (g) | | 0.86 | 0.44 | |
| PESO DEL TARRO (g) | | 6.91 | 8.69 | |
| PESO DEL SUELO SECO (g) | | 3.44 | 1.73 | |
| CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%) | | 25.00 | 25.22 | |



| CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA | |
|----------------------------------|-----|
| LIMITE LIQUIDO | 30% |
| LIMITE PLASTICO | 25% |
| INDICE DE PLASTICIDAD | 5% |

| OBSERVACIONES |
|---------------|
| |

TESIS: "MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA INMACULADA AL ADICIONAR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ, JAEN 2023"



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO

DISTRITO: JAEN, PROVINCIA: JAEN, DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA: JULIO - 2023

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557, MTC-115)

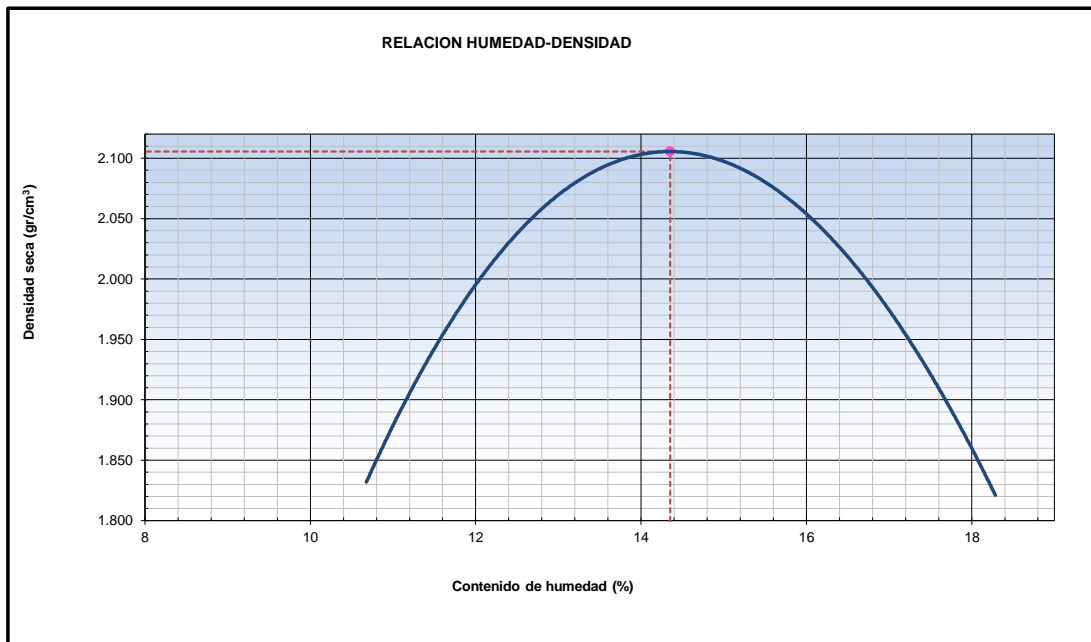
I. Datos Generales

PROCEDENCIA : ADICION DE 11% CENIZA (REPETICION 03)
P. EXPLOR. : C - 3
MATERIAL : -
PROFUND. : 0.20 - 1.70

CLASF. (SUCS) : ML
CLASF. (AASHTO) : A-4 (3)
LADO : AV. INMACULADA CDRA 10

Método "B"

| Número de Ensayo | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--|--------------------|--------|--------|--------|--------|-------|
| Peso suelo + molde | gr | 5832 | 6125 | 6163 | 5952 | |
| Peso molde | gr | 3910 | 3910 | 3910 | 3910 | |
| Peso suelo húmedo compactado | gr | 1922 | 2215 | 2253 | 2042 | |
| Volumen del molde | cm ³ | 948 | 948 | 948 | 948 | |
| Peso volumétrico húmedo | gr | 2.027 | 2.336 | 2.377 | 2.154 | |
| Recipiente N° | | 41 | 22 | 52 | 35 | |
| Peso del suelo húmedo+tara | gr | 117.60 | 125.90 | 114.20 | 137.40 | |
| Peso del suelo seco + tara | gr | 108.30 | 113.90 | 101.60 | 119.90 | |
| Tara | gr | 21.20 | 21.40 | 23.40 | 24.20 | |
| Peso de agua | gr | 9.30 | 12.00 | 12.60 | 17.50 | |
| Peso del suelo seco | gr | 87.10 | 92.50 | 78.20 | 95.70 | |
| Contenido de agua | % | 10.68 | 12.97 | 16.11 | 18.29 | |
| Peso volumétrico seco | gr/cm ³ | 1.832 | 2.068 | 2.047 | 1.821 | |
| <i>Densidad máxima (gr/cm³)</i> | | | | | | 2.106 |
| <i>Humedad óptima (%)</i> | | | | | | 14.4 |



OBSERVACIONES.

TESIS: "MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA INMACULADA AL ADICIONAR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ, JAEN 2023"



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO

DISTRITO: JAEN, PROVINCIA: JAEN, DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA: JULIO - 2023

RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132)

I. Datos Generales

| | |
|--|--------------------------------------|
| PROCEDENCIA : ADICION DE 11% CENIZA (REPETICION 03) | CLASF. (SUCS) : ML |
| P. EXPLOR. : C - 3 | CLASF. (AASHTO) : A-4 (3) |
| MATERIAL : - | LADO : AV. INMACULADA CDRA 10 |
| PROFUND. : 0.20 - 1.70 | |

| Molde N° | 123 | | 122 | | 121 | |
|--------------------------------------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|
| Capas N° | 5 | | 5 | | 5 | |
| Golpes por capa N° | 56 | | 25 | | 12 | |
| Condición de la muestra | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO |
| Peso de molde + Suelo húmedo (g) | 12551.00 | 12742.00 | 12392.00 | 12638.00 | 12328.00 | 12512.00 |
| Peso de molde (g) | 7500.00 | 7500.00 | 7420.00 | 7420.00 | 7484.00 | 7484.00 |
| Peso del suelo húmedo (g) | 5051 | 5242 | 4972 | 5218 | 4844 | 5028.00 |
| Volumen del molde (cm ³) | 2109.00 | 2109.00 | 2118.00 | 2118.00 | 2120.00 | 2120.00 |
| Densidad húmeda (g/cm ³) | 2.395 | 2.486 | 2.347 | 2.464 | 2.285 | 2.372 |
| Tara (N°) | 9 | 6 | 18 | 36 | 7 | 2 |
| Peso suelo húmedo + tara (g) | 90.80 | 94.00 | 85.30 | 92.30 | 75.40 | 86.60 |
| Peso suelo seco + tara (g) | 82.40 | 83.80 | 77.60 | 82.40 | 68.70 | 76.60 |
| Peso de tara (g) | 21.20 | 21.40 | 22.40 | 24.40 | 21.70 | 21.20 |
| Peso de agua (g) | 8.40 | 10.20 | 7.70 | 9.90 | 6.70 | 10.00 |
| Peso de suelo seco (g) | 61.20 | 62.40 | 55.20 | 58.00 | 47.00 | 55.40 |
| Contenido de humedad (%) | 13.73 | 16.35 | 13.95 | 17.07 | 14.26 | 18.05 |
| Densidad seca (g/cm ³) | 2.106 | 2.136 | 2.060 | 2.104 | 2.000 | 2.009 |

EXPANSION

| FECHA | HORA | TIEMPO | DIAL | EXPANSION | | DIAL | EXPANSION | | DIAL | EXPANSION | |
|------------|-------|--------|-------|-----------|------|-------|-----------|------|-------|-----------|------|
| | | | | mm | % | | mm | % | | mm | % |
| 24/09/2023 | 15:00 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.0 | 0.000 | 0.000 | 0.0 | 0.000 | 0.000 | 0.0 |
| 25/09/2023 | 15:06 | 24 | 0.030 | 0.030 | 0.03 | 0.050 | 0.050 | 0.04 | 0.070 | 0.070 | 0.06 |
| 26/09/2023 | 15:12 | 48 | 0.080 | 0.080 | 0.07 | 0.100 | 0.090 | 0.08 | 0.120 | 0.120 | 0.10 |
| 27/09/2023 | 15:18 | 72 | 0.120 | 0.120 | 0.10 | 0.130 | 0.140 | 0.12 | 0.150 | 0.150 | 0.13 |
| 28/09/2023 | 15:24 | 84 | 0.140 | 0.140 | 0.12 | 0.160 | 0.160 | 0.14 | 0.190 | 0.190 | 0.16 |

PENETRACION

DATOS DEL PISON

| | |
|--------------------------|-------|
| Diametro del Piston (cm) | 5.08 |
| Area (cm ²) | 20.27 |

| PENETRACION mm | CARGA STAND. kg/cm ² | MOLDE N° 123 | | | | MOLDE N° 122 | | | | MOLDE N° 121 | | | |
|-------------------|---------------------------------------|--------------|-------|------------|------|--------------|-------|------------|------|--------------|-------|------------|------|
| | | CARGA | | CORRECCION | | CARGA | | CORRECCION | | CARGA | | CORRECCION | |
| | | Dial (div) | kg | kg | % | Dial (div) | kg | kg | % | Dial (div) | kg | kg | % |
| 0.000 | | 0.0 | 0.0 | | | 0.0 | 0.0 | | | 0.0 | 0.0 | | |
| 0.635 | | 42.0 | 42.0 | | | 37.4 | 37.4 | | | 36.7 | 36.7 | | |
| 1.270 | | 125.5 | 125.5 | | | 100.0 | 100.0 | | | 78.3 | 78.3 | | |
| 1.905 | | 176.0 | 176.0 | | | 142.5 | 142.5 | | | 119.5 | 119.5 | | |
| 2.540 | 70.5 | 225.4 | 225.4 | 219.7 | 15.4 | 187.5 | 187.5 | 180.4 | 12.6 | 151.6 | 151.6 | 146.6 | 10.3 |
| 3.810 | | 293.0 | 293.0 | | | 248.9 | 248.9 | | | 200.3 | 200.3 | | |
| 5.080 | 105.7 | 371.0 | 371.0 | 370.4 | 17.3 | 294.6 | 294.6 | 303.0 | 14.1 | 249.0 | 249.0 | 254.1 | 11.9 |
| 6.350 | | 435.0 | 435.0 | | | 342.0 | 342.0 | | | 295.1 | 295.1 | | |
| 7.620 | | 492.0 | 492.0 | | | 385.6 | 385.6 | | | 340.0 | 340.0 | | |
| 10.160 | | | | | | 415.6 | 415.6 | | | 396.0 | 396.0 | | |

OBSERVACIONES.

TESIS: "MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA INMACULADA AL ADICIONAR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ, JAEN 2023"



TESISTA: IZELA MILAGROS CUBAS REGALADO

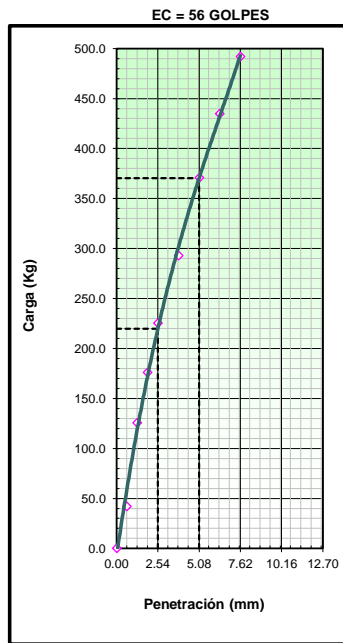
DISTRITO: JAEN, PROVINCIA: JAEN, DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA: JULIO - 2023

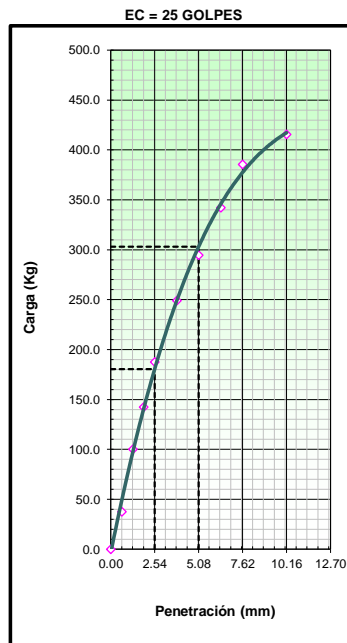
RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132)

I. Datos Generales

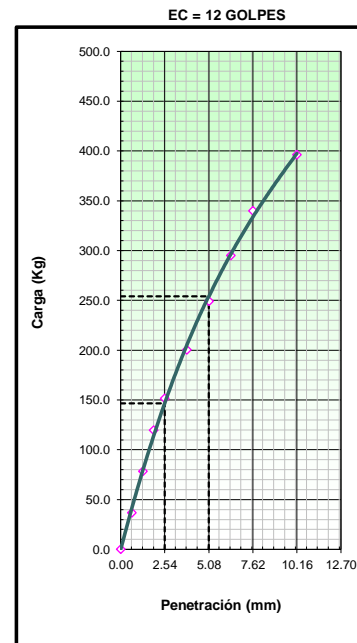
| | | | |
|--------------------|---|------------------------|--------------------------|
| PROCEDENCIA | : ADICION DE 11% CENIZA (REPETICION 03) | CLASF. (SUCS) | : ML |
| P. EXPLOR. | : C - 3 | CLASF. (AASHTO) | : A-4 (3) |
| MATERIAL | : - | LADO | : AV. INMACULADA CDRA 10 |
| PROFUND. | : 0.20 - 1.70 | | |



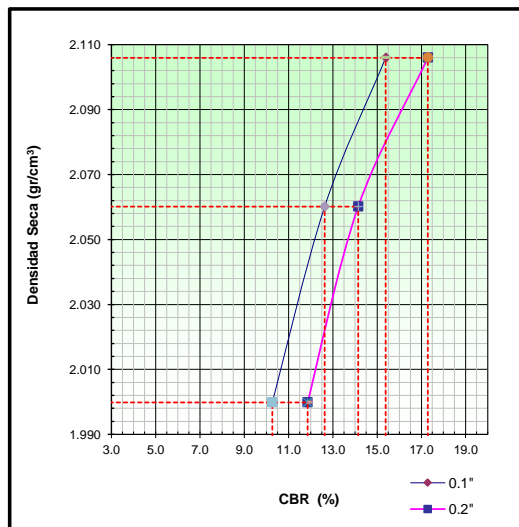
| | |
|-------------------|-------|
| CBR (0.1") | 15.4% |
| CBR (0.2") | 17.3% |



| | |
|-------------------|-------|
| CBR (0.1") | 12.6% |
| CBR (0.2") | 14.1% |



| | |
|-------------------|-------|
| CBR (0.1") | 10.3% |
| CBR (0.2") | 11.9% |



| | |
|---|--------------|
| METODO DE COMPACTACION | : ASTM D1557 |
| MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) | : 2.106 |
| OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | : 14.4 |
| 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) | : 2.000 |
| DENSIDAD INSITU (g/cm3) | : |

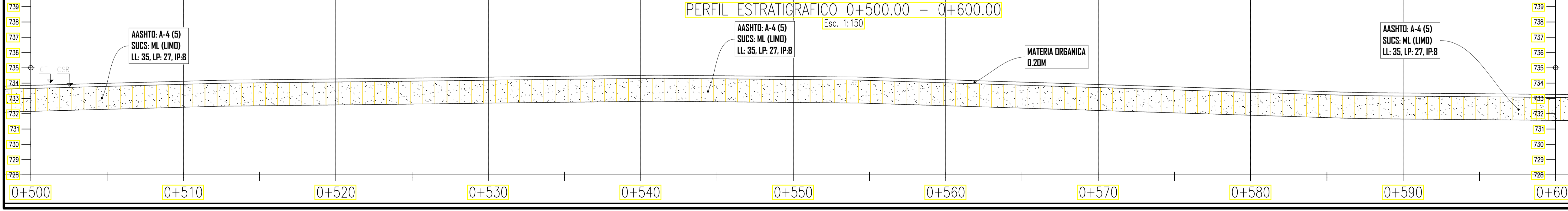
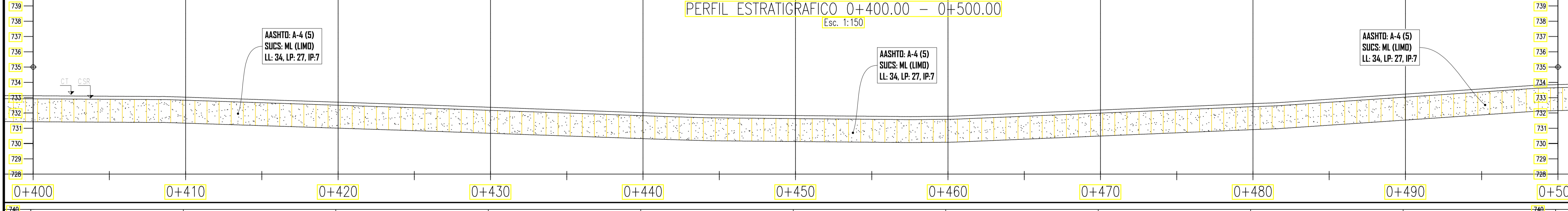
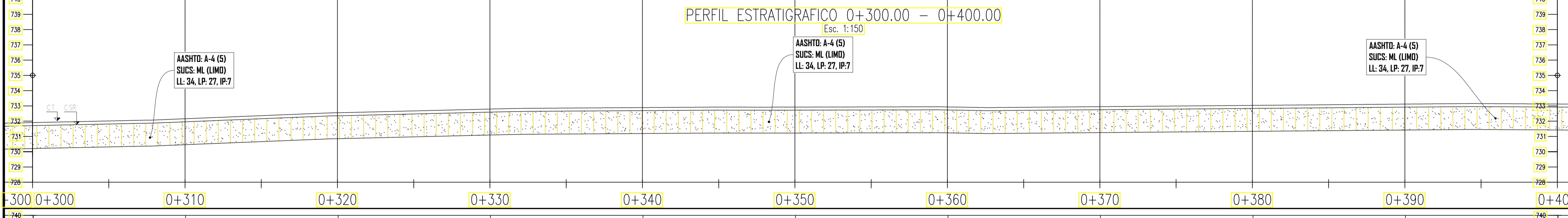
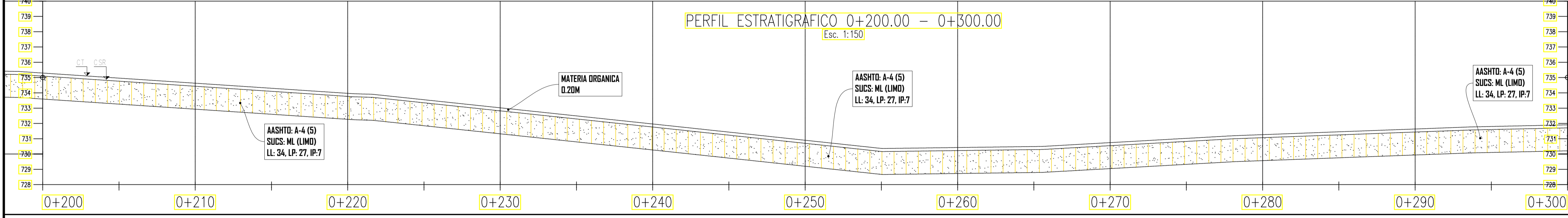
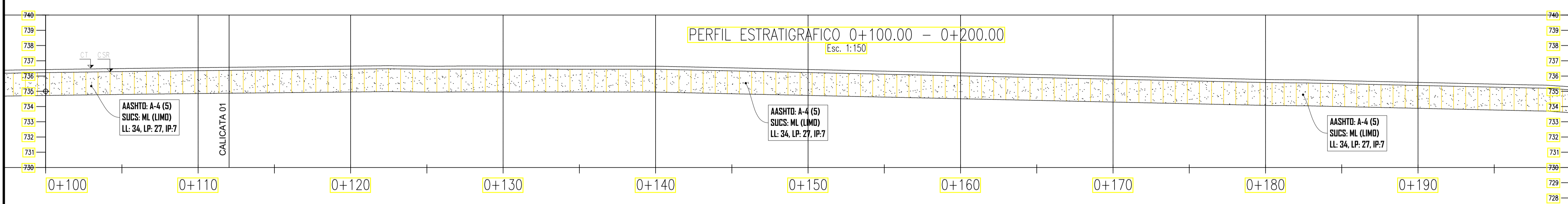
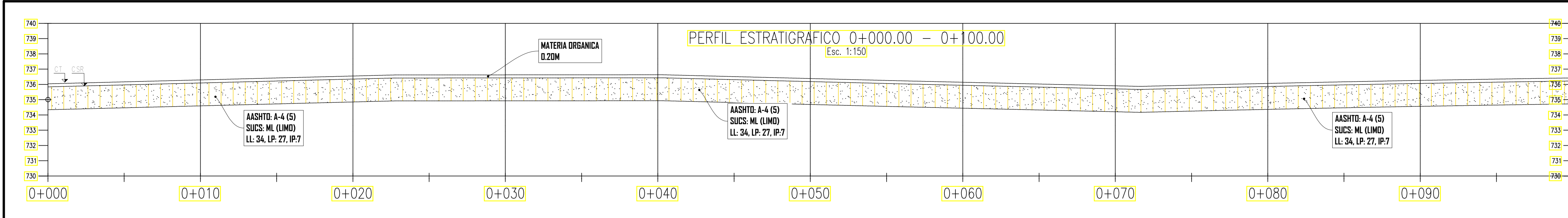
| | | | | |
|------------------------------|-------------|------|-------------|------|
| C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) | 0.1" | 15.4 | 0.2" | 17.3 |
| C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) | 0.1" | 10.3 | 0.2" | 11.9 |

RESULTADOS CBR a 0.1":
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = **10.3 (%)**

OBSERVACIONES:

OBSERVACIONES.

A.5 PERFIL ESTRATIGRÁFICO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
Facultad de Ingenieria
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

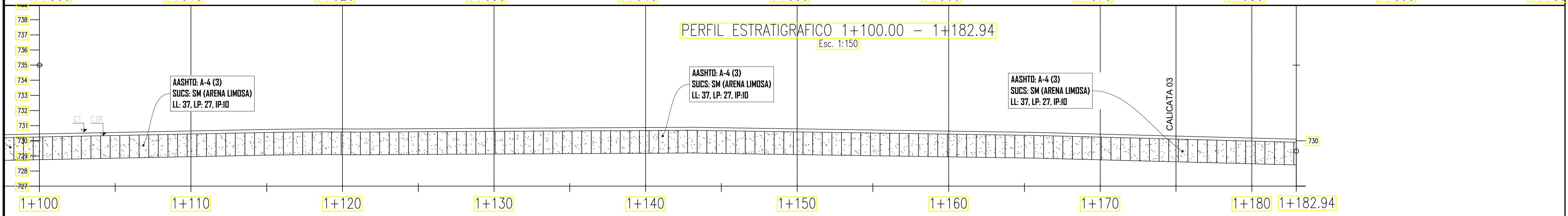
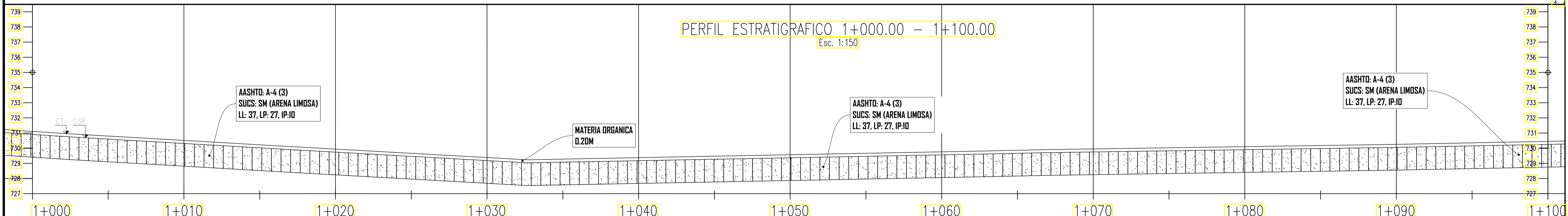
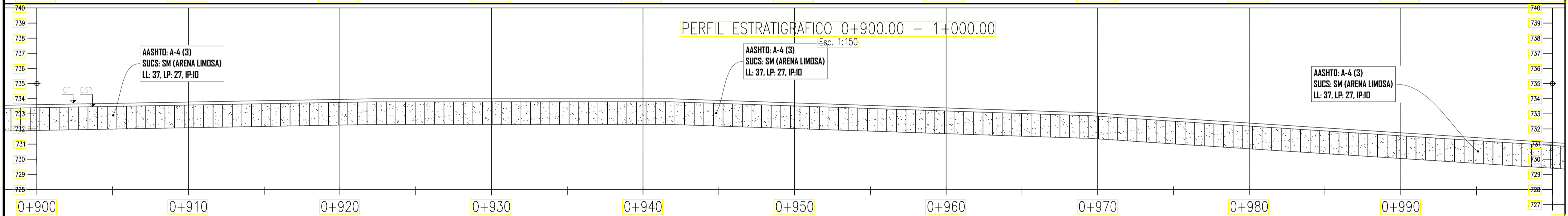
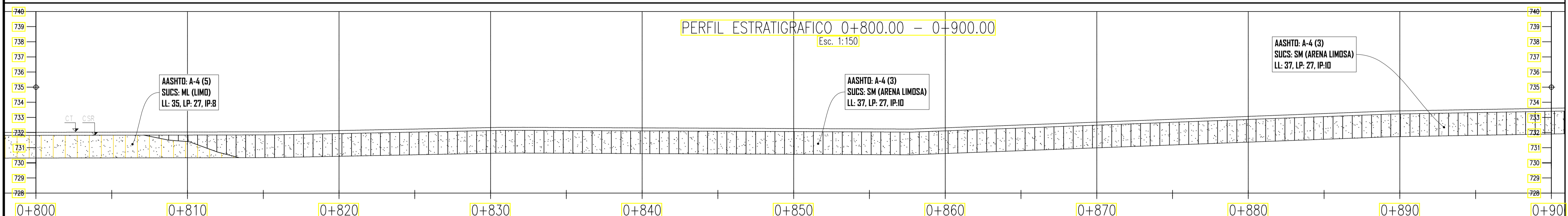
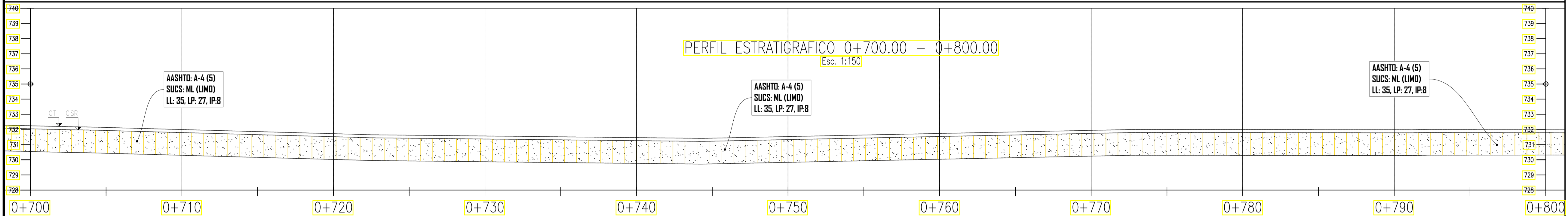
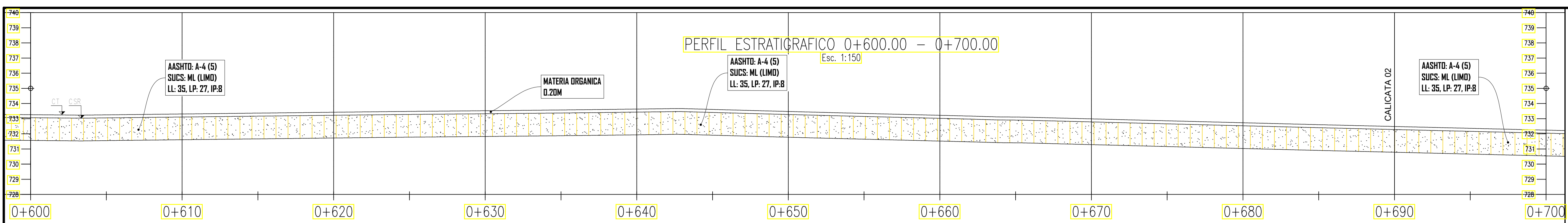
TESIS:
MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA INMACULADA AL ADICIONAR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ, JAEN 2023

TESISTA:
CUBAS REGALADO IZELA MILAGROS

FECHA:
AGOSTO 2023

PLANO:
PERFIL ESTRATIGRAFICO

PE-01



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
Facultad de Ingenieria
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE
INGENIERIA CIVIL

TESIS:
MEJORAMIENTO DE LAS
CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS
DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE
LA AVENIDA INMACULADA AL ADICIONAR
CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ,
JAEN 2023

TESISTA:
CUBAS REGALADO IZELA MILAGROS

FECHA:
AGOSTO 2023

PLANO:
PERFIL ESTRATIGRAFICO

PE-02

A.6 PANEL FOTOGRÁFICO



Fotografía 01: Ejecución de la calicata 01, al lado izquierdo de la Av. Inmaculada, a 1.50m de profundidad.



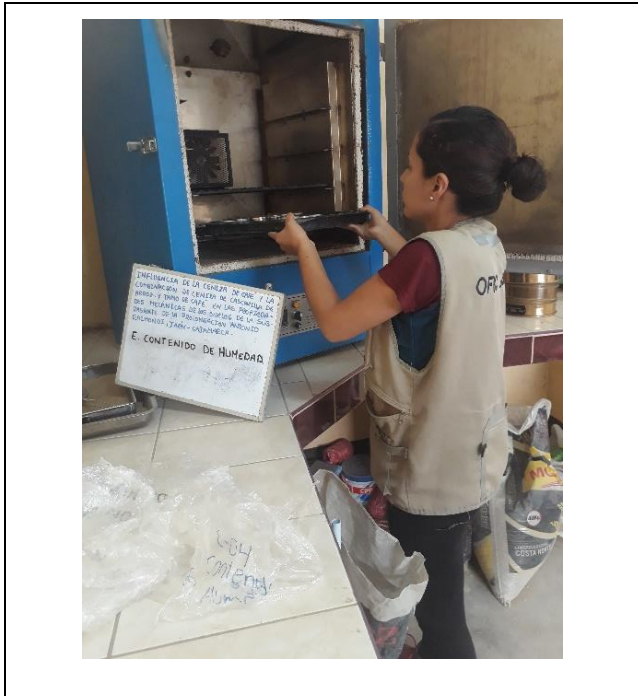
Fotografía 02: Ejecución de la calicata 02, al lado derecho de la Av. Inmaculada, a 1.50m de profundidad.



Fotografía 03: Ejecución de la calicata 03, al lado izquierdo de la Av. Inmaculada, a 1.50m de profundidad.



Fotografía 04: Cuarteo de la muestra para el ensayo de límites de atterberg.



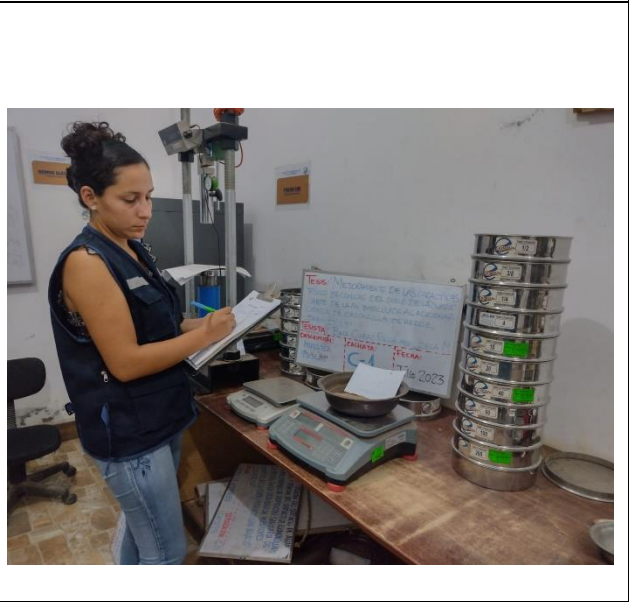
Fotografía 05: Secado de las muestras para determinar el contenido de humedad.



Fotografía 06: Elaboración del ensayo del Limite líquido.



Fotografía 07: Elaboración del ensayo del Limite plástico.



Fotografía 08: Peso inicial de la muestra para ensayo de granulometría.



Fotografía 09: Lavado del peso que pasa por la malla N° 200, del ensayo de granulometría.



Fotografía 10: Elaboración del ensayo de Proctor modificado, en el cual se está pesando el suelo compactado más el molde.



Fotografía 11: Peso del molde con la muestra patrón compactada.



Fotografía 12: Se realiza la medición de la expansión cada 24 horas.



Fotografía 13: Elaboración del ensayo de penetración del CBR, muestra patrón.



Fotografía 14: Lecturas de las cargas del ensayo de penetración del CBR, muestra patrón.



Fotografía 15: Se muestra la ladrillera artesanal “Morales”, ubicada en el sector Fila Alta-Jaén, de la cual se recolectó la ceniza de cascarilla de arroz.



Fotografía 16: Recolección de la ceniza de cascarilla de arroz en la ladrillera “Morales”, ubicada en el sector Fila Alta-Jaén



Fotografía 17: Ceniza de cascarilla de arroz utilizada para los ensayos.



Fotografía 18: Elaboración del ensayo de limite liquido con adición de ceniza de cascarilla de arroz al 11%.



Fotografía 19: Registro de pesos de ensayo limite liquido con adición de ceniza de cascarilla de arroz.



Fotografía 20: Secado de las muestras de límites líquido y plástico.



Fotografía 21: Se realiza el mezclado de suelo-ceniza cascarilla de arroz, para el ensayo de Proctor modificado.



Fotografía 22: Se realiza el compactado de la mezcla suelo-ceniza cascarilla de arroz, para el ensayo de Proctor modificado.



Fotografía 23: Elaboración del ensayo de Proctor modificado, en el cual se está realizando el enrasado de la mezcla suelo-ceniza cascarilla de arroz.



Fotografía 24: Mezcla del suelo-ceniza de cascarilla de arroz, para el ensayo de CBR.



Fotografía 25: Compactado del suelo-ceniza de cascarilla de arroz, para el ensayo de CBR.



Fotografía 26: Colocación de moldes de CBR en la poza de saturación por 4 días.



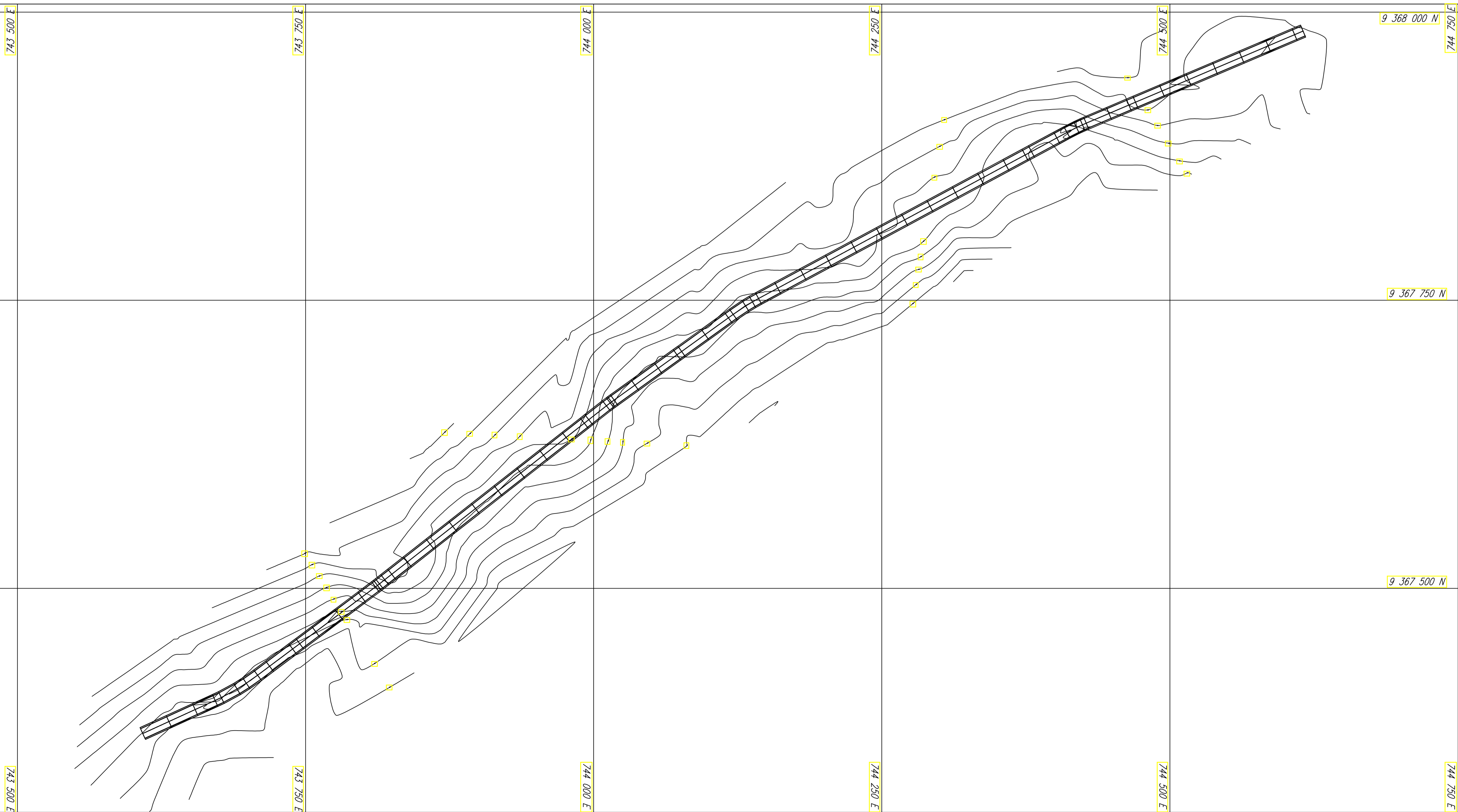
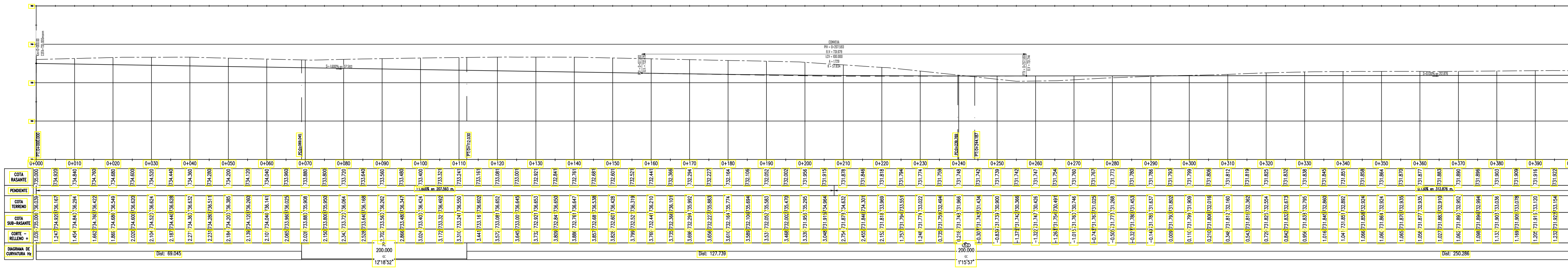
Fotografía 27: Elaboración del ensayo de penetración del CBR, con adición de ceniza de cascarilla de arroz.



Fotografía 28: Elaboración del ensayo de penetración del CBR, con adición de ceniza de cascarilla de arroz.

A.7 PLANOS

PERFILES



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

Facultad de Ingenieria

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS:

MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA INMACULADA AL ADICIONAR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ, JAEN 2023

TESISTA:

CUBAS REGALADO IZELA MILAGROS

FECHA:

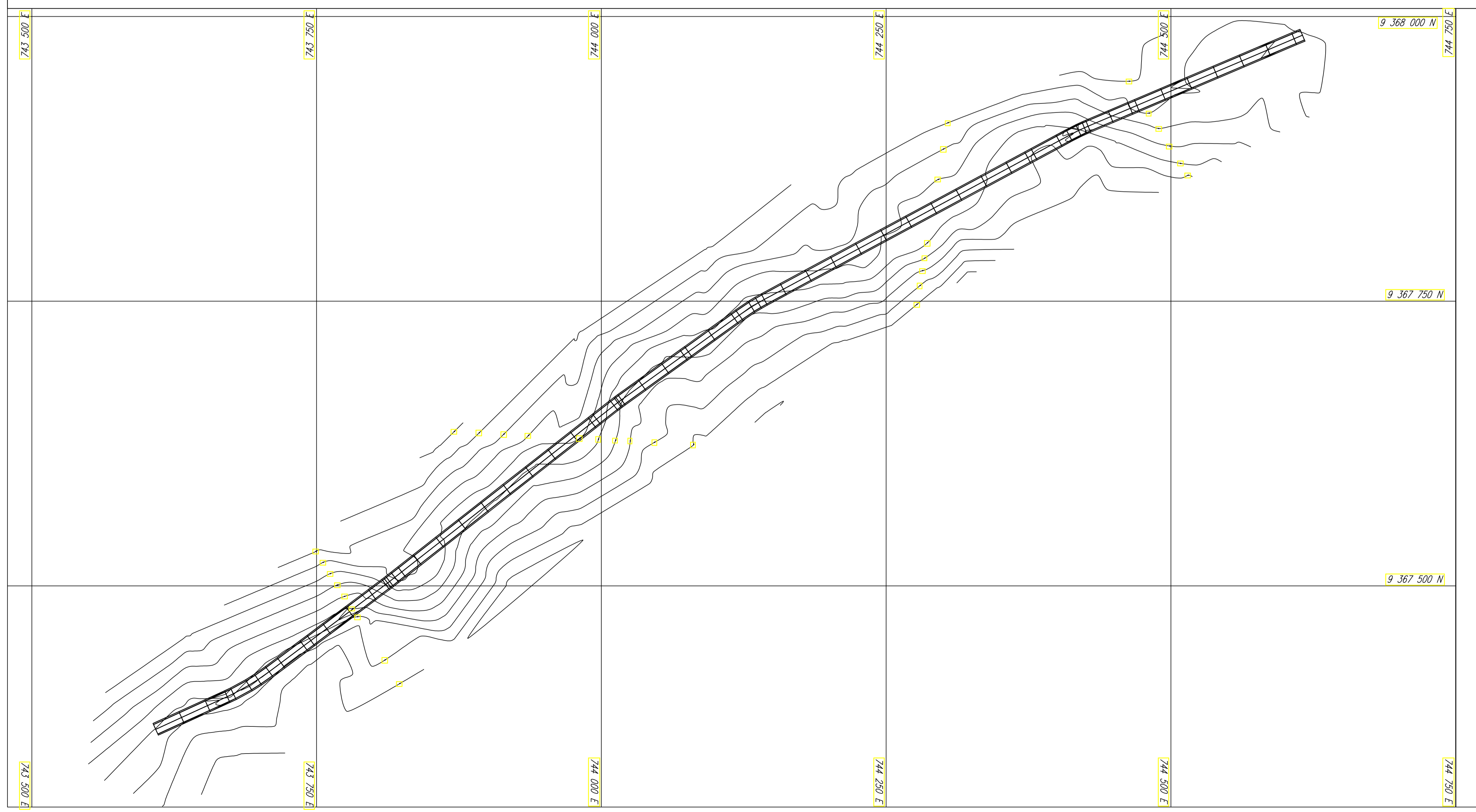
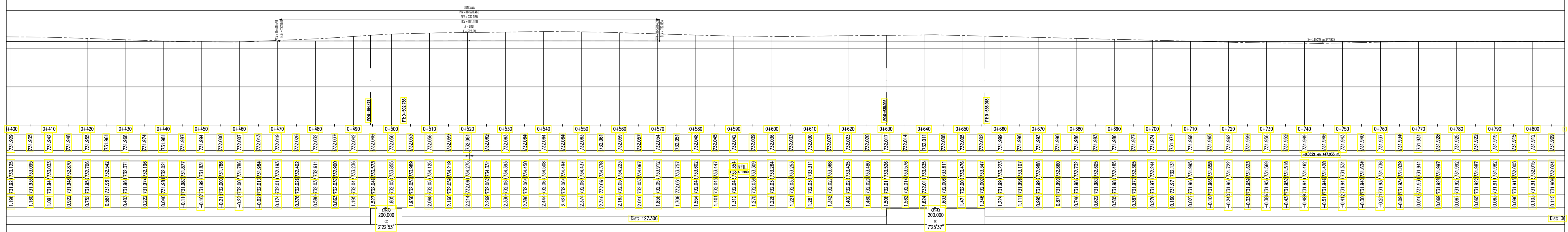
AGOSTO 2023

PLANO:

PLANTAY PERFIL LONGITUDINAL
0+00 M - 400 M

PP-01

PERFILES



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
 Facultad de Ingeniería
 ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS:
 MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA INMACULADA AL ADICIONAR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ, JAEN 2023

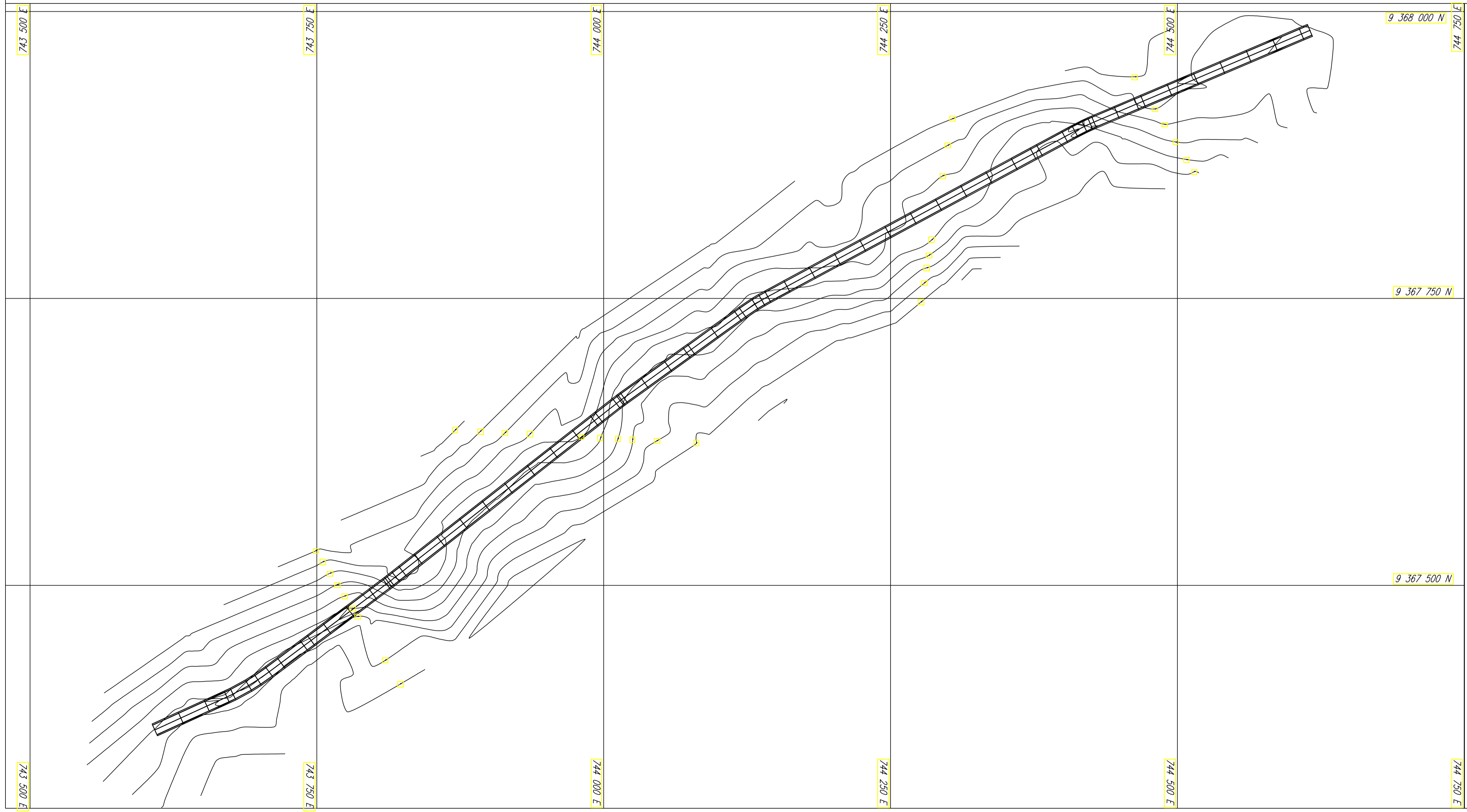
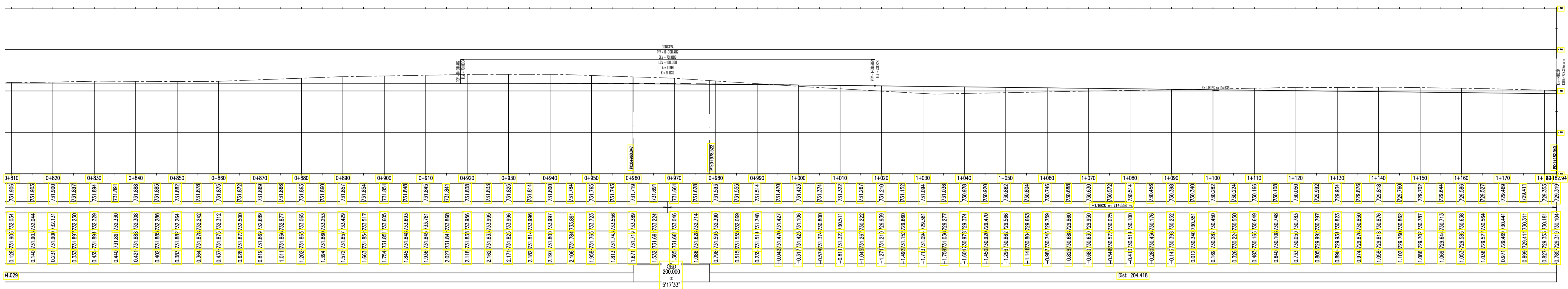
TESISTA:
 CUBAS REGALADO IZELA MILAGROS

FECHA:
 AGOSTO 2023

PLANO:
 PLANTAY PERFIL LONGITUDINAL
 0+400 M - 810 M

PP-02

PERFILES



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

Facultad de Ingenieria

ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS:

MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA INMACULADA AL ADICIONAR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ, JAEN 2023

TESISTA:

CUBAS REGALADO IZELA MILAGROS

FECHA:

AGOSTO 2023

PLANO:

PLANTAY PERFIL LONGITUDINAL
0+810 M - 1 180 M

PP-03